

LES ETATS DE SURFACE : UNE DES CLEFS DE L'HYDROLOGIE SAHELIENNE

A. CASENAVE ET C. VALENTIN

ORSTOM (FRANCE)

RESUME

Les mesures sous pluies simulées entreprises depuis dix ans, en zone sahélienne, par les hydro-pédologues de l'ORSTOM ont abouti à une typologie morpho-génétique des principales croûtes sahéliennes. De l'identification de ces grands types de croûtes et de critères relatifs à l'activité faunique, à la couverture et au travail du sol, découle une typologie des principales surfaces élémentaires. La combinaison de ces surfaces élémentaires mène à la définition du concept d'état de surface qui permet de caractériser des unités homogènes tant au niveau de la dynamique évolutive qu'à celui de leur fonctionnement hydrologique. En zone sahélienne, la conjugaison des études sous pluies simulées, de la télédétection et d'une modélisation à petit pas de temps constitue un outil performant pour la simulation des écoulements, la prédétermination des crues de fréquence rare et la transposition des résultats à un bassin non observé.

INTRODUCTION

Depuis le début des années 50, les hydrologues de l'ORSTOM ont étudié environ 250 petits bassins représentatifs (Dubreuil, 1972). Le but principal de ces études était de mettre en relation les paramètres caractéristiques de l'écoulement et du ruissellement, particulièrement ceux des crues décennales (volume, débit maximum, forme de l'hydrogramme), et ceux représentatifs du milieu et de la physiographie des bassins (surface, forme et pente, nature des sols, de la végétation ou de la lithologie, caractéristiques du climat etc ...), afin de permettre la transposition de ces résultats à des bassins non observés.

Que ce soit dans les synthèses explicatives de l'écoulement (Dubreuil, Morell, Sechet, 1975 ; Dubreuil, Vuillaume, 1975 ; Rodier, 1975) ou dans les méthodes de prédétermination des crues décennales des petits bassins (Rodier, Auvray, 1965 ; Puech, Chabi-Gonni, 1983) toutes les analyses se sont heurtées à l'impossibilité de quantifier l'aptitude au ruissellement des différents types de sols ou de chiffrer la perméabilité globale d'un bassin. Les renseignements tirés des cartes pédologiques s'avéraient peu pertinents, la classification pédologique, fondée sur des critères morphogénétiques, ne reflétant pas les caractéristiques hydrodynamiques des sols.

Pour déterminer de façon plus précise ces caractéristiques, les hydrologues ont, dans un premier temps, largement utilisé l'infiltromètre à double anneau (Münst). Outre que cette méthode interdisant le ruissellement ne permet pas de simuler les phénomènes naturels, les trop faibles surfaces concernées, le manque de standardisation de la technologie et surtout la destruction, au moins partielle, des croûtes superficielles, ne permettaient d'obtenir, dans le meilleur des cas, que des résultats de caractère qualitatif. A peu près à la même période, de nombreuses parcelles de ruissellement, d'érosion et de drainage oblique ou vertical, ont été installées par les pédologues et les hydrologues de l'ORSTOM et du CIRAD, sous diverses latitudes. Ces mesures sous pluies naturelles obligent à maintenir ces dispositifs pendant plusieurs années, surtout en zone sahélienne où les pluies sont rares et irrégulières. De plus, du fait de leur nombre et des interactions qui existent entre les paramètres influençant l'infiltration, il est difficile, sous pluies naturelles, de mettre en évidence leur rôle respectif.

Il est alors apparu que des progrès pouvaient être réalisés, dans la compréhension des phénomènes, en s'affranchissant des aléas des précipitations naturelles par la technique de simulation des pluies. Après avoir utilisé, à partir de 1975, un premier appareil dérivé du simulateur de type SWANSON, arrosant deux parcelles de 50 m² (Lafforgue, 1977 : Collinet, minisimulateur de pluie (Asseline, Valentin, 1978) permettant d'étudier des parcelles de 1 m². La comparaison des résultats obtenus sur ces parcelles avec ceux des parcelles de 50 m² (Collinet, 1986) ou avec les données des bassins représentatifs, Casenave, Guiguen, Simon, 1982) a montré que, malgré la faible surface étudiée, l'appareil était fiable sous réserve d'une utilisation appropriée.

Depuis 1980, l'ORSTOM a largement développé cette nouvelle technique dans de nombreux pays d'Afrique francophone (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Niger, Togo, Cameroun, Congo, Sénégal) particulièrement ceux de la zone semi-aride où l'absence d'eau, ou son insuffisance, constitue un des principaux facteurs limitants du développement.

L'analyse statistique des données obtenues, d'abord sur 48 parcelles (Albergel et al., 1986), puis sur 141, soumises à 860 averses simulées (Albergel et al., à paraître), a permis de mettre en évidence les facteurs conditionnels de l'infiltration et du ruissellement sur une vaste zone géographique et de hiérarchiser l'influence de ces différents facteurs (Valentin, 1986). Il est ainsi apparu que, pour l'ensemble de l'échantillon, quatre variables caractéristiques du milieu - couvert végétal, activité faunique, microrelief et croûtes - expliquent significativement ($R^2 = 0,72$) le coefficient d'infiltration. Pour les 87 parcelles des zones aride et semi-aride (pluviométrie annuelle < 850 mm), trois variables - couvert végétal, activité faunique et croûtes - suffisent à expliquer ce coefficient ($R^2 = 0,84$).

De trop nombreux exemples montrent cependant que l'utilisation aveugle de telles formules statistiques n'est pas exempte de dangers et qu'une approche plus naturaliste, de type système expert, peut constituer un "garde fou" précieux, en fournissant un mode d'emploi de ces régressions. C'est pourquoi Casenave et Valentin (1988) ont proposé une typologie des surfaces élémentaires, qui essaye de concilier les deux approches ; statistique et naturaliste. Cette typologie est fondée sur une base expérimentale et des traitements statistiques mais ces résultats sont pondérés par des critères d'ordre morphologique.

LA TYPOLOGIE DES SURFACES ELEMENTAIRES

A la base de cette typologie se trouve le concept de "surface élémentaire" qui désigne, à un instant donné, un ensemble homogène constitué par le couvert végétal, la surface du sol et les organisations pédologiques superficielles qui ont subi des transformations sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques ou anthropiques (Casenave, Valentin, 1988).

LES CRITERES D'IDENTIFICATION

La typologie des surfaces élémentaires repose sur un certain nombre de critères caractéristiques du milieu, dont l'analyse statistique a montré qu'ils influençaient de manière notable l'infiltrabilité. Ces principaux critères sont les suivants :

LE TYPE DE CROUTE

A partir de l'étude des processus et des facteurs de formation des croûtes superficielles, Casenave et Valentin (1988) proposent une typologie morphogénétique des principales croûtes sahéliennes, fondée sur le nombre de microhorizons et sur la structure du microhorizon affleurant. Cette typologie, synthétisée dans la figure 1, permet de distinguer 9 types principaux dont la désignation fait référence à leurs mécanismes de formation.

LE COUVERT HERBACE OU CULTURAL

C'est ce couvert qui assure la protection du sol contre les "agressions" extérieures (pluie, vent ...) qui sont les principaux facteurs des réorganisations superficielles. Il est caractérisé par son recouvrement total, qui comprend celui assuré par les parties aériennes et celui des résidus végétaux posés sur la surface du sol.

L'ACTIVITE MESOFAUNIQUE

Elle a une influence directe sur l'infiltration par la porosité qu'elle génère. Nous l'estimons par le pourcentage de la surface occupé par les turricules de vers ou les placages de récolte des termites.

LE MICRORELIEF

Ce sont les petits accidents du terrain, d'une amplitude comprise entre 5 et 50 cm, naturels ou induits par les techniques culturales, qui confèrent au sol la rugosité susceptible de diminuer le ruissellement et d'augmenter le stockage superficiel de l'eau. Il est caractérisé par sa hauteur et par son degré d'obstruction qui s'évalue en fonction de la continuité de l'obstacle et de l'angle qu'il forme avec la pente.

LA POROSITE VESICULAIRE

Les microhorizons des croûtes sahéliennes contiennent fréquemment des vésicules qui peuvent créer une très forte porosité. Celle-ci n'est cependant pas fonctionnelle, ces pores ne communiquant pas les uns avec les autres, mais il s'agit d'un indice précieux de conditions peu favorables à l'infiltration. Ces vésicules se forment, en effet, lors de l'humectation, lorsque l'air du sol ne peut s'échapper dans aucune direction, du fait d'une forte imperméabilité du milieu (Evenari, Yaalon et Guterman, 1974 ; Figueira et Stoops, 1983). L'analyse statistique a mis en évidence une très bonne relation entre l'abondance de ces pores et l'aptitude au ruissellement (Albergel et al., 1986).

LA TEXTURE DU SOL

Elle intervient dans la typologie des surfaces en tant qu'élément secondaire. Pour la zone sahélienne, seules la texture très sableuse (taux des sables > 90 %) et la texture argileuse (taux d'argile > 40 %) ont une influence sur l'infiltration.

LES GRANDS TYPES DE SURFACES ELEMENTAIRES

A partir des critères d'identification précédents, on peut classer toutes les surfaces élémentaires en 11 grands types. La clef de détermination en est donnée sur la figure 2. Afin de représenter au mieux, toute la diversité possible des situations, nous avons été amenés à définir, dans certains types de surface, des variantes en fonction d'éléments "modulateurs" (couverture végétale, texture, microrelief) qui s'ajoutent aux critères principaux d'identification. Ces éléments ne changent pas la définition du type de surface, mais ont une influence sur les valeurs de l'infiltration.

Chaque type de surface élémentaire (type modal ou variante) correspond à un fonctionnement hydrologique particulier qui est caractérisé par une équation du ruissellement (uniquement pour le type modal) et les fourchettes des valeurs que peuvent prendre certaines variables de l'infiltration. Un exemple en est donné ci-après pour les surfaces de type ST3.

SURFACE DE TYPE STRUCTURALE 3 : ST3

DEFINITION :

Surface non cultivée présentant moins de 20 % de turricules de vers et moins de 40 % de charge grossière, couverte d'une pellicule structurale à trois microhorizons (sable grossier libre sur du sable fin pris en masse reposant sur une pellicule plasmique, à forte porosité vésiculaire).

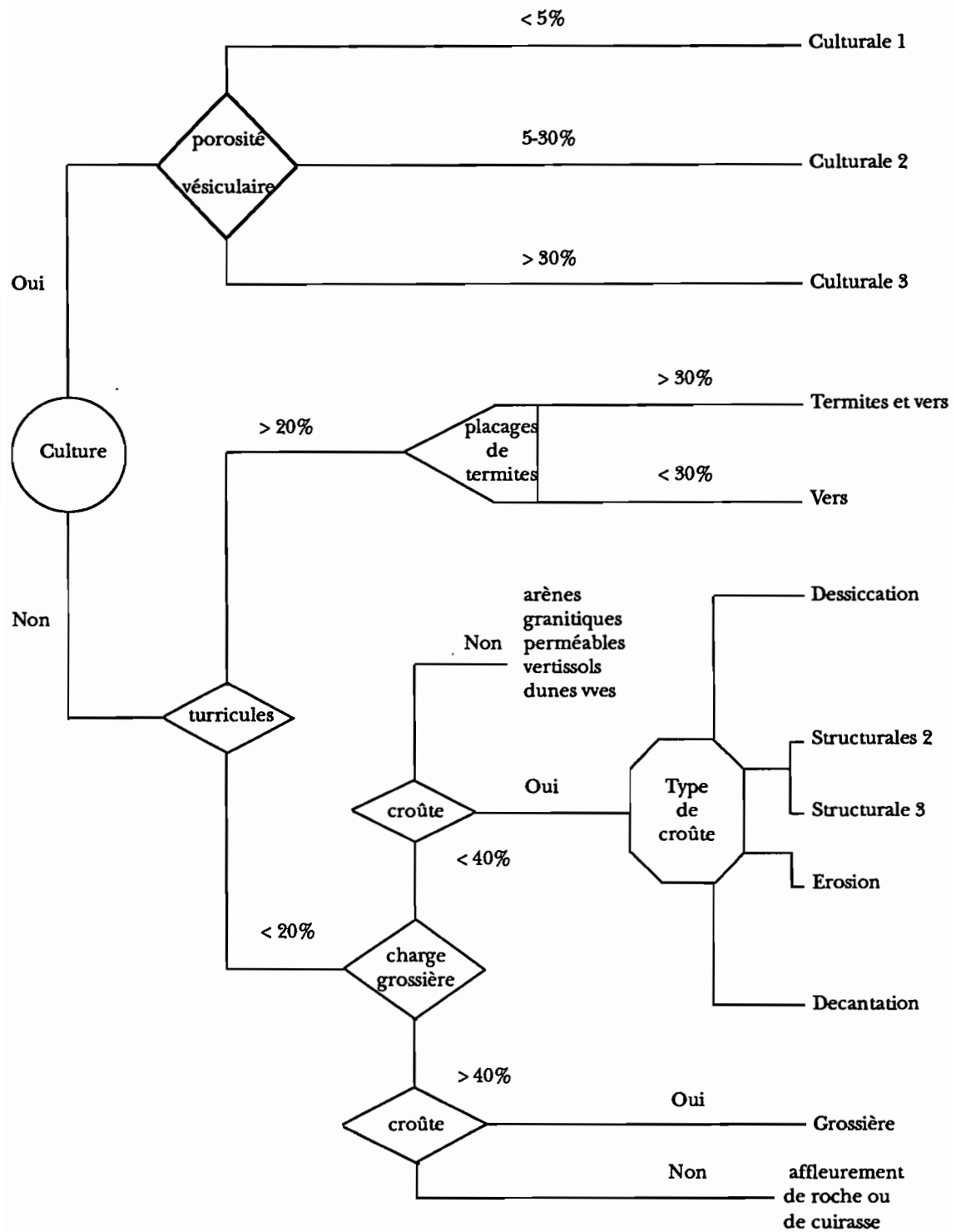
RUISSELLEMENT :

$$Lr = 0,85 Pu + 0,01 IK + 0,003 Pu IK - 8,0$$

INFILTRATION :

Ki %	KiO %	Ki20%	I1mm. h-1	Pis mm	Pih mm
15-25	25-40	20-30	0-5	3-7	2-5

**FIGURE 2 : CLEF DE DETERMINATION
DES TYPES DE SURFACES ELEMENTAIRES**



VARIANTE :

Si la couverture végétale est supérieure à 50 % ou si cette surface recouvre un sol sableux (dune, placage).

Ki %	KiO %	Ki20%	I1 mm. h-1	Pis mm	Pih mm
45-55	60-70	55-65	10-15	10-15	5-10

VALIDATION DE LA METHODE

Afin de vérifier le bien-fondé de la typologie des états de surface, nous l'avons testé sur 22 parcelles étudiées sous pluies simulées à l'occasion d'autres études. Ces parcelles n'ont pas été utilisées dans la définition des types et des valeurs hydrodynamiques associées. Elles sont réparties sur une vaste zone géographique puisque 3 sont situées à Agadez (Niger), 7 à Oursi (nord du Burkina Faso) et 12 à Mouda (nord du Cameroun). Les protocoles et les formes des pluies simulées sur ces parcelles sont très différents des nôtres, ce qui peut expliquer certaines différences, particulièrement au niveau des Pi qui sont très dépendants de l'intensité de la pluie. Le test portera surtout sur les valeurs de Ki.

Pour 22 parcelles, 13 valeurs de Ki se situent dans l'intervalle prévu. Pour 5 autres parcelles, l'écart entre le Ki correspondant au type de surface et le Ki mesuré est inférieur à 5 %. On peut donc estimer que la prédiction est fidèle pour 18 parcelles sur 22 soit 82 % de l'échantillon. Pour les 4 valeurs de Ki mal reconstituées, les écarts entre Ki prévus et Ki observés sont de 8, 14, 14 et 17 %.

Pour les valeurs de I1, 14 appartiennent à l'intervalle ou en sont peu éloignées, soit 64 % de l'échantillon. Pis n'est correctement prévu que pour 55 % de l'échantillon mais Pih l'est pour 73 % des valeurs, l'influence de l'intensité de la pluie étant moindre pour un sol saturé que pour un sol sec.

Nous avons également testé la typologie sur des parcelles situées en zone soudanaise :

- 11, sur le bassin de Hidenwou, nord du Togo, pluviométrie annuelle de 1.225 mm,
- 6, sur le bassin de Nadjoundi, nord du Togo, pluviométrie moyenne annuelle de 1.070 mm,
- 8, sur le bassin de Varale, nord de la Côte d'Ivoire, pluviométrie moyenne annuelle de 1.150 mm.

Pour ces 25 parcelles, 16 valeurs de Ki sont dans l'intervalle prévu et 3 sont à moins de 5 % des limites de cet intervalle (76 % de l'échantillon). Il est correctement prévu pour 53 % de l'échantillon, Pis pour 36 % et Pih pour 76 %.

UTILISATIONS HYDROLOGIQUES DE LA TYPOLOGIE

LE CONCEPT D'ETAT DE SURFACE

S'il est possible, comme nous l'avons montré, de décomposer la surface du sol à l'échelle de la parcelle, en un nombre limité de fractions hydrologiquement homogènes, les "surfaces élémentaires", il n'en est pas de même à l'échelle directement supérieure, celle du petit bassin versant. A cette échelle, le nombre trop élevé de combinaisons possibles entre les surfaces élémentaires impose, pour caractériser le milieu, un nouveau concept : celui d'"état de surface". Ce terme peut désigner :

- une seule surface élémentaire, si elle est de grande taille,
- la juxtaposition de plusieurs, par exemple, une steppe qui comprend au moins deux surfaces élémentaires : les zones enherbées alternant avec des taches dépourvues de végétation et couvertes de croûtes,
- un système de surfaces élémentaires, c'est-à-dire un ensemble au sein duquel jouent des interactions.

CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE ET MODELISATION DU RUISSELLEMENT

Les concepts de surface élémentaire et d'état de surface ont été utilisés pour définir un nouveau mode de représentation cartographique du milieu (Valentin, 1986) où ne sont prises en compte que les variables conditionnent l'infiltration et le ruissellement. Pour toute la zone aride et semi-aride, ces variables sont celles caractérisant les états de surface. Les unités cartographiques définies dans cette méthode correspondent à des états de surface, c'est-à-dire à une ou, le plus souvent, à la combinaison de plusieurs surfaces élémentaires.

Le fonctionnement hydrodynamique de chaque surface élémentaire est caractérisé par une relation de type (Albergel et al., 1986) :

$$Lr = A. Pu + B.IK + C.Pu.IK + D$$

En combinant ces fonctions de production du ruissellement au prorata du pourcentage occupé par chaque surface élémentaire on obtient la fonction de production de l'unité cartographique. De même, la fonction de production du bassin résulte de la somme pondérée des fonctions de production du ruissellement des différentes unités cartographiques.

Après une phase de calage sur des observations réelles nécessitée par la différence d'échelle entre les parcelles de 1 m² et le bassin de plusieurs km², il est possible de reconstituer les crues du bassin, notamment la crue décennale. On trouvera dans le tableau ci-après la comparaison des lames ruisselées décennales estimées par la méthode classique d'étude de bassin versant et par le modèle simulateur.

TABEAU 1 : COMPARAISON DES LAMES RUISSELEES CALCULEES ET OBSERVEES

Bassin		Lame ruisselée décennale étude classique du du bassin (en mm)	Lame ruisselée décennale modèle simulateur (en mm)
Jalafanka	(Burkina Faso)	42,1	45,4
Polaka	(Burkina Faso)	22,2	20,8
Binnde	(Burkina Faso)	32,1	33,1
Kazanga	(Burkina Faso)	33,2	28,4
Kuo	(Burkina Faso)	28,0	26,6
Korhogo	(Côte d'Ivoire)	29,0	30,1
Varale 1	(Côte d'Ivoire)	17,9	17,6
Varale 2	(Côte d'Ivoire)	19,3	20,5
Comba	(Congo)	98,8	95,7
Kountkouzout	(Niger)	24,0	28,2
Banigorou	(Niger)	5,5	3,9

Pour répondre totalement aux besoins des hydrologues, cette méthode cartographique devait encore s'avérer extensible et transposable. Pour ce faire on a utilisé les images satellitaires. La cartographie des états de surface d'un petit bassin versant (9,14 km²) alimentant la mare d'Oursi au nord du Burkina Faso (Valentin, 1981b), a été étendue à l'ensemble du bassin de la mare (263 km²) à partir des données d'une image LANDSAT (Lointier et Lortic, 1984). De même, les thèmes déterminés sur les bassins d'Oursi, ont été transposés aux deux petits bassins versants de Gagara, situés à une cinquantaine de km de la mare (Albergel, 1987).

En introduisant dans un modèle à discrétisation spatiale, la carte des états de surface obtenue par télédétection et les fonctions de production du ruissellement correspondant à chaque état de surface, Chevallier (1986) arrive à modéliser le fonctionnement hydrologique des bassins de la mare d'Oursi et à simuler avec précision les niveaux de la mare. Albergel (1987), utilisant la même méthodologie, reconstitue les volumes écoulés annuels des deux bassins de Gagara, avec une erreur inférieure à 5 %. Ces exemples montrent qu'en zone sahélienne, la conjugaison des études sous pluie simulée, de la télédétection et d'une modalisation à petits pas de temps, constitue un outil performant pour la simulation des écoulements, la prédétermination des crues de fréquence rare et la transposition des résultats à un bassin non observé.

CONCLUSIONS

Les mesures sous pluies simulées, en milieux aride et semi-aride, ont mis en relief le rôle prépondérant, sur l'infiltrabilité, des paramètres caractéristiques de l'état de surface.

D'une typologie morpho-génétique des principales croûtes sahéliennes, et d'autres critères relatifs à l'activité faunique, à la couverture et au travail du sol, découle une typologie des principales surfaces élémentaires, caractérisées par un comportement hydrodynamique particulier. La combinaison des surfaces élémentaires mène à la définition du concept d'état de surface, base d'une méthode cartographique originale, extensible et transposable par télédétection. Les unités cartographiques ainsi définies, répondent à des critères d'homogénéité tant au niveau de leur dynamique évolutive qu'à celui de leur fonctionnement hydrologique.

En zone sahélienne, le nombre relativement réduit d'états de surface permet un diagnostic du fonctionnement hydrologique actuel. En outre, l'existence de relations génétiques entre les surfaces élémentaires doit faciliter un pronostic à plus long terme.

SYMBOLES UTILISES

Lr	=	lame ruisselée en mm
Pu	=	hauteur de l'averse en mm
IK	=	indice des précipitations antérieures (Casenave, 1982)
Ki	=	coefficient d'infiltration pour l'ensemble du protocole des pluies simulées sur une parcelle
KiO	=	coefficient d'infiltration pour une pluie de 50 mm et un IK = 0
Ki20	=	coefficient d'infiltration pour une pluie de 50 mm et un IK = 20
Il	=	intensité limite de ruissellement (Casenave, 1982)
Pis	=	pluie d'imbibition pour un sol sec (IK = 0)
Pih	=	pluie d'imbibition pour un sol très humecté (IK > 80)

BIBLIOGRAPHIE

Albergel, J., 1987. Genèse et prédétermination des crues au Burkina Faso. Du m² au km². Etude des paramètres hydrologiques et de leur évolution. Thèse doct. Univ. Paris VI, 336 pp.

Albergel, J., Cazenave, A. et Valentin, C., 1986. Modélisation du ruissellement en zone soudano-sahélienne. Simulation de pluie et cartographie des états de surface. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. Coll. ORSTOM, Colloques et Séminaires : 75-89.

Albergel, J., Ribstein, P. and Valentin, C., 1986. L'infiltration : quels facteurs explicatifs ? Analyse des résultats acquis sur 48 parcelles soumises à des simulations de pluie au Burkina-Faso. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. Coll. ORSTOM, Colloques et Séminaires : 25-48.

Asseline, J. and Valentin, C., 1978. Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., XV (4) : 321-349.

Casenave, A., 1982. Le minisimulateur de pluie. Conditions d'utilisation et principes de l'interprétation des mesures. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., XIX (4) : 207-227.

Casenave, A. and Valentin, C., 1988. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM Paris, 202 pp.

Casenave, A., Guiguen, N. et Simon, J.M., 1982. Etude des crues décennales des petits bassins versants forestiers en Afrique Tropicale. Cah. ORSTOM, sér. hydrol., XIX (4) : 229-252.

Chevallier, P., 1986. Simulation de pluie, télédétection, modélisation. Exemple de la mare d'Oursi. Burkina-Faso. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. Coll. ORSTOM, Colloques et Séminaires : 90-104.

Collinet, J., 1984. Hydrodynamique superficielle et érosion comparées de quelques sols ferrallitiques sur défriches forestières traditionnelles (Côte d'Ivoire) in : Challenges in African Hydrology and Water Resources, IASH Publ. n° 144 ; 499-516.

Collinet, J., 1986. Hydrodynamique superficielle de quelques types de sols du Sahel africain, comparaison des données fournies par deux dimensions de parcelles de simulation de pluie. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. Coll. ORSTOM, Colloques et Séminaires : 117-153.

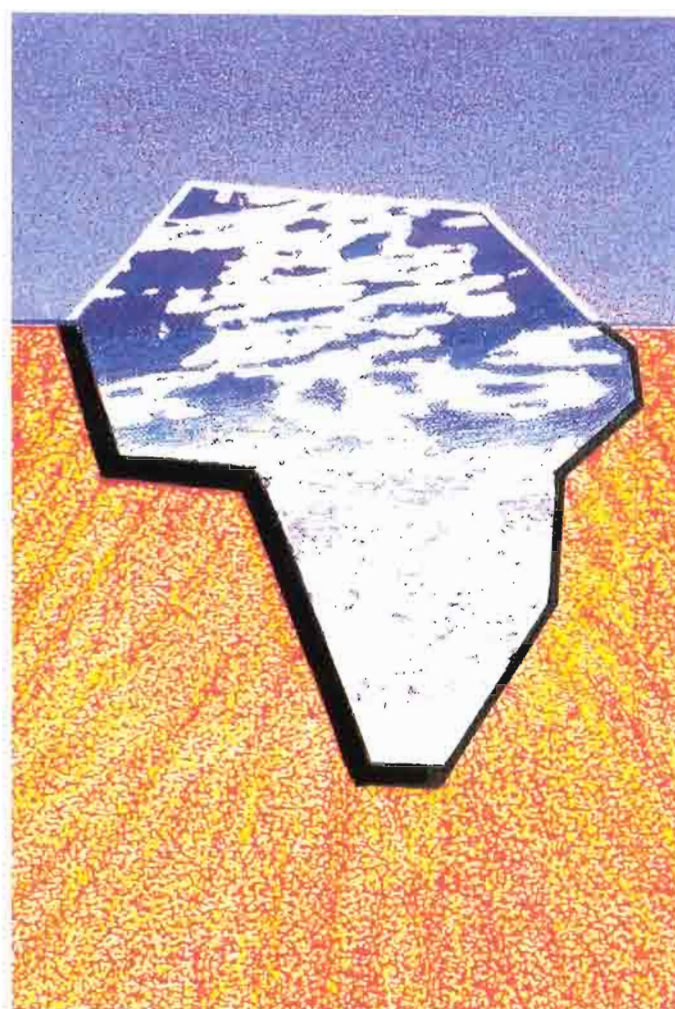
Dubreuil, P., 1972. Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux 1951-1969. ORSTOM Paris, 916 pp.

- Dubreuil, P. and Vuillaume, G., 1975. Influence du milieu physico-climatique sur l'écoulement de petits bassins intertropicaux. *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Publ.*, 117 : 205-215.
- Dubreuil, P., Morell, M. and Séchet, P., 1975. Comportement et interactions des paramètres physiques de petits bassins versants semi-arides et intertropicaux. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, XII (1) : 13-36.
- Evenari, M., Yaalon, D.H. and Gutterman, Y., 1974. Note on soils with vesicular structure in deserts. *Z. Geomorph. N.F.*, XVIII (s2) : 163-172.
- Figueira, H. and Stoops, G., 1983. Application of micromorphometric techniques to the experimental study of vesicular layer formation. *Pedologie*, XXIII (1) : 77-89.
- Lafforgue, A., 1977. Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, XIV (4) : 299-344.
- Lointier, M. and Lortic, B., 1984. Mare d'Oursi (Haute-Volta). Traitement numérique de la vue Landsat du 4 février 1976. ORSTOM, Cayenne, 13 pp.
- Puech, C. and Chabi-Gonni, D., 1983. Méthode de calcul des débits de crue décennale pour les petits et moyens bassins en Afrique de l'Ouest et Centrale. Edit. Provis. Com. Interafr. d'Et. Hydraul., Ouagadougou, 77 pp.
- Rodier, J.A., 1975. Evaluation of annual runoff in tropical African Sahel. ORSTOM, Trav. Docum., n° 145.
- Rodier, J.A. and Auvray, C., 1965. Estimation of discharges of ten years floods for catchments with a surface less than 200 sq.km in West Africa. ORSTOM, Paris, 30 pp.
- Valentin, C., 1981. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique. Thèse de 3ème cycle, Univ. Paris VII.
- Valentin, C., 1981b. Esquisses au 1/25.000ème des différenciations morpho-structurales de la surface des sols d'un petit bassin versant sahélien (Polaka-Oursi, Nord Haute-Volta). ORSTOM, Abidjan, 11 pp.
- Valentin, C., 1986. Différencier les milieux selon leur aptitude au ruissellement : une cartographie adaptée aux besoins hydrologiques. Journées hydrologiques de l'ORSTOM à Montpellier. Coll. ORSTOM, Colloques et Séminaires : 50-74.

MINISTERE DE LA COOPERATION
ET DU
DEVELOPPEMENT

MINISTERE
DES
AFFAIRES ETRANGERES

ACTES DU COLLOQUE DE L'OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL



PARIS - PALAIS DES CONGRES
5-6-7 JUIN 1990