

D. Niang

Groupe des Ecoles EIER-ETSHER
03 BP 7023 Ouagadougou 03
dniang2001@yahoo.fr

A. Mermoud

Institut des Sciences et Technologies de
l'Environnement
EPFL, Lausanne
SUISSE

H. Yacouba

Groupe des Ecoles EIER-ETSHER
03 BP 7023 Ouagadougou 03

H. Karambiri

Groupe des Ecoles EIER-ETSHER
03 BP 7023 Ouagadougou 03

Fonctionnement hydrique de différents types de formations éoliennes en milieu sahélien burkinabé

Résumé

Le Sahel burkinabé, comme l'ensemble des régions sahéliennes, est confronté depuis quelques décennies à divers phénomènes de dégradation naturelle et anthropique des écosystèmes. C'est particulièrement le cas des formations éoliennes, les seules unités écologiques susceptibles d'être utilisables dans cette région car présentant une capacité d'infiltration notable et supportant l'essentiel de la végétation.

Compte tenu du rôle assigné à ces formations éoliennes dans cette zone, des mesures de terrain ont été effectuées pour évaluer l'impact de la dégradation du milieu sur leur fonctionnement hydrique (pluie, ruissellement, conductivité hydraulique à saturation, masse volumique apparente sèche, fonction $K(\theta)$ par infiltrométrie à 50 cm de profondeur, charge de pression, teneur en eau par la méthode neutronique). C'est dans ce contexte qu'un dispositif expérimental de neuf sites de mesure a été installé dans trois zones bien distinctes. Les résultats obtenus durant une année de mesure mettent en évidence une nette différenciation du fonctionnement hydrique des sols selon l'état de surface.

Les sites situés sur croûte d'érosion et sur croûte de dessiccation en transition vers une croûte d'érosion, présentent en saison des pluies des conductivités hydrauliques à saturation variant entre 3 et 25 mm/h. Ces sites, favorables au ruissellement superficiel, ont des coefficients de ruissellement qui varient entre 60 et 85%. Leur stock hydrique est de l'ordre de 30 mm pour la période du 13 juillet 2003 au 28 août 2003 après un cumul pluviométrique de 276mm. Quant aux sites placés sur la croûte de dessiccation, leurs conductivités hydrauliques à saturation sont plus élevées (de l'ordre de 34 à 41 mm/h en saison des pluies) que celles des autres sites, leur coefficient de ruissellement moyen est de l'ordre de 28%. Ce sont des milieux favorables à l'infiltration avec un stock hydrique d'environ 80 mm pour la période du 13 juillet 2003 au 28 août 2003 et pour le même cumul pluviométrique que précédemment.

Mots-cles: Infiltration, ruissellement, Sahel, propriétés physiques et hydrodynamiques des sols.

ABSTRACT

Since some decades, the sahelian area of Burkina Faso is confronted to various processes of natural and anthropogenic degradation of ecosystems. This is particularly the case of the eolian formations, which support the main part of the vegetation.

Field measurements (rain, runoff, saturated hydraulic conductivity, bulk density, unsaturated hydraulic conductivity function $K(\theta)$, water pressure head, soil water content) were carried out to assess the impacts of the environmental degradation on the hydrodynamic functioning on these formations. Nine monitoring sites were installed in three contrasting zones. The results obtained in 2003 show significant differences in the hydrodynamic functioning of the soils, according to their surface properties.

In the rainy season, the sites located on an erosion crust as well as on a drying crust in transition towards an erosion crust, presented saturated hydraulic conductivities varying between 3 and 25 mm/h. Surface runoff was favoured with runoff coefficients ranging from 60 to 85 %. The water storage was about 30 mm from July 13th to August 28th, 2003 resulting from cumulated rainfall of 276 mm.

In sites situated on drying crusts, saturated hydraulic conductivity was found to be higher than in the other sites (34 to 41 mm/h in the rainy season); the average runoff coefficient was approximately 28 %. Greater infiltration resulted in higher water storage (80 mm for the above mentioned period).

Keywords: Infiltration, Runoff, Sahel, Soil hydrodynamics and physical properties

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, connaît dans sa partie sahélienne, une dégradation importante et continue de ses ressources naturelles, les sols en particulier, du fait des aléas climatiques et de la pression d'une démographie galopante (Grouzis, 1991). Les surfaces affectées à une agriculture de subsistance augmentent au détriment des terrains pastoraux alors que la zone dispose d'un important cheptel. Cette dégradation, accentuée par une diminution de la pluviométrie au cours des dernières décennies, provoque une modification des processus et mécanismes qui régissent les systèmes écologiques, ce qui, à terme, aboutit à une modification de l'état et de l'aspect de ces écosystèmes.

Les diverses actions anthropiques combinées au déficit pluviométrique, provoquent une réduction de l'extension spatiale de la couverture végétale, voire sa disparition localement. Dans les zones où la végétation a disparu, il s'est développé à la surface du sol, sous l'action de l'énergie cinétique de la pluie (effet splash) et du ruissellement, une pellicule indurée, continue et très peu perméable (croûte superficielle), laquelle constitue un milieu beaucoup plus favorable au ruissellement qu'à l'infiltration. Les versants deviennent alors des zones de transit pour les flux hydriques superficiels alors que les zones basses sont des zones d'accumulation.

Les premiers travaux réalisés sur les processus de formation des

croûtes superficielles ont montré que l'encroûtement procède essentiellement de la dégradation de la structure de surface des sols, par suite de la destruction des agrégats (Le Bissonais, 1990), de la disjonction des particules et de la compaction de surface par les gouttes de pluie (Duley, 1939). Plusieurs travaux sur l'étude des processus de genèse des écoulements en zone sahélienne (Casenave, 1982, Casenave et Valentin 1989), ont permis de montrer que l'aptitude du sol à absorber et à stocker l'eau est sous la dépendance quasi-exclusive des propriétés de la surface du sol. Ces auteurs ont montré que l'encroûtement modifie rapidement les propriétés hydrauliques de surface, en particulier le taux d'infiltration, à travers deux facteurs temporels : l'épaisseur de la croûte et /ou sa conductivité hydraulique (Tackett and Pearson, 1965 ; Hadas and Frenkel 1982). Une autre conséquence de la dégradation de l'état structural liée à la formation des croûtes est la compaction de la surface du sol (Valentin, 1981) pouvant affecter l'émergence des semis et le stockage de l'eau dans le sol. Il apparaît ainsi un déséquilibre dans la distribution spatiale de l'eau à l'échelle du paysage, accentuant le caractère contraignant de ce paramètre. A cela se superposent les pressions anthropiques et la surcharge du cheptel conduisant ainsi à fragiliser davantage le milieu qui est en proie à de sérieux problèmes de désertification (Karambiri, 2003).

Dans un tel contexte, le maintien et la protection des ressources

naturelles constituent une priorité. C'est dans ce cadre que ce travail de recherche a été entrepris et son objectif principal est de suivre et de comprendre l'évolution temporelle du fonctionnement hydrique de différents types de formations éoliennes dans cette zone sahélienne. Nous n'exposerons dans cet article que quelques uns des premiers résultats obtenus, mettant bien en évidence les mécanismes qui interviennent dans le fonctionnement hydrique.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le site retenu pour cette étude se trouve dans la station expérimentale de l'INERA (Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agricole) située près du village de Katchari à 13 km à l'ouest de Dori et à 274 km au nord de Ouagadougou (Figure 1).

Il s'agit d'une zone pastorale caractérisée par un climat de type sahélien avec un régime pluviométrique unimodal, allant de juin à septembre. Ce régime pluviométrique est marqué par une irrégularité spatio-temporelle avec une valeur moyenne interannuelle de 512 mm sur la période 1925-1998 (Casenave, 1998). La température moyenne varie entre 23°C en décembre-janvier et 42°C en avril-mai. Le taux d'humidité relative fluctue entre 35% et 50%. La vitesse moyenne des vents, est de 2 m/s avec des pointes pouvant atteindre 15 m/s lors des tempêtes de sable.

Les formations géologiques sont constituées d'orthogneiss et de migmatites à amphiboles et à

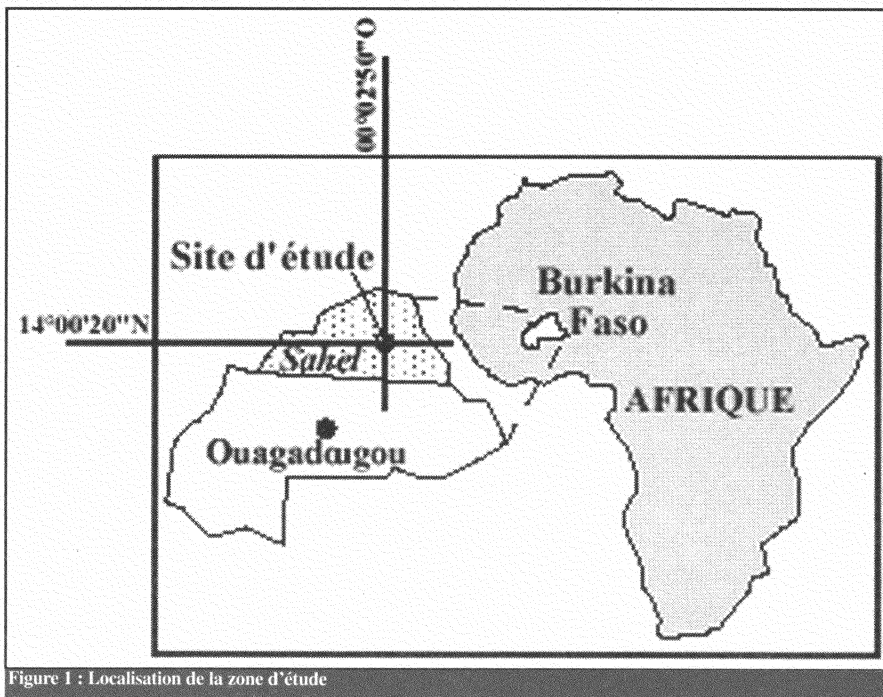


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

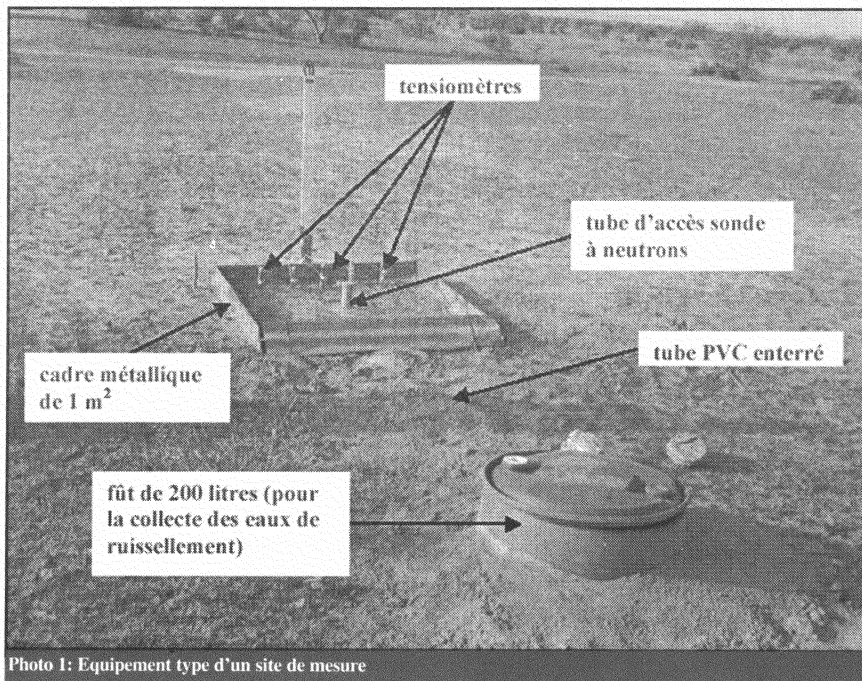


Photo 1: Equipement type d'un site de mesure

biotite du Précambrien inférieur. Ces matériaux ont donné naissance à plusieurs types de sols de nature variée pouvant être regroupés en trois ensembles. Il s'agit des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité en profondeur sur sables éoliens (ergs anciens), des sols solonetz à structure en

colonnettes de l'horizon B sur matériau argilo-sableux se développant sur granite et enfin des sols bruns subarides alcalisés.

Les différents types d'états de surface rencontrés dans la zone d'étude sont généralement constitués selon la typologie de Casenave et Valentin (1989), de

croûtes d'érosion, de croûtes gravillonnaires, de croûtes de décantation et de croûtes de dessiccation.

La végétation est une steppe arbustive avec une nette prédominance de *Acacia radiana*. Le tapis herbacé est dominé par *Schoenepheldia gracilis*, *Cenchrus biflorus* et *Panicum laetum* avec un taux de recouvrement du sol de 80 à 90% en saison pluvieuse. Cette strate herbacée se développe essentiellement sur les placages sableux qui sont des microdunes d'origine éolienne.

La zone est parcourue par de nombreux troupeaux de bovins, de caprins et d'ovins. Le paysage présente un aspect désertique avec de grandes étendues dénudées où la végétation a pratiquement disparu. Cette dégradation du milieu résulte du déficit pluviométrique chronique dont souffre cette région depuis trois décennies, combiné à une forte pression humaine, laquelle est à l'origine d'un surpâturage notable et d'une déforestation importante (Thiombiano *et al.*, 2000).

Matériels

Au total, neuf sites de mesure ont été installés sur trois états de surface différents:

- une zone restaurée et protégée de 358 m² entourée d'un grillage pour empêcher les animaux d'y entrer. Il s'agit d'une formation éolienne ayant fait l'objet d'une opération de restauration en 1998 au cours de laquelle des branches ont été utilisées pour augmenter la rugosité du sol et accentuer les processus de piégeage des sables éoliens. Deux

sites de mesure y sont installés : l'un (S8) sur croûte de dessiccation et l'autre (S7) sur croûte de dessiccation en voie de transformation en croûte d'érosion ;

- une zone pâturée non protégée (superficie 1435 m²) faisant l'objet d'une dégradation continue à cause de phénomènes naturels et anthropiques. Six sites sont placés dans cette zone: deux sur croûte d'érosion (S1 et S2) ; deux sur croûte de dessiccation (S5 et S6) et deux sur une croûte de dessiccation en transition vers une croûte d'érosion (S3 et S4) ;

- une zone mise en défens depuis 1985 (longueur 850 m et largeur 280 m) dans laquelle a été mis en place un site de mesure installé sur une croûte de dessiccation (S9).

Chaque site expérimental est équipé d'un tube d'accès pour l'humidimètre neutronique, de 5 tensiomètres à mercure et d'un dispositif de mesure du ruissellement (Photo 1).

Le ruissellement à l'échelle locale est étudié sur une surface de 1 m² délimitée par un cadre métallique. L'eau de ruissellement est transférée dans un fût enterré de 200 litres situé en aval via un tuyau PVC.

L'évolution temporelle de l'humidité du sol est suivie à l'aide d'un humidimètre à neutrons. Chaque site comporte un tube d'accès neutronique dont la profondeur est de 80 cm car dans la plupart des sites de mesure, le front d'infiltration ne dépasse pas les 40 premiers centimètres (Gonzalez 1998, Alexias 1999, Mbaye 2000).

Le suivi de la charge de pression se fait par des tensiomètres installés sur chaque site à différentes profondeurs (10; 20; 30; 40 et 60 cm).

Les mesures de l'humidité du sol et de la charge de pression sont faites journalièrement en saison des pluies et mensuellement en saison sèche.

Par ailleurs, la zone d'étude est équipée de trois pluviomètres à lecture directe placés à 1 m du sol, de deux pluviomètres au sol et d'un pluviographe à augets basculeurs. Les recherches menées sur ce site (Karambiri, 2003 ; Karambiri et Ribolzi, 2004) ont montré que la pluie au sol est toujours supérieure (d'environ 27%) à la pluie mesurée à 1 m du sol.

Méthodes

Le protocole expérimental est centré sur trois grands axes :

- une caractérisation des propriétés physiques et hydrodynamiques des sols ;
- des mesures systématiques de certaines variables d'état (teneur en eau et charge de pression) et du ruissellement ;
- un suivi de l'évolution temporelle des paramètres hydrauliques de surface.

Caractérisation des propriétés physiques et hydrodynamiques des sols

Il s'agit de mesures qui ne sont pas répétées dans le temps. L'emplacement de ces mesures a été choisi de façon à éviter d'influencer les résultats sur les sites proprement dits et à ne pas réaliser plusieurs mesures au même

emplacement. Les mesures ont porté sur la détermination des profils pédologiques, de la masse volumique apparente sèche, du taux de matières organiques et de la fonction de conductivité hydraulique à 50 cm de profondeur.

Profils pédologiques

Au voisinage immédiat de chaque site de mesure (sauf dans la zone en défens), ont été effectués des prélèvements à la tarière d'échantillons de sol pour l'obtention de profils pédologiques.

Masse volumique apparente sèche et taux de matières organiques (MO)

La masse volumique apparente sèche a été déterminée sur des échantillons non remaniés prélevés au moyen de cylindres calibrés de 100 cm³ de volume. Les échantillons ont été pesés avant et après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Les prélèvements ont été effectués aux profondeurs 0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm ; 15-20 cm ; 20-30 cm ; 30-40 cm et 40-50 cm.

Par ailleurs, la teneur en MO a été déterminée sur deux échantillons de sol prélevés sur chaque site avec la méthode de Anne.

Fonction de conductivité hydraulique

Pour pouvoir quantifier d'éventuels flux percolatifs au-delà de la profondeur maximale considérée (50 cm) au moyen de l'équation de Darcy, il faut connaître la fonction de conductivité hydraulique $K(\Theta)$ à la profondeur considérée. Cette dernière a été déterminée par la méthode de l'infiltromètre à disques à suction

contrôlée à 50 cm de profondeur.

Suivi des variables d'état et du ruissellement

Un suivi temporel de l'humidité du sol et de la charge de pression a été effectué journalièrement à 6 h et 18 h pendant la campagne de mesures grâce à une sonde à neutrons et aux tensiomètres installés sur chacun des sites. Les mesures neutroniques ont été faites tous les 10 cm jusqu'à 50 cm et les mesures tensiométriques ont été effectuées aux profondeurs d'implantation des tensiomètres. Des mesures tensio-neutroniques complémentaires ont été réalisées à la fin de chaque événement pluvieux.

Un certain nombre de profils de teneur en eau gravimétrique ont été établis, en particulier après les événements pluvieux importants, pour s'assurer de la pertinence des mesures à la sonde à neutrons et compléter l'information sur les variations d'humidité. Après chaque événement pluvieux, l'eau ruisselée sur les parcelles de 1 m² a été recueillie sur les différents sites de mesures.

Suivi de l'évolution temporelle des propriétés hydrauliques de surface du sol

Afin de suivre l'évolution dans le temps de la conductivité hydraulique à saturation de la surface du sol, des essais ont été réalisés au début et au milieu de la saison des pluies.

Ce paramètre a été déterminé par la méthode du double anneau (infiltromètre de Muntz). Avant la mesure, trois échantillons de sols ont été prélevés et la teneur en eau moyenne a été prise

comme valeur initiale. Lors de la mesure, une charge constante de 3 cm a été maintenue jusqu'à ce que le régime d'infiltration stabilisé soit atteint. Chaque site de mesure a fait l'objet de trois répétitions sauf les sites en transition où six mesures ont été effectuées, trois sur la partie dont l'état de surface est une croûte de dessiccation, et trois sur la partie dont l'état de surface est une croûte d'érosion.

RESULTATS

CARACTERISATION DES PROPRIETES PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

Profils pédologiques

Au total cinq profils pédologiques ont été établis dont les principales particularités sont :

- croûte d'érosion en zone pâturée non protégée (S1) : le sol se caractérise par une texture limono-argilo-sableuse en surface, l'argile étant l'élément dominant;
- croûte de dessiccation en transition vers une croûte d'érosion en zone pâturée non protégée (S3) : ce profil présente une texture légère (limono-sableuse) dans l'horizon supérieur et plus argileuse pour le reste ;
- croûte de dessiccation en zone pâturée non protégée (S5) : ce profil est caractérisé par une texture de surface sableuse avec une structure litée sur 63 cm, une texture argilo-sableuse ;
- croûte de dessiccation en transition vers une croûte d'érosion en zone restaurée et protégée (S7) : ce profil présente une texture limono-sableuse avec une structure litée sur 46 cm ;
- croûte de dessiccation en zone

restaurée et protégée (S8) : de même classification que le précédent, ce profil se différencie par un taux plus élevé en éléments grossiers et par l'absence de tâches d'oxydation dans le dernier horizon.

Masse volumique apparente sèche et taux de matières organiques

Les valeurs de la masse volumique apparente sèche mesurées avant le début de la saison des pluies au niveau des différents profils se situent entre 1.52 et 1.68 g/cm³. Ce paramètre varie d'un site à un autre et augmente légèrement de la surface vers la profondeur pour un même site. Les valeurs de masse volumique apparente sèche sont reportées dans le Tableau 1.

Les mesures de teneur en matière organique n'ont jamais révélé de valeurs supérieures à 2%. La plupart des valeurs se situe entre 1.3 et 1.8% ce qui dénote de sols pauvres et peu structurés.

Fonction de conductivité hydraulique à 50 cm de profondeur

Les mesures étant faites à une succion nulle, la conductivité hydraulique obtenue correspond à la conductivité à saturation K_s . Si l'on admet que la relation qui lie la conductivité hydraulique non saturée à la charge de pression h est du type $K(h) = K_s e^{\alpha h}$ (Gardner, 1958), on peut déduire des essais les valeurs de α . Les résultats obtenus pour K_s et α sont fournis au Tableau 2.

L'examen du Tableau 2 montre qu'à 50 cm de profondeur, les conductivités hydrauliques à saturation varient très peu au

Prof. [cm]	S1	S3	S5	S7	S8	S9
0-5	1.68	1.59	1.52	1.58	1.53	1.55
5-10	1.68	1.58	1.53	1.59	1.54	1.56
10-15	1.70	1.60	1.52	1.62	1.53	1.56
15-20	1.72	1.63	1.54	1.65	1.54	1.68
20-30	1.70	1.63	1.53	1.67	1.57	1.65
30-40	1.69	1.67	1.55	1.65	1.56	1.66
40-50	1.69	1.67	1.54	1.65	1.58	1.65

Tableau 1 : Masse volumique apparente sèche (ρ/cm^3) au niveau des différents sites

S1 : Croûte d'érosion en zone pâturée non protégée; S3: Croûte de dessiccation en transition en zone pâturée; S5: Croûte de dessiccation zone pâturée; S7: Croûte de dessiccation en transition en zone restaurée et protégée; S8: Croûte de dessiccation en zone restaurée et protégée; S9: Croûte de dessiccation dans la zone en défens.

niveau des différents sites de mesure à l'exception du site S1 sur lequel la conductivité hydraulique est beaucoup plus faible.

EVOLUTION DES VARIABLES D'ÉTAT ET DU RUISSELLEMENT

TENEUR EN EAU

Afin de mieux comprendre le fonctionnement hydrique des formations éoliennes, il convient d'examiner l'évolution de l'humidité au niveau des différents sites. La période de mesure considérée s'étale du 13 juillet au 28 août 2003.

Evolution temporelle de l'humidité volumique

La Figure 2 présente l'évolution temporelle de l'humidité volumique sur les différents sites expérimentaux et à différentes profondeurs.

L'examen de ces courbes montre que l'humidité volumique varie fortement dans les horizons de surface et faiblement en profondeur. On constate que l'on peut regrouper les six sites de mesures en deux ensembles : l'un englobant

les sites S1, S3 et S7, et l'autre, les sites S5, S8 et S9. Le premier ensemble est caractérisé par une humidité volumique maximale de l'ordre de 17 % ; à 40 cm de profondeur, cette humidité est d'environ 5 % et ne varie pratiquement pas dans le temps. Le fonctionnement hydrique des sites de cet ensemble est contrôlé par une fine couche de surface très peu perméable qui a tendance à freiner l'infiltration comme l'ont montré les résultats consignés dans le Tableau 3.

Pour le deuxième ensemble, la teneur en eau maximale est de l'ordre de 25% (S5 et S9) et 34% pour le site S8. Sur ces trois sites, l'humidité varie généralement entre 5 et 12% à 40 cm de profondeur.

L'humidité volumique minimale est voisine de 3 % pour tous les sites.

Evaluation du stock hydrique entre la surface et 50 cm de profondeur

Pour la période du 13 juillet au 28 août 2003, l'évolution temporelle du stock hydrique pour les différents sites est représentée à

Site	K_s (mm/h)	α (mm^{-1})
S1	8.6	0.1110
S3	13.0	0.0092
S5	18.7	0.0105
S7	14.0	0.0093
S8	17.3	0.0095
S9	15.5	0.0088

Tableau 2 : Valeurs de K_s et de α à 50 cm de profondeur pour les différents sites

la Figure 3. Pour l'ensemble des sites, le stock final est très faible par rapport au total pluviométrique mesuré durant la période considérée. Cette faible quantité d'eau infiltrée n'est emmagasinée que superficiellement (30 premiers centimètres) dans la majorité des cas, ce qui favorise une reprise par évaporation très rapide dans les jours qui suivent l'événement pluvieux. En examinant la Figure 3, on retrouve les deux ensembles décrits plus haut. En effet, les sites S1, S3 et S7 présentent un stock hydrique qui tourne autour de 30 mm alors que les sites S5, S8 et S9 sont caractérisés par un stock nettement plus élevé.

RUISSELLEMENT

Les résultats obtenus pour le ruissellement sous pluies naturelles montrent des coefficients de ruissellement moyens de l'ordre de 85% sur croûte d'érosion, de 60% sur croûte de dessiccation en transition vers une croûte d'érosion et de 28% sur croûte de dessiccation, révélateurs d'un comportement différent selon le milieu récepteur. Lors d'un événement pluvieux, la quantité d'eau emmagasinée est beaucoup plus importante sur croûte de dessiccation que sur les

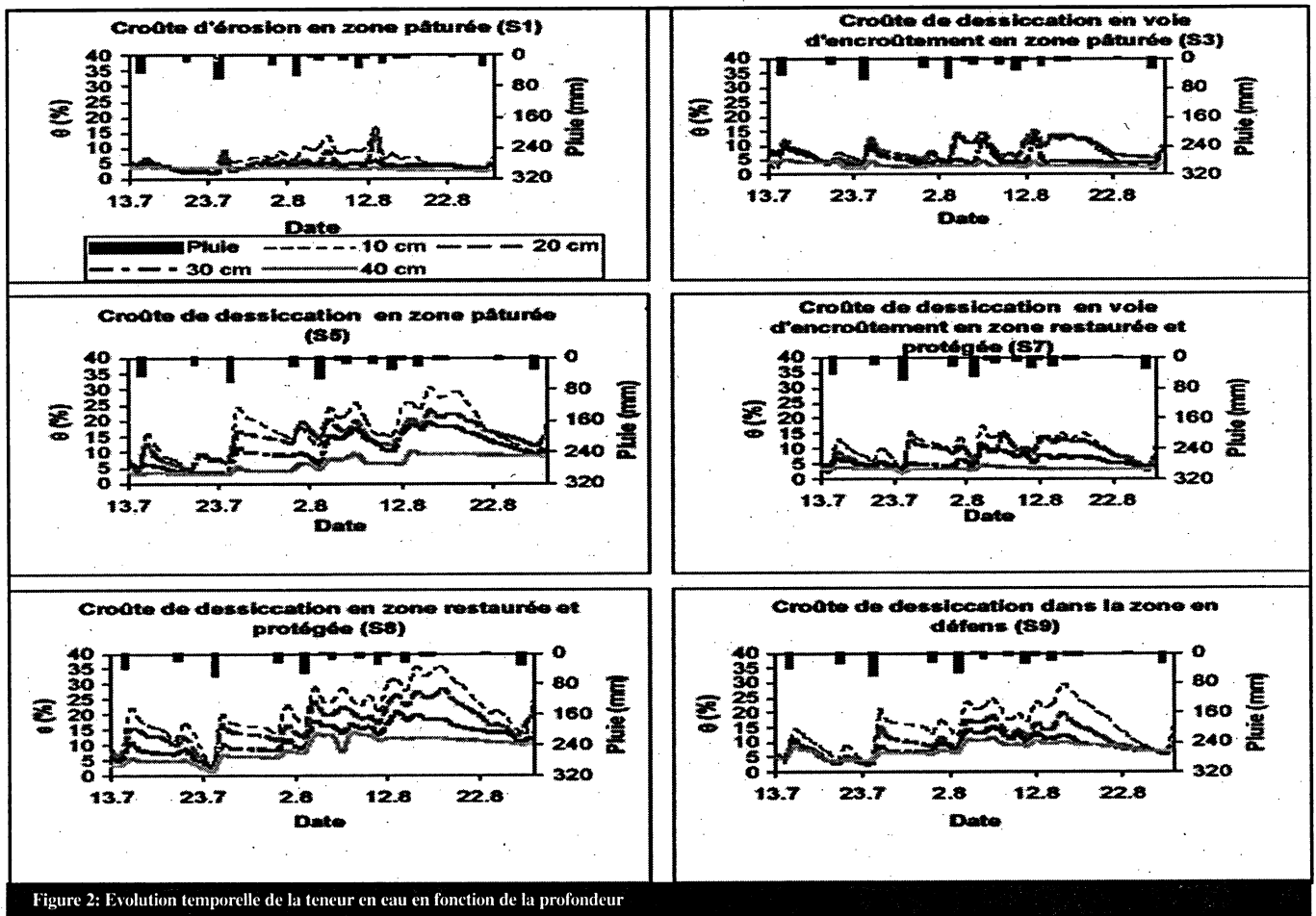


Figure 2: Evolution temporelle de la teneur en eau en fonction de la profondeur

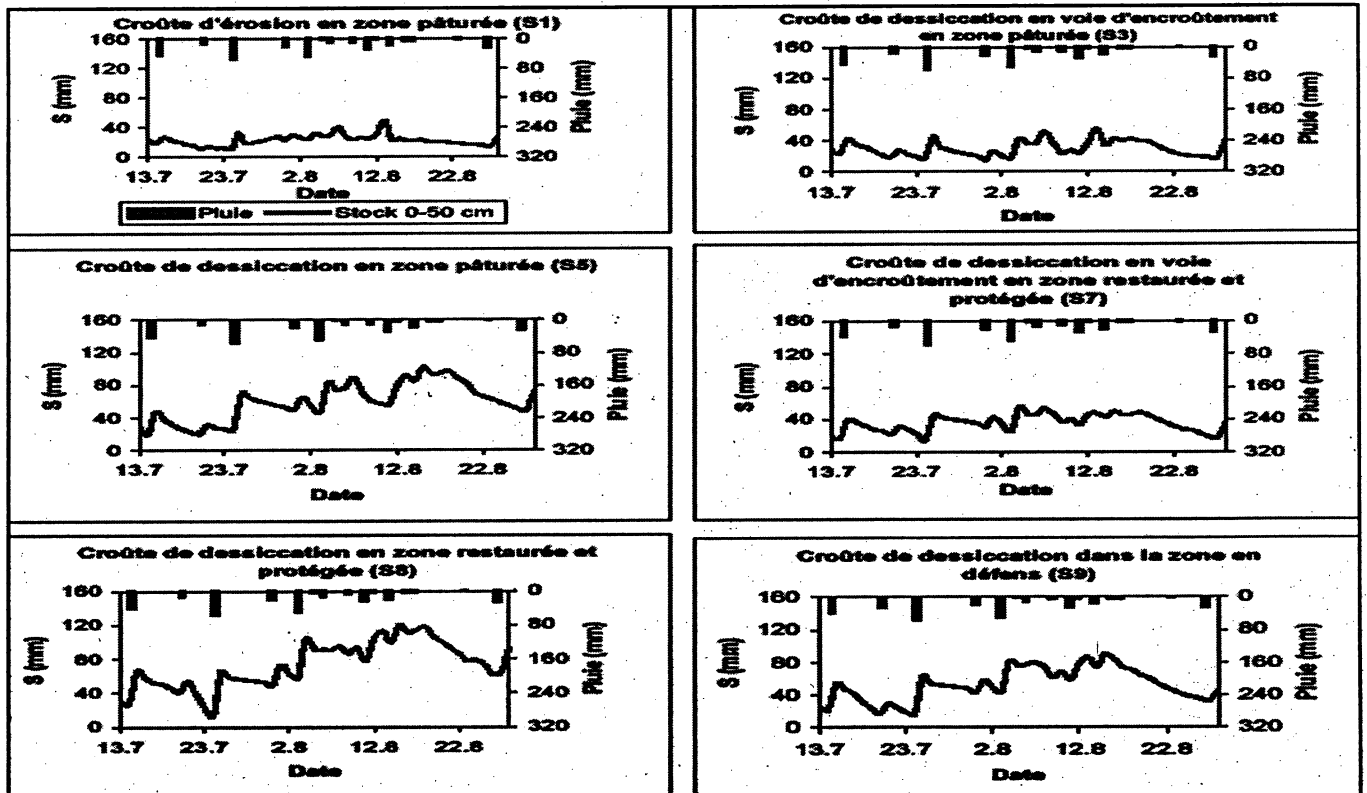


Figure 3: Variation temporelle du stock hydrique entre la surface et 50 cm de profondeur pour les différents sites de mesure

	S1	S3	S5	S7	S8	S9
Saison sèche	2.9	25	53	33	45	42
Saison humide	2.7	18	37	25	41	34

Tableau 3: Conductivité hydraulique à saturation (mm/h) en saisons sèche et humide au niveau des différents sites de mesure

S1: Croûte d'érosion en zone pâturée non protégée; S3: Croûte de dessiccation en transition en zone pâturée ; S5: Croûte de dessiccation zone pâturée; S7: Croûte de dessiccation en transition en zone restaurée et protégée; S8: Croûte de dessiccation en zone restaurée et protégée; S9: Croûte de dessiccation dans la zone en défens

deux autres états de surface, et cela d'autant plus que le sol est sec. Il apparaît également que le ruissellement se déclenche très peu de temps après le début de la pluie sur les croûtes d'érosion et de dessiccation en transition, alors qu'il débute plus tardivement sur la croûte de dessiccation. Ces résultats corroborent ceux obtenus dans cette même zone d'étude par Karambiri (2003) sous pluies naturelles et par Kalidou (2001) sous pluies simulées.

SUIVI DE L'ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE À SATURATION DE LA SURFACE DU SOL

Les valeurs de la conductivité hydraulique à saturation (mm/h) obtenues lors des mesures effectuées en saisons sèche et humide avec l'infiltromètre de Muntz sont reportées dans le Tableau 3. Elles varient entre 2.9 et 53 mm/h en saison sèche et entre 2.7 et 41 mm/h quand le sol est humide. Les valeurs les plus fortes correspondent à des sites situés sur croûte de dessiccation et les plus faibles caractérisent le site situé sur croûte d'érosion qui se comporte véritablement comme une surface imperméable.

En comparant les résultats obtenus avec la classification des conductivités hydrauliques à saturation fondée sur la texture,

proposée par Carsel et Parrish (1998) et établie à partir de 5600 échantillons de sols, force est de constater que nos valeurs sont plus proches de celles des sols sableux dans la plupart des cas sauf pour la croûte d'érosion qui se rapproche plus des sols argileux (2 mm/h). Cela peut s'expliquer par la présence d'une texture légère (limono-sableuse) dans l'horizon supérieur pour la plupart des sites étudiés.

On constate également que les valeurs de la conductivité hydraulique à saturation sont plus élevées en saison sèche qu'en saison humide. Cette différence est sans doute imputable à plusieurs facteurs :

- en saison sèche, la dimension des chenaux qui connectent les gros pores entre eux, est plus importante qu'en saison humide. Ce réarrangement de la structure du sol en surface et le long du profil est important et conduit à une diminution notable de la conductivité hydraulique à saturation ;
- la teneur en eau initiale influe beaucoup sur le flux d'infiltration. En effet, une humidité initiale importante réduit la sorptivité et donc le potentiel d'écoulement ;
- la porosité vésiculaire facteur important de réduction de la capacité d'infiltration n'apparaît qu'en saison des pluies, elle se forme par piégeage de l'air lors

des fortes averses ;

- le piétinement contribue également à la variation des propriétés hydrauliques de surface.

Ces résultats confirment ceux déjà obtenus dans la zone par d'autres études (Niang, 2000).

CONCLUSION

Les premiers résultats mettent en évidence une nette différenciation du fonctionnement hydrique selon l'état de surface. Deux types de fonctionnement hydrique ont été identifiés :

- un milieu caractérisé par une bonne conductivité hydraulique et une vitesse d'infiltration élevée. Ce milieu favorable à l'infiltration, est caractéristique de la croûte de dessiccation (S5, S8 et S9) ;
- un milieu présentant une faible conductivité hydraulique de la couche superficielle. Ce milieu, favorable au ruissellement, est caractéristique des croûtes d'érosion et de dessiccation en transition (S1, S3 et S7).

De telles constatations ont déjà été rapportées par différents auteurs (Casenave et Valentin, 1989 ; Thiombiano *et al*, 2000) qui ont montré que, dans la zone sahélienne, les caractéristiques hydrodynamiques du sol conditionnent de façon déterminante la quantité d'eau infiltrée.

Par ailleurs, les valeurs de la conductivité hydraulique de la surface du sol sont plus élevées en saison sèche qu'en saison humide.

Il apparaît également que les techniques de restauration testées sur le site S8 conduisent lors

d'événements pluvieux à une quantité d'eau emmagasinée beaucoup plus importante dans cette zone que dans les deux autres sur le même type de croûte. Ceci est certainement dû au paillage qui en favorisant le piégeage des grains de sable, conduit à une réduction du ruissellement et de l'érosion du sol ■

REMERCIEMENTS

Cette étude est menée grâce au soutien financier de la Direction au Développement et à la Coopération suisse. Les auteurs remercient l'INERA pour l'accès au site expérimental, l'IRD pour son assistance logistique, en particulier Olivier Ribolzi pour son appui scientifique et Mathieu Kaboré du groupe EIER-ETSHER pour les mesures de terrain et de laboratoire.

BIBLIOGRAPHIE

Alexias, M., 1999. Etude du fonctionnement d'un placage sableux éolien en zone sahéenne du Burkina Faso. Rapport de stage 2eme année. Institut de Géodynamique-Université Michel de Montaigne-Bordeaux III, 35p.

Casenave, A., 1982. Le mini-simulateur de pluie: conditions d'utilisation et principes d'interprétation des mesures. Cahier ORSTOM, serie Hydrologie 19 (4) : 207-227.

Casenave, A. et Valentin, C., 1989. Les états de surface de la zone sahéenne : Influence sur l'infiltration. Editions de l'ORSTOM. Collection Didactiques, Paris, 229 p.

Casenave, A., 1998. Dynamique des milieux de savane sèche au Burkina Faso : dégradation des systèmes écologiques et conséquences sur le cycle de l'eau. Rapport préliminaire : analyse de la pluviométrie. Documents internes de l'IRD, IRD, Ouagadougou, Burkina Faso, 49 p.

Carsel, D-K., Parrish, R-S., 1988. Developing joint probability distributions of soil water retentions characteristics. Water Resour. Res., 24, pp. 755-769

Duley, F-L., 1939. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. Soil Sci Soc Am Pro 1939; 4 : 60-4.

Gardner, W.R., 1958. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture equation with application to evaporation from a water table. Soil Science, 85:228-232.

Gonzalez, M.H., 1998. Etude du fonctionnement d'un placage sableux éolien en zone sahéenne du Burkina Faso, mémoire de stage de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 38 p.

Grouzis, M., 1991. Un espace sahéen : la mare d'Oursi, in : Claude, J., Grouzis, M., Milleville, P. Editions de l'ORSTOM, Paris, France, 241p.

Hadas, A. and Frenkel, H., 1982. Infiltration as effected by long-term use of sodic-saline water for irrigation. Soil Sci Soc Am J 1982 ; 2 : 89-107.

Kalidou, M., 2001. Ruissellement et érosion des sols d'un petit bassin versant au Burkina Faso. Etude à l'aide d'un simulateur de pluie de type ORSTOM. Mémoire de fin d'étude EIER (Ecole Inter-Etats d'Ingenieurs de l'Equipement Rural) Ouagadougou-Burkina Faso, 56p.

Karambiri, H., 2003. Crues et érosion hydrique au Sahel: étude et modélisation des flux d'eau et de matières sur un petit bassin versant pastoral au nord du Burkina

Faso. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI-Pierre et Marie Curie, 341p.

Karambiri, H. et Ribolzi, O., 2004. Caractérisation des événements averses-crues et de l'érosion hydrique à l'échelle d'un petit bassin versant pastoral sahéen (nord du Burkina Faso). Sud Sciences et Technologies (SST). Ouagadougou n°11. pp. 30-40.

Le Bissonnais, Y. 1990. Experimental study and modelling on soil surface crusting processes. In: Bryan RB, ed. Soil erosion, experiments and models. Catena 1990; suppl. 17 : 13-29.

Mbaye, B., 2000. Variabilité du bilan hydrique d'un placage sableux sahéen. Mémoire de fin d'études à l'Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural de Ouagadougou. 42p.

Niang, D., 2000. Variations saisonnières des propriétés hydrodynamiques des microdunes de la zone sahéenne au Burkina Faso. Cycle Postgrade en Hydrogéologie et Hydrologie. Spécialité Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau- EPFL, 66p.

Ribolzi, O. et Delhoume, J-P, 1999. Variabilité de l'infiltration sur une microdune sahéenne. Etude au Muntz simple anneau au niveau d'une placette de 1 m², 5p.

Thiombiano, L., 2000. Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques, dans le développement de la désertification en zone sahéenne du Burkina Faso. Thèse d'état mention pédologie, Université de Cote d'Ivoire, 208p.

Thiombiano, L., Delhoume, J.P, Degoumois, Y., Gathelier, R., Bakiono, G. et Kaboré, O., 2000. Variabilité du comportement hydrodynamique des sols selon trois états de surface caractéristiques du Sahel burkinabe. Science et Technique (CNRST Ouagadougou), 24 (1): pp.7-21.

Valentin, C., 1981. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique. Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau. Etudes et thèses. Editions de l'ORSTOM, 259p.