

Les couvertures végétales et pédologiques de l'Afrique occidentale et centrale : une conception anthropogène de la zonalité ?

par Simon POMEL*

Au sud du Sahara, l'Afrique occidentale et centrale montre une distribution végétale et pédologique en bandes qui a donné naissance à la théorie de la zonalité. Dans le débat scientifique sur l'origine des paysages végétaux et pédologiques de l'Afrique et la reconstruction des paléo-environnements, la question se pose d'une conception climatique de la zonalité. Les différentes zones, saharienne, sahélienne, soudanienne et guinéenne seraient seulement définies par des seuils climatiques conditionnant les associations végétales ou pédologiques.

Ces concepts ne font guère la place au décalage qui existe entre la zonalité climatique, les couvertures végétales et les couvertures pédologiques. Ils ne prennent guère en compte les successions et les héritages pour expliquer des compartiments qui intègrent à des vitesses différentes à la fois le permanent et le changeant. Les milieux sont rarement définis par leurs couvertures fonctionnelles : les relations sols-végétation ne sont pas toujours clairement établies dans ces modèles de zonalité.

Les associations végétales ou pédologiques qui servent de base aux classifications sont surtout caractérisées par l'empreinte de l'homme, à l'exclusion de la zone désertique au nord et de la zone forestière au sud. De nombreuses formations végétales sont caractérisées par des espèces à usages (cas des savanes parcs). Les sols diagnostics des changements zonaux, sols isohumiques du contact Sahara/Sahel ou sols ferrugineux gravillonnaires des contacts Sahel/Soudan et Soudan/Guinée ont été façonnés par les empreintes des feux ou des pratiques agropastorales depuis très longtemps.

Il est donc important de revenir sur ces notions de climato-zonalité pour expliquer les couvertures avant de voir comment fonctionnent les seuils

éco-anthropiques qui façonnent les paysages à l'échelle d'un continent.

I - LES LIMITES DES EXPLICATIONS ZONALES

A. Le concept de climato-zonalité

Dans le système classique d'interprétation de la zonalité et du fonctionnement des couvertures, végétation et sols sont distribués en systèmes organisés en fonction du climat, voire même considérés comme naturels (Walter, 1964 ; Adams *et al.*, 1990), même si la conception de monoclimate (Clément, 1916) n'est plus acceptée. Ce sont les conceptions qui ont prévalu à la carte de la végétation de White (1983) ou à celle des sols de Boulet *et al.* (1971). On distingue des climato-systèmes, des éco-systèmes et des pédo-systèmes qui montrent depuis la bordure du Sahara des formations distribuées en fonction des grandes unités climatiques. Mais se posent des problèmes de cartographie et de définition des lisières végétales ou pédologiques. Les indicateurs du climat dans les couvertures végétales et pédologiques ne sont pas toujours très clairs, même dans les formations dites " climatiques ". Dans les profils pédologiques les relations sols-plantes ne sont

* Directeur de recherche CNRS, UMR 5064 DyMSET-Dynamiques des Milieux et des Sociétés dans les Espaces tropicaux, Maison des Suds, PESSAC

pas aussi évidentes qu'il y paraît, du fait des successions et de vitesses de réaction différentes : les sols réagissent plus lentement que la végétation. Dans la catena et la chronocatena des sols ont enregistré des rythmes et des séquences qui se succèdent, se cumulent, voire se télescopent ou s'annulent. Dans ce modèle zonal, les lithodépendances et les transferts morphologiques et hydrologiques ajoutent de l'entropie.

B. La climato-zonalité des couvertures végétales et pédologiques ?

On observe bien sûr quelques exemples assez nets de climato-zonalité dans la cartographie des couvertures végétales. Les formations végétales sahariennes (suivant le modèle de Schulz & Pomel, 1994) correspondraient à des climats subarides et les forêts sèches de la zone soudanienne, aux climats tropicaux à saison sèche très marquée. Les forêts ombrophiles de la zone guinéenne semblent développées sous les climats tropicaux très humides à deux saisons des pluies ou sans saison sèche très marquée. Cependant dans les régions intermédiaires entre les forêts ombrophiles et le désert climatique ou aride, la zonalité des formations végétales est plus délicate à établir (Schulz, 1994 et Pomel *et al.*, 1994). Aubreville avait déjà constaté en 1949, combien l'homme intervenait dans la " désertification " des espaces forestiers de l'Afrique tropicale.

Dans le domaine de la cartographie des couvertures pédologiques, les exemples de climato-zonalité seraient mieux établis. Il est évident qu'il existe un fort gradient entre les formations pédologiques de la bordure sud du Sahara et celles des forêts ombrophiles. Ce gradient caractérise une fertilité croissante qui correspond à une augmentation de l'épaisseur de la litière, une teneur croissante en matière organique et un gradient également de l'altération et de l'activité biotique. On sait cependant que les zones de savanes modulent de façon notable cette belle logique. Les feux de brousse sont pratiqués de façon répétitive en Afrique depuis l'aube de l'humanité et ils contribuent à l'ouverture des paysages (Goldammer, 1990). Le feu n'est certes pas l'unique agent d'ouverture des paysages : il y a les variations climatiques qui interviennent pour expliquer les accros du modèle de répartition zonale avec des reprises de végétation dépendantes des facteurs édaphiques. Cependant examinons les couvertures pédologiques qui fondent les explications strictement zonales. Pour certains auteurs, les sols isohumiques caractériseraient la zone sahélienne, les sols ferrugineux la zone soudanienne et les sols ferrallitiques la zone guinéenne. On sait cependant que ce schéma classiquement admis

ne correspond guère à la réalité. Les sols ferrallitiques des forêts humides sont la plupart du temps des paléo-formations reliquat des oscillations climatiques et effet cumulatif du temps. On pourrait faire les mêmes observations sur de nombreux profils ferrugineux, souvent cuirassés. Si l'on étudie les sols isohumiques, ce sont des sols noirs dans lesquels la matière organique est souvent charbonneuse et ne représente pas à proprement parler une distribution homogène dans un horizon Ah, mais plutôt une distribution hétérogène dans une succession d'horizons A1-2-3. Il s'agit en fait de colluviosols voire de yermosols (sols de poussières) et ils n'ont qu'un caractère stationnel et en aucun cas zonal. C'est le cas également de nombreux vertisols et colluviosols tropicaux.

Restent deux grands types de sols qui semblent en relation avec des formations végétales climato-zonales du nord au sud :

1) des **aridisols** (sols peu évolués subdésertiques) qui correspondent à la limite méridionale du désert et aux savanes à *Acacia-Panicum* à végétation contractée le long des oueds ;

2) des **podzols tropicaux** (sols bruns humifères tropicaux) souvent discordants sur des sols ferrallitiques jaunes ou rouges qui correspondent à la limite septentrionale des forêts ombrophiles à *Lophira-Piptadeniastrum-Caesalpinia*.

Par contre deux grands systèmes semblent plus complexes :

1) des sols **ferrugineux tropicaux** (sols fersiallitiques et ferrugineux rouges) qui correspondent à la limite méridionale du Sahel (savanes à *Combretaceae*), à la limite septentrionale de la zone soudanienne (savanes à *Parkia-Vitellaria-Terminalia*) et surtout à la limite septentrionale des feux de brousse ;

2) des sols décrits comme **isohumiques**, qui sont en fait des **yermosols** (sols de poussières) et qui correspondent à la bordure sud du Sahara et aux différentes savanes sahéliennes à *Acacia-Balanites-Leptadenia*, *Acacia-Commiphora*, *Acacia-Leptadenia-Commiphora* et *Acacia-Piliostigma-Bauhinia*. La bordure sud du Sahara (fig. 1) est en fait caractérisée par cette large bande irrégulière de sols avec des caractères stationnels halomorphes, mais surtout par des yermosols riches en éléments organiques incendiés (charbons de bois, cendres, matière organique cuite ...).

Ces deux types de sols sont influencés par les pratiques de gestion des parcs, cas des sols étudiés au Cameroun (Pomel & Schulz, 1992), et en

premier titre les feux agro-pastoraux (fig. 1). De nombreux sols ferrugineux à horizons successifs incorporent des phytolithaires, des cendres, des charbons de bois et des limons (Pomel & Schulz, 1992 ; Schulz, 1994 ; Pomel *et al.*, 1994) : ils sont fortement influencés par des feux répétitifs et caractérisent une zone de conflits entre pasteurs et agriculteurs. Leur limite révèle des contacts agro-pastoraux conflictuels, qui sont bien marqués par la zonation des parcs à *Acacia* et à *Vitellaria paradoxa* (Karité) : des civilisations pastorales dont la source de graisse est animale (lait), contre les civilisations agraires dont la source oléagineuse est végétale (beurre de karité). Les sols de poussières caractérisent la limite septentrionale d'action du FIT et des apports atmosphériques par les feux. Les filtres à poussières que nous étudions avec des collègues allemands depuis 1990, le démontrent (Schulz & Pomel, 1990 ; Schulz, 1992).

II - LE FONCTIONNEMENT DE LA MÉMOIRE DES SOLS

A. La mémoire du climat

En se basant sur des valeurs moyennes de pluviométrie efficace (tenant compte de l'évapotranspiration) et de température, on peut définir deux grandes zones d'altération :

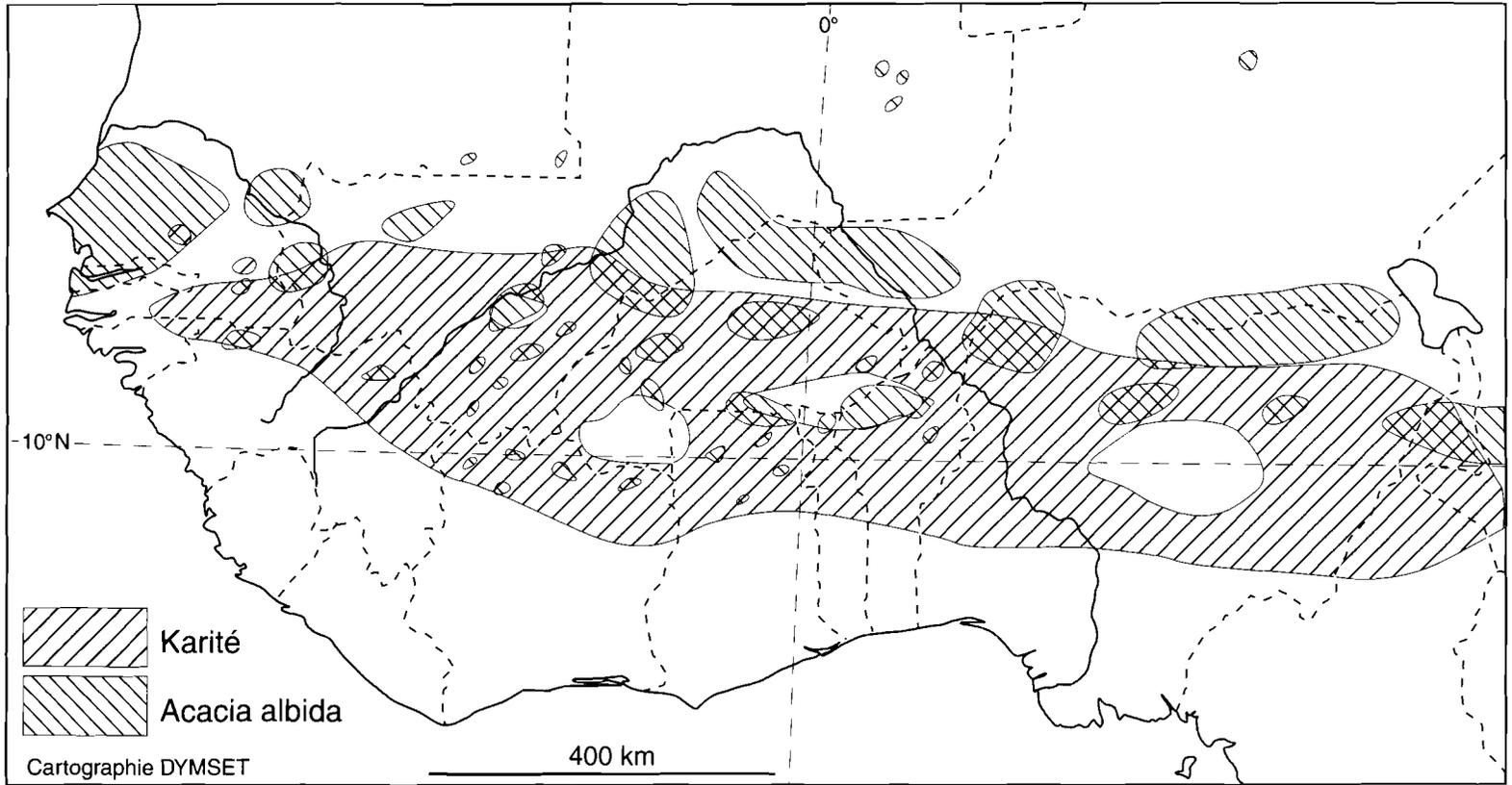
- zone d'absence des minéraux argileux des déserts chauds ;
- zone de présence d'argiles de néoformation ou zone d'altération massive tropicale qui se subdivise en deux domaines (avec des argiles 2/1 dans les zones tropicales contrastées des savanes et avec des argiles 1/1 et de la gibbsite dans les zones tropicales humides forestières).

Au sud du Sahara, les processus pédoclimatiques liés aux bilans hydriques assurent des transferts dans et hors du sol qui diffèrent entre les régions humides et sèches. Une relation globale existe donc entre sols et climats et entre sols et couvertures végétales : on peut dire qu'il existe des systèmes pédo-phyto-climatiques en Afrique occidentale et centrale. Les actions climatiques se manifestent dans les sols par des indicateurs spécifiques qui sont fossilisés dans les profils de sols et gardent trace de ces changements.

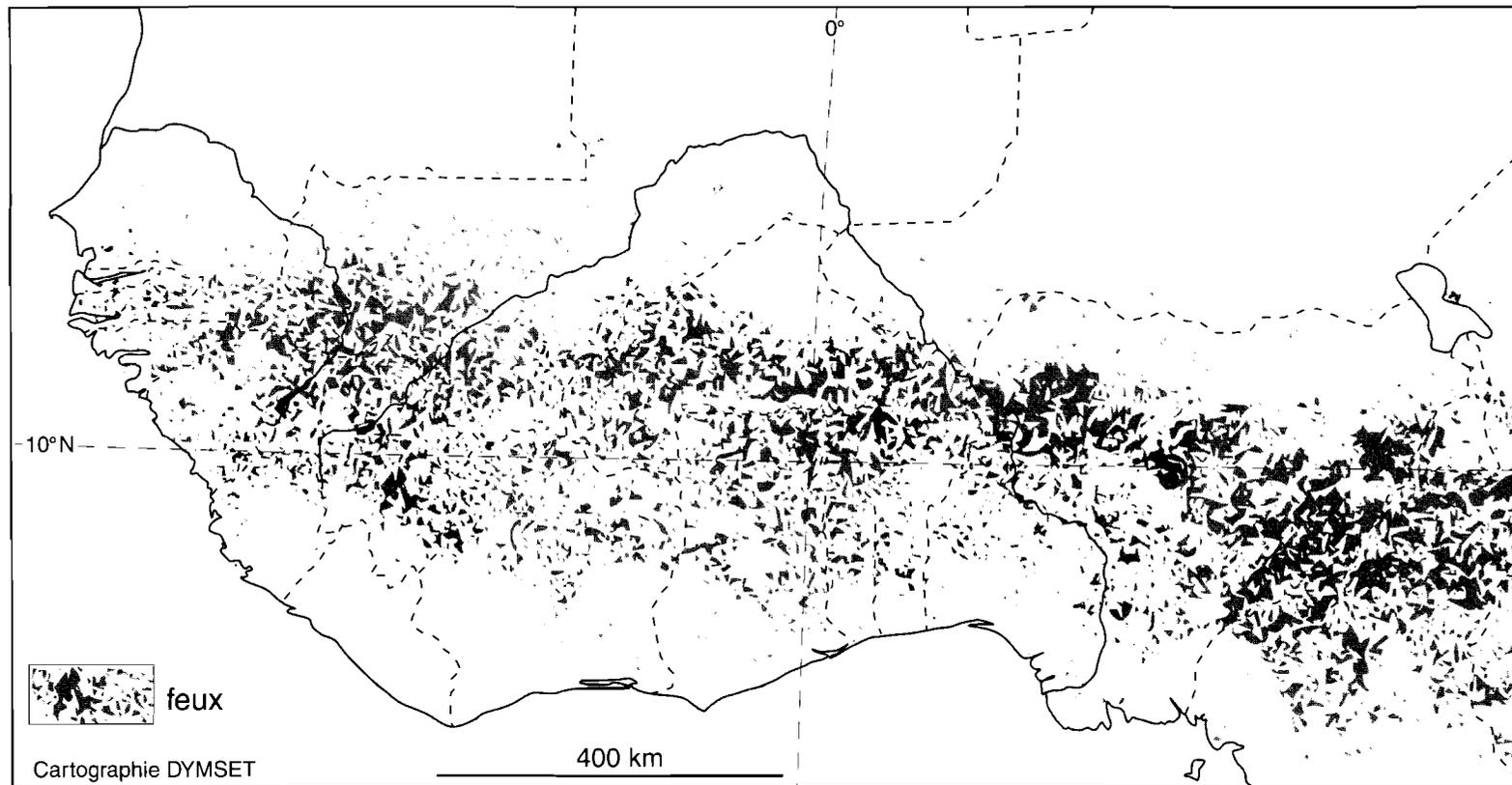
Au Sahel, la sécheresse provoque une immobilisation en surface, voire une remontée, des éléments les plus solubles, en particulier les sels et les carbonates. Ceux-ci peuvent former des croûtes (duri-concentrations) redistribuées par des actions biotiques (bactéries, algues et cham-

pignons). Les éléments fins ne migrant plus, ils sont immobilisés en surface, donnant des placages ou dermites (satu-concentrations) qui diminuent la porosité et le pouvoir de rétention en eau. Lors des pluies, même rares, la surface des sols est imperméable et facilement érodable. Des fentes de retrait apparaissent, liées au processus de dessiccation. Des pellicules algo-bactériennes (bio-concentrations) peuvent fixer des plages nues et empêcher toute colonisation végétale. Lors des tornades qui accompagnent les premières pluies, ces particules fines facilement exportables alimentent les poussières atmosphériques. En déplaçant les éléments fins des sols, la déflation fabrique des surfaces à ségrégation granulométrique et des regs caillouteux souvent impropres à toute mise en valeur. Le vent mobilise des masses importantes de poussières qui donnent des fechs-fechs ou de sables qui engendrent dunes et ergs. Dans les profils, les phénomènes de déflation sont marqués par des surfaces de départ riches en éléments grossiers ou par des horizons d'apports, riches en éléments fins. Les apports peuvent constituer de véritables yermosols quelquefois riches en cendres et en charbons de bois dans les zones de feux. Les zones désertiques exportent ainsi des masses importantes d'éléments vers l'océan et vers les marges du Sahel, des semi-déserts, la zone tropicale humide, voire vers les régions habitées. Les pluvio-lessivats apportent annuellement en zone tempérée 42 kg de calcium/ha, 31 kg de potassium/ha, mais les apports en silicium et en calcium sont souvent 2 ou 3 fois supérieurs à ces chiffres en Afrique forestière. Les poussières sahariennes sont des indicateurs des interactions du FIT et de l'harmattan. Elles ont un impact climatique du fait de leur épaisseur optique et du captage du rayonnement solaire. Certaines poussières ont une origine volcanique comme celles qui nourrissent les croûtes calcaires des Canaries. Les poussières alimentent donc les sols et fabriquent des yermosols en Afrique sèche ou des podzols particuliers dans les montagnes d'Afrique. Dans les régions d'agriculture mécanisée les zones nues une partie de l'année sont elles aussi exportatrices de matériel fin et zones d'érosion des horizons de surface. Toutes les surfaces découvertes au moment de la saison des pluies, saison aussi des cultures, deviennent le siège d'actions érosives qui exportent des poussières et des turbides.

Dans un sol, le budget hydrique est fonction des données climatiques. Il conditionne la nappe phréatique et le fonctionnement des horizons. L'humidité en favorisant la migration des éléments solubles concentre relativement les éléments moins solubles (silice, oxydes métalliques,



Répartition schématique du Karité et de l'*Acacia albida* en Afrique de l'Ouest



Répartition schématique des feux de brousse en Afrique de l'Ouest

Figure 1. **Carte des contacts agro-pastoraux : parcs et feux en Afrique occidentale et centrale** modifiée d'après Krings (1971), ATSR World Fire Atlas et nos travaux de terrain.

- répartition des parcs pastoraux à *Acacia albida*, répartition des parcs à karité-arbre à beurre (*Vitellaria paradoxa*), zone des feux de brousse

fer, aluminium, manganèse ...). Les alternances humide/sec favorisent l'oxydation et l'immobilisation du fer dans le profil et la formation de cuirasses. Ces processus favorisent la néoformation d'argiles silicatées et/ou gonflantes qui modifient les propriétés physico-chimiques et physico-mécaniques des sols. L'hydromorphie favorise les processus de réduction et la genèse d'horizons vertiques ou plinthiques. Ferruginisation et ferrallitisation affectent les horizons humifères qui deviennent plus minces, avec des conséquences sur le pH et la CEC des sols. La migration des éléments fins dans la catena donne des satu-concentrations (concentrations de turbides) spécifiques. Les processus gouvernés par la dissolution des minéraux primaires s'accompagnent d'une néogenèse de constituants secondaires et exigent une intensité minimum d'hydrolyse totale (au sens donné par Duchaufour, 1997). Durant les périodes plus chaudes, la dynamique de l'altération est accélérée, en particulier celle de la silice et des métaux, fer, alumine et manganèse. La dynamique de la matière organique est également modifiée et le *turn over* devient très rapide, ne permettant pas d'accumulation importante d'humus. Se forme alors des horizons argileux qui libèrent des produits d'altération et des minéraux argileux typiques.

B. La mémoire de la biomasse et des systèmes phyto-climatiques : les effets cumulatifs du temps

Du fait de la production de biomasse très différente suivant les systèmes climatiques, les sols réagissent par différents systèmes de transferts qui ont donc une certaine composante climatique. La mémoire des couvertures ligneuses ou herbeuses est également conservée dans les horizons organiques et le fonctionnement différentiel des plantes à C13-C14. Les teneurs réciproques en isotopes lourds du carbone ne sont pas les mêmes dans les herbes des savanes et dans les ligneux des forêts (Bonvallot *et al.*, cet ouvrage). On peut ainsi tenter de retracer et de dater les avancées récentes de couvertures ligneuses sur les couvertures herbeuses ou au contraire les régressions. Mais il faut être prudent et ne pas oublier que les formations végétales sont mixtes en particulier dans les savanes. Dans le cas d'un changement de végétation (passage d'une forêt à une savane ou à une steppe) les profils pédologiques enregistrent certains changements : argiles et oxydes de fer s'accumulent de façon différentielle et les structures du sol se développent aussi de façon différente dans les horizons des sols, donnant naissance à des organisations et des argiles différenciées.

Mais les effets cumulatifs du temps perturbent le signal environnemental initial et la fiabilité des interprétations paléo-environnementales. Bon nombre de sols sont colluvionnés. Les fronts d'altération sont modifiés par remontée de la nappe ou au contraire par enfoncement des paysages géomorphologiques. De nombreux paysages encroûtés (fer, silice, manganèse, carbonates) ne sauraient s'expliquer sans décrypter ces successions. Lorsque le bilan pédologique est très positif, le temps d'altération est insuffisant pour laisser des signaux interprétables. Lorsqu'il est négatif, les sols sont érodés. Les fossilisations réelles sont rares et nécessitent un système fermé par le haut et si possible par le bas. Les conditions idéales (absence de diagenèse, absence de bioturbation, faiblesse des contaminations et des retouches érosives ou hydriques) sont rarement respectées. La fossilisation imparfaite est souvent un facteur supplémentaire d'altération et peut jouer le rôle d'une compresse humide.

C. La validité des signaux

La validité des signaux est inséparable de la transmission fidèle du message en particulier climatique, du fait que les indicateurs sont fiables ou non, reproductibles ou non : certains processus sont réversibles ou irréversibles, quelle que soit la cause du dérèglement. Dans un sol, la migration des particules est un processus irréversible dans le profil ou la catena ; l'induration ou l'encroûtement sont réversibles sur la durée ; la perte en matière organique, la disponibilité en nitrates sont des processus plus ou moins réversibles, comme certaines modifications physiques (changement de densité, dégradation de structure ou perte de porosité). Parmi les processus chimiques et physico-chimiques irréversibles, ou peu réversibles, on peut signaler :

- les pertes liées aux besoins propres (charge biologique du sol) ;
- les pertes liées à la vitesse de développement (perturbation plus ou moins fréquente) ;
- les pertes liées à l'intensité de la couverture végétale et à la vitesse de régénération ;
- les pertes en CEC (minérale) liées aux migrations, l'évolution du complexe absorbant ;
- les pertes en éléments totaux (drainage hors de l'éco-géo-système et les transferts profonds en limite de la zone racinaire).

La liste est loin d'être exhaustive : il faut simplement retenir que très peu de processus sont irréversibles à une longue échelle de temps, et donc que très peu de signaux sont valides en termes de

reconstruction des environnements. Le transfert fiable de l'information et la transmission fidèle du message font que les bilans s'avèrent difficiles. De nombreux types de sols ferrugineux et ferrallitiques qui caractérisent une grande gamme de profils forestiers sont les témoins probants des déstabilisations et des fluctuations dans les couvertures forestières. Les formations superficielles sont souvent marquées par des phases de colluvionnement multiples qui ont marqué le décapage des profils podzoliques et la mise à nu, voire le transport des horizons profonds du profil. La plupart des couvertures ferrugineuses gravillonnaires sont colluviales et marquent la transformation et l'oxydation des plinthites, ou des horizons ferrallitiques profonds, ainsi que les impacts de la déforestation (Pomel & Salomon, 1998). Les bilans pédoclimatiques sont donc difficiles et ne permettent pas de classer les sols de façon " zonalement correcte : ils nécessiteraient des chronoséquences fermées et bien définies, en particulier avec la suppression de la variable des lithodépendances.

III - LES INDICATEURS ANTHROPIQUES

A. Les indicateurs de l'anthropisation dans les couvertures végétales (fig. 2)

La cartographie des couvertures végétales (Pomel & Schulz, 1994) permet d'évaluer l'impact des actions anthropiques à l'échelle du sub-continent et de mettre en évidence la part anthropogène d'indicateurs considérés comme zonaux.

B. Les indicateurs de l'anthropisation dans les sols (fig. 3)

1. La déforestation

Elle engendre une méta-pédogenèse et des effets, pour certains irréversibles dans le profil et la catena, une diminution de la protection contre les énergies solaire, pluviale et éolienne et un décapage. Elle perturbe la dynamique naturelle, entraînant l'augmentation des pertes en éléments nutritifs et réduisant l'intensité des cycles biologiques internes. La diminution de la litière et de la pédofaune implique une suppression du recyclage de la matière organique, une chute de N, K, CEC et du pH (Cunningham, 1963) et un compactage de surface qui freine le drainage et favorise l'érosion. Apparaissent alors des problèmes de fixation du phosphore (du fait de la disparition des vers géophages, Chapuis & Brossard, 1994) avec une augmentation de la toxicité en Al et Mn. Elle provoque une oxydation et une rubéfaction des horizons argileux, une amorphisation des horizons humifères, une décohésion des argiles

qui serait liée à la perte des sucs racinaires (Robert & Schmit, 1982), une perte en fines, une migration verticale des argiles, des problèmes de rétention en eau et d'induration. Le passage des sols ferrallitiques à des sols ferrugineux pourrait être lié à cette réactivation des argiles qui conduit à un nouvel assemblage plus rigide au retrait-gonflement. Dans les horizons profonds, on observe une réduction remontante du fer (liée sans doute à une remobilisation non plus saisonnière mais permanente en milieu confiné), une acidification, voire une hydromorphie ou des néoformations plus ou moins toxiques ou limitantes pour la plante. À l'aval, ou en profondeur, on observe des concentrations d'argiles qui peuvent engendrer un bouchage des profils ou une hydromorphie remontante. Bref, la déforestation accélère la podzolisation et l'acidification de nombreux profils et, en altérant la structure du sol, modifie son drainage.

Après déforestation, quelle que soit la zone (sahélienne, soudanienne et guinéenne), l'érosion particulière latérale et les apports en produits grossiers augmentent. La fonction épuratrice des sols diminue sensiblement, surtout en cas d'attaque des ripisylves. Un autre phénomène concerne le déstockage brutal lors de la déforestation des produits phytolithaires siliceux piégés dans les sols forestiers. La forêt recycle normalement 30 à 90 kg/ha/an de silicium sulfacique et accumule 68 t/ha/an de litière, dont 3,6 à 4,8 t/ha/an de litière foliaire. Dans les 30 cm supérieurs des sols de la forêt, le silicium biogénique des phytolithes représente 9,6 à 12,5 t/ha (Alexandre *et al.*, 1994). Les sols forestiers sous couvert végétal naturel sont normalement en équilibre. Ils ont alors une très haute perméabilité de surface, une forte capacité d'infiltration, une porosité élevée, avec une abondance de macropores produits par l'important réseau des racines superficielles, et une très riche pédofaune. Ils sont surtout bien agrégés et résistants à la détrempe et à la cinétique de la pluie, toutes caractéristiques qui seront radicalement modifiées par la déforestation.

L'alimentation de la litière en matière végétale est interrompue, pénalisant les micro-organismes et la décomposition biologique. Or, habituellement, le sol forestier est le siège d'une activité intense des décomposeurs et des prédateurs (bactéries, champignons, protozoaires, nématodes, rhizophages, géophages, termites et fourmis, arthropodes détritivores, etc.). Il se produit une dégradation rapide des matières organiques qui donne naissance à des minéraux solubles. Les sols dénudés sont soumis à un changement brutal : une augmentation de l'éclairement, des écarts de température conduisent, le jour, à une très forte évaporation, à un dessèchement peu favorable à

une reprise végétative. Une croûte apparaît, qui favorise le ruissellement et l'érosion en nappe. Le lessivage des sols augmente et les eaux se chargent de sédiments fins et, comme la litière a disparu, les acheminent vers les talwegs. À terme, il ne reste en place que des sols sans fraction humique colloïdale. La déforestation a surtout des effets sur la bactériologie des sols : l'activité

des macrotermes diminue très rapidement lorsque la forêt disparaît. Du fait de l'accumulation des cations en surface dans les sols tropicaux, il se produit une stabilisation des sols par la décomposition de la matière organique en fonction des cellules algo-bactériennes, avec une bonne aération du sol liée à la bioactivité. Ces équilibres, assurés également par une croissance

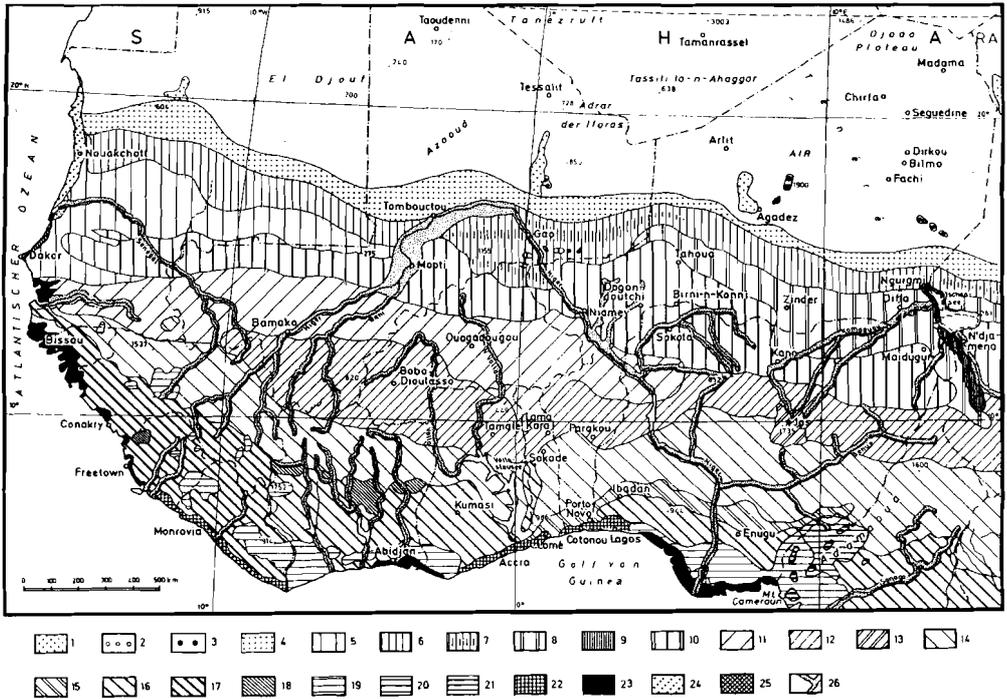


Figure 2. Carte schématique de la végétation en Afrique occidentale et centrale, extrait de Pomel & Schulz (1994).

SAHARA : pseudo-savanes et savanes (pâturage, coupe du bois). 1 : pseudo-savanes à *Acacia-Panicum* et extension de la végétation des oueds. 2 : savanes à *Maerua-Acacia* des plateaux gréseux de l'E Niger et du N Mali. 3 : savanes à *Acacia-Commiphora-Rhus* des hauts plateaux du Sud de l'Aïr. 4 : savanes à *Acacia-Panicum*.

SAHEL : savanes (pâturage, coupe du bois, arboriculture, culture du mil). 5 : savanes à *Acacia-Balanites-Leptadenia*. 6 : savanes à *Acacia-Commiphora* (concurrence entre nomades et agriculteurs sédentaires). 7 : savanes à *Acacia-Leptadenia-Commiphora* (comme 6 en plus dégradées). 8 : savanes à *Acacia-Piliostigma-Bauhinia* (région de désertification intense). 9 : brousse épineuse à *Acacia* sur les plaines d'inondation autour du lac Tchad (pâturage intensif). 10 : savanes à *Combretaceae* (zone de forte désertification).

SOUDAN : savanes et forêts claires sèches (feu, arboriculture, cultures du mil et du manioc). 11 : savanes à *Parkea-Vitellaria-Terminalia*. 12 : savanes et forêts sèches à *Isoberlinia-Afzelia-Daniellia-Lophira*. 13 : savanes à *Isoberlinia-Carissa-Ficus* sur le plateau de Jos.

GUINÉE : savanes, forêts ouvertes et mosaïques forêt-savane (brûlis intensifs, arboriculture, pâturage, cultures : mil, manioc, igname). 14 : savanes et forêts ouvertes à *Daniellia-Lophira-Terminalia* et *Isoberlinia*. 15 : mosaïques forêt-savanes à *Albizia-Milletia-Fagara* (idem 14). 16 : savanes et forêts à *Celtis-Triplochiton-Terminalia* (agriculture intensive sur brûlis). 17 : mosaïque forêt-savane à *Chlorophora-Antiparis* (idem 16). 18 : savanes à *Lophira* (cultures sur brûlis).

ZONE DES FORÊTS GUINÉENNES (agriculture sur brûlis). 19 : forêt ombrophile à *Lophira-Piptadeniastrum-Caesalpiniaaceae*. 20 : forêts supra-montagneuses à *Carapa-Pentadesma-Ficus/Parinari* du Fouta Djallon (agriculture intensive, pâturage). 21 : forêts et landes montagneuses à *Adenocarpus-Gnidia-Hypericum*.

FORMATIONS EXTRAZONALES (coupe intense du bois). 22 : forêts et savanes côtières à *Ficus-Celtis-Cynomorus*. 23 : mangroves à *Avicennia-Rhizophora*. 24 : brousse côtière à *Tamarix*. 25 : formations de Niayes à *Elaeis-Alchornea-Lophira* (horticulture intensive). 26 : végétation ripicole dans les formations diverses, au Sahel (*Acacia albida, Acacia nilotica, Hyphaene*), au Soudan (*Borassus, Celtis*) et en Guinée (*Uapaca, Trichilia, Syzygium*).

racinaire subsuperficielle, sont rompus avec la déforestation, avec rubéfaction des horizons du surface, décohésion des argiles, amorphisation des horizons Ah, voire podzolisation.

2. Les feux

L'extension des feux est indubitable même si les effets ne sont pas aussi nets, dépendent de la zone écologique et sont loin de faire l'unanimité

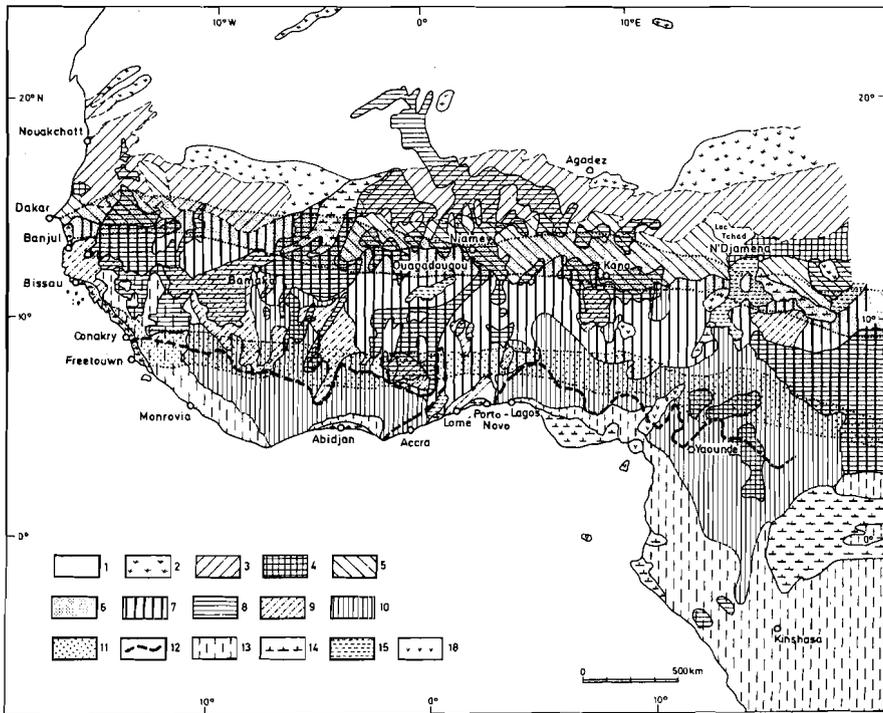


Figure 3. Carte des types de sols en Afrique occidentale et centrale, extrait de Pomel & Schulz (1994).

Altération minimale (concentration de Ca-Na-Si-Al) des régions arides et subarides sahariennes et sahéliennes.
 1 : sols minéraux bruts des déserts (dunes, sols salés et compactés des oasis). 2 : sols peu évolués subdésertiques (sols compactés et encroûtés des zones surpâturées). 3 : sols isohumiques (élevage transhumant, agriculture précaire, sols incendiés et colluvionnés, sols éoliens). 4 : sols halomorphes et sols sodiques, sols compactés des zones de cure de sel, sols à OPS (organisation pelliculaire de surface) salées des zones irriguées.

Altération bisiallitique ou fersiallitique (Fe-Si-Al) et couverture d'altération montmorillonitique des régions tropicales sèches soudanaises.
 5 : sols ferrugineux peu lessivés (dunes fixes, cultures pluviales, sols à OPS ferrugineuses des cultures itinérantes sur brûlis). 6 : zone à fort concrétionnement actuel superficiel (région agro-pastorale des cultures pluviales d'arachide, mil-sorgho-niébé). 7 : sols ferrugineux tropicaux lessivés, sols encroûtés (cultures pluviales de coton).

Altération monosiallitique (Fe-Al) et couverture d'altération kaolinique et ferrugineuse des régions tropicales humides soudanaises.
 8 : extension générale des cuirasses de fer ; zone à cuirassement actuel généralisé, située entre les deux zones de concrétionnement 6 et 11.

Altération ferrallitique (Fe-Al) et couverture d'altération kaolinique et gibbsitique des régions tropicales humides guinéennes.
 9 : sols ferrugineux lessivés et sols ferrallitiques (déforestation ancienne, jachères à rotation rapide). 10 : sols ferrallitiques rouges faiblement et moyennement désaturés (cultures d'igname, de café). 11 : zone à fort concrétionnement actuel superficiel (sols à OPS ferrugineuses des cultivateurs défricheurs, des forgerons). 12 : limite forêt mésophile/savane soudanienne avant les déboisements des derniers siècles, zone d'exploitation forestière et des cultures agro-industrielles (hévéas-palmiers à huile, agrumes).

Altération ferrallitique (Fe-Al) et allititque (Al) et couverture d'altération kaolinique et/ou gibbsitique des forêts ombrophiles guinéennes et équatoriales.
 13 : sols ferrallitiques jaunes fortement désaturés, sols lessivés jaunes incendiés des cultivateurs de manioc, rizicultures dans les zones inondables.

Sols azonaux. 14 : sols hydromorphes, drainage des bas-fonds (deltas et cuvettes intérieures), cultures irriguées, légumes et coton, sols sulfatés des mangroves défrichées, sols des tannes lagunaires, zones de fabrication du sel, sols compactés et salés des zones irriguées, des bas-fonds. 15 : vertisols et vertisols compactés des zones surpâturées, caravanières et des oasis. 16 : sols volcaniques, régions de refuge, sols de survie rajeunis et surexploités.

des scientifiques : on a même observé que la suppression des feux peut avoir des effets néfastes.

Le rôle néfaste du feu peut en effet se discuter, car il a de nombreux effets positifs. Le feu a de nombreux effets bénéfiques pour la reprise de la végétation. Il favorise la germination de certaines graines en savane soudanienne et élimine certaines toxines des litières, mais tout dépend de l'épaisseur des litières, de la quantité et de la nature de l'humus au moment de l'incendie : mais ce qui est vrai en savane ne l'est pas forcément en forêt guinéenne. Les feux peuvent effectivement contrôler les insectes, les parasites et les champignons, représenter un effet sanitaire efficace et permettre à une nouvelle biologie du sol de s'installer, profitant de la lumière et des nutriments des cendres. Ils peuvent favoriser la floraison et la fructification de certaines espèces et accélérer le recyclage des éléments organo-minéraux du sol.

Cependant, leur fréquence (certains sont annuels), leur durée (certains ont commencé il y a plus de 10 000 ans) et la prépondérance récente des feux tardifs sont autant d'indices d'artificialisation des paysages. Les feux exercent une profonde modification des mosaïques initiales des écosystèmes naturels. En élaborant une homogénéisation des paysages végétaux et pédologiques, ils collaborent peu à peu à façonner un "pyroclimax". L'incendie comporte des avantages temporaires : les bases sont libérées et le pH augmente dans un premier temps, d'où une prolifération des bactéries, certaines nitrifiantes ; la minéralisation de l'humus met à la disposition des plantes une masse d'éléments minéraux assimilables. La croissance en est stimulée. Dans certains cas, la chaleur des feux brise les liaisons colloïdales et procure au sol une structure meuble rendant le travail du sol plus facile.

Mais à plus long terme, les feux présentent de graves inconvénients quelle que soit la zone climatique : le feu détruit une grande partie de la matière organique et de l'humus, et le sol est ensuite lentement décapé par l'érosion. Plus graves sont les pertes observées du fait des pratiques de l'agriculture sur brûlis dans les zones guinéenne ou soudanienne. On observe une perte d'éléments chimiques par lessivages vertical et oblique, une diminution de la teneur en matière organique et une baisse de la CEC (Nye & Greenland, 1960 ; Kellog, 1963). L'activité accrue de la microflore a procuré " un éclair de fertilité " ; mais l'humus trop vite minéralisé, non renouvelé, disparaît rapidement. Les conditions micro-climatiques sont modifiées, les rayons du soleil dardent le sol dénudé ce qui modifie les conditions de température, d'humidité et de luminosité. En

lisière de forêt guinéenne, les feux d'herbes sèches, poussés par les vents, font peu de dégâts aux arbres sauf s'ils incendient les couronnes, mais les températures en profondeur dans le sol ont souvent des effets graves.

Globalement les effets des feux sont donc complexes et dépendent bien sûr de la zone climatique. Dans les horizons A des sols de la zone guinéenne, les feux suppriment la litière, augmentent le pH avec l'apport de cendres riches en bases, mais après une pluie, les bases sont lessivées. La silice, abondante dans les cendres, va engendrer à plus long terme la chute du pH. Dans un premier temps, les feux semblent favoriser le "turn over". Mais ils contribuent aussi à la redistribution des particules fines en surface et à la modification des plasmas argileux, ce qui avanta-ge le ruissellement. Le mélange des eaux avec les cendres a un effet accélérateur sur la migration des particules fines : dans les profils, cela engendre la fabrication de nombreux revêtements argileux ou limoneux observables dans les sols incendiés des forêts de Côte d'Ivoire (Pomel *et al.*, 1994), et dans la catena cela favorise la perte en éléments nutritifs et fins.

Il apparaît alors une concentration par saturation des limons ferrugineux qui vont boucher les sols. Il s'ensuit une hydromorphie favorable à l'asphyxie des plantes. Les feux engendrent dans les savanes soudanienne une minéralisation des horizons humifères et créent des horizons fins et meubles sur plusieurs centimètres (Pomel & Schulz, 1992 ; Pomel *et al.*, 1994), lorsqu'ils ne sont pas exportés lors des premières tornades (Pomel *et al.*, 1994 ; Pomel & Schulz, 1990 ; Schulz, 1992). Les feux tardifs proches du début de la saison des pluies sont surtout destructeurs pour la végétation, mais à long terme ils sont aussi nocifs pour les sols. Ils sont une grande source de poussières et de turbides. Les feux favorisent l'érosion superficielle, et inactivent la matière organique qui, cuite, devient noire et minéralisée, puis perd son pouvoir de rétention hydrique. Les feux provoquent une chute de l'humus et de l'azote et engendrent une suppression d'une partie de la pédofaune. La remobilisation des colloïdes minéraux, du fait du rajeunissement temporaire du profil (resaturation en alcalis par les cendres) observée dans les horizons A1 ou B1, est brève et n'est guère compensée par la désaturation des horizons B, souvent bouchés par la migration des argiles et des limons ferrugineux.

Dans la catena, les feux augmentent les hétérogénéités spatiale et transversale. Ils fournissent des matériaux évacués facilement par les eaux en raison de leur bon état de dispersion. Les feux

provoquent une dégradation irréversible des édifices argileux et une modification des pédostructures (West *et al.*, 1987). Au Niger, par exemple, les horizons argiliques et les glaçages des sols sableux sont mis en rapport avec des périodes d'érosion de sols après les feux de brousse (West *et al.*, 1987). Ces phases limoneuses accompagnent les feux répétitifs enregistrés durant l'Holocène dans les carottes lacustres du Niger (Pomel *et al.*, 2002). Dans les forêts du SW de la Côte d'Ivoire où se pratiquent les brûlis, on observe des organisations superficielles de ce type (Pomel *et al.*, 1994). Ces apports en particules fines vont modifier les paramètres physico-chimiques. La perte des nutriments libérés est rapide : P, Mg, K et Ca sont rapidement libérés et consommés, et donc déstockés des réserves du sol. Le pH augmente de trois unités ou plus, créant immédiatement des conditions alcalines, même sur substrat acide. La perte de nutriments est aussi directe par volatilisation et transfert convectif des cendres, en partie accrue par le vent et les eaux. Après le feu, la température du sol augmente par absence d'ombre. L'élimination de la micro-faune dans les horizons de surface avantage la macro-faune du sol et les remontées biologiques, au moins les premiers mois après les feux.

2. Le surpâturage

Il a des effets divergents qui semblent cependant moins controversés que ceux des feux. Dans de nombreux cas, le surpâturage provoque un embuisonnement des espèces non consommées par le bétail. On observe de grandes différences entre le surpâturage des ovins et des caprins et celui des bovins. Le surpâturage modifie le cycle de l'azote et favorise certaines espèces en libérant des niches écologiques ; mais en accélérant la compaction des sols, en supprimant la pédoagrégation, il diminue la porosité, réduit la capacité d'infiltration et de rétention en eau et favorise l'hydrologie de surface et la déflation. Les capacités d'oxygénation et de photosynthèse des plantes sont ainsi réduites et engendrent des compétitions avec les plantes "pâturo-tolérantes" souvent introduites avec un avantage aux plantes à rhizomes. Le surpâturage est générateur d'érosion accélérée, avec ses microformes typiques surtout sur les pentes (sentes amorces de ravines, terrassettes, décollements en "pieds de vaches", etc.). Au niveau des organisations de surface, le surpâturage engendre un dérèglement des processus de biofixation par des croûtes algo-bactériennes. Les éléments nitrés fournis par les bouses de vache alimentent soit l'activité de la pédofaune, soit les croûtes qui sont en compétition, les premières déstabilisant la surface du sol,

les secondes la fixant. Les déjections favorisent la genèse de croûtes algo-bactériennes qui freinent partiellement les processus érosifs. Un équilibre précaire s'établit alors, que le piétinement peut faire basculer. Il est évident que l'activité des caprins est encore plus perturbante que celle des bovins. Les actions du bétail engendrent des organisations de surface de compaction, des concentrations d'éléments par des processus minéralogiques (duriconcentrations) ou des concentrations par des processus d'enlèvements (abruconcentrations).

4. L'agriculture et l'arboriculture

Les effets sont complexes et ils ont été étudiés dans le cadre d'un Programme International de Coopération Scientifique franco-allemand du CNRS (PICS n° 521) sur les états de surface des sols (Pomel, 1999). Il s'agit surtout du décapage des horizons de surface, avec abruconcentration de matériel sableux ou de matériels blanchis (en cas d'agriculture sur brûlis). Les modalités sont très variables suivant les zones et les pratiques, cultures à plat, en billons, en buttes, culture irriguée ou non, culture mécanisée (Pagliai, 1987 ; Mietton, 1988 ; Pieri, 1989 ; Pomel, 1999).

La genèse de nombreuses croûtes gravillonnaires est liée aux différentes pratiques. Les billons par exemple favorisent l'accumulation de certains éléments grossiers (Pieri, 1989). Il existe des relations entre certains états de surface et la végétation à Fabacées des parcs arborés, en particulier la formation de satuconcentrations (concentrations d'éléments fins liés aux litières). Des pratiques agroforestières ont été mises au point qui jouent un rôle important dans la conservation des horizons de surface (Pomel, 1999). La pratique systématique de rideaux forestiers joue le rôle de fixateur des paysages (Pomel, 1999). Enfin certains types de végétation comme les *Acacia* jouent un rôle important dans la fabrication des états de surface via les litières qui alimentent le sol au début de la saison des pluies et le système racinaire qui fournit des nitrates au sol (Pomel, 1999). L'agriculture mécanisée fabrique une semelle de labour et des horizons de surface déstructurés, avec une importante modification de la densité du sol (Pomel, 1999).

CONCLUSIONS

Finalement on peut se poser la question du rôle de l'homme dans la dégradation des couvertures. Comment attribuer à l'homme un rôle fondamental dans la modification des couvertures pédologiques alors qu'il faut plus de 10 000 ans pour for-

mer un sol et individualiser les horizons des sols ferrallitiques ou ferrugineux ? Les modifications observées pourraient être que marginales. Les modifications du couvert végétal peuvent être obtenues beaucoup plus rapidement et les exemples sont légion.

En réponse à ces objections, il faut d'abord noter le caractère répétitif, souvent annuel et durable (plusieurs milliers d'années) de la plupart des actions anthropiques (déforestation, feux, pâturage, arboriculture). Ces actions sont bien enregistrées par exemple dans les carottes lacustres de la bordure sud du Sahara qui couvrent une grande partie de l'Holocène et étudiées en collaboration avec nos collègues allemands. Les travaux de la commission de l'INQUA (1990-1995) sur les impacts anthropiques en Afrique montrent le rôle essentiel qu'ils ont joué dans la genèse des paysages végétaux et pédologiques (Schulz, Roberts & Pomel, 1995 ; Schulz, Pomel, Roberts & Ammann, 1995) .

Dans le cas d'une dégradation des formations végétales du fait des actions de déforestation, du surpâturage et des feux, les sols sont profondément affectés. Des processus de rubéfaction, de minéralisation de la matière organique et des processus morphogéniques d'érosion particuliers apparaissent qui vont générer des horizons colluviaux, horizons A1-2-3 des sols, horizons permettant de reconstruire ces impacts sur les sols. Les couvertures végétales et pédologiques tropicales semblent donc plus sous la dépendance des actions anthropiques que sous le commandement d'une zonalité climatique *sensu stricto* (Pomel *et al.*, 1994).

Les actions anthropiques ont fabriqué des **limites** qui se sont bloquées sur des seuils écologiques, comme c'est le cas bien étudié au Cameroun (Pomel & Schulz, 1992). C'est le cas des limites nord et sud des feux agro-pastoraux qui bloquent au nord sur la bordure sud des savanes sahéliennes et au sud sur la bordure nord des forêts guinéennes. Ces seuils éco-anthropiques sont des seuils révélés par la gestion des savanes et des forêts. La frontière nord des feux était plus septentrionale à l'Holocène démontrant une origine anthropogène du Sahel (Schulz et Pomel, 1992). La frontière sud des feux a été également plus méridionale durant les phases sèches du Quaternaire comme l'attestent la présence de couvertures pédologiques forestières tronquées dans la zone guinéenne. Les couvertures sont en fait des reflets d'usages et de pratiques paysannes sur le temps long. Leurs mosaïques sont organisées à beaucoup d'autres échelles que celles des cartes zonales. Elles représentent en fait des terroirs qui illustrent les différentes pratiques : pyromorphes, agro-pastorales et agro-

forestières. Les limites entre les différentes couvertures sont liées à des éco-pratiques qui ont révélé (au sens géographique) des seuils écologiques. L'organisation spatiale des couvertures aux différentes échelles va de pair avec la distribution des systèmes agro-pastoraux dans le temps et dans l'espace. Mais l'analyse toposéquentielle (Bertrand, 1998) n'est pas la seule clé de lecture des paysages africains.

Le réexamen des indicateurs spécifiques des actions de l'homme montre toute une gamme de couvertures qui sont le résultat d'une longue histoire des paysages humanisés. On peut ainsi distinguer des couvertures des pasteurs, des pyropraticiens (agriculteurs par le feu et forgerons), des arboriculteurs (savanes et parcs), des nomades et des caravanes, des agriculteurs d'irrigation (oasis, zones irriguées et bas-fonds), des agriculteurs d'autosubsistance et des bâtisseurs de terrasses. L'agriculture mécanisée et les plantations agro-industrielles, les zones de guerre sont également des facteurs de différenciation non négligeable. Pensons aux guerres de Samory qui ont fortement contribué par la politique de la " terre brûlée " à façonner les couvertures pyromorphes.

Les couvertures végétales et pédologiques sont ainsi plus proches d'anthroposystèmes ou de paysages culturels — au sens allemand de " Kulturlandschaft " — que de systèmes écologiques. Elles ont été façonnées par des systèmes agropastoraux ou sylvo-pastoraux. Le système de la bordure Sud du Sahara (Schulz et Pomel, 1994), le " Sahel " est lui-même un système fortement influencé par les dégradations anthropiques, comme les systèmes des contacts " forêts-savanes " (Pomel *et al.*, 1994). Les couvertures ont enregistré des crises : crises sociales et crises morphologiques. Les couvertures témoignent aussi des systèmes coloniaux et des agriculteurs de rente. Les couvertures enregistrent de nouvelles relations villes-campagnes : citadins exclus des zones périurbaines. Les couvertures enregistrent aussi de nouvelles dominations : défense et survie des zones refuges et des montagnes — sols et végétation des zones de guerre et des zones de conflits pour la terre.

Ce bref exposé témoigne pour une géographie historique des couvertures. Il plaide en faveur d'une présentation ethnobotanique et ethnopédologique, trop souvent négligée (Barrera-Bassols & Zinck, 2000), au profit d'une présentation strictement climatologique ou écologique des sols et de la végétation. Les sols et les pratiques paysannes sont trop souvent interconnectés pour que cela soit passé sous silence. Les couvertures témoignent des liens qui existent entre agricultures et paysages. Les couvertures témoignent

enfin des relations qui unissent les arbres et les hommes, les sols et les civilisations. Les couvertures témoignent donc des liens entre agricultures et cultures.

ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE

ADAMS, J.M. *et al.* (1990).- Increases in terrestrial carbon storage from the last glacial maximum to the present. *Nature*, 348(6303), pp. 711-714.

ALEXANDRE, A. ; COLIN, F. ; MEUNIER, J.D. (1994).- Les Phytolithes, indicateurs du cycle biogéochimique du silicium en forêt équatoriale. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 319, II, pp. 4453-4458.

ATSR World Fire Atlas, site internet :

<http://odisseo.esrin.esa.it/ionia/FIRE/AF/ATSR/>

AUBREVILLE, M. (1949).- *Climat, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Paris, Soc. Éd. Géogr. Marit. Colon., 350 p.

BARRERA-BASSOLS, N. ; ZINCK, J.A. (2000).- Ethnopedology in a worldwide perspective. An Annotated Bibliography. Netherlands, ITC, 636 p.

BERTRAND, R. (1998).- Du Sahel à la forêt tropicale. Clés de lecture des sols dans les paysages ouest-africains. *CIRAD, Coll. Repères*, 272 p.

BOULET, R. ; FAUCK, R. ; KALOGA, B. ; LEPRUN, J.-C. ; VIELLEFON, J. ; RIQUIER J. (1971).- Carte pédologique au 1/5 000 000. In : *Atlas International de l'Ouest Africain, OUA et IGN*, Pl. 9 et notices.

CHAPUIS, L. ; BROSSARD, M. (1994).- Modifications et stabilité du phosphore échangeable d'un ferralsol ingéré par un ver géophage. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 320, II, pp. 587-592.

CLEMENT, FE. (1916).- Plants succession. An Analysis for the development of the vegetation. *Washington*.

CUNNINGHAM, R.K. (1963).- The effect of clearing in a tropical forest soil. *Journal of Soil Science*, 14, 2, pp. 334-345.

DUCHAUFOR, Ph. (1997).- *Abrégé de Pédologie*. Masson, Paris, 291 p..

GOLDAMMER, J.G. (1990).- *Fire in Tropical Biota. Ecosystem Processes and Global Challenges*. Springer-Verlag, Berlin, 497 p.

KELLOG, C.E. (1963).- Shifting cultivation. *Soil Science*, 95, pp. 221-230.

KRINGS, Th. (1991).- Kulturbaumparke in den Agrarlandschaften Westafrikas – eine Form autochtoner Agroforstwirtschaft. *Die Erde*, n° 122, pp. 117-129.

MIETTON, M. (1988).- *Dynamique de l'interface Lithosphère-Atmosphère au Burkina-Faso, l'érosion en zone de savane*. Thèse Doct. Etat Géogr. Univ. Grenoble, Editec 14, Caen, 2 tomes, 511 p. et 227 p..

NYE, P.H. ; GREENLAND, D.J. (1960).- The soil under shifting cultivation. *Techn. Comm. N° 51, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, Farnham Royal, England*.

PAGLIAI, M (1987).- Effects of different management practices on soil structure and surface crusting. In : *Micromorphologie des sols*. Congrès Paris, pp. 415-421.

PIERI, Ch., (1986).- *Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. Ministère Coopération et développement, Paris, CIRAD-IRAT, 444 p.

POMEL, S. ; SCHULZ, E. (1992).- Les sols des savanes anthropogènes du Cameroun. *Würzb. Geogr. Arb., Würzburg*, n° 84, pp. 289-324.

POMEL, S. ; POMEL-RIGAUD, F. ; SCHULZ E. (1994).- Indicateurs anthropogènes de la végétation et des sols de quelques savanes de l'Afrique de l'Ouest. *Presses Universitaires de Bordeaux, Coll. Espaces Tropicaux*, n° 13, pp. 173-200.

POMEL, S. ; SALOMON, J.N. (1998).- *La déforestation dans le Monde Tropical*. Presses Universitaires de Bordeaux, Coll. Scieteren, 160 p.

POMEL, S. (1999).- *Les organisations de surface pour enregistrer le fonctionnement et fixer les paysages tropicaux : marges nord et sud du Sahara et montagnes d'Afrique. Rapport Scientifique de l'exercice à 3 ans (1997-1999) du PICS n° 521 du CNRS*. Direction des Relations Internationales du CNRS, Paris, 196 p.

POMEL, S. ; SCHULZ, E. ; BAUMHAUER R. (2002).- The Mid-Holocene transition from freshwater lake into sebkha in the Segedim depression, NE Niger. *Journal of Palaeolimnology* (sous presse).

ROBERT, M. ; SCHMIT, J. (1982).- Rôle d'un exopolysaccharide (le xanthane) dans les associations organe-minérales. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 294, II, pp. 1031-1036.

SCHULZ, E. ; POMEL, S. (1990).- Dust transport in the Sahara : the Pollen record. *15^{ème} Colloque de Géologie Africaine, Nancy*, 10-12 septembre, *Publ. CIFEG, Orléans*, 20, p. 113.

SCHULZ, E. (1992) .- Dust formation and transport in the Sahara and adjacent areas. In : THORWEIHE, U ; SCHAANDELMEIER, H. (eds.) *Geoscientific Research in Northeast Africa*. Balkema, Rotterdam, pp. 647-748.

SCHULZ, E. ; POMEL S. (1992).- Die anthropogene Entstehung des Sahel. *Würzb. Geogr. Arb. Würzburg*, n° 84, pp. 263-288.

SCHULZ, E. ; POMEL, S. (1994).- La bordure sud du Sahara : du désert à la savane. *Presses Universitaires de Bordeaux, Coll. Espaces Tropicaux* n° 13, pp. 143-171.

SCHULZ, E. (1994).- Indicateurs de l'influence anthropique sur la végétation actuelle et passée. Régions méditerranéennes, subtropicales et tropicales. *Presses Universitaires de Bordeaux, Coll. Espaces Tropicaux* n° 13, p. 129-142.

SCHULZ, E. ; ROBERTS, N. ; POMEL, S. (1995).- Climate and Man. Report on activities of the INQUA Commission for the study of the Holocene. Subcommission of Mediterranean and Africa. *Würzburger Geogr.*, 35, 89 p.

SCHULZ, E. ; POMEL, S. ; ROBERTS, N. ; AMMANN, B. (1995).- Human Impact. Symposium. *International Congress INQUA, Berlin.*

En août 1995 au Congrès International INQUA à Berlin, codirection d'un symposium sur "Human Impact" en collaboration avec E. SCHULZ, N. ROBERTS et AMMANN B..

WALTER, H. (1964).- Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. G. Fischer Jena., vol. 1, 592 p.

WEST, L.T. ; WILDING, L.P. ; CALHOUM, F.G. (1987).- Argilic horizons in sandy soils of the Sahel. West Africa. In : *Micromorphologie des sols, Congrès Paris*, pp. 221-225.

WHITE, F. (1983).- *The vegetation of Africa*. Paris, UNESCO, 356 p. (Natural resources research, XX).

Simon POMEL, DR CNRS, responsable du Laboratoire Environnement Tropical de DyMSET depuis sa création (1995), responsable du PICS franco-allemand n° 521 du CNRS (1997-2000) sur " les états de surface des sols pour enregistrer et fixer les paysages tropicaux : marges nord et sud du Sahara et montagnes d'Afrique ". Travaille sur la mémoire des sols tropicaux (expérience en Afrique depuis 1966), les horloges volcaniques, les instantanés du sol, les indicateurs et les enregistreurs de l'environnement dans les sols, les sols comme patrimoines ethniques. Participe au programme ECLIPSE et divers programmes internationaux en Afrique, en Chine, en Amérique latine. Auteur ou co-auteur de plus d'une centaine d'articles et de deux ouvrages aux PUF-Bordeaux : " *Enregistreurs et indicateurs de l'évolution de l'environnement en Zone tropicale* " (1994) et " *La déforestation dans le Monde tropical* " (1998). Auteur d'une thèse de 3ème cycle de Géographie sur la Basse Côte d'Ivoire (1979) et d'une thèse d'état sur les sols des îles volcaniques (1986).

RÉSUMÉ/ABSTRACT

LES COUVERTURES VÉGÉTALES ET PÉDOLOGIQUES DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE ET CENTRALE : UNE CONCEPTION ANTHROPOGÈNE DE LA ZONALITÉ ?

par Simon POMEL

Le réexamen des couvertures végétales et pédologiques de l'Afrique occidentale et centrale à partir des indicateurs de fonctionnement des milieux et des sociétés met en évidence le fonctionnement de seuils écologiques révélés par des actions anthropiques. Les couvertures reflètent ainsi des mosaïques d'usages qui ont façonné des paysages à l'échelle d'un sub-continent, plus qu'une distribution strictement zonale.

Mots-clés : Afrique Occidentale, Afrique Centrale, zonalité, mémoires naturelles, indicateurs de l'anthropisation, éco-pratiques.

VEGETAL AND PEDOLOGIC COVERS IN WESTERN AND CENTRAL AFRICA : ANTHROPOGENIC CONCEPTION OF ZONALITY ?

by Simon POMEL

The re-examination of the vegetable and pedological coverages of western and central Africa from the indicators of functioning of the environments and the societies puts in evidence the functioning of ecological thresholds revealed by anthropological actions. Coverages so reflect mosaics of manners which shaped landscapes on the scale of a sub-continent, more than strictly zonal distribution.

Keywords : Western Africa, Central Africa, zonality, natural memories, indicators of anthropization, eco-practices.