

Georges SERPANTIÉ,  
Laurent TEZENAS DU MONTCEL,  
Christian VALENTIN

*La dynamique  
des états de surface  
d'un territoire agropastoral  
soudano-sahélien*

Conséquences et propositions

## INTRODUCTION

Ce document traite des résultats de recherche d'une équipe interdisciplinaire, attachée à la compréhension de la dynamique des systèmes agropastoraux soudano-sahéliens. Une étude de cas a été réalisée sur le territoire agropastoral de Bidi (400 km<sup>2</sup>), village du Nord-Yatenga, province du Burkina Faso.

Cet espace doit ses principaux caractères à 3 processus :

- une dynamique ancienne qui a produit les grands traits du paysage géomorphologique, les propriétés du réseau hydrographique et des sols ;
- une dynamique récente à partir de laquelle s'est mis en place un écosystème particulier sous un climat soudano-sahélien et des systèmes d'exploitation faiblement prédateurs. Jusqu'en 1950 environ, cet écosystème paraît équilibré ;
- une dynamique actuelle sous un climat plus aride et une pression anthropique très forte qui remet en cause cet écosystème et qui conduit à en modifier profondément les caractères : disparition de la grande faune, diminution des réserves aquifères, dégradation du couvert végétal et modification de la flore, transformation des sols en profondeur comme en surface et accroissement des ruissellements.

Selon la plupart des auteurs qui ont étudié les processus de désertification, (BOUDET, 1972 ; CHARNEY *et al.*, 1975 ; BARRY *et al.*, 1983), l'évolution des états de surface serait à la fois la conséquence et le facteur de l'évolution, principalement par le biais des fonctions d'échange entre l'atmosphère et le sol. La modification des échanges énergétiques (changement de l'albédo) joue un rôle minime à l'échelle du territoire que l'on étudie, alors que la modification des échanges d'eau conditionne la végétation, la faune et la chimie du sol, ainsi que la recharge des aquifères profonds, c'est-à-dire l'ensemble des ressources que l'homme ou l'animal domestique utilisent. En changeant de régime, l'eau participe aussi à la modification de l'état de surface du sol par les processus de réorganisation superficielle, d'érosion et de sédimentation. Les caractères de rugosité liés à la végétation, influent quant à eux sur le régime du vent et ses conséquences sur l'érosion éolienne et sur l'évaporation.

La connaissance des processus d'évolution des états de surface apparaît donc de première importance si l'on veut approcher la dynamique des ressources. Selon CASENAVE et VALENTIN (1988), le terme «état de surface» peut désigner une seule «surface élémentaire», la juxtaposition de plusieurs d'entre elles ou un système de surfaces élémentaires, à savoir un ensemble au sein duquel jouent des interactions. La surface

élémentaire se définit, à un instant donné, par un ensemble homogène constitué par le couvert végétal, la surface du sol, les organisations pédologiques superficielles qui ont subi des transformations sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques et anthropiques. Ces organisations comprennent notamment les croûtes de surface. Pour les identifier, nous ferons appel à la typologie proposée par ces auteurs :

- croûtes de dessiccation ; elles se caractérisent par l'affleurement d'un microhorizon sableux, légèrement pris en masse, très fragile, qui peut atteindre plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur ;

- croûtes structurales ; développées sur des sols sableux, elles présentent 2 ou 3 microhorizons à porosité vésiculaire : à la base une pellicule constituée d'éléments fins («pellicule plasmique»), couverte de 1 ou 2 microhorizons sableux. Sur des sols limoneux, ou argileux, les croûtes structurales ne sont constituées que d'une pellicule rugueuse ;

- croûtes grossières ; analogues aux croûtes structurales sur sable elles en diffèrent par la présence en surface de 40 % d'éléments grossiers, pour la plupart inclus dans les 3 microhorizons ;

- croûtes d'érosion ; formées d'une seule pellicule fine, lisse et dure, elles peuvent se développer, selon l'intensité des processus d'érosion sur les horizons A, B ou B gravillonnaire ;

- croûtes de ruissellement ; elles se composent de microhorizons sableux, voire gravillonnaires, peu triés, qui alternent avec de minces pellicules plasmiques ;

- croûtes de décantation ; le tri granulométrique qui préside à la formation de ces croûtes est conforme à la sédimentation ; les éléments grossiers se trouvent à la base, les éléments fins au sommet. Ceux-ci constituent souvent des plaquettes plus ou moins rebroussées.

À partir de la description des états de surface passés et actuels, de l'analyse de leur répartition dans le paysage et des facteurs d'évolution, nous voulons rendre compte d'une dynamique, à savoir une évolution et les processus qui l'expliquent.

Dans un premier temps, nous essayerons de dégager les facteurs *a priori* susceptibles d'avoir provoqué cette évolution à l'échelle du territoire agropastoral.

Dans un deuxième temps, nous étudierons les diverses formations des zones du haut versant, rarement cultivées. Par «formation», nous entendrons l'ensemble constitué par un terrain (le sol et sa position topographique), par l'état de surface et par le type de végétation.

Ensuite, nous nous placerons dans les bas versants, facettes du paysage les plus touchées par les activités agricoles.

Enfin, nous discuterons du rôle que peuvent tenir ces résultats dans la recherche d'un nouvel équilibre entre l'homme et un milieu soudano-sahélien qui donne des signes d'aridification.

## FACTEURS ET CONDITIONS DE LA DÉGRADATION

### **Le relief et les sols**

La région d'étude est située au centre d'une étendue granitique, qui raccorde en pente douce le massif de collines et de tables cuirassées de Koumbri (roches vertes et schistes, au sud-est) à la plaine du Gondo, dépression subsidente remplie par des matériaux détritiques (sables et argiles du continental terminal, au nord-ouest). Cette plaine est traversée d'est en ouest par les formations dunaires arasées de l'Erg ancien.

L'ensemble a été marqué depuis l'ère tertiaire par plusieurs phases alternées d'altération et de cuirassement sous des climats chauds et humides, d'entailles et de mouvements tectoniques de fracturation (BOULET, 1968). Le paysage qui en résulte, pour la zone granitique, est légèrement ondulé. L'armature du relief provient des lambeaux de cuirasse, plus ou moins étendus, dont l'épaisseur et la dureté sont en grande partie liées à la composition minéralogique des roches mères. Des dépôts éoliens ont ennoyé les versants, à l'époque de l'Erg ancien, sur des épaisseurs qui peuvent excéder 2 m. Les glacis sont marqués par l'existence d'une carapace qui a été entaillée par endroits au niveau du réseau hydrographique principal.

Très schématiquement, 4 facettes du paysage peuvent être identifiées au sein d'une demi-ondulation considérée comme unité de modelé. Se succèdent, de l'amont en aval de la toposéquence, longue de 2 km environ pour 30 m de dénivelée soit 1 à 2 % de pente (fig. 1) :

- les sommets d'interfluves. Ils sont liés à une cuirasse qui, lorsqu'elle s'est maintenue peut donner lieu à une «pseudo-cuesta», avec talus et revers. Cette cuirasse peut aussi avoir été érodée et ne subsister que sous la forme de quelques nodules ferrugineux relictuels ;

- le haut versant, où les cuirasses, à très faible pente, sont recouvertes d'horizons peu épais très souvent hydromorphes (bowés). La cuirasse peut disparaître, en délimitant alors une zone où se développent directement sur l'altérite des sols peu évolués d'érosion. Vers l'aval, ces anciennes cuirasses se raccordent fréquemment aux carapaces de versant ;

- les sols du bas versant concave. Ils présentent systématiquement une induration (carapace), sauf dans les sites d'affleurement du granite sain. D'épaisseur variable, ces sols ferrugineux plus ou moins hydromorphes, voient la texture de l'horizon superficiel, d'abord sableux (*binsgou*, en moré), s'enrichir vers l'aval et dans les drains secondaires en argile et en limons (sol *daglé*) ;

- les bas-fonds, temporairement inondés, comprennent une pente de raccord convexe et forte (2 à 3 %), ou chanfrein, qui relie au bas versant une aire alluviale encaissée.

En raison de l'affaiblissement de la végétation qui stabilisait le profil d'érosion, 2 facettes apparaissent aujourd'hui particulièrement sensibles à l'érosion hydrique :

- la partie convexe des pentes située à l'aval des zones cuirassées productrices de forts ruissellements diffus ou concentrés. Mais ce sont les terrains sans induration ferrugineuse qui présentent la vulnérabilité la plus élevée, d'autant que leurs horizons superficiels, directement dérivés des altérites, se caractérisent par une forte instabilité structurale ;

- le chanfrein, du fait de ses pentes relativement fortes à profil convexe.

Par ailleurs, l'érosion éolienne doit se faire plus particulièrement sentir sur :

- les zones sableuses en situation de col, entre 2 croupes cuirassées, où l'on constate l'accélération du vent ;

- les chanfreins et bas versants sableux les plus exposés aux vents d'est (harmattan et rafales d'orages).

## **Le climat**

L'histoire ancienne du Yatenga, telle qu'elle est transmise par la tradition orale mossi, nous enseigne que des sécheresses de plusieurs années ont provoqué des famines, mais ces périodes, semble-t-il, n'ont pas excédé la dizaine d'années pour l'ensemble du siècle dernier. Au <sup>xx</sup>e siècle, la longue série pluviométrique disponible

Zones	H.V.	Somets		Haut versant		Bas versant		Bas-fond			B.V.
Sous-Zones	Bowés	Cuirasse sommitale	Talus	sans induration	induration	Mi-versant non hydromorphe	Bas versant hydromorphe	Ch.	Bas-fond	Chanfrein	
Sols	Lithosols et sols peu épais SL		gravillon	sol squelet- tique arène gravill.	sol peu épais sableux	sableux	sableux à sablo- argileux Colluvio- éolien	SA à A	LA	SA à argileux tronqué	
Végétation	Steppes herbeuses et fourrés <i>Pterocarpus</i> , combretacées		fourrés combretacées	Brousse tigrée et steppes combretacées	Steppes her- beuses à fourrés combretacées <i>Pterocarpus</i>	Jachères (savane arbusitive) combretacées <i>Guiera</i>	Jachères (savane arbusitive) Parc soudano-sahélien <i>Guiera</i> et <i>Piliostigma</i>		savane boisée Parc soudanien <i>Piliostigma</i>	Steppe <i>Balanites</i> Acacias	
Utilisation du sol	Parcours		Parcours	Parcours	Parcours et Mil	Mil	Mil et arachide, habitat	jar- dins	Sorgho, riz vergers	Routes, mil, habitats	

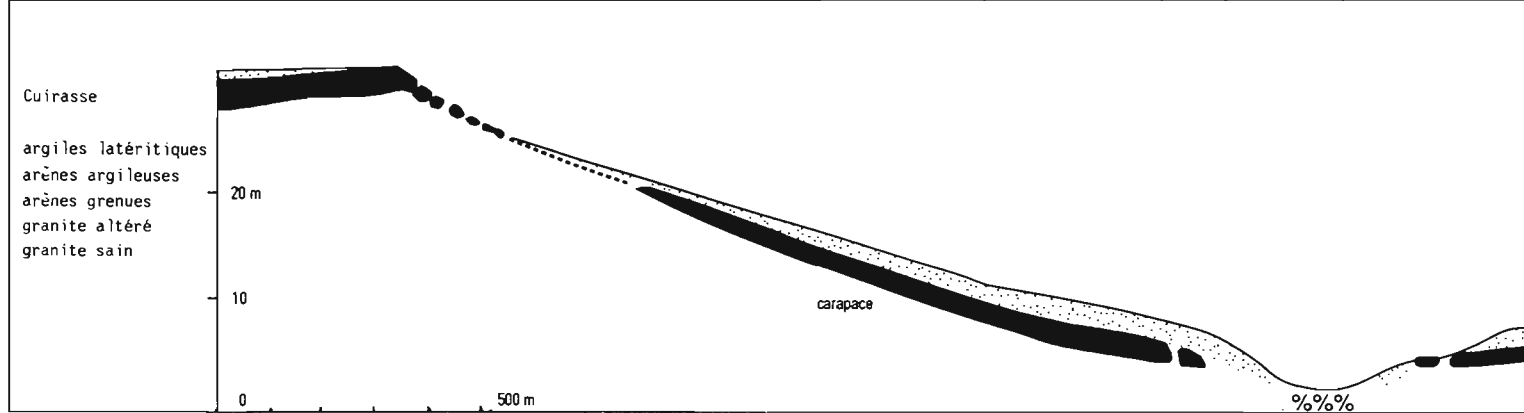


Figure 1 - Schéma de la toposéquence Boulín-Basnerre

à Ouahigouya indique une période sèche entre 1910 et 1925. En revanche, la sécheresse africaine de 1947 s'est peu fait sentir au Yatenga. De 1930 à 1970, une moyenne mobile sur un pas de quinze ans donne un niveau pluviométrique régulier de 750 mm pour Ouahigouya, ce qui le rapproche nettement du domaine nord-soudanien. Cela correspond pour Bidi, situé à 40 km au nord, à 725 mm environ. Cette valeur est la donnée climatique à laquelle nous nous référons pour situer l'écosystème caractérisé, durant les années cinquante, par l'existence d'une savane arbustive et de sa faune habituelle.

Les années 1968-69 marquent une rupture climatique selon SNIJDERS (1985), HUBERT et CARBONNEL (1986) et ALBERGEL (1987). Dans l'aire soudano-sahélienne burkinabe, la série pluviométrique postérieure à 1968 indique non seulement une réduction de l'ordre de 200 mm (fig. 2) mais aussi une plus grande variabilité spatio-temporelle. Les dernières années présentent même une aggravation de cette aridification : la moyenne des années 1983-1987 n'est que de 375 mm à Bidi. La principale évolution est la diminution de la pluviosité d'août, ce qui confère au nouveau profil pluviométrique moyen une allure plus plate et symétrique, et réduit la fréquence de l'excédent habituel du bilan hydrique P - ETP d'août (fig. 2). Il ne s'agit pas d'une «sahélisation», car le climat sahélien (type Dori) est caractérisé par une durée plus courte de la saison des pluies et donc un profil plus «pointu» à pluviosité égale.

En conséquence, les réserves en eau du sol ont, en fréquence, une plus grande difficulté à se recharger en août. En outre, il y a eu diminution de la pluviométrie en juillet et en septembre. On peut prévoir, selon les travaux de GROUZIS (1987) une faible productivité de la strate herbacée et des retards phénologiques chez certains ligneux en début de cycle.

Une autre évolution porte sur la raréfaction des pluies de plus de 40 mm (HUBERT et CARBONNEL, 1986) ; or, elles contribuent à l'installation du peuplement herbacé dans la mesure où elles permettent l'humectation du sol sur une profondeur importante. La remontée nocturne de cette humidité profonde favorise la germination et la levée des plantules (PENNING DE VRIES et DJITEYE, 1982). En revanche, pour des hauteurs de pluie inférieures, l'eau ne pénètre que dans les tout premiers centimètres du sol et elle se trouve rapidement reprise par l'évaporation.

Il faut signaler que ni la hauteur maximale de pluie journalière de fréquence décennale ni l'érosivité des pluies n'ont subi de modification au cours de cette période (ALBERGEL, 1987). Quant aux autres paramètres, il convient de noter l'augmentation de la fréquence des «tornades sèches», vents de poussières de début de saison des pluies, qui contribuent pour une bonne part à l'érosion éolienne.

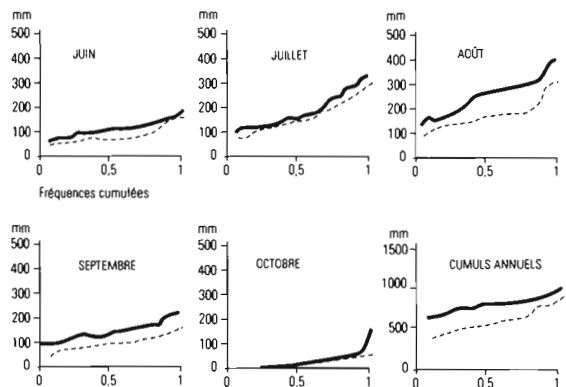


FIGURE 2 - Probabilité de non-dépassement des pluviométries. Phase humide 1950-1967 (—) et phase sèche d'après AGHYMET, 1968-1985 (---) à Ouahigouya.

La diminution de pluviosité se traduira donc directement par l'affaiblissement de la végétation herbacée et de la production ligneuse, en réduisant ainsi la protection du sol à l'égard des pluies et du vent.

Enfin, l'appauvrissement des nappes aquifères, constaté dans toute la région, posera le problème de la survie des arbres en saison sèche.

## L'évolution des systèmes de production

### AVANT LE XX<sup>e</sup> SIÈCLE

Selon la tradition orale et les documents disponibles (IZARD, 1985 ; MERSADIER, 1986), la région de Bidi aurait été peu peuplée du XVII<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle. Il s'agit d'une zone frontalière entre le Fulgo, domaine peul au nord, et le Yatenga, royaume mossi ; c'est un espace de transhumance peul où subsistent des vestiges dogon et kurumba d'un très ancien peuplement du XV<sup>e</sup> siècle. Ce faible peuplement pourrait être imputé à la relative insécurité qui y régnait. Le peuplement sédentaire commence au début du siècle, avec l'installation d'un quartier rimaibé de captifs affranchis, rejoints par des familles d'artisans et de paysans mossi, venus du Centre-Yatenga saturé, et de campeurs d'éleveurs peul transhumants (SERPANTIÉ *et al.*, 1987)

### JUSQU'EN 1960

Bidi, qui remplit la fonction de grenier à mil de la chefferie mossi de Ouahigouya, est également un village producteur de coton grâce à son bas-fond. La grande extension des sols du bas versant, peu exploités au siècle dernier, sablo-argileux, filtrants et pourvus d'une assez bonne capacité de rétention, permet en effet de réaliser des rendements élevés de mil (de l'ordre de 1 t.ha<sup>-1</sup>). Le mode d'exploitation est dualiste : près du village, culture permanente avec parcage des troupeaux peul en saison sèche. En «brousse», sur les sols les plus productifs, des groupes de champs temporaires, protégés par une clôture, sont cultivés durant cinq ans environ, puis abandonnés pendant de très longues périodes (plus de vingt ans). Les savanes arbustives qui se forment sur ces jachères sont alors couvertes de graminées pérennes. Leur exploitation pastorale en saison sèche utilise le feu pour stimuler la repousse. Pour une même population qu'aujourd'hui, 3 500 habitants environ, les photographies aériennes de 1952 ne font pas apparaître de champs sur les sols de haut versant. On a alors environ 0,3 ha cultivé par habitant (cultures et jachères récentes). En saison humide, les troupeaux quittent le territoire de Bidi vers les zones pastorales du Condo, ou les pâturages de «cure salée» de Yuba, au sud.

Alors que certains quartiers ne cultivent le mil que pour leur consommation (forgeons, chefferie, Peul), d'autres, qui n'ont pas accès au bas-fond, terrain où vient le cotonnier, accroissent les superficies en mil (migrants mossi et silmimossi). Leur but est de dégager des surplus commercialisables. Cette stratégie ne se traduit pas par une modification des techniques ; il s'agit d'une extension des superficies par la mise en culture des terrains fragiles et d'un début de raccourcissement des jachères. Compte tenu de la recolonisation récente du terroir, le système foncier qui se met en place est flou, en particulier pour les terrains éloignés du village ou ceux du haut versant, qui sont le plus souvent exploités par des paysans à partir d'un prêt temporaire.

## LA FIN DES ANNÉES SOIXANTE

Il faut attendre cette époque pour voir apparaître la charrue attelée et l'engrais chimique qui sont utilisés principalement par les paysans aisés pour pallier les problèmes que posent l'enherbement précoce des champs et la réduction de la durée de jachère. Le labour constitue un premier sarclage qui nécessite peu de main-d'œuvre, ce qui résorbe un goulot d'étranglement majeur du calendrier de travail. Le sarclage attelé ne s'est pas répandu, sans doute à cause d'une inadaptation des outils disponibles et de la difficulté d'adoption du semis en ligne, mais peut-être aussi pour des raisons plus culturelles : incompatibilité traditionnelle entre les bovins et les cultures avant la récolte (alors qu'à l'inverse, il existe des contrats de parage des troupeaux dans les champs en saison sèche) et inadaptation du mode de vulgarisation choisi par les intervenants extérieurs (vulgarisation individuelle).

## LES ANNÉES SOIXANTE-DIX

Après les premières sécheresses, on assiste à une modification des rapports entre agriculteurs et éleveurs et les contrats d'interdépendance (confiage, fumure, assistance) se raréfient. En corollaire, les agriculteurs enrichis ont constitué leur cheptel en profitant des premières sécheresses pour acheter du bétail bon marché. On atteint, en 1984, 0,3 UBT (unité bétail tropical) par habitant, et les résidus de céréales sont récoltés en vue de l'affouragement de saison chaude. Il s'agit essentiellement des résidus du sorgho de bas-fond qui a peu à peu remplacé le coton, gêné par l'apparition du troupeau sédentaire divagant et celle de la sécheresse, mais aussi, de plus en plus, des résidus du mil des champs de village. En fin des années soixante-dix, on constate une augmentation des départs de migrants vers le sud-ouest du Burkina Faso et en Côte-d'Ivoire.

## LES ANNÉES QUATRE-VINGT

En 1984, on atteint 0,8 ha cultivé par personne en moyenne. Ceux qui dégageaient des surplus dans les années soixante cultivent plus de 1 ha par personne. Cette logique de surplus a disparu tandis que les superficies se sont maintenues. L'une des raisons de ce maintien est la diminution des rendements dus, dans un premier temps, à l'appauvrissement des sols et à la mise en culture de sols médiocres, puis, à partir de 1968, à la diminution des récoltes et des réserves du fait de la sécheresse. Pour les autres quartiers, l'accroissement de la surface cultivée n'a pas suffi. Les revenus des migrations et les activités secondaires permettent leurs achats de vivres.

En 1984, une sécheresse exceptionnelle provoque le départ de nombreux éleveurs, ce qui laisse vacantes bon nombre de terres et ne diminue la charge pastorale que temporairement à cause de la croissance rapide du troupeau caprin, multiplié par 3 entre 1984 et 1987.

Pendant cette période, on assiste au développement en saison sèche des travaux de préparation des champs. Il s'agit de remettre en culture des zones encroûtées et érodées par un piochage et une fumure localisés du sol (*zai*) et d'aménager dans les champs des obstacles au ruissellement. Aux diguettes en terre, introduites par l'Organisme régional de développement en 1980, les paysans semblent préférer des aménagements isohypses perméables en pierres et en branchages, introduits par des conseillers agricoles, qu'ils réalisent de façon totalement autonome depuis 1986. Cette

préférence est à relier à la très mauvaise répartition des ruissellements provoquée par des obstacles imperméables. Ces pratiques sont peut-être des signes de l'abandon progressif de l'agriculture minière que l'on connaît depuis les années soixante.

D'autres indices de changement apparaissent, comme l'acceptation de travaux de valorisation de la matière organique (fosses fumières) et la volonté d'équipement du village en matières hydraulique, de santé et de sécurité alimentaire. Le village construit une école et développe son marché, les organisations de producteurs se multiplient.

Les conséquences *a priori* de l'évolution du système de production peuvent donc se résumer ainsi :

- jusqu'en 1950, le système d'exploitation du milieu reste peu prédateur, sinon de façon très locale : mise en culture de sols fragiles près des concessions (zone du chanfrein), couloirs de déplacement du bétail, chemins ;

- entre 1960 et 1980, l'accroissement du cheptel sédentaire divagant et la mise en culture des zones fragiles ont pu intensifier les phénomènes de «dévégétalisation», d'érosion hydrique et de déflation éolienne sur un rayon de 2 km environ autour des habitations, en créant ainsi une «auréole de dégradation» ;

- dans les années quatre-vingt, le triplement du cheptel caprin constitue une menace pour la régénération et la croissance des ligneux non épineux. L'enlèvement des résidus de récolte dans les champs peut réduire leur résistance à la déflation éolienne, augmenter leur sensibilité à l'encroûtement, raréfier la mésofaune. Ainsi, cette pratique contribue indirectement à modifier le fonctionnement hydrique des sols. En outre, le travail du sol en mauvaises conditions, l'allongement des durées de mise en culture, avec comme corollaire la réduction de la jachère, augmentent la tendance à l'érosion (ROOSE, 1981) et l'appauvrissement des sols et de la strate arbustive.

## Conclusion sur les facteurs d'évolution

Ce recensement des facteurs possibles d'évolution nous conduit à prévoir une dégradation importante du milieu d'origine. De 1952 à 1984, la comparaison de l'occupation du sol sur le territoire cultivé de Bidi (espace qui englobe à la fois les champs et les jachères) le confirme : en 32 ans, le quart de la surface, qui a subi une disparition totale de ses ligneux, n'est plus cultivé (tabl. I).

Ces données ne font pas apparaître, toutefois, la disparité très marquée des états de surface selon leur situation dans le paysage.

Tableau I - Évolution de l'occupation du sol sur le terroir de Bidi en (en pourcentage de la superficie totale de 7 825 ha)

ANNÉE	CULTURES ET JACHÈRES RÉCENTES	JACHÈRES ANCIENNES	ZONES SANS VÉGÉTATION LIGNEUSE	VÉGÉTATION DENSE
1952	14	17	2	67
1984	34	18	26	22
Différence (en ha)	+ 1 560	+ 120	+ 1 870	- 3 550



## Méthode d'analyse de l'évolution des états de surface dans le paysage

Après avoir choisi des unités pertinentes, en faisant varier le type de toposéquence ou la distance au village, nous nous appuyons sur 4 séries de données complémentaires :

- des observations de terrain : descriptions de transects (sols, états de surface, végétation), cartographies d'états de surface renouvelées sur parcelles, «tours de plaine» lors des événements à caractère érosif marqué (orages, coups de vent), suivis de stations. Celles-ci font l'objet de relevés floristiques, de comptages de ligneux, de suivis de la biomasse et de la phénologie ;
- des expérimentations d'aménagements avec répétitions, témoin et suivi pluri-annuel ;
- des interprétations de photographies aériennes à 1/50 000 (1952), à 1/20 000 (1984) et d'images satellitaires Spot (1987) ;
- des interrogations de la mémoire collective au travers d'entretiens avec les anciens du village.

Il s'agit de réaliser une confrontation de ces sources d'information entre elles et avec les facteurs supposés de l'évolution. Ces données sont de qualité inégale. La principale difficulté de la photo-interprétation provient des conditions de prise de vue. Les agrandissements de la série de 1984 sont beaucoup plus contrastés et de meilleure résolution que ceux du document de 1952. L'année 1952 a été marquée par une bonne saison des pluies. À l'inverse, l'année 1984 a connu la pluviométrie centennale sèche, d'où la très faible extension du couvert herbacé. Enfin, il faut prendre en compte les différentes saisons de prise de vue, décembre 1952 et septembre 1984. On peut, malgré ces difficultés, utiliser ces documents pour l'interprétation du couvert ligneux et de l'occupation du sol. Enfin, la mémoire des anciens n'est pas infaillible et la réalité des problèmes vécus actuellement provoque une idéalisation du passé dans les discours, d'où de fréquentes contradictions entre les témoignages. Nous utilisons avec prudence ces informations, une fois recoupées, à titre complémentaire.

## LA DYNAMIQUE DES ÉTATS DE SURFACE DES SOMMETS ET DES HAUTS VERSANTS

### Les sommets cuirassés

Ces zones n'ont jamais été cultivées. En 1952, les états de surface correspondent à une savane arbustive homogène piquetée d'arbustes (*Pterocarpus lucens* ou *Combretum glutinosum*). En photo-interprétation, on lui donnera le nom de «brousse mouchetée». On distingue 2 types de taches : sombres, elles indiquent la présence de fourrés ; claires, il s'agit de termitières dont la surface, couverte d'une croûte argilo-limoneuse, très dure et quasi imperméable (croûte d'érosion), se repère aisément sur les photographies. Ces taches claires s'élargissent aux abords immédiats des voies de communication et des champs de village ou de brousse. En 1984, ces états de surface se répartissent en 2 groupes en fonction de la distance aux habitations.

### LES ÉTATS DE SURFACE À PROXIMITÉ DU VILLAGE

La végétation arbustive n'a trouvé refuge (sur 5 % de la surface) que dans des fourrés denses, à limites circulaires, qui doivent leur existence à une situation privilégiée

(accidents localisés de la cuirasse). Par ailleurs, la relative fermeture de ces couverts denses les protège d'une exploitation abusive, de même que la situation hydrique favorable améliore la résistance aux prédatations.

Dans les petites dépressions, où subsistent des plages d'horizon A encroûté (croûte structurale), un tapis de petites graminées vivaces (*Sporobolus festivus*) peut se maintenir, parfois associé à un arbuste polycaulé rabougri (*Combretum micranthum* ou *Guiera senegalensis*), ou à un tronc encore vivant (*Pterocarpus lucens*). Alors qu'en 1952, on pouvait compter une cinquantaine de couronnes de ces grands arbustes par hectare, on ne retrouve en 1984 qu'une vingtaine de troncs morts et une dizaine de survivants dont la couronne est réduite à quelques branches. La dégradation du bilan hydrique des sols, encroûtés et érodés, ainsi que la surexploitation par émondage sont les causes de cette mortalité. L'abondance de bois mort paraît avoir découragé les habitants d'en débiter les troncs. Il n'y a pas de jeunes pieds.

De nombreux autres indices attestent de la sévérité de la dégradation des états de surface à proximité du village : sur 95 % de la surface, les horizons superficiels, qui ont été décapés, laissent désormais affleurer les horizons B gravillonnaires. Cette surface présente un encroûtement quasi général : croûtes grossières et croûtes d'érosion d'horizon B. Dépourvue de végétation, cette surface subit une érosion laminaire intense comme en témoigne l'abondance de souches déchaussées, de figures « en piédestal », et de « marches d'escalier ». S'y ajoutent des symptômes d'érosion linéaire, sous la forme de petites griffes. Celles-ci apparaissent à la faveur d'obstacles (termitières, chemins, placages sableux, bourrelets gravillonnaires) qui concentrent les eaux de ruissellement.

Cette facette sommitale, très dégradée, pose 2 problèmes majeurs : la production d'un ruissellement intense, dû aux croûtes grossières et d'érosion, et l'absence de production biologique dans un espace proche du village.

#### DANS LES ZONES PLUS ÉLOIGNÉES DES HABITATIONS ET DES CHAMPS

Les états de surface actuels, à couvert arbustif, diffèrent peu de ceux de 1952, si ce n'est par l'accentuation du contraste entre les taches noires (fourrés) et le fond très clair des zones arbustives. En 1952, le contraste par rapport aux taches de termitières montre qu'une strate herbacée continue recouvrait le faciès. De nos jours, le sol, le plus souvent nu, subit des processus d'érosion plus marqués que par le passé comme l'attestent les déchaussements et l'affleurement fréquent des horizons B gravillonnaires. La mortalité de *Pterocarpus lucens*, qui est très variable, atteint parfois 100 %. Il faut prendre en compte la faible capacité en eau des sols, à induration peu profonde ou gravillonnaires, l'assèchement des altérites sous-jacentes, l'existence de sécheresses successives, ou une pression d'émondage locale près des chemins à bétail.

#### EN CONCLUSION

Les formations des sommets cuirassés n'ont qu'une faible capacité de résistance à une exploitation sylvo-pastorale intense en situation de sécheresse. Là où elles sont dégradées, et suite à la disparition des horizons superficiels du sol, il paraît illusoire d'envisager leur réhabilitation avec les moyens d'action villageois, malgré l'utilité d'une telle entreprise.

## Le haut versant : brousse mouchetée, brousse tigrée, savanes herbeuses sur bowés

La fonction de cette facette paysagique est essentiellement pastorale. Mais elle se caractérise par un sol suffisamment profond pour porter une végétation dense et pour que l'on soit tenté de le mettre en culture. Il peut s'y manifester une érosion éolienne des éclaircies de la couverture végétale si le sol est sableux et le piétinement important.

### LES BROUSSES MOUCHETÉES

Il convient de distinguer celles qui ont été cultivées de celles qui sont restées naturelles.

À l'état naturel, ces brousses mouchetées recouvrent des sols indurés peu profonds. Leur état actuel est très similaire à celui décrit pour les sommets cuirassés. La différence la plus notable réside dans l'existence de dépôts de sables éoliens dans l'espace qui sépare les fourrés, à la faveur d'obstacles divers : débris végétaux, lianes rampantes (*Leptadenia hastata*), buissons polycaulés (*Guiera senegalensis*). Ces microbuttes sableuses contrastent fortement avec les zones érodées et gravillonnaires qui apparaissent sombres sur les photographies. Généralement enherbés, ces placages sans croûte ou à simple pellicule de dessiccation, présentent une forte infiltrabilité et des conditions favorables aux jeunes pousses arbustives. À l'inverse, sur les taches nues, les croûtes grossières ou d'érosion produisent un fort ruissellement.

Afin de connaître la possibilité d'une restauration partielle de ces formations, nous avons réalisé des essais d'aménagement du ruissellement. Dans l'auréole de divagation du bétail (à moins de 2 km du village), 2 sites ont été pourvus d'un essai en 1984. Chaque site était caractérisé par un état de surface très dégradé où affleuraient par taches l'horizon gravillonnaire. Il comprenait une parcelle pourvue de 4 cordons pierreux isohypses espacés de 20 m sur 50 m de long, et une parcelle témoin non traitée, sans mise en défens. Dans la parcelle traitée de chaque essai, s'est reconstituée en quatre ans une bande enherbée de 3 m de large en moyenne, grâce à l'amélioration de l'infiltration, au piégeage de graines, de sables éoliens et de sédiments délaissés par les eaux de ruissellement en amont des cordons. La bande issue de sables éoliens (1 m de large) porte un couvert dense de *Schoenefeldia gracilis*, très riche en repousses arbustives (*Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*). La zone de décantation qui remonte dans les microdépressions (0 à 10 m de large) porte un couvert lâche de petites graminées (*Microchloa indica*). La scarification du sol effectuée sur une partie des essais en 1984 a permis d'accroître l'aire à *Schoenefeldia*, qui occupe alors toute la surface travaillée. Les zones gravillonnaires en relief restent nues, de même que la totalité des parcelles témoin : l'amélioration de la pluviosité enregistrée depuis 1984 n'a donc pas révélé de capacités de restauration autonomes. Sous le climat actuel et sous une pression de pâture très forte, la reconstitution partielle d'une végétation est donc possible en exploitant les transferts par l'eau et par le vent, et en recherchant une structure « en bandes alternées ».

Là où ces zones ont été mises en culture, dans les années soixante, durant la phase d'expansion des surfaces cultivées, le sol apparaît aujourd'hui totalement nu, couvert de croûtes d'érosion d'horizon A, d'horizon B ou d'horizon gravillonnaire. Cette dégradation peut être imputée d'une part aux reprises éoliennes sous pâturage de saison

sèche, d'autre part à l'érosion laminaire engendrée par le ruissellement issu des sommets dégradés. Dans les dépressions topographiques, les nombreuses repousses arbustives ont favorisé le dépôt de sédiments, tout en profitant des ruissellements accrus, ce qui explique l'existence de quelques «jachères» en bon état apparent. Une croûte de décantation tend néanmoins à couvrir l'horizon de surface, ce qui nuit à l'infiltration et aux germinations et limite la productivité de la strate herbacée. Sur les lambeaux de champs encore cultivés, alternent des placages sableux à croûte structurale et des zones décapées à croûte d'érosion.

Depuis 1984, face à cette forme de dégradation, un paysan a réagi en édifiant une succession de cordons isohypses imperméables, mais très solides, obtenus par le colmatage de cordons pierreux. L'objectif est de constituer ainsi des terrasses qui permettent de conserver la fumure et d'augmenter localement l'épaisseur des horizons cultivables devenus très fins. En aval du cordon, le sol se couvre d'une croûte d'érosion et sert d'impluvium à la bande cultivée suivante ; les rendements sont alors très variables, nuls en cas de sécheresse prolongée, vu l'abondance de fumier et la faible capacité en eau de ces sols, moyens les «bonnes» années (2 à 4 q.ha<sup>-1</sup>). Le risque est de provoquer une érosion linéaire accrue car ces diguettes collectent l'eau en excès vers de petits exutoires. Le cloisonnement du système devrait résoudre ce problème. De nombreux essais de labour de ces sols décapés devenus imperméables ont aussi eu lieu depuis 1975 comme en témoignent les fonds de labour mis à jour par l'érosion qui parsèment cette unité. Dans les zones très érodées mais conservées pour la culture, les paysans piègent les sables éoliens par des cavités creusées en saison sèche (*zai*) ou par une couverture de résidus végétaux ou de fumier.

### LES BROUSSES TIGRÉES

Le terme «brousse tigrée» désigne dans son acception la plus globale une structure de végétation bien reconnaissable sur photographies aériennes, caractérisée par l'alternance de bandes arbustives denses et de bandes nues. Une abondante littérature existe à leur sujet (CLOS-ARCEDEC, 1956 ; BOUDET, 1972 ; LEPRUN, 1978 ; AMBOUTA et ICOLE, 1986 ; CORNET *et al.*, 1988). En Afrique de l'Ouest, ces formations végétales s'étendent sur un éventail bioclimatologique nord-sahélien à nord-soudanien. Leur origine édaphique est diverse (existence d'une stratigraphie, de terrains particuliers, d'une pente, de vents dominants et de matériaux éoliens) et mal connue. On cite en général l'abondance des combretacées mais l'absence de marqueurs spécifiques dans la végétation, ainsi que la capacité évolutive de la formation par déplacement lent des bandes sur la pente ou dans le sens du vent.

À Bidi, les brousses tigrées apparaissent sur des pentes de 1 à 3 % ; les bandes suivent à peu près les courbes de niveau. On remarque qu'elles n'existent que sur roche mère granitique ou sur argiles sableuses sédimentaires, et sur un type de terrain particulier : celui des zones du haut versant dépourvues d'induration. Il s'agit d'un sol profond, peu évolué, constitué d'une arène blanchâtre argileuse à kaolinite (argile peu structurante et facilement dispersable dans l'eau) et de gravillons ferrugineux. Ces sols sont donc marqués par une extrême fragilité en surface, mais par de bonnes caractéristiques physiques dès lors que leur surface est protégée de la pluie. Ainsi sous végétation arbustive dense, ils portent une litière, ont une porosité tubulaire importante, un enracinement dense, une humidité profonde. À l'aval des bandes, le début des zones nues est marqué par une croûte d'érosion, des arbres morts (*Pterocarpus lucens*), des bourrelets gravillonnaires dus probablement à d'anciennes souches, et quelques *Boscia senegalensis*, arbustes liés à des termitières. Le sol est sec sur une grande profondeur.

Le centre de la bande nue, porte des croûtes grossières ou d'érosion, à porosité vésiculaire. Les fortes pluies n'humectent ce segment que sur quelques décimètres de profondeur. La bande boisée est bordée dans sa partie amont par une zone de colonisation herbacée, précédée par une aire de sédimentation à croûte de décantation. L'humidité est forte sous cette formation herbeuse. Enfin, il n'y a pas de marques d'érosion éolienne.

De ces observations, on peut conclure que le fonctionnement hydrique des bandes ressemble à ceux suggérés par AMBOUTA et ICOLE (1986), au Niger, et par CORNET *et al.* (1988), au Mexique. En l'absence de transferts d'eau horizontaux souterrains du fait de l'absence de discontinuité structurale dans le profil, la bande nue joue le rôle d'impluvium et la bande arbustive celui de bande d'absorption. Ce modèle explique la mort des arbres, la survie des espèces xérophiles et l'érosion en aval de la bande boisée. La bande progresse vers l'amont par érosion en aval, sédimentation et colonisation en amont. Cet écosystème apparaît donc autorégulé, en cas de sécheresse persistante, par la simple modification du rapport entre surfaces nues et boisées.

À Bidi, ce milieu suit 3 modèles d'évolution selon l'intensité de son exploitation.

### *Forte exploitation agro-sylvo-pastorale*

En 1952, aucune brousse tigrée n'avoisine le village sur les sites où l'on devrait la trouver. Ces sites sont nus et ravinés. La dégradation est donc ancienne.

### *Exploitation moyenne*

À 2 km au nord, la brousse tigrée montre déjà des signes de dégradation en 1952 au niveau de voies de communication. Elle disparaît complètement en 1984. Des mises en culture pendant la phase d'expansion des années soixante et soixante-dix laissent aujourd'hui un terrain nu recouvert de croûtes d'érosion, de gravillons accumulés par enrichissement relatif et d'intenses marques d'érosion linéaire. Seuls, rejettent au niveau de termitières quelques arbustes rabougris, *Boscia senegalensis* et *Combretum micranthum*. À l'aval de ces étendues désertes, une végétation ligneuse à présent très dense profite de l'accroissement des eaux de ruissellement et protège en partie le bas versant. En dehors des mises en culture, les bandes ont été disloquées par des couloirs pratiqués par le passage du bétail. Une érosion linéaire s'est amorcée et les pertes en eau se sont accrues. Seuls, quelques bosquets privilégiés par la nouvelle distribution du ruissellement subsistent.

### *Exploitation faible*

Au sud du village existe une zone peu peuplée hors des routes de pâturages. La brousse tigrée apparaît en bon état puisqu'on trouve encore des bandes continues. Un tiers de la surface est occupé par les bosquets contre la moitié en 1952. Sur un site représentatif, le comptage des ligneux de taille supérieure à 10 cm met en évidence leur faible mortalité (5 %), le bon état général (88 %), la densité du couvert des fourrés (2 800 ligneux.ha<sup>-1</sup>) et le grand nombre de jeunes pousses (pieds de moins de 1 m de haut : 330.ha<sup>-1</sup>). On y trouve des espèces végétales rares à présent dans le haut versant : *Andropogon gayanus*, *Feretia apodanthera*. Cette formation n'en a pas moins évolué depuis 1952. La figure 3 illustre :

- l'absence de déplacement perceptible des bandes mais la réduction de leur largeur ;
- la relative fermeture du paysage en 1952 et son ouverture en 1984, après anastomose des plages nues ;
- l'éclaircie des bandes boisées et leur dislocation en bosquets, en particulier sur des lieux de passage ;
- des mises en culture qui laissent le sol nu avec des repousses arbustives éparses.

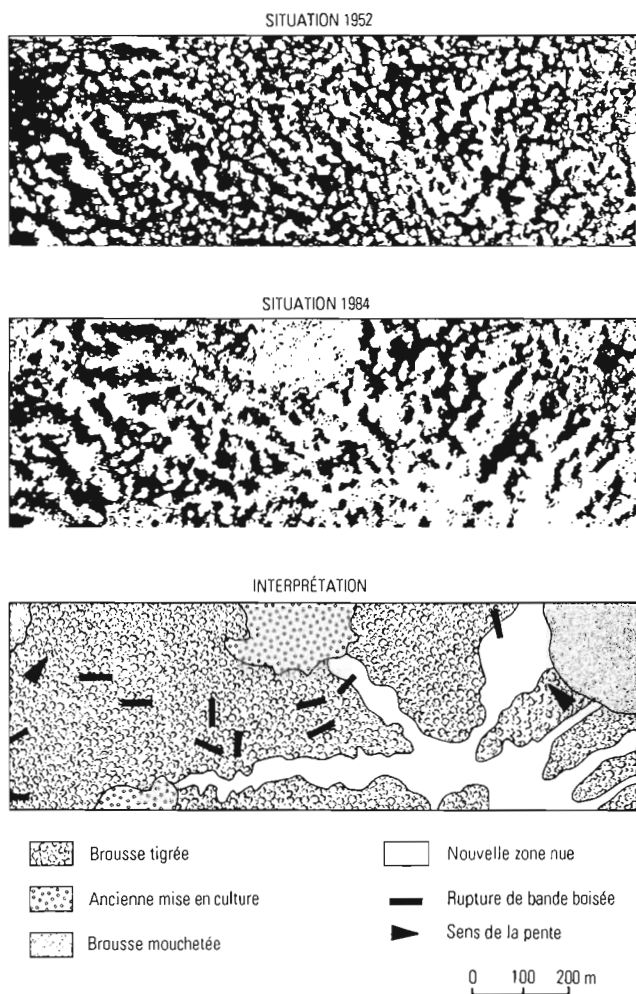


FIGURE 3 -Évolution de la brousse tigrée de Tilli.

Alors qu'auparavant la brousse tigrée disposait, dans les zones éloignées du village, de l'atout de sa relative fermeture et de son système structural de régulation en cas de sécheresse durable, son fonctionnement actuel se heurte désormais à 3 obstacles :

- la dislocation de la structure qui provoque des pertes de ruissellement, entraînant une dérégulation du système impluvium/récepteur et donc une aggravation de la mortalité. Il est probable que l'affaiblissement de la végétation dû à la sécheresse facilite la pénétration du cheptel et, à leur suite, des ramasseurs de bois mort ;
- le surpâturage bovin des franges herbeuses de colonisation, d'où l'impossibilité de progression en amont ;
- le surpâturage caprin des jeunes ligneux du sous-bois.

La sécheresse se trouve à l'origine indirecte de cette situation puisqu'elle a incité à l'exploitation par les caprins de la brousse tigrée, protégée auparavant par son accès difficile. Afin de restituer sa capacité de régulation, on peut imaginer de tenter une

refermeture des bandes (lits de branchages) et la mise en repos (limitation de charge), en particulier vis-à-vis des caprins.

Par sa seule structure, cette formation est un exemple d'écosystème adapté à une aridité passagère. Cette propriété la rend utile dans une optique de conservation d'espèces ou de production de bois d'œuvre, mais elle reste très vulnérable si sa structure est perturbée par une action agricole ou pastorale.

#### LES SAVANES HERBEUSES DES BOWÉS

Vers le nord du territoire agropastoral, les cuirasses, vastes, planes ou en cuvette, sont recouvertes par un sol sablo-limoneux peu profond (30 cm) à horizon hydromorphe. La végétation est une savane herbeuse, quelques arbustes signalent les axes de drainage. La fonction de ces espaces est le pâturage de saison sèche.

Depuis les années cinquante, la sécheresse et le surpâturage ont entraîné des modifications de la flore (la place de *Loudetia togoensis* a augmenté, les graminées pérennes ont disparu) mais le couvert est resté continu sur la quasi-totalité des surfaces. Ce n'est qu'en bordure de cuvette que le sol reste nu quelle que soit la pluviosité (érosion, encroûtement, absence de stock semencier).

Les années très sèches, comme 1984 (240 mm), le sol reste nu, seules quelques plages d'herbe se concentrent au niveau des cuvettes. Les zones nues sont marquées par des croûtes structurales et d'érosion. Cet encroûtement réduit d'autant plus le bilan hydrique que les pailles de l'année précédente disparaissent vite, broûtées par le bétail ou détruites par les termites moissonneurs. Mais comme dans la brousse tigrée, la nature du sol plus riche en matériaux fins empêche l'érosion éolienne.

La biomasse et les cortèges floristiques ont été suivis sur 3 sites qui présentent le même faciès. Ceci a permis d'observer la réinstallation progressive du tapis herbacé à la faveur d'un accroissement régulier de la pluviométrie.

En 1984, les sites les plus humides, enrichis par des ruissellements exogènes, n'ont porté que des graminées basses (*Tripogon minimus*, *Microchloa indica*) : les zones restées nues (97 %) étaient parsemées d'une alliécée, *Dipcadi viride* (stade 1).

En 1985, suite à une pluviométrie mieux groupée mais tout aussi faible (310 mm) et à une moindre fréquentation animale, il s'ajoute, au stade 1, *Loudetia togoensis* (80 cm) et quelques légumineuses (*Zornia glochidiata*, *Cassia mimosoides*) qui forment le stade 2. Le stade 1 colonise la périphérie de son ancienne implantation.

En 1986, sous une pluviosité de 460 mm, 2 évolutions sont possibles suivant le régime hydrique. Dans les zones les plus humides à sol hydromorphe, s'ajoutent, au stade 2, une andropogonée de 100 cm (*Andropogon fastigiatus*) et des cypéracées (*Cyperus* spp.) (stade 3a). Sur les sites mieux drainés, apparaissent des groupes d'herbacées diverses, elatinacées, saxifragacées, andropogonées, qui supplantent *Loudetia togoensis* (stade 3b). Les stades 1 et 2 colonisent la périphérie vers les bords de la cuvette cuirassée. La grande extension du tapis herbacé et la biomasse suffisante obtenues à cette étape garantissent une couverture du sol jusqu'aux premières pluies.

En 1987 (518 mm de pluie), le stade 3a s'étend et une andropogonée de 120 cm (*Andropogon pseudapricus*) s'y ajoute (stade 4). Le stade 1 s'étend sur les bords jusqu'à une quasi-disparition du sol nu (0 à 20 %).

Ce résumé de l'évolution structurale et floristique de la végétation des bowés traduit l'évolution des expressions d'un faciès pendant la réinstallation d'une strate herbacée après une année sèche. Lors de celle-ci, la surface du sol s'est encroûtée, détériorant les conditions d'installation. Une pluviosité médiocre sur un tel terrain ne permet pas de retrouver tout de suite le couvert qui précédait l'année sèche. Selon GROUZIS (1987), cette réinstallation marque des milieux où le stock semencier n'est pas limitant, mais

où les conditions de germination et de levée ne sont satisfaites qu'en des endroits privilégiés (microdépressions). D'autres observations ponctuelles réalisées à Bidi montrent que dans le processus de réinstallation interviennent aussi des conditions telles que le piétinement et la quantité de biomasse élaborée l'année précédente. La baisse de la pression pastorale de saison humide, suite à l'émigration d'une partie du troupeau bovin en 1984 et à la mauvaise appétabilité des premiers stades de réinstallation, a bien sûr facilité la croissance du couvert et le processus de réenherbement, mais il faut pourtant rappeler le rôle important du piétinement dans la destruction des croûtes, la dissémination et le piégeage des graines, en particulier sur le pourtour des plages herbeuses (effets d'auréole). Enfin, la dégradation de la biomasse en saison sèche est d'autant plus rapide que les plages herbeuses sont réduites et peu fournies (1984-85), mais se ralentit lorsque la strate herbacée est dense et couvre l'ensemble du terrain (1987). Cette dernière situation favorise fortement l'action des termites moissonneurs en début de saison des pluies, ce qui concourt à un état de surface plus favorable à l'infiltration, mais aussi améliore le bilan hydrique de début de cycle en réduisant l'évaporation du sol par effet mulch (cas de 1988).

En conclusion, la faible pente, le sol, peu sensible à l'érosion hydroéolienne, et l'absence d'excès dans le pâturage procurent aux bowés une autorégulation fondée en année sèche sur la contraction de la strate herbacée dans les zones de concentration d'eau. En période humide, elle s'étend à nouveau progressivement et se diversifie. Les agents tels que vent, troupeaux, termites et ruissellement jouent un rôle important dans la réinstallation progressive de la prairie. Seule la bordure de ces cuvettes est dégradée mais elle pourrait donner lieu à une recolonisation lente si les conditions s'amélioreraient durablement.

## **Conclusion sur le haut versant**

Le haut versant n'a de capacité réelle à subir une sécheresse prolongée qu'au niveau de formations particulières, qui utilisent soit un mécanisme de concentration d'eau (brousse tigrée, fourrés denses), soit une propriété du terrain : accidents de la cuirasse (talus, anciennes excavations, fractures), pente faible et sol riche en éléments fins (bowés). Près du village, la sécheresse a multiplié les effets des activités agropastorales qui avaient commencé à être réellement destructrices dans les années soixante. Le résultat est un état de surface proche du reg saharien près du village. Les possibilités de restauration sont faibles mais les enjeux sont importants à cause du rôle du haut versant sur la production d'un ruissellement massif et sur le pâturage de saison sèche.

## **LE BAS VERSANT ET LE BAS-FOND**

### **Caractères généraux**

La fonction du bas versant et du bas-fond est essentiellement agricole. Au fur et à mesure que les horizons au-dessus de la carapace s'épaississent, la proportion de champs et de jachères s'accroît.



## LES SAVANES ARBUSTIVES NON CULTIVÉES

En 1952, la savane arbustive de bas versant ressemble à celle du haut versant (brousse mouchetée).

En 1984, on ne trouve en bas de versant que de rares témoins de cette savane arbustive :

- ce sont, tout d'abord, à 10 km au sud du village, de véritables parcs de *Pterocarpus lucens* peu ou pas émondés à tapis herbacé continu, qui subsistent dans de petites cuvettes. Ces formations sont de plus en plus défrichées par des campements de culture du village voisin et le bois exporté vers la ville de Ouahigouya. Dans ces situations particulières, ni la sécheresse ni l'élevage n'ont entraîné de dégradation grâce à la situation de ces formations ;

- dans l'auréole de divagation, on trouve des formations ligneuses denses au niveau de petites cuvettes, apparues le long d'anciens axes de drainage barrés par un cordon de sable éolien. Ces cuvettes, ennoyées par une sédimentation limono-argileuse restent souvent inondées plus d'une journée du fait de la très faible infiltration. Dès lors, elles sont peu cultivées et les ligneux sont en bon état. Le tapis herbacé est continu, dense, dénudé par taches au niveau de termitières ou de croûtes de décantation. En 1952, ces taches nues étaient moins importantes et cette brousse différait peu des savanes arbustives non dégradées. Les apports d'eau et de sédiments fins par ruissellement ont augmenté depuis lors et gêné la colonisation herbacée en raison de l'intense dégradation des états de surface des bassins versants et de l'érosion qui y atteint souvent l'horizon B plus argileux. La polygénie des croûtes de décantation atteste de l'importance de la sédimentation. La concentration d'eau a favorisé le développement des ligneux.

## FORMATIONS CULTIVÉES

En dehors de ces formations particulières, l'ensemble des bas versants est cultivé ou l'a été dans le passé proche. 2 cas doivent être distingués, selon que les terrains de bas versant sont peu ou très étendus sur la toposéquence :

- formations peu étendues de bas versant ; ici, il y a déséquilibre entre, d'une part, les formations de haut versant très dégradées, productrices d'un ruissellement intense et qui constituent de longs impluviums, et, d'autre part, la facette de bas de versant, limitée en extension et à sols peu épais. Un exemple typique peut être observé à proximité immédiate du village ; disséqués par les ravines, décapés par le ruissellement en nappe, les lambeaux de champs permanents fournissent l'illustration du déséquilibre apparu depuis 1952. Entre des parcelles restées intactes, une croûte d'érosion recouvre partout l'horizon B ou la carapace affleurante. La dénudation complète du haut versant dans les années soixante, provoquée par la coupe de bois et par l'installation d'un campement d'éleveurs, est bien sûr à l'origine de cette situation. Les paysans ont essayé d'y remédier de façon ponctuelle à l'aide de quelques cordons de pierres placés en travers des passages d'eau. Plus loin du village, une dégradation locale très marquée du haut versant, après mise en culture de la brousse tigrée, n'a pas eu les mêmes conséquences. Profitant de l'impluvium du haut versant, une formation ligneuse très dense s'est constituée et protège le bas versant.

- dans les zones où les sols épais du bas versant occupent la majeure partie de la toposéquence, 2 situations représentatives ont été choisies suivant la distance au village :

- «le terroir de village» de Gourga-Tilli (quartiers sud de Bidi) d'environ 1 000 ha,
- «le terroir de brousse» de Samniwéogo, d'environ 100 ha.

## Le site de Gourga Tilli

### ÉTUDE DE TOPOSÉQUENCES

La toposéquence type du versant ouest de cette zone (fig. 4) présente en 1986, sur une pente moyenne de 1,5 %, la succession suivante sur 1 km :

- un plateau subhorizontal où s'est installé un campement peul. La croûte est de type grossier, parsemée de cailloux de cuirasse ;

- un sol sableux profond et bien drainé surmonte l'induration qui prolonge la cuirasse sommitale sur une pente de 2 à 3 %. C'est un sol ferrugineux, avec un horizon A sableux, remanié par le vent (placages sableux éoliens sous strate arbustive claire, qui surmontent un horizon A sableux plus ancien). L'horizon B rouge est puissant (4 m). Les taches nues dépressionnaires sont soumises aux érosions hydrique et éolienne (érosion aréolaire). De grandes plages nues couvertes de croûtes d'érosion en résultent. Les bourrelets sableux portent une végétation arbustive claire (*Guiera senegalensis*), un tapis graminéen peu dense et une croûte fine de dessiccation ;

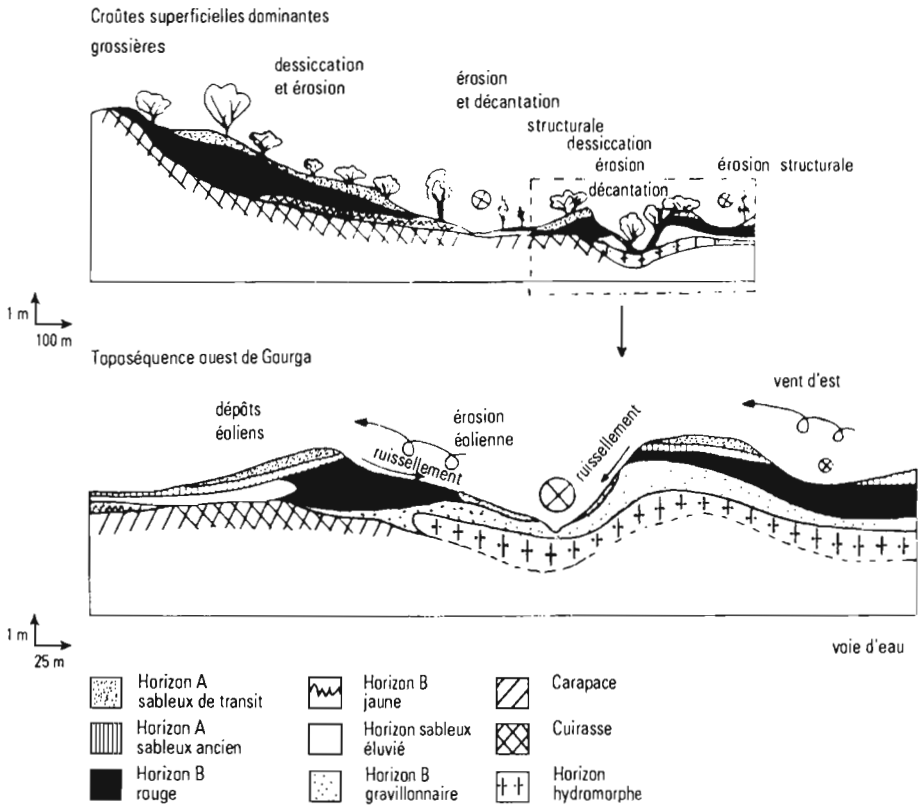
- dans un troisième segment, le sol s'amincit (2 m), l'horizon qui surmonte l'induration est un B jaune, ce qui révèle une certaine éluviation en fer. De grandes plaques d'érosion marquent ce segment, exposé aux vents d'est ;

- dans une quatrième facette, la carapace forme un replat ; elle est surmontée d'un horizon B, très peu épais, probablement enrichi en particules fines par décantation. En effet, l'axe du replat présente des traces d'écoulement latéral très ralenti ; cette gouttière fonctionne comme un affluent du bas-fond, presque parallèle à celui-ci. Des croûtes de décantation et d'érosion recouvrent les parties non cultivées. Quelques cultures de sorgho et un peuplement de baobabs indiquent un régime hydrique à drainage imparfait ;

- à l'approche du bas-fond encaissé, et avant que ne disparaisse la carapace, s'est formé un sol sableux plus profond. La distribution des horizons pédologiques et des surfaces élémentaires (fig. 4) montre une dissymétrie qui révèle des transferts éoliens en surface (décapage hydroéolien du chanfrein exposé à l'est, sédimentation sur le versant ouest) et des transferts hydriques en profondeur (horizons éluviés sur le rebord ouest, horizons hydromorphes dans le bas-fond encaissé).

Ce qui caractérise cette toposéquence occidentale est donc l'extension des surfaces nues dont l'origine en partie éolienne apparaît nettement à l'approche du bas-fond. Le rôle de l'eau n'intervient que sur les axes d'écoulement et la forte pente du chanfrein. En 1952, seul le chanfrein et quelques voies de communication étaient dénudés. Ce versant était alors cultivé, mais comme il se trouvait sur un axe de passage de troupeaux, qui reliait le campement peul aux puisards du bas-fond, il a été abandonné par les paysans par la suite. On peut donc relier l'état de dégradation de cette séquence à l'effet des reprises éoliennes sur versant exposé en conditions de sécheresse, de surpâturage et de piétinement.

La toposéquence du versant oriental est plus longue (2 km) et sa pente moyenne plus douce : 1 %. D'aval en amont se succèdent : une ancienne plaine d'inondation, «des champs de brousse» sur un sol sableux peu profond, qui colonisent le bord de la brousse mouchetée et, en haut versant, une brousse tigrée. Sur ce versant, les surfaces encroûtées sont plus rares sauf le long des voies de communication, où elles sont accompagnées de vastes surfaces d'érosion et de griffes.



Coupe pédologique du bas-fond de Gourga-Tilli. Influence de l'action du vent sur la dissymétrie des versants.

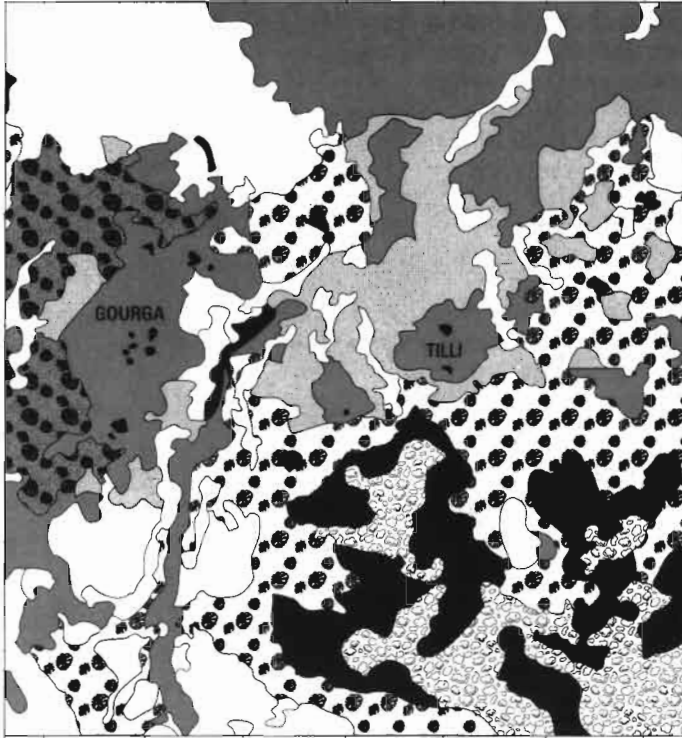
FIGURE 4 - Répartition des états de surface sur le bas versant.

### PHOTO-INTERPRÉTATION

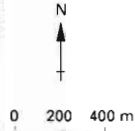
À partir des photographies de 1952 et de 1984, on établit une typologie des formations (fig. 5a). En superposant les 2 cartes, il est possible de suivre l'évolution des différentes unités (fig. 5b) et, par relation aux faits physiques ou anthropiques connus, d'en tirer des hypothèses de causalité.

En 1984, l'aspect de la plupart de ces formations est modifié. La brousse tigrée s'est ouverte ; la brousse mouchetée est devenue une steppe arbustive dense par fragmentation de la strate herbeuse. Les jachères n'ont plus l'aspect qu'elles avaient en 1952. Elles se signalent par des regroupements d'arbustes séparés par des taches claires. Compte tenu de cette transformation, il est difficile de comparer les surfaces des formations entre les 2 dates. Seules celles qui sont liées à une fonction (champs, jachères) ou à un fonctionnement particulier (sol nu, brousse tigrée) peuvent être comparées entre 1952 et 1984 (tabl. II).

En 1952, les zones dénudées ne se localisent que sur certains milieux particuliers : brousse tigrée, chanfrein, couloirs et aires fréquentées intensément par le bétail (à proximité des mares et des puisards). L'érosion hydroéolienne est vraisemblablement à l'origine de cette dégradation. La mise en culture du chanfrein et son utilisation comme voie de communication ont condamné une facette particulièrement fragile.



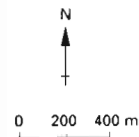
- Sol nu
- Jachère
- Champs
- Brousse mouchetée peu dense, tapis herbacé discontinu
- Brousse tigrée
- Savane arborée et arbustive, claire à termitières
- Savane arborée et arbustive
- Savane arbustive claire
- Habitations



1952



- Sol nu
- Jachère
- Champs
- Brousse mouchetée peu dense, tapis herbacé discontinu
- Brousse tigrée
- Sol nu sableux arbustif clair
- Brousse tachetée à bosquets
- Habitations



1984

5 a - Cartographie.

## Origine des nouveaux sols nus

- Savane arborée et arbustive, claire à termitières
- Savane arborée et arbustive
- Savane arbustive claire
- Champs et jachères
- Bas-fond
- Mare de Torobé et campement Peul
- Quartiers
- Axe préférentiel de déplacement de troupeaux
- Piste principale

5 b - Interprétation.



FIGURE 5 - Évolution des formations de bas de pente. Aire de Tilli-Gourga.

Tableau II - Évolution de certaines formations (en pourcentage de l'aire étudiée)

Année	Sol nu*	Champs	Jachères	Br.Tigrée
1952	5,6	23,7	8,9	7,6
1984	30,4	23,3	13,9	7,6

\* ou faible recouvrement herbacé

En 1984, on constate l'importante progression du sol nu souvent en périphérie de zones dégradées en 1952. Comme la surface utilisée par l'agriculture est stable et que 25 % des nouveaux sols nus se sont développés aux dépens des champs exploités en 1952, il y a donc bien eu mise en culture de sols qui ne l'étaient pas en 1952. Ainsi, 19 % des sols nus de 1984 proviennent de savanes arborées assez denses, qui ont été mises en culture depuis à titre de champs non permanents. Au cours de cette période, 23 % des zones cultivées en 1952 (champs et jachères) ont aussi évolué en «zones nues». Il s'agit essentiellement de «champs de village», non permanents, plus éloignés des habitations que les champs permanents. La localisation des dégradations est particulière : on retrouve le phénomène d'érosion hydroéolien du type chanfrein dès que s'ajoute à une ondulation de la couverture sableuse exposée au vent une longue mise en culture sans restitution organique suivie d'une jachère qui subit une grande fréquen-

tation. Si le terrain a donc localement une fragilité, c'est le système de culture qui favorise, à terme, l'apparition de ces sols nus puisque les champs de concession n'ont que peu de symptômes d'érosion en tache. Paradoxalement, la mise en jachère, en période de sécheresse, se révèle dangereuse, car le recrû ligneux est affaibli, le couvert herbacé et la rugosité du sol disparaissent et l'encroûtement se développe. Le sol sans végétation n'a plus la protection des résidus de récolte et des systèmes racinaires ce qui accroît l'érosion éolienne, après piétinement du bétail divagant, et les phénomènes d'encroûtement. Lorsque la jachère est reprise provisoirement pour de petits champs individuels d'arachide, l'éolisation est spectaculaire en saison sèche. En revanche, la culture permanente de mil maintient un état de surface propice à l'infiltration et résistant à l'érosion éolienne (relief, couverture de résidus, teneur en matières organiques).

Sur le terrain, le paysage de 1984 révèle alors les plus fines ondulations topographiques non perceptibles en 1952 par une alternance typique : d'est en ouest se succèdent, une cuvette sablo-argileuse cultivée en sorgho, où les ligneux sont en bon état, puis une pente dénudée et érodée, où se développent des épineux, une crête sableuse au tapis herbacé peu dense (*Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis*), enfin un champ de mil sableux, subhorizontal qui rejoint la cuvette sablo-argileuse suivante.

Les savanes arbustives claires ont été peu mises en culture (terrain inondable, carapace à faible profondeur). Elles sont à l'origine de 38 % des sols nus de 1984 : la dégradation est ici essentiellement due au bétail (voies d'accès aux pâturages et aux mares, aires de parcage).

L'intensité de cette dégradation des bas versants proches du village, qui a provoqué la formation d'immenses zones nues, révèle leur fragilité générale dès lors qu'il sont soumis à une forte pression pastorale et à une activité agricole « extensive » en conditions sèches. Les seuls espaces encore peu touchés sont les champs permanents, les bas-fonds, les cuvettes, les champs sableux à pentes faibles s'ils ne sont pas en situation de recevoir d'intenses ruissellements ou sensibles à l'érosion éolienne.

## Aire de Samniwéogo

Il s'agit d'une aire moins dégradée, éloignée des voies principales, cultivée selon un système de culture de brousse, à savoir dix années de culture de mil suivies de dix années de jachère. La toposéquence représentative de l'aire étudiée est présentée (fig. 6).

### LE DOMAINE CUIRASSÉ

Le sommet uniformément nu et caillouteux est suivi du haut versant où la cuirasse reste à faible profondeur. La végétation est une steppe arbustive où alternent des plages herbeuses, sableuses, à buissons rabougris (Combretacées) et des surfaces nues encroûtées, affectées par une érosion laminaire (croûte d'érosion, micromarches) qui dégage parfois l'horizon gravillonnaire ou caillouteux sous-jacent. Ce segment subit et produit à la fois un fort ruissellement.

### LE DOMAINE SABLEUX NON HYDROMORPHE

En une quarantaine de mètres, la profondeur de la cuirasse passe de 25 à 220 cm. Elle est en effet recouverte d'une épaisse couche de sables éoliens, enrichis en argile en profondeur, sur une pente de 1 à 3 %.

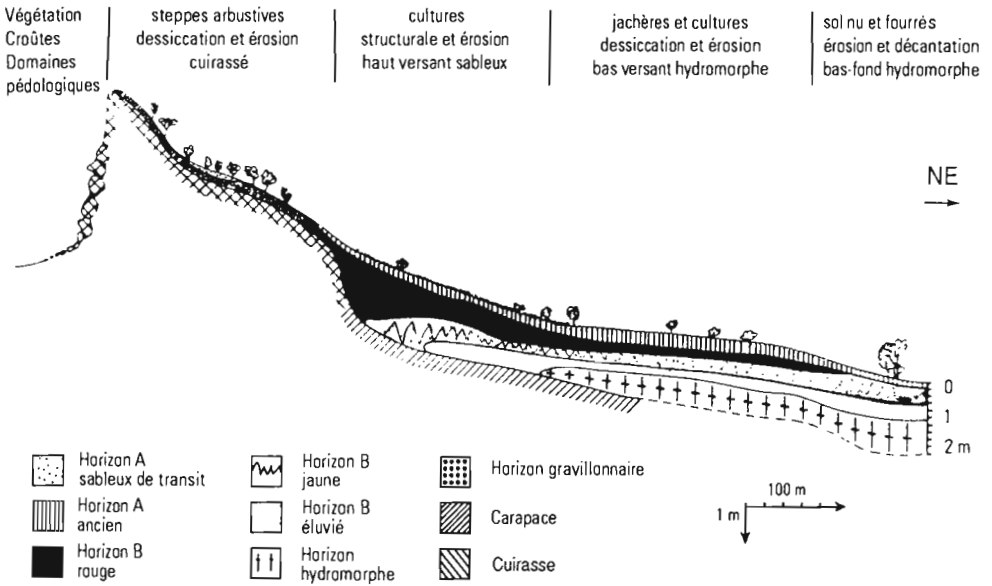


FIGURE 6 - Toposéquence de Samniwéogo.

Ces sols filtrants, profonds, sont exploités par une culture de mil sans fumure. Malgré les faibles teneurs en éléments fins, leur surface travaillée ou piétinée se réorganise progressivement en pellicules sous l'effet des pluies et du ruissellement. Ces croûtes structurales évoluent entre 2 travaux du sol en même temps que s'aplanit le microrelief. L'imperméabilité s'accroît, d'où la grande variété des coefficients de ruissellement (de 0 à 80 %) selon le délai de la pluie après le sarclage et son intensité (LAMACHÈRE et SERPANTIÉ, 1988).

Les discontinuités qu'engendrent les travaux du sol de type labour ont tendance à être soulignées par une illuviation sur le fond de travail et un tassement qui apparaît lors de mesures de densités apparentes. Ceci accroît la difficulté d'infiltration liée aux croûtes de surface, à la porosité vésiculaire importante sous la surface et à la faible porosité tubulaire habituelle de l'horizon A des sols ferrugineux sableux (ROOSE, 1981)

Sur les photographies aériennes 1952, ce domaine est homogène. En 1984, apparaissent au sol des zones d'extension variable où l'eau s'infiltré mal, où le sol est plus dur à sarcler, d'où leur abandon fréquent par les agriculteurs. Ces taches nues sont nommées *zipelle* (terre blanche) ou *vuigo* (clairière) par les paysans. La cartographie de l'aire de Samniwéogo montre que ces taches, de forme oblongue, apparaissent le long des axes de drainage ou au niveau d'un col, et qu'elles sont fréquemment marquées par les rayures lissées caractéristiques des fonds de labour. La mesure des densités apparentes ne met pas en évidence de différences significatives par rapport au sol normal. L'origine de ces zones est donc clairement le fait d'une érosion hydroéolienne. La mise en culture, et en particulier le travail du sol avant semis, fragilisent considérablement les terrains soumis aux ruissellements plus ou moins concentrés qui proviennent du premier segment. En saison sèche, le piétinement du bétail divagant libère des sables qui sont facilement balayés sur ces aires lisses et dénudées. Suivant le niveau d'érosion, on peut atteindre ainsi l'horizon B, ce qui donne à la surface un nanorelief mamelonné caractéristique. La dureté de ces aires est due en partie à leur état de

dessiccation, à l'absence de faune et de racines (croûte d'érosion imperméable) mais aussi à la nature de l'horizon B de structure massive, plus riche en argile et pauvre en matière organique.

Ces zones dénudées sont fréquemment choisies comme aires de repos et de circulation, ce qui favorise à l'état humide un tassement superficiel et, à l'état sec, l'érosion éolienne. La fréquence de ces zones nues autour de certains arbres et arbustes très appréciés par les caprins (tels que *Balanites aegyptiaca*) et, au niveau du col, en l'absence d'écoulement important mais sous accélération du vent, soulignent le rôle du bétail et du vent.

En certains endroits, ces taches nues peuvent être imputées à la présence d'une termitière ou d'une ancienne construction, par suite d'un fort enrichissement superficiel en argile.

Il existe 3 pratiques paysannes de restauration de ces aires dégradées :

- la couverture du sol par des résidus organiques : tiges d'oseille de Guinée, branchages de *Piliostigma reticulatum*, fumier. Cet obstacle aérodynamique piège les sables éoliens sur quelques centimètres, ce qui crée une surface propice à l'infiltration. L'eau et la matière organique favorisent le développement d'une mésofaune apte à détruire la croûte d'érosion et à accroître la porosité tubulaire aux dépens de la microporosité. Le but est de morceler progressivement la tache nue. Cette pratique est fréquemment observée mais son coût en matières végétales en limite l'extension ;

- le travail du sol ; les paysans sarclent ou labourent ces zones localement dégradées où se concentre à présent le ruissellement, mais l'effet le plus courant est une aggravation de l'érosion. Les fonds de travail de la houe ou de la charrue sont exhumés et une nouvelle croûte d'érosion se forme ;

- les obstacles perméables isohypses ; actuellement se développe l'aménagement des champs par des successions d'obstacles perméables qui jouent un rôle de régulateur de ruissellement. Une expérimentation sur 10 ha montre, en trois ans, la réduction progressive des zones nues en amont des cordons (50 %) à la faveur d'atterrissements. On observe néanmoins qu'une petite terrasse colmate rapidement le premier cordon, qui doit être plus haut et plus résistant (muret) ; par ailleurs, le colmatage éolien ou accidentel (sarclage trop près des cordons) favorise une collecte latérale et donc une concentration des eaux qui conduit à de nouvelles zones érodées, tout en gaspillant les eaux de ruissellement. Le cloisonnement semble limiter cet inconvénient.

Les observations précédentes concernent le domaine cultivé. Le domaine non cultivé (vieilles jachères) présente une forte différenciation latérale entre taches nues pelliculaires et microbuttes sableuses. Le processus est connu (VALENTIN, 1985) : la sécheresse entraîne la disparition du couvert herbacé là où le bilan hydrique est le plus déficitaire. Le sol nu est soumis à des processus de réorganisation superficielle qui conduisent à disjoindre le sable des éléments fins. Ceux-ci s'indurent sous forme pelliculaire alors que les sables, balayés par le vent, s'accumulent au voisinage de la végétation survivante.

#### LE BAS VERSANT HYDROMORPHE

La moitié aval de la toposéquence, pente concave de 0,5 à 1 %, présente les caractéristiques d'un drainage ralenti : marques d'hydromorphie dans les horizons inférieurs, apparition de *Balanites aegyptiaca* et de *Piliostigma reticulatum*. C'est aussi dans cette zone que se développent les taches nues les plus étendues dans les champs et les jachères. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte :

- l'instabilité structurale accrue sous l'effet de la plus forte teneur des horizons superficiels en limons et d'une longue exploitation sans restitution organique. L'indice



Is de Hénin y atteint 3,6. L'encroûtement après sarclage est très rapide (croûtes structurales), le sol se referme immédiatement après semis et gêne la levée ; il apparaît tassé en surface après des labours successifs et la porosité profonde est très faible, ce qui gêne les enracinements ;

- le ruissellement diffus qui provient des premiers segments se décharge d'une partie de ses sédiments lors de la variation de pente, en créant des croûtes de ruissellement sur les jachères qui gênent l'installation du tapis herbacé. Une petite mise en défens installée sur un tel site a montré que le piétinement est une condition qui favorise la réinstallation quand la pluviosité s'accroît ;

- là où le ruissellement est le plus concentré, se développent de larges taches de décapage avec une croûte d'érosion. Le stock semencier disparaît. Le piégeage de graines (obstacles naturels ou artificiels, fissures, traces de sabots) est une condition nécessaire de recolonisation. Sur un tel site, un essai de restauration a eu lieu en 1986. Le traitement consistait en une scarification au-dessus de bourrelets de terre et en semis de *Pennisetum pedicellatum*. Les résultats confirment notre modèle :

- réalité des processus d'érosion hydrique (disparition des bourrelets en une saison),

- effet de piégeage des sables éoliens et des graines grâce au tapis de *Pennisetum pedicellatum* obtenu,

- précarité de cet aménagement ; en 1987, après pâture, c'est essentiellement *Zornia glochidiata* qui se réinstalle et les bandes se contractent ; en 1988, le couvert de *Zornia glochidiata* ne se développe pas ;

- le vent ; en saison sèche, le sol est nu un mois après la fin des pluies. Le piétinement des troupeaux qui circulent de champs d'arachide en champs de mil favorise l'érosion éolienne et la différenciation latérale. Après une culture d'arachide, l'éolisation est totale. Dans un champ de mil, il reste toujours un minimum de résidus et de souches qui protègent la surface ;

- le déficit pluviométrique ; ses conséquences sur la couverture végétale et l'évolution des terrains mis en jachère sont caractéristiques. La première année (1985 : 343 mm), un relief résiduel existe et l'eau s'infiltré correctement. Le terrain se couvre de plantes rudérales (*Corchorus tridens*, *Zornia glochidiata*, *Eragrostis tremula*, mil hybride). L'année suivante (1986 : 450 mm), le relief disparaît, le bilan hydrique se détériore en même temps que se développe la croûte structurale. Les graminées disparaissent au profit de *Zornia glochidiata*, petite légumineuse qui couvre mal le sol. Le front d'humectation ne dépasse pas 25 cm. Un an plus tard (1987 : 400 mm), des taches nues très encroûtées apparaissent à partir du sommet d'anciennes buttes de sarclage. Certaines jachères de cinq ans sont ainsi totalement nues, ce qui incite à les remettre en culture pour réduire l'érosion hydrique qui se révèle localement par des croûtes d'érosion et, parfois, par des marques d'érosion linéaire près des voies de communication qui font office de collecteur. La meilleure pluviométrie de 1988 (550 mm) a inversé ce processus. Ce sont donc bien les conditions de l'installation du tapis qui faisaient défaut. Il existe donc un équilibre entre la prédisposition du terrain à l'encroûtement et à l'érosion éolienne, la pression de pâture et la capacité de la végétation à subir un régime hydrique déficitaire.

## LE CHANFREIN

Ici encore, le chanfrein subit une érosion hydroéolienne importante facilitée par des labours abusifs. La couverture du sol sur les marges de l'aire érodée pourra mieux limiter le processus érosif qu'une tentative de blocage du ruissellement sur cette pente forte.

## Conclusion sur le bas versant

Les formations de bas versant ont des caractères de fragilité très différents de ceux du haut versant. Les sols sableux à sablo-limono-argileux peuvent subir une érosion hydrique sur les passages d'eau, une érosion éolienne «aréolaire» et une dégradation des états de surface qui affaiblissent le potentiel d'enherbement déjà réduit par la pluviosité insuffisante. L'expression de ces dégradations dépend du mode de gestion et de paramètres locaux. L'auréole des champs de village, qui est aussi la zone de divagation du bétail, est la plus touchée. Le processus n'est jamais irréversible, vu l'épaisseur des sols mais le coût d'une tentative de restauration active est le plus souvent prohibitif au regard d'enjeux économiques, même pensés à moyen terme. Il est souhaitable de préférer la réparation et l'aménagement des zones actuellement les plus productives plutôt que de tout investir dans une réhabilitation précaire des grands espaces décapés. Ceux-ci doivent être néanmoins limités dans leur extension. Sur champs sableux, la meilleure méthode de fixation semble bien être la couverture du sol par des résidus organiques, ce qui, en saison sèche, condamne d'une part leur enlèvement après récolte, même pour faire un compost, d'autre part la culture pure de légumineuses, même fourragères. En revanche, cela incite à exploiter la biomasse abondante produite dans les zones de concentration d'eau.

Comme BOIFFIN *et al.* (1986), nous constatons que la fragilité des terrains vis-à-vis de l'érosion ne peut être évaluée au vu des seuls paramètres morpho-pédo-climatiques : il faut aussi se référer à un mode d'exploitation.

## RECHERCHE D'UN ÉQUILIBRE

Avec la dénonciation de la responsabilité des activités agropastorales dans le processus de désertification (BOUDET, 1972 ; BARRY *et al.*, 1983 ; MARCHAL, 1983), les gestionnaires ont tenté de rechercher les clés d'un nouvel équilibre entre les hommes et un milieu dont les caractères d'aridité s'accusent. Des politiques diverses ont vu le jour, mais elles sont loin d'atteindre cet objectif :

- mots d'ordres d'urgence plus ou moins autoritaires, souvent perçus par les populations comme une expropriation, voire une exclusion (lutte contre la divagation du bétail) ;

- interventions participatives de restauration, fondées sur des stéréotypes techniques, rigides et mal évalués - défense et restauration de sols, de la DRS à la CES, reboisements - qui se révèlent très souvent inadaptés à l'ampleur du problème, à sa complexité et à sa diversité, à l'évolution du climat et des sols. Parfois l'échelle est trop petite (aménagement régional) ou les enjeux trop minces («bois de village») ;

- réforme de la législation (codes agropastoraux) qui relève parfois de l'incantation sans véritable mise en pratique ;

- politiques de gestion des terroirs qui, si elles n'étaient fondées que sur un stéréotype administratif, risqueraient d'être contrariées par la réalité fonctionnelle complexe et hétérogène des systèmes agropastoraux ;

- poursuite de la vulgarisation et de l'assistance technique classique qui suscitent la multiplication de certains facteurs de dégradation (caprins, labours en mauvaises conditions, remise en culture des terres du haut versant) ;

- équipement hydraulique et aménagements de bas-fonds qui détournent les payans du travail d'équipement des zones utiles en voie de dégradation ;

- encadrement de l'élevage, mais limité aux aspects vétérinaires et hydrauliques.

Les réalités écologiques et sociales sont en fait d'une grande exigence :

- une étude du milieu montre que chaque unité de paysage constitue un système dont la dynamique dépend des modes d'utilisation passé et actuel, de l'évolution du climat et des facettes voisines (en particulier supérieures). Chaque système possède des capacités de résistance et d'autorégulation particulières et des seuils d'irréversibilité du processus de dégradation sous un climat et une exploitation donnés ;

- une bonne connaissance du système agropastoral révèle l'existence de diverses stratégies de groupe plus ou moins prédatrices du milieu ; mais, en général, cette diversité présente comme corollaire une synergie à travers des rapports d'échanges et des complémentarités technico-économiques utiles sinon essentielles (rôle des troupeaux pastoraux sur le bilan de fertilité des champs vivriers) ;

- le facteur d'équilibre socio-économique le plus important reste la mobilité de la population ; cela pose les problèmes de la relation des hommes à leur espace et de la force de travail disponible.

Doit-on pour cela en déduire que chaque territoire doit faire l'objet d'une étude lourde ? Comme on a voulu le montrer, tant les paramètres de la dégradation que les solutions sont peu nombreux :

- le diagnostic des érosions hydrique et éolienne et du colmatage est possible par l'observation des croûtes de surface, des indices d'éolisation et d'érosion, de la capacité de repousse en année humide. La mémoire collective et l'utilisation de photographies aériennes permettent de déterminer les unités écologiques qui ont subi le plus fortement la sécheresse et/ou les conséquences de l'activité humaine ; on doit savoir reconnaître des zones fragiles non régulées (le chanfrein), des zones autorégulées que la dégradation agropastorale met réellement en danger (les brousses tigrées) et des formations qui profitent d'un pâturage sans excès (les prairies sur bowés, des jachères de bas de pente encroûtées) ;

- dans les situations utiles les moins dégradées, on peut tirer parti des vecteurs naturels (eau, vent, faune) et des matériaux locaux (pierres, bois, plantes pérennes) pour un aménagement durable : couverture du sol, réseaux d'obstacles isohypses, filtrants, cloisonnés. Ces procédés remplissent autant une fonction de maintien des ressources que d'amélioration des systèmes de culture (LAMACHÈRE et SERPANTIÉ, 1988). Ils ont en outre l'avantage de pouvoir se prêter à une appropriation sociale facile et donc de devenir un stéréotype technique si, dans le même temps, sont revues les pratiques foncières défavorables à l'aménagement et à l'intensification (prêts à court terme) et si est accrue la force de travail de saison sèche (aides alimentaires et mécaniques). Mais on connaît encore mal les meilleures conditions de mise en œuvre ;

- la connaissance des pâturages par les éleveurs est déjà très élaborée, mais elle ne s'applique qu'à l'optimisation de l'alimentation du troupeau. Un complément d'information sur l'adaptation de la charge saisonnière à la fragilité d'une formation donnée est nécessaire. Son contrôle pourrait incomber à une autorité pastorale villageoise. Malgré leur mobilité, les sociétés subsahariennes ont montré leur capacité d'organisation pour atteindre des objectifs collectifs. Seraient-elles incapables d'organiser le sauvetage de leurs ressources naturelles ? Il est temps d'ouvrir le débat sur le terrain. Il ne s'agit pas d'imposer aux populations une réflexion sur la dégradation du milieu, ce dont elles sont déjà conscientes, mais de leur proposer d'éclaircir les enjeux réels : les possibilités migratoires ne sauraient être illimitées, de même que sont condamnés les systèmes agropastoraux fondés sur une hypothèse d'infini des ressources. Dans certains villages, les signes d'une recherche autonome de solutions aux migrations se multiplient : activités de saison sèche (maraîchage, orpaillage, embouche, aménagement du territoire), travail de la matière organique, développement des moyens de transport ; n'y-a-t-il pas là des conditions favorables ?

La difficulté évidente de travailler avec des groupes mal structurés et hétérogènes recommande de procéder par étapes :

- dans un premier temps, le plus facile est la démonstration collective des techniques les mieux adaptées au contrôle des facteurs d'encroûtement et d'érosion, qui servent aussi des objectifs individuels. Le but est ici l'apprentissage puis l'appropriation collective du procédé. L'accroissement de la force de travail peut être un atout de même qu'une bonne organisation ;

- dans un second temps, une discussion sur le fonctionnement du paysage se révèle nécessaire. L'acquisition initiale d'une technique adaptée permettra à la population de mieux saisir les problèmes de dégradation et d'érosion. Il faut également assurer une animation très rapprochée : elle doit être axée sur l'appropriation d'une réflexion par la population plutôt que sur la réalisation immédiate d'aménagements lourds. Le problème n'est pas seulement d'enseigner une écologie, d'informer sur des solutions ou sur des techniques mais aussi d'amener le groupe à utiliser ses propres références. Tout dépend en fait des qualités du personnel d'encadrement. Ces animateurs doivent recevoir une formation dans ce sens, comme devraient également en recevoir des topographes villageois, des gardes forestiers villageois, des chefs de pâturages, etc.

Ces étapes peuvent être longues, coûteuses et peu gratifiantes à court terme pour les intervenants extérieurs mais elles sont susceptibles d'entraîner une réelle amélioration du milieu par des collectivités réduites (l'unité de production) ou plus étendues (le quartier, le village pluriethnique).

---

G. SERPANTIÉ : *agronome*, ORSTOM, 911 av. Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1

L. TEZENAS DU MONTCEL : *pastoraliste*, même adresse

C. VALENTIN : *pédologue*, BP 11416, Niamey, Niger

---

#### BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL (J.), 1987. - Genèse et prédétermination des crues au Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'université Paris-VI, 341 p.

AMBOUTA (K.) et ICOLE (M.), 1986. - L'écosystème «brousse tigrée» de l'Ouest du Niger. Son évolution lors des variations climatiques de durée pluriannuelle. Actes du colloque «Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire. Passé. Présent. Futur». Dakar, 21-28 avril 1986.

BARRY (J.-P.), BOUDET (G.), BOURGEOT (A.), CELLES (J.-C.), COULIBALY (A.-M.), LEPRUN (J.-C.), MANIERE (R.), 1983. - Etudes des potentialités pastorales et de leur évolution en milieu sahélien au Mali. *Rapport ACC-Griza-LAT.*, 114 p.

BOIFFIN (J.), PAPY (F.) et PEYRE (Y.), 1986. - Systèmes de production, systèmes de culture et risques d'érosion dans le pays de Caux. *Rapport multigr.* INAPG/Inra/Diame.

BOUDET (G.), 1972. - Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Adansonia série.*, 2 12, (4) : 205-224.

BOULET (R.), 1968. - Étude pédologique de la Haute-Volta. Région Centre Nord. ORSTOM Dakar, *multigr.* 351 p., 43 tabl., 34 fig., 1 carte h.-t. à 1/500 000 + annexes.

CASENAVE (A.) et VALENTIN (C.), 1988. - Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. *Rapport CEE-ORSTOM*, 202 p.

CHARNEY (J. C.), STONE (P. H.) et QUIRT (W.J.), 1975. - Drought in the Sahara. A biogeophysical mechanism. *Science*, 187 : 434-435.

CLOS-ARCEDEC (M.), 1956. - Étude sur photographie aérienne d'une formation végétale sahélienne : la brousse tigrée. *Bull. Ifan*, Dakar, 18 (3) : 677-684.

- CORNET (A. F.), DELHOUME (J. P.) et MONTANA (C.), 1988. - Dynamics of striped vegetation patterns and water balance in the Chihuahuan desert. Diversity and pattern in plant communities : 221-231. Edition SPB Academic Publishing, The Hague.
- GROUZIS (M.), 1987. - Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens. Mare d'Oursi. Burkina Faso. Thèse univ. Paris-Sud. 293 p. + annexes.
- HUBERT (P.) et CARBONNEL (J.-P.), 1986. - Approche statistique de l'étude des séries pluviométriques de longue durée de l'Afrique de l'Ouest. Actes du colloque « Changements globaux en Afrique durant le quaternaire. Passé. Présent. Futur ». Dakar, 21-28 avril 1986.
- IZARD (M.), 1985. - Le Yatenga précolonial. Un ancien royaume du Burkina. Ed. Karthala, 163 p.
- LAMACHÈRE (J.-M.) et SERPANTIÉ (G.), 1988. - Aridification du climat subsahélien : étude de trois méthodes d'amélioration des bilans hydriques au champ pour une culture pluviale. *Rapport ORSTOM multigr.*, 39 p.
- LEPRUN (J.-C.), 1978. - Compte rendu de fin d'études sur les sols et leur susceptibilité à l'érosion, les terres de cures salées, les formations de « brousse tigrée » dans le Gourma. ORSTOM-DGRST, Paris, 45 p. *multigr.*, 8 tabl., 13 fig., 6 phot.
- MARCHAL (J.-Y.), 1983. - Le Yatenga. La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 167, 869 p.
- MERSADIER (G.), 1986. - Histoire et organisation territoriale d'un village du Yatenga. *ORSTOM multigr.*, 29 p.
- PENNING DE VRIES (F. W. T.) et DJITEYE (M. A.), 1982. - La productivité des pâturages sahéliens. Ed. Pudoc Wageningen, 525 p.
- ROOSE (E. J.), 1981. - Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 130, 569 p.
- SERPANTIÉ (G.), MERSADIER (G.), TEZENAS DU MONTCEL (L.), et MERSADIER (Y.), 1987. - Transformations d'un système agropastoral soudano-sahélien (Bidi, Nord-Yatenga, Burkina Faso). Colloque « Dynamique des systèmes agraires ». MRES, Paris 16-18 novembre 1987.
- SNIJDERS (T. A. B.), 1985. - Le régime des pluies au Burkina Faso. Variabilité annuelle et cohérence spatiale. *Bull. liaison CIEH*, vol. 59 : 2-16.
- VALENTIN (C.), 1985. - Effects of grazing and trampling on soil deterioration around recently drilled water-holes in the Sahelian zone. *Soil Erosion and Conservation Soil Cons. Soc. Amer.*, Andkeny, USA : 51-65.