

**CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE DE
TROIS BASSINS VERSANTS DU MALI :
TIN ADJAR, KOUMBAKA ET DOUNFING**

Christian VALENTIN et Jean-Louis JANEAU

1988

ORSTOM, B.P.V-51 ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE

**CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE DE TROIS BASSINS VERSANTS DU
MALI : TIN ADJAR, KOUMBAKA ET DOUNFING**

Christian VALENTIN et Jean-Louis JANEAU
ORSTOM, B.P.V-51 ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE

INTRODUCTION

De nombreuses études menées depuis 1981 au Burkina Faso et au Niger, ont démontré l'intérêt de la cartographie des états de surface, couplée à des campagnes de simulation de pluies, dans la prévision du volume des crues de petits bassins versants. Cette cartographie s'appuie sur une méthode (VALENTIN, 1986) qui fait appel à une typologie des surfaces élémentaires (CASENAVE et VALENTIN, 1988).

L'objectif de ce rapport est de présenter les cartes des états de surface de trois petits bassins versants du Mali, étudiés par les hydrologues de l'ORSTOM, il y a une trentaine d'années et situés le long d'un gradient climatique. Ces informations doivent permettre, par la suite, d'évaluer les écoulements de ces bassins sans recourir à la simulation de pluie, mais aux données acquises sur les autres bassins étudiés. La confrontation avec les mesures des années 50 doit permettre de juger de la validité de la méthode.

La prospection a été entreprise en saison sèche. Elle a utilisé les divers documents disponibles :

- pour les trois bassins : DUBREUIL et al. 1972
- pour le bassin de Tin Adjar : photographies aériennes IGN MD AO 1954-1955,
- pour le bassin de Koumbaka : MAIGNIEN, 1957 a
- pour le bassin du Dounfing : MAIGNIEN, 1957b

BASSIN DE TIN ADJAR

PRESENTATION GENERALE

Le bassin de Tin Adjar se situe à droite de la route menant de Gossi à Gourma Rharous dans le Gourma malien : 16° 19' N, 1° 40' W. Il a fait l'objet d'études hydrologiques de la part de l'ORSTOM entre les années 1956 et 1958. A cette époque, la pluviométrie annuelle était de 220 mm. Situé sur des schistes souvent cuirassés, ce bassin est bordé à l'ouest par une imposante barre de quartzites, au nord par une formation dunaire fixée. A la fin des années 50, 10% de la superficie était cultivée en mil, notamment la jupe sableuse adossée à la barre de quartzites. De nos jours, du fait probablement de la sécheresse, aucune parcelle cultivée ne subsiste sur ce bassin de plus de 35 km²; elles ont laissé la place à des surfaces d'érosion, voire de décantation. La région tirerait son nom de l'abondance de *Maerua crassifolia* ("Adiar" en Tamachek).







Le trait le plus marquant de ce bassin réside dans la dégradation très marquée de son réseau hydrographique qui se traduit par l'abondance des mares temporaires. Il présente également une certaine originalité dans l'ensablement des regs qui n'est pas sans rappeler ce qui a été observé sur le bassin de Kountkouzout au Niger. Il semble que le recouvrement partiel des blocs et des surfaces caillouteuses et gravillonnaires, déjà décrites dans les années 50, se soit accru ces dernières années. Cette mobilisation des sables se traduit également par l'apparition de quelques zones de dunes vives, non signalées à l'époque. En somme, ce milieu déjà très sec a dû subir une aridification prononcée : raréfaction de la strate arborée, mort des termitières, abandon des cultures, mobilisation des sables, ravinement des fonds de mare,...

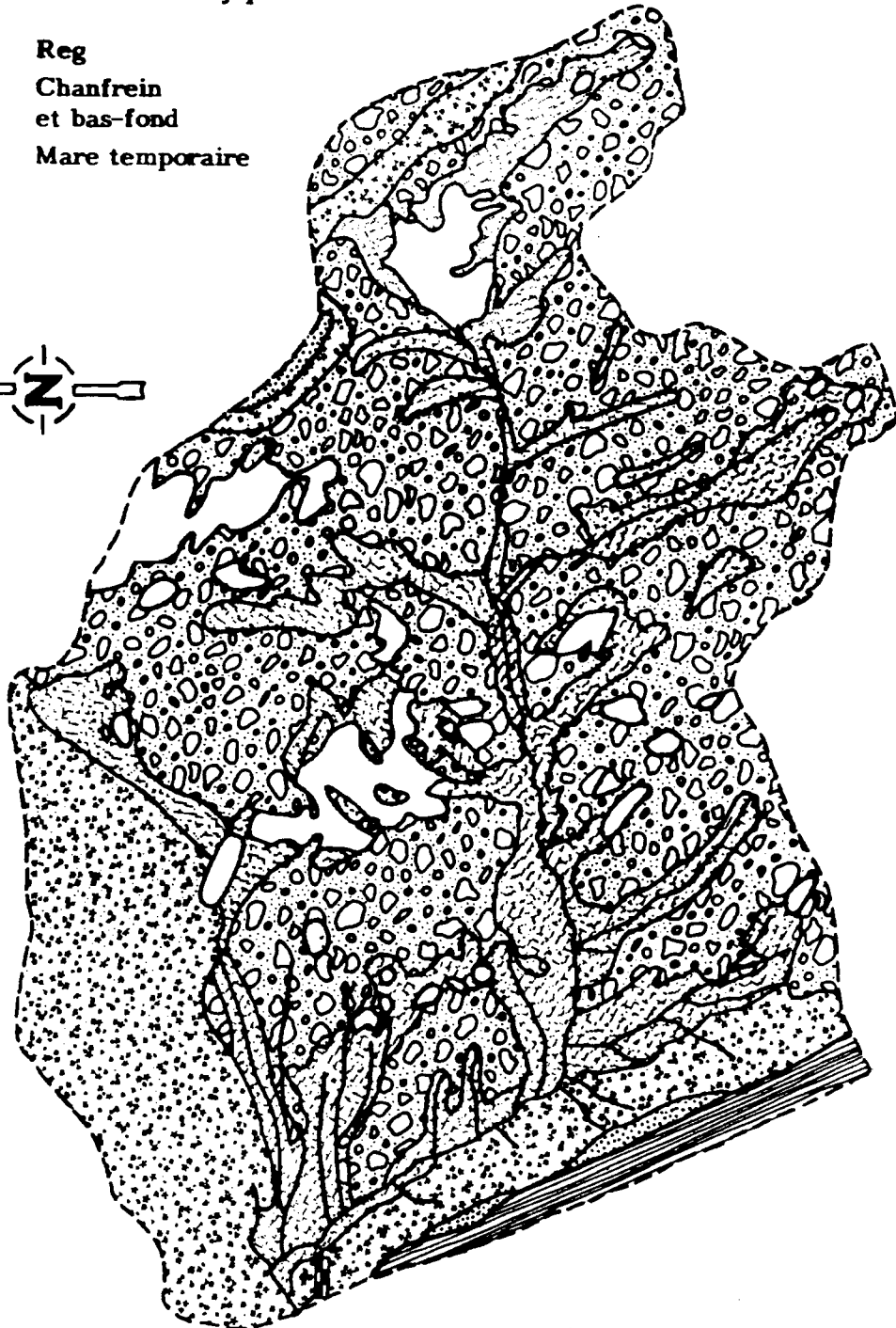
DESCRIPTION DES UNITES CARTOGRAPHIQUES

UNITE 1 : AFFLEUREMENTS DE QUARTZITES (3%)

Cette unité est constituée de la barre de quartzites située à l'ouest du bassin qu'elle délimite très nettement et contre laquelle vient buter la majeure partie du réseau hydrographique. La taille des blocs diminue depuis le sommet jusqu'en limite de la jupe sableuse. Cet état de surface peut être décomposée en trois surfaces élémentaires : les affleurements de blocs proprement dit, et les surfaces entre les blocs qui comprennent des surfaces encroûtées gravillonnaires (G1), des surfaces de

BASSIN DE TIN ADJAR

-  Affleurements de quartzites
-  Dune vive
-  Dune fixée ou jupe sableuse
-  Reg
-  Chanfrein et bas-fond
-  Mare temporaire



0 2 km

dessiccation (DES1) partiellement couvertes - à 10% - d'une strate herbacée à *Cenchrus biflorus*. La strate arborée est surtout représentée par *Euphorbia balsamifera* (1 pied environ par hectare). Notons que les affleurements quasi-isohypses ont tendance à former des pseudo-terrasses ce qui doit ralentir le ruissellement et favoriser localement l'infiltration. Pour mémoire, environ 1% de la surface est occupée par des croûtes de décantation. En dépit des ravines et rigoles observées à l'aval dans la jupe sableuse, le ruissellement de cette unité, sûrement très élevé, n'est pas total.

UNITE 2 : DUNE VIVE (1%)

Il s'agit de formations dont les sables ont été remobilisés. Elles apparaissent au sommet de certaines dunes fixées et de la jupe sableuse adossée à la barre de quartzites. Elles se caractérisent par une quasi-absence de couvert végétal, une surface de type DES3 et la couleur ocre des sables éolisés affleurants (5YR 6/8 en sec 5YR 5/8 en humide). La distribution de la dune de part et d'autre de la barre rocheuse est très dissymétrique : d'extension limitée sur le versant du bassin, elle atteint presque le sommet du versant occidental.

UNITE 3 : FORMATIONS SABLEUSES : DUNES FIXEES ET JUPE SABLEUSE (18%)

Regroupées en une même unité du fait de l'analogie de leurs surfaces élémentaires, principalement constituées de DES2, deux formations différentes peuvent être en fait distinguées :

- La jupe sableuse qui recouvre la base de la barre de quartzites présente quelques blocs rocheux et des marques d'érosion en nappe et linéaires assez marquées. Son couvert arboré est plus dense que sur les dunes fixées; il est constitué d'une strate lâche de 3 m de haut de *Maerua crassifolia* et d'*Euphorbia balsamifera* et d'une sous-strate d'1,5 m plus dense de *Boscia senegalensis* et *Acacia seyal*, ce dernier traduisant la suralimentation hydrique due à la position sur le versant.
- Les dunes fixées : la strate arborée, très lâche (4 arbres/ha) et plus basse (0,5 à 2 m), est surtout constituée des espèces précédentes, sans l'*Acacia Seyal*. *Cenchrus biflorus* forme l'essentiel de la strate herbacée assez peu fournie (20%).

UNITE 4 : LES REGS (48%)

Cette unité caractérisée par la forte proportion d'éléments grossiers en surface et par un encroûtement marqué recouvre en fait des faciès assez différenciés qui se succèdent le long des versant des collines. Celles-ci comprennent à une échelle réduite, difficilement cartographiable les éléments suivants :

- au sommet, des bancs de quartzites, alignés selon la même direction que l'unité 1, plus ou moins ensablés qui peut être ou non partiellement remobilisé.

- des versants où diminue la taille des éléments grossiers passant des blocs aux gravillons en même temps qu'augmente leur pourcentage de recouvrement et le degré d'encroûtement et que les quarzites cèdent la place aux schistes. On passe ainsi progressivement depuis de gros blocs ensablés en sommet à un reg proprement dit en bas de versant. Cette diversité se traduit par la variété des surfaces élémentaires : G1, ST21, ST31, DES3 et DEC1. *Maeruea crassifolia* et *Boscia senegalensis* forment la strate arborée, très lâche (1 arbre/3-4 ha) et mal venue (1,5-2m). Le couvert herbacé est très peu développé.

UNITE 5 : CHANFREINS ET BAS-FONDS (22%)

Pour cette unité également, il n'a pas été possible de distinguer cartographiquement deux ensembles identifiés sur le terrain :

- les chanfreins : correspondant aux pentes de raccords avec les bas-fonds *sensu stricto*, ils présentent des surfaces dénudées de type G1 et ERO1 et quelques microbuttes sableuses faiblement enherbées
- les bas-fonds : la strate arborée (3 m de haut) est la plus dense de toutes les unités, les arbres constituant de petits fourrés le long des cours d'eau plus ou moins divaguants : *Ziziphus mauritiana*, *Boscia senegalensis*, *Acacia seyal*. La strate herbacée assez lâche comprend *Digitaria exilis*, le fonio sauvage. De grandes termitières de 3 m de haut (environ 4/ha) ont été abandonnées et sont fortement érodées par la pluie et le vent. Les surfaces sableuses de dessiccation (DES2 et DES3) alternent avec les surfaces plus limono-argileuses de décantation (DEC2 et DEC3).

UNITE 6 : LES MARES TEMPORAIRES (8%)

Cette unité se caractérise par l'absence totale de végétation qui pourrait être attribuée à des teneurs élevées en sodium ou en sels solubles (mais on n'observe aucune efflorescence). La surface de décantation présente une forte variété de réseaux de fentes délimitant des squames, des plaquettes ou de gros polyèdres de plusieurs décimètres. Certains fonds de mares subissent une importante érosion linéaire régressive qui se développe facilement dans ces sédiments limono-argileux. Non signalées à la fin des années 50, ces rigoles et ravines doivent être probablement imputées à un ruissellement actuel plus marqué qui aurait réussi, par endroits, à faire sauter quelques "bouchons" à l'aval de ces mares. L'extension non négligeable de ces zones d'endoréisme, très représentative de la région, ne facilite pas l'analyse des résultats hydrologiques.

LES SURFACES ELEMENTAIRES

Le tableau 1 présente les pourcentages de surfaces élémentaires des différentes unités cartographiques.

TABLEAU 1 : CARACTERISATION DES UNITES CARTOGRAPHIQUES DU BASSIN DE TIN ADJAR A L'AIDE DES TYPES DE SURFACES ELEMENTAIRES (%).

UNITES CARTOGRAPHIQUES						
SURFACES ELEMENTAIRES	1	2	3	4	5	6
AFFLEUREMENT DE QUARTZITES	80	0	5	0	0	0
G1	5	0	0	65	10	0
ERO1	0	0	0	0	30	0
ERO2	0	2	10	0	0	0
ST31	0	0	0	15	0	0
ST21	0	0	0	10	30	0
DEC1	0	0	0	5	15	100
DEC2	0	0	10	0	5	0
DES2	15	0	75	0	5	0
DES3	0	98	0	5	5	0

BASSIN DE KOUMBAKA

PRESENTATION GENERALE

Le bassin de Koumbaka se situe à droite de la route menant de San à Mopti : 13° 52'N, 4° 08' W. Il a fait l'objet d'études hydrologiques de la part de l'ORSTOM entre les années 1955 et 1957. A cette époque, la pluviométrie annuelle était de 650 mm. Le bassin prospecté est celui dont la station de jaugeage avait été installée à proximité du village de Sinkoroni (b.v.02A). Situé sur les grès Dogon, ce bassin est bordé en amont par une série de collines cuirassées. A la fin des années 50, il ne semble pas qu'il ait été cultivé alors que de nos jours les champs de mil sous un parc à *Acacia albida*, et de sorgho près du bas-fond, couvrent 12% des 9 km² du bassin.

Le trait le plus marquant de ce bassin réside dans la forte extension des affleurements de grès et de cuirasse à l'amont qui contrastent fortement avec le parc à *Acacia* à l'aval.

DESCRIPTION DES UNITES CARTOGRAPHIQUES

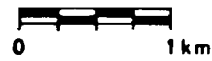
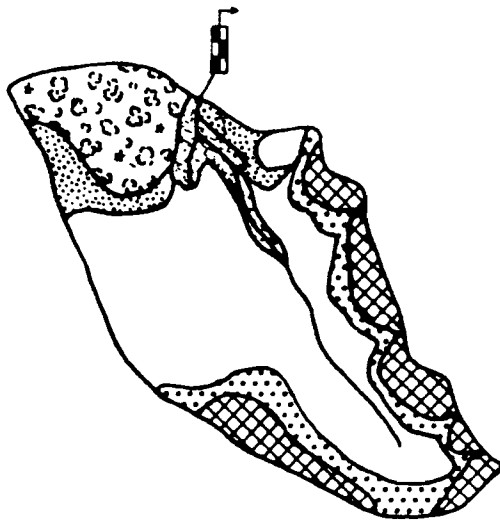
UNITE 1 : SOMMET DE COLLINES CUIRASSEES (19%)

Le fourré assez dense mais bas (inférieur à 5 m) est constitué surtout de *Pterocarpus lucens*, et dans une moindre mesure de *Combretum glutinosum*, *Boscia senegalensis*, la sous-strate étant représentée par *Guiera senegalensis*. Les herbacées (*Loudetia togoensis*) ne couvrent que faiblement le sol (20%). La surface correspond essentiellement à celle de blocs (2%), cailloux (15%) et gravillons (83%) inclus dans une croûte à trois micro-horizons et à porosité vésiculaire marquée (G1).

UNITE 2 : PIEMONT DE CUIRASSE (9%)


Il s'agit d'une zone de transition entre les collines cuirassées et les versants de grès affleurants. Le couvert arboré (*Combretum micranthum* et *Combretum glutinosum*) ne couvre que 20% de la surface. La strate herbacée (*Zornia glochidiata*) est plus fournie (40%) et se trouve associée à une forte activité de récolte des termites. Les surfaces élémentaires comprennent des microbuttes sableuses enherbées (DES1), des zones dépourvues de végétation, encroûtées (ER01) et gravillonnaires (G1).

BASSIN DE KOUMBAKA




 **Sommet de collines cuirassées**

 **Piemont de cuirasse**

 **Affleurements de grès**

 **Colluvions**

 **Champs**

 **Chanfrein et bas-fond**

UNITE 3 : AFFLEUREMENTS DE GRES (49%)

Cette unité correspond à l'état de surface le plus caractéristique du bassin. Les dalles de grès affleurent sur 90% de cette unité; les 10% restant se partagent entre les microbuttes sableuses enherbées (*Zornia glochidiata*) (DES1), les surfaces de décantation dans les anfractuosités du grès (DEC1), et les surfaces encroûtées d'érosion (ERO). La strate arborée qui ne couvre pas plus de 2% de l'ensemble de l'unité se concentre à la faveur des zones de fractures du grès : *Pterocarpus lucens*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia pennata*, *Terminalia macroptera* (pouvant atteindre 8 m). Comme ces dernières espèces caractérisent généralement des milieux humides, leur présence décèle une certaine infiltration. Celle-ci est corroborée par l'existence de grandes termitières et de termitières champignons (*Cubitermes*).

UNITE 4 : LES COLLUVIONS (5%)

Cette unité correspond à la zone de transition des affleurements de grès avec les unités situées à l'aval du bassin. Elle se situe à l'aval d'une rupture de pente plus ou moins bien marquée là où le relief tend à s'aplanir. La strate arborée (3-7 m) est constituée de bosquets séparés d'environ 100 m regroupant *Combretum glutinosum*, *Pterocarpus lucens*, plus rarement *Boscia senegalensis*, *Sclerocaya birrea* et *Lanea acida*. Notons que le recrû est essentiellement assuré par *Balanites aegyptiaca*, ce qui semblerait refléter une aridification nette du milieu, en dépit de la situation favorable de cette unité cartographique à l'aval de l'impluvium que constituent les affleurements de grès. La surface est occupée pour moitié par les affleurements de grès, le reste correspondant à des microbuttes sableuses fortement enherbées (DES1), des surfaces encroûtées gravillonnaires (G1) et de décantation dans les anfractuosités du grès (DEC1).

UNITE 5 : CHAMPS (12%)

Les champs se localisent à l'aval du bassin à proximité du village de Sinkoroni. En rive gauche, le mil correspond peu ou prou à la limite du parc arboré. La strate arborée atteint 12 m et compte 6 individus par hectare : surtout *Acacia albida*, mais aussi *Tamarindus indica* et *Parkia biglobosa*. La surface est très peu encroûtée (C1). En rive gauche, sur les sols colluvio-alluviaux assez lourds, c'est surtout le sorgho qui est cultivé (C1 également)

UNITE 6 : CHANFREINS ET BAS-FOND (6%)

Les pentes de raccord menant au bas-fond sablo-argileux présentent des microbuttes sableuses (DES1), des surfaces nues encroûtées (ERO) et gravillonnaires (G1). Ces dernières sont liées à la présence discontinue d'une cuirasse de bas de versant. En bordure du bas-fond, le bois-galerie comprend *Diospyros mespiliformis* et *Combretum micranthum*; il disparaît à l'aval du bassin pour donner place à un parc à *Borassus aethiopicum*, témoin probable d'une nappe peu profonde.

LES SURFACES ELEMENTAIRES

Le tableau 2 présente les pourcentages de surfaces élémentaires des différentes unités cartographiques.

TABLEAU 2 : CARACTERISATION DES UNITES CARTOGRAPHIQUES DU BASSIN DE KOUMBAKA A L'AIDE DES TYPES DE SURFACES ELEMENTAIRES (%).

UNITES CARTOGRAPHIQUES						
SURFACES ELEMENTAIRES	1	2	3	4	5	6
AFFLEUREMENT DE GRES	0	0	90	50	0	0
G1	100	25	0	10	10	0
ERO1	0	35	3	0	40	0
DEC1	0	0	3	5	0	0
ST2	0	0	0	0	50	0
DES1	0	40	4	35	0	0
C12	0	0	0	0	0	100

BASSIN DU DOUNFING

PRESENTATION GENERALE

Le bassin du DOUNFING se situe à proximité de Bamako sur le plateau Mandingue : 12° 41' N, 8° 02' W. Il a fait l'objet d'études hydrologiques de la part de l'ORSTOM entre les années 1954 et 1955. A cette époque, la pluviométrie annuelle était de 1150 mm. Ce bassin de 17,5 km² se caractérise par :

- la vigueur de son relief,
- l'abondance de ses surfaces gravillonnaires qui se distinguent très nettement des regs décrits pour les bassins plus septentrionaux. En effet, la plupart des gravillons, qui résultent du démantèlement des cuirasses, ne sont pas inclus dans une croûte, mais se trouvent libres en surface, jouant ainsi le rôle d'un mulch, favorable à l'infiltration. Notons que MAIGNIEN (1957 b) attribuait déjà une forte infiltrabilité aux "éboulis non cimentés". Il ne semble pas que l'occupation du sol ait beaucoup évolué depuis 30 ans : les versants se trouvaient en grande partie cultivés (et dégradés), et des jardins mettaient en valeur les bas-fonds.

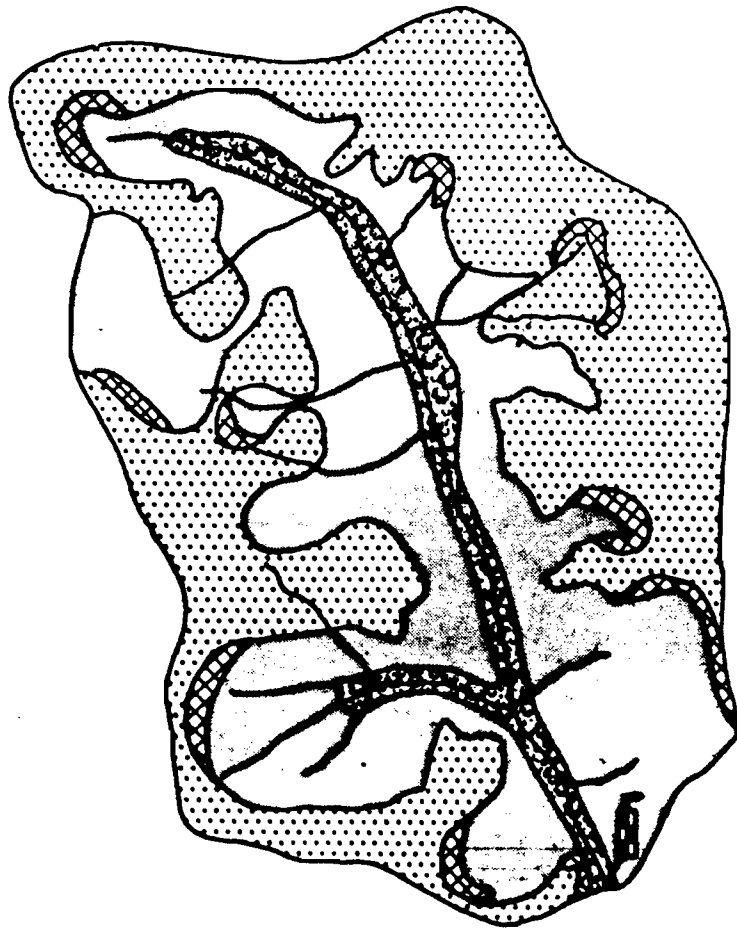
LES SURFACES ELEMENTAIRES DU BASSIN VERSANT DU DOUNFING





LES SURFACES CULTIVEES

Elles sont situées

- soit en zone de bas-fonds et correspondent à des surfaces élémentaires de type culturale 1, sans croûte ou à croûte structurale à un microhorizon, (cultures maraîchères en planches, C 12) .
- soit sur les versants à recouvrements gravillonnaires et chicots de cuirasse. Surface élémentaire de type culturale 1, variante taux d'éléments grossiers supérieurs à 40%. (C 13) .
- soit sur les terrasses étroites situées en bordure des affluents avals, rive gauche et droite du bassin. Surface élémentaire de type culturale 2, croûte structurale à 2 microhorizons et quelques

BASSIN DU DOUNFING



-  Cuirasse
-  Sommet gravillonnaire
-  Surface gravillonnaire
-  Bas-fond

0 0,4 0,8 1,2 1,6 km

éléments grossiers, variante liée au degré d'obstruction au ruissellement (terrasses aplanies et limitées par des bordures caillouteuses. C 22).

LES SURFACES PEU OU PAS ANTHROPISEES

Elles sont situées en sommet de versant et dans le tiers supérieur de la pente.

Leur recouvrement est constitué de cuirasses plus ou moins démantelées (affleurantes ou sub-affleurantes) accompagnées de chicots de cuirasse et de gravillons.

Dans le cas où les gravillons en surface sont dominants, en zone de bordure de cuirasse et de rupture de pente, on trouve des surfaces de type grossier (G 1), associées à de nombreux ravinaux et ravines.

En haut de pente, le taux de gravillons libres dépassent souvent 50%, c'est une surface de type G3.

Sur les versants, apparaissent des surfaces à recouvrements gravillonnaires sans réorganisation de surface de type G4.

DEFINITION DES SURFACES ELEMENTAIRES

1 *Surface cuirassée.*

Surface non testée dans le catalogue des états de surface.

2 *Surfaces de type grossier*

Elles constituent la majeure partie de la surface générale du bassin mais il existe plusieurs variantes liées à la teneur en gravillons libres en surface et au nombre de microhorizons de la croûte quand elle existe.

- G 1 : surface non cultivée présentant moins de 20% de turricules de vers et plus de 40% de charge grossière, les éléments grossiers étant enchâssés dans une pellicule à trois micro-horizons.
- G 3 : surface où il n'y a pas de pellicule plasmique mais des sables et dont le taux de gravillons libres dépassent 50%.
- G 4 : surface où il n'y a pas de réorganisations en surface (gravillons libres, quelques cailloux et chicots de cuirasse).

3 *Surfaces cultivées*

- C 12 : pas de réorganisations de surface.
- C 13 : variante liée au taux d'éléments grossiers > 40%.
- C 22 : variante liée au degré d'obstruction au ruissellement.

DESCRIPTION DES UNITES CARTOGRAPHIQUES (TABLEAU 3)

UNITE 1 : SOMMET DE VERSANT ET RUPTURE DE PENTE SUR SOLS MINERAUX BRUTS D'EROSION SUR CUIRASSE ANCIENNE. (4 %)

Le recouvrement végétal est faible, quelques arbustes : *Pterocarpus lucens*, *Acacia pennata* et *Combretum* sp. Outre une cuirasse ou des chicots de cuirasse, on trouve un recouvrement caillouteux et gravillonnaires où la cuirasse est subaffleurante.

UNITE 2 : HAUT ET TIERS SUPERIEUR DES VERSANTS (50 %)

Sur les mêmes sols que précédemment mais où apparaît un horizon riche en éléments grossiers. Zone enherbée : *Andropogon* et où poussent quelques arbres : *Combretum* sp, *Daniella olivieri* et *Acacia* sp.

UNITE 3 : VERSANT ET BAS DE PENTE SUR SOLS FERRALLITIQUES REMANIES SUR EBOULIS DE CUIRASSE (39 %)

La végétation est herbacée et des cultures (mil) apparaissent. Le recouvrement gravillonnaire occupent plus de 50% de cette unité avec de nombreux cailloux et quelques chicots de cuirasse épars.

UNITE 4 : BAS-FONDS (7 %)

Sur sols hydromorphes sur alluvions. Végétation arborée dense (manguiers et quelques bananiers) et zone de cultures maraichères intenses.

TABLEAU 3 : CARACTERISATION DES UNITES CARTOGRAPHIQUES DU BASSIN DU DOUNFING A L'AIDE DES TYPES DE SURFACES ELEMENTAIRES (%).

UNITES CARTOGRAPHIQUES				
SURFACES ELEMENTAIRES	1	2	3	4
AFFLEUREMENT DE CUIRASSE	100	0	0	0
G1	0	12	0	0
G3	0	60	80	0
G4	0	28	5	0
C12	0	0	0	100
C13	0	0	11	0
C22	0	0	4	0

CONCLUSION

Les trois bassins se caractérisent essentiellement par l'abondance de leurs éléments grossiers : regs et barre rocheuse à Tin Adjar, cuirasse et affleurements gréseux à Koumbaka, affleurements de cuirasse et de gravillons au Dounfing. Toutefois, l'importance des croûtes superficielles qui enchâssent les éléments grossiers, et par voie de conséquence, limite l'infiltration de l'eau dans le sol, diminue nettement du nord vers le sud. Ces trois exemples permettent de vérifier une fois de plus que l'épaisseur de sol qui contrôle le ruissellement tend à augmenter depuis les confins sahariens où elle se limite à la surface proprement dite jusqu'aux horizons superficiels en zone soudanienne.

Ces observations doivent mener à une analyse détaillée des résultats hydrologiques acquis dans les années 50 par les hydrologues de l'ORSTOM qui seront confrontés aux valeurs fournis par un modèle simple, fondé sur les types de surfaces élémentaires et les résultats de simulation de pluie acquis sur d'autres bassins. A cette occasion, il faudra probablement estimer la part de variation des états de surface, imputable à la sécheresse. Celle-ci semble particulièrement sensible sur le bassin le plus septentrional.

BIBLIOGRAPHIE

- CASENAVE (A.), VALENTIN (C.), 1988. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM, Abidjan, 248 p. multigr.
- DUBREUIL (P.), CHAPERON (P.), GUISCAFRE (J.), HERBAUD (J.), 1972. Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux. Années 1951-1969 - ORSTOM, Paris, 916p.
- MAIGNIEN (R.), 1957a. Prospection pédologique du bassin de Koumbaka (Soudan Français). ORSTOM, Dakar, 7 p. multigr., 2 cartes h.t.
- MAIGNIEN (R.), 1957b. Prospection pédologique du bassin du Dounfing (Soudan Français). ORSTOM, Dakar, 3 p. multigr., 2 cartes h.t.
- VALENTIN (C.), 1986. Différencier les milieux selon leur aptitude au ruissellement : une cartographie adaptée aux besoins hydrologiques. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. ORSTOM, Colloques et Séminaires, pp 50-74.