

## HAPEX-Sahel - Groupe Humidité des sols - ORSTOM

### PREMIER RAPPORT DE CAMPAGNE 1991 :

# *Fonctionnement hydrodynamique du bassin versant de Sama Dey*

## SITUATION DU SUJET

La contribution du groupe "Humidité des sols" au programme HAPEX-Sahel concerné le suivi et la quantification des flux de surface (infiltration, ruissellement, évapotranspiration) afin de modéliser les bilans hydriques et thermiques sur le degré carré. L'étendue même de la zone d'étude implique un travail à différentes échelles, pour estimer des processus extrêmement variables dans l'espace, dont la mesure *in situ* est pratiquement ponctuelle et la mesure par télédétection intégratrice mais indirecte.

C'est à l'échelle intermédiaire du bassin versant d'une dizaine de kilomètres carrés qu'intervient l'ORSTOM dans le groupe "Humidité des Sols". Il a pour but d'étudier le fonctionnement hydrodynamique des sols dans une optique hydrologique, c'est à dire l'influence de l'état hydrique d'un bassin sur sa réponse à une pluie. Cette échelle le distingue des programmes de nos partenaires qui travaillent dans une optique agronomique (IRI, INRAN) ou de physique des sols (IMG-LTHE, INRA), c'est à dire à l'échelle de la parcelle, ou du champ.

Le bassin versant de Sama Dey, situé sur le site central d'Hapex concentre également les interventions de l'ORSTOM dans les autres groupes d'HAPEX (Hydrologie, Micrométéorologie et Végétation), ainsi que d'autres programmes : SALT, Versant. C'est donc en équipe pluridisciplinaire que le programme se déroule .

### Calendrier

Le programme HAPEX-Sahel prévoit une période d'observation intensive (POI), située à la fin de l'hivernage 1992, afin de suivre le ressuyage. Cette période est encadrée par un suivi long terme du bilan sur tout le cycle de l'eau (en 1991, 1992, et 1993).

1991 : année préparatoire à la POI, permettant de tester le protocole expérimental et de mettre en place les installations pour l'hivernage 1992.

1992 : suivi long terme à l'aide du dispositif complet. 17 Août - 11 octobre 1992 : POI, dispositif au sol, plus moyens de télédétection aéroportée. Présence de l'ensemble des participants.

1993 : suivi d'un troisième hivernage (possibilité).

ORSTOM Fonds Documentaire

10 SEP. 1992

N° : 35.799 ex 1

Cote : B

## PLAN D'EXPERIENCE

Même réduite (une dizaine de km<sup>2</sup>), la dimension du bassin ne permet pas une mesure exhaustive des flux. Les facteurs influençant le comportement hydrodynamique sont connus : état de surface, couverture végétale, position dans le paysage notamment. Ils sont donc étudiés séparément, afin de quantifier leur influence respective pour l'étendre ensuite sur l'ensemble du bassin.

### 1- Suivi du bilan hydrique sous différentes végétations caractéristiques

Les trois principaux couverts végétaux du degré carré sont le mil, la jachère, ainsi que la végétation naturelle des plateaux dite brousse tigrée.

Sur trois parcelles (10 hectares environ) représentant ces trois types de végétation, le stock hydrique moyen (S) et le drainage (D) sont mesurés par les méthodes neutronique et tensiométrique, à un pas de temps qui est fonction du forçage atmosphérique. Sur chacune de ces parcelles, l'évapotranspiration (E) est calculée par les micrométéorologues par la méthode du rapport de Bowen (ces parcelles sont appelées "WAB"), et la pluie (P) par les hydrologues. Les différents termes du bilan sont ainsi suivis ( $P = E + R + DS + D$ ). Seul le ruissellement pose problème. Il peut être estimé par la caractérisation des états de surface ou par un dispositif de mesure local.

Ce suivi fait l'objet d'une collaboration avec l'IRI pour les parcelles de mil et de jachère. Le suivi de la brousse tigrée est assuré par l'ORSTOM.

### 2- Redistribution de l'eau sur une toposéquence

Il s'agit d'étudier le rôle de la topographie dans le bilan hydrique, c'est à dire la redistribution de l'eau sur le versant par transferts latéraux, et échanges avec la nappe dans le bas fond. Pour ce faire, on étudiera l'état hydrique, la tension matricielle et le ruissellement le long de toposéquences qui comprennent la succession : plateau, jupe sableuse, bas fond, caractéristique de la morphologie du degré carré (rapport de mission Courault et al. 1990). Les mesures de ruissellement dans les koris seront assurées par le groupe hydrologie et celle de l'évapotranspiration par les micrométéorologues.

L'influence des croûtes superficielles sur l'hydrodynamique d'un versant, et notamment sur l'évaporation et le ruissellement, est proposée conjointement avec le programme versant, comme sujet de thèse à C. Peugeot. L'INRAN est associé sur l'étude hydrodynamique de la jupe sableuse, principal lieu de culture de mil au Niger.

### 3- Extension spatiale des mesures au sol et modélisation

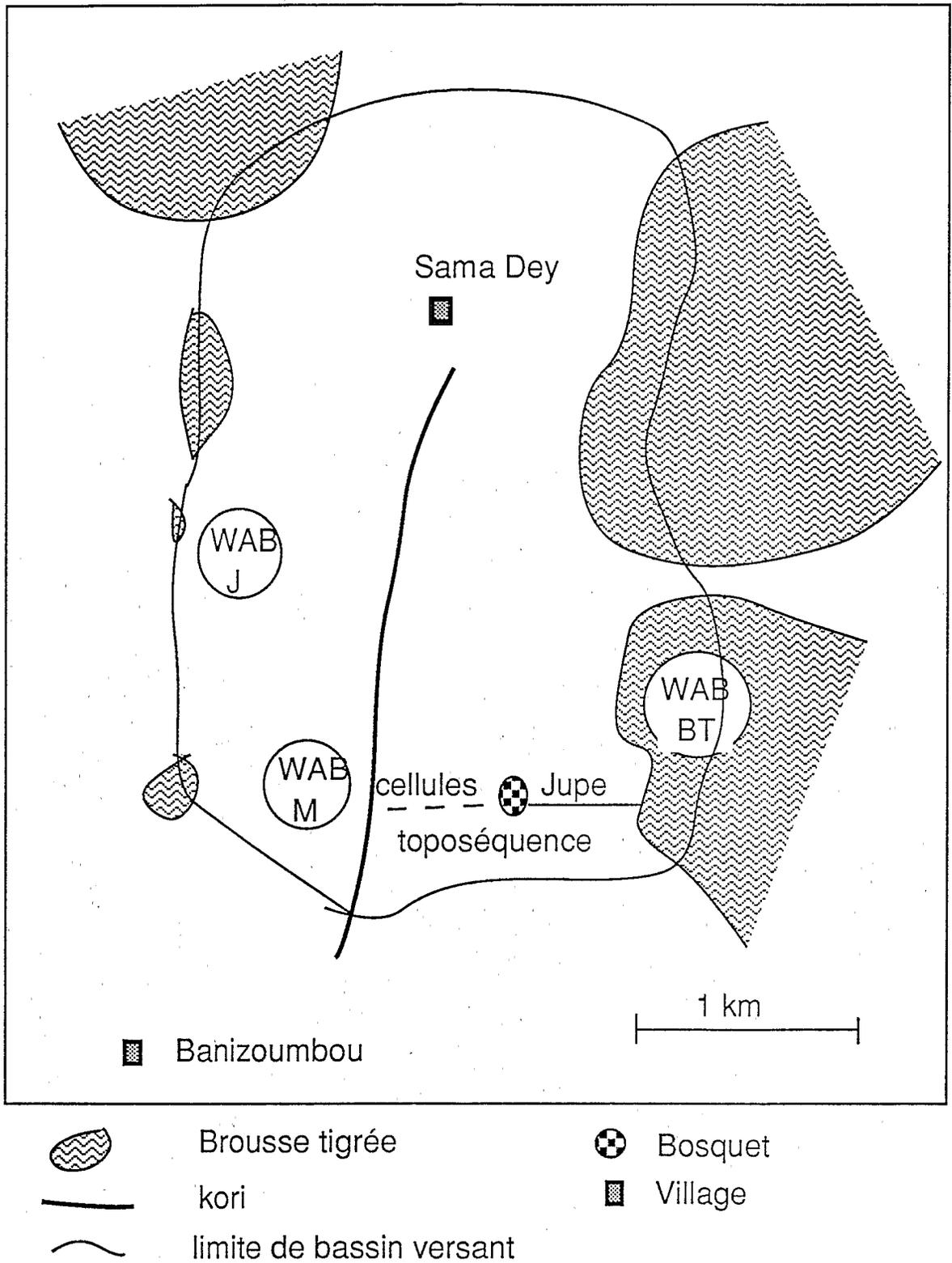
Deux types de modélisation seront testés, l'un physique, utilisant les relations observées à l'échelle locale entre l'état hydrique et les paramètres physiques, l'autre conceptuel simplifié, utilisant l'hypothèse de stabilité temporelle, c'est à dire la persistance des contrastes entre zones humides et zones sèches au cours du temps.

Les résultats obtenus par chacune des méthodes seront comparés aux mesures hydrologiques, intégratrices des processus se déroulant sur un bassin versant.

### 4- Télédétection micro-onde

Les radiomètres micro-onde, sensibles à la constante diélectrique du sol, permettent d'estimer directement l'humidité volumique des premiers centimètres du sol. L'avion ARAT portera un radiomètre micro-onde passif pendant la POI. Ce radiomètre nécessite une campagne de validation spécifique (humidité de surface, résolution), dont la définition exacte sera discutée avant la POI avec nos partenaires, en fonction des résultats obtenus cet été sur leur site d'Avignon.

Ce sujet sera traité en collaboration avec l'INRA Avignon et un partenaire africain à contacter.



**Figure 1 : Bassin versant de Banizoumbou**

# TRAVAUX EFFECTUES EN 1991

## 1. SITES IMPLANTES ET FREQUENCE DES MESURES

Les travaux réalisés en 1991 sur le site central par le groupe humidité des sols concernent la mise en place des sites (tubes de sonde, cannes tensiométriques) et le suivi à long terme de l'humidité du sol sur les trois WAB, et la toposéquence. Les implantations de 1991 sont résumées sur la représentation très schématique de la figure 1.

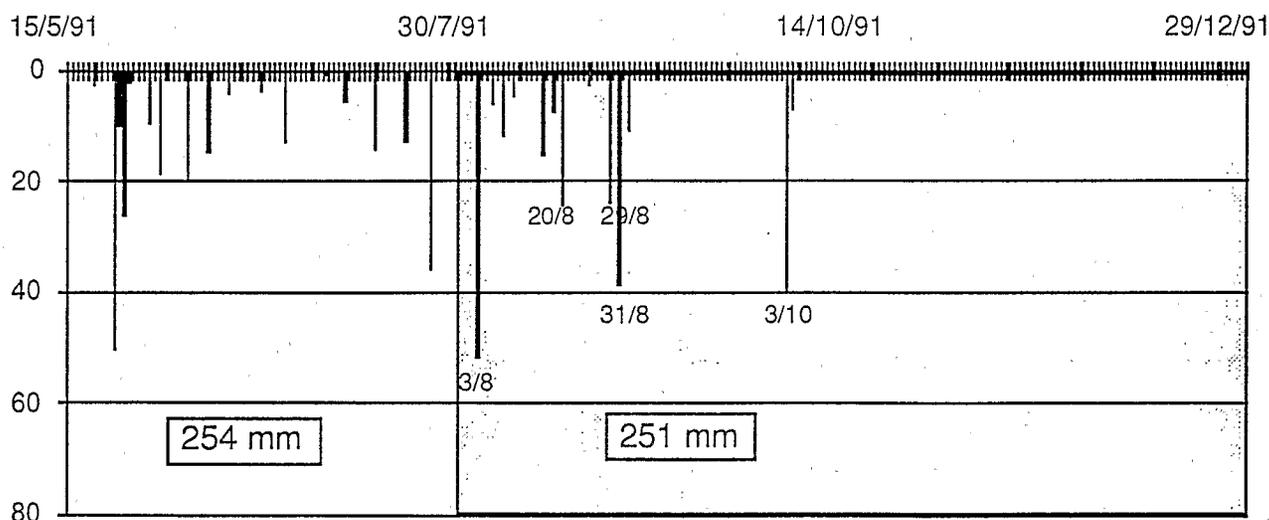
### Hivernage

Avec un total de 522 mm de pluie au cours de la saison (14 avril au 4 octobre), 1991 se situe dans la moyenne pour la station de Banizoumbou.

La saison des pluies a commencé de façon assez précoce (dès la mi-avril), date à laquelle aucun matériel n'était encore arrivé. C'est seulement en août, que les mesures ont pu commencer.

Il a plu, pendant cette deuxième partie de la saison, 251 mm, soit la moitié de la pluviométrie totale (Fig.2). On peut également remarquer en fin d'hivernage, deux importants événements pluvieux (74 mm fin août et 47 mm début octobre), séparés par une période totalement sèche d'un mois, ce qui nous permet d'observer deux ressuyages, à partir d'un stock hydrique important (31/8), ou déjà très diminué (3/10).

*Figure 2 : Pluviométrie à la station Sama Dey jupe (SDC2)*



### Mil et jachère :

L'échantillonnage gravimétrique régulier des WAB de mil et de jachère a permis de choisir les emplacements des tubes de sonde destinés à estimer le stock hydrique d'une surface de 300\*300m<sup>2</sup> autour du mat de mesure micrométéorologique<sup>1</sup>.

Le suivi à long terme a commencé le 20 juillet sur 3 tubes par WAB (soit un mois et demi après la première pluie), avec un pas de temps hebdomadaire. L'implantation de l'ensemble

<sup>1</sup>S.Galle, M.Sicot, D.Laouali : Stratégie d'échantillonnage pour l'estimation d'une moyenne spatiale. Journées SEMINFOR-5 "Statistique impliquée", Montpellier 2-4 sept 1991.



Ce site implanté sur le plateau latéritique de Sama Dey, présente une très faible pente. Les arcs de végétation de largeur 15-20 m alternent avec des bandes nues de 50-55 m. La végétation peut atteindre 5 m de haut. Le site est placé sur la première bande de végétation qui s'organise en rosace, autour d'une sorte de germe central.

Le protocole expérimental initial d'échantillonnage des WAB a été adapté à l'organisation particulière de la brousse tigrée, en accord avec les responsables des sites sud (J.Brouwer, J.Wallace) et central : les tubes sont situés sur des transects perpendiculaires aux bandes de végétation. Un transect est constitué de l'ensemble bande nue et végétation. Plusieurs transects (3 ou 4), consécutifs ou non, sont suivis sur chaque WAB de brousse tigrée.

Un appareil de forage léger (Cobra driller) a été testé sur plateau cuirassé, permettant d'implanter 4 tubes à un mètre, profondeur à laquelle on atteint un premier niveau cuirassé, mais qui n'englobe pas le volume racinaire. Un deuxième appareil, plus puissant (Leopard driller), a été essayé (janvier 1992) en collaboration avec l'IH. Il a permis d'atteindre le deuxième niveau cuirassé à 2 m de profondeur. Ces essais montrent la nécessité d'acheter un compresseur puissant si on veut forer sous la brousse tigrée.

Les 4 tubes installés au milieu de la zone nue, puis dans la bande de végétation: en amont, au centre et en aval, constituent un transect. Le transect installé a pour but, dans un premier temps, de tester les limites des méthodes de mesures employées sur la brousse tigrée (écoulement préférentiel par perturbation du milieu, étalonnage, etc...).

Les mesures ont débuté le 6 août 1991. Leur rythme a été variable, afin de suivre quelques événements pluvieux, avec un minimum d'une mesure par semaine jusqu'en novembre, puis tous les 15 jours en décembre (voir Annexe 1). Une fois par mois ensuite.

#### Toposéquence:

Une toposéquence de vallée sèche comprend la succession : plateau, jupe sableuse, bas fond, caractéristique de la morphologie du degré carré.

La partie de la toposéquence instrumentée en 1991 correspond à la jupe sableuse, lieu du bassin où la pente est la plus importante, et se termine dans une dépression locale où l'eau des ravines venant du plateau vient s'épandre et peut former une mare provisoire après une forte pluie. La jupe est plantée en mil, la végétation de la dépression, bien alimentée en eau, est verte et haute, avec de nombreux arbres, et ressort nettement sur les photos aérienne ou les images SPOT.

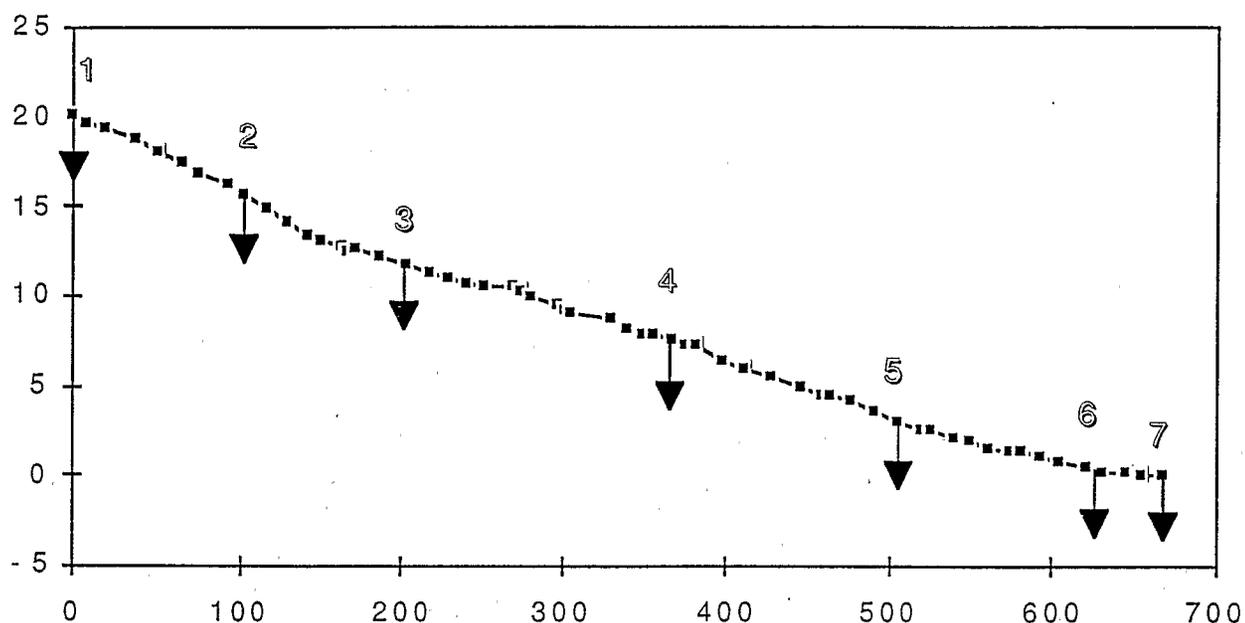
Dans un premier temps, ce transect qui forme une unité hydrologique cohérente et peut être même fermée, n'a pas été continué dans la zone de bas fond constituée d'une succession de cellules convexes dont l'organisation topographique est nettement moins évidente. La caractérisation pédologique (stage de Naguno), devrait être un deuxième critère, complétée par l'étude fine de Lamotte.

Suite au désengagement provisoire de l'INRAN dû à sa restructuration, le suivi du transect a été entièrement assuré par l'ORSTOM.

Sept tubes de sonde espacés d'une centaine de mètres ont été installés sur la jupe sableuse (Fig 4) le 31 juillet 1991. Le rythme de mesure a été le même que pour la brousse tigrée (voir Annexe 1).

*Figure 4 : Profil en long de la jupe sableuse avec la position des 7 tubes de sonde (distances en mètres)*

*La pente varie de 6% en haut, à 1% en bas de pente. Dénivelé total = 20 m*



## EN RESUME

Sites de mesure d'humidité sur le bassin versant en 1991 :

SITE	INSTRUMENTS	DEBUT MESURES	Nb jours de mesure
WAB mil	11 tubes, 22 tensio.	08/07 - 22/10	?
WAB jachère	11 tubes, 22 tensio.	18/07 - 22/10	?
WAB br. tigrée	4 tubes	06/08	33
1 toposéquence	7 tubes	31/07	34

## 2. RESULTATS

### 2.1 ETALONNAGE

L'étalonnage des sondes à neutron a été fait à partir de mesures gravimétriques, et des profils de densité mesurés par sonde gamma. Cet étalonnage donne des coefficients semblables à ceux obtenus sur les WAB de mil et de jachère, par la méthode de Cadarache.

#### Densité

La sonde gamma mesure la densité humide, qui doit ensuite être corrigée par l'humidité volumique du sol pour obtenir la densité sèche.

Nous nous sommes aperçus que la relation utilisée par le processeur de la tête de sonde n'est pas celle qui est fournie à l'utilisateur dans le manuel. Ces deux relations sont cependant liées de façon linéaire. Nous avons choisi celle qui nous donne la densité la plus proche de 1 pour un comptage dans l'eau.

$$ds = (7.57 - \ln(C\gamma)) * 1.35 - 1.33 * Hv - 0.56$$

Les densités sèches sur la jupe sableuse ainsi calculées sont données plus loin (Fig.5). Les densités sont comprises entre 1.4 et 1.9.

#### Humidité

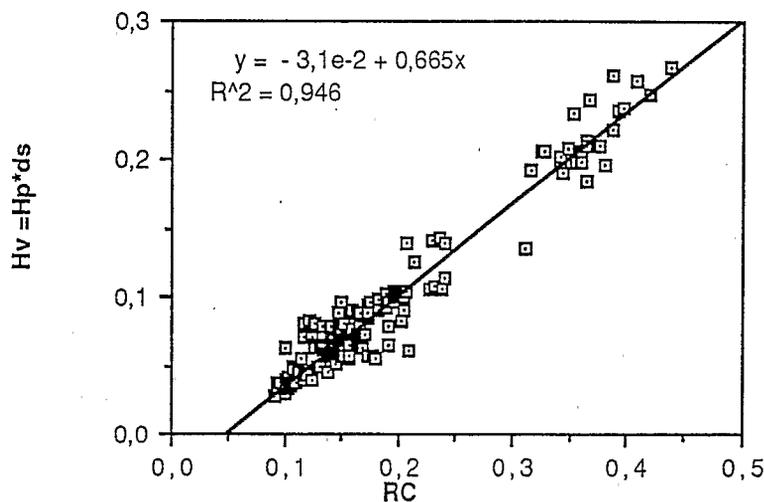
##### Jupe sableuse

Des prélèvements gravimétriques ont été réalisés à deux dates correspondant à des états hydriques contrastés : le 31 juillet à l'implantation, et le 21 août.

Les mesures de surface (10 cm) nécessitent un étalonnage particulier. l'ensemble des autres profondeurs et l'ensemble des tubes de la jupe sableuse ont été regroupés pour obtenir une régression sur un grand nombre de points (Fig.6). Le coefficient de détermination est assez bon, indiquant 95% de variance expliquée, il reste cependant une certaine dispersion autour de la droite d'étalonnage.

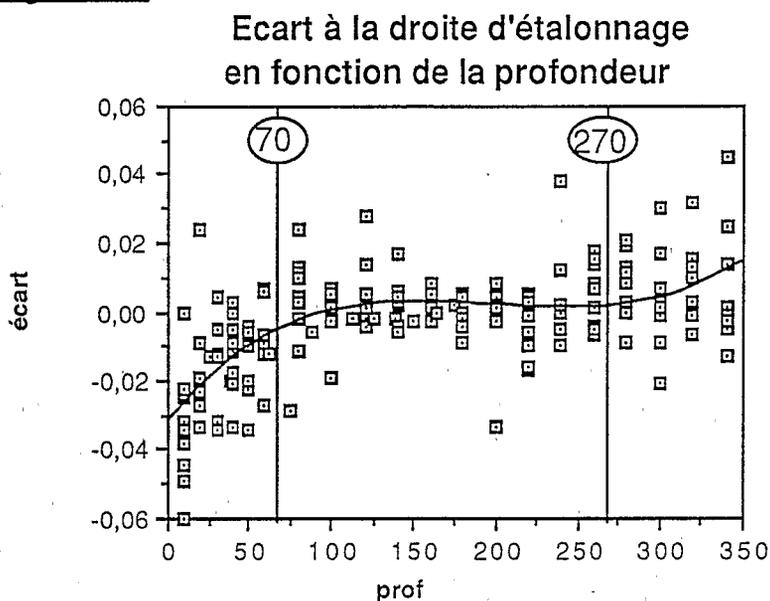
Figure 6 :

**Etalonnage jupe sableuse (hors 10 cm)**



Les écarts à cette droite de régression ont été mis en relation avec la profondeur (Fig 7). Aux faibles profondeurs, jusqu'à 70 cm, les écarts indiquent une sous-estimation systématique de l'humidité, et l'inverse, bien que moins marqué au delà de 2,60 m. Cette différence de comportement a été mise en regard avec les horizons pédologiques, (A, B, BC), déterminés par Nagumo qui correspondent aux profondeurs A: 0-60 cm, B: 80-260 cm, BC : 260-fond..

Figure 7 :



Un étalonnage différent a donc été choisi pour chacun de ces horizons, avec une pente constante et une ordonnée à l'origine variable suivant l'horizon considéré. On a appliqué un gradient à l'horizon 20-60 afin d'assurer la continuité des profils avec les horizons adjacents (Fig 8).

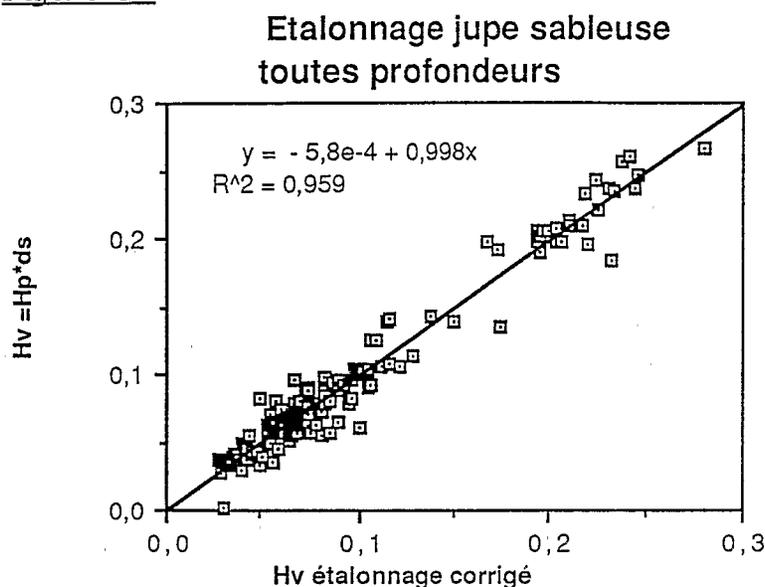
$$H_v = a \cdot RC + b$$

avec RC= rapport de comptage = comptage neutronique/ comptage eau

horizon	a	b
10	0,66	-0,002
20-60	0,66	-0,008 à -0,026
80-260	0,66	-0,031
280-340	0,66	-0,037

Durant la saison sèche, les teneurs en eau peuvent atteindre des valeurs très proches de 0 qui nécessitent un étalonnage particulier, la relation linéaire ne s'appliquant plus. Cette correction n'a pas été prise en compte pour le moment.

Figure 8 :



Brousse tigrée

L'étalonnage d'un sol caillouteux, nécessite des précautions et des mesures que nous comptons effectuer en 1992. Les résultats présentés ici sont des rapports de comptages, et non des teneurs en eau.

## 2.2 JUPE SABLEUSE

### GRANULOMETRIE

Le sol de la jupe est sableux, avec un horizon organique d'une dizaine de centimètres. Ce compartiment assez homogène a une profondeur supérieure à 3,4 m. Le tube 7, situé en bas de jupe, dans la zone où vient s'épandre une ravine qui prend naissance à la base des escarpements de plateau, présente une texture différente, plus argileuse. Il est systématiquement beaucoup plus humide.

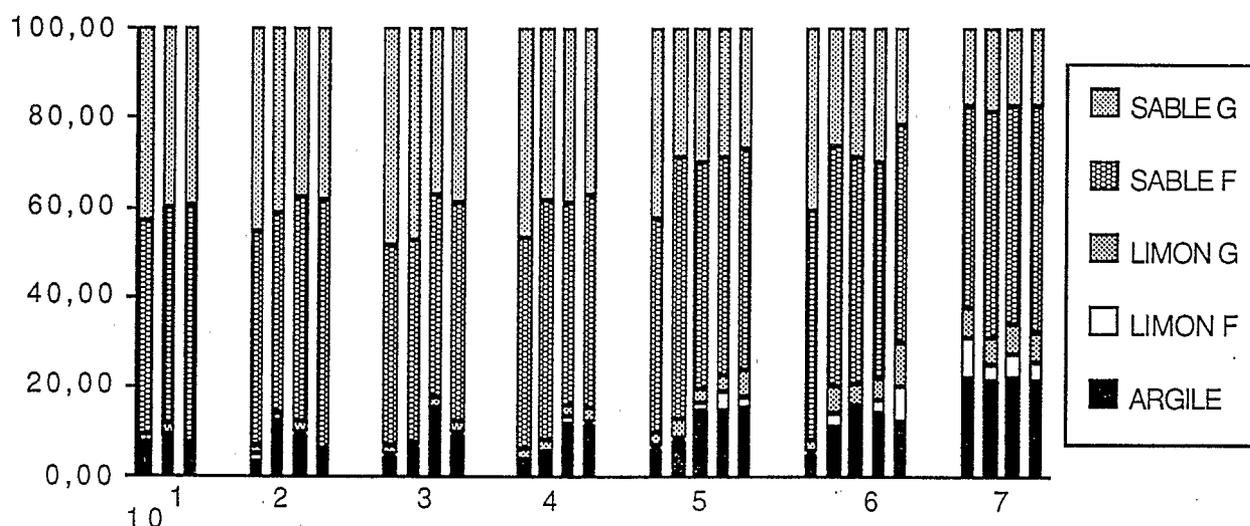
L'analyse granulométrique de la jupe faite à partir des échantillons prélevés lors de la mise en place des tubes (Annexe 2), a été complétée par une étude pédologique de M. Lamotte en février 1992. L'ouverture de 5 fosses de 10 m de profondeur a permis d'atteindre la limite inférieure du compartiment sableux profond de 9,3 m en haut de pente (tube 1) à environ 3 m en bas de pente (tube 5). Cet horizon sableux repose sur un horizon argilo-sableux de cohésion assez forte et dont l'humectation est rapide, puis sur un horizon limono-argileux de teinte ocre jaune à sec, de cohésion très forte et d'humectage très lent. Cet horizon plus imperméable apparaît entre 6 m en bas de pente et 10 m en haut de pente.

La zone de replat (tube 7) présente un mince horizon sablo-limoneux, microlité surmontant un horizon argileux, il est distinct des sols de la pente. Il convient également de noter une forte activité biologique (arbustes et termites).

La profondeur explorée par la sonde (3.40 m) correspond à une zone d'humectation rapide pour l'ensemble des tubes.

*Figure 9 : Analyse granulométrique des 7 tubes.  
Pour un même tube, chaque bâtonnet correspond à une profondeur représentant un horizon pédologique différent (A, B, BC).*

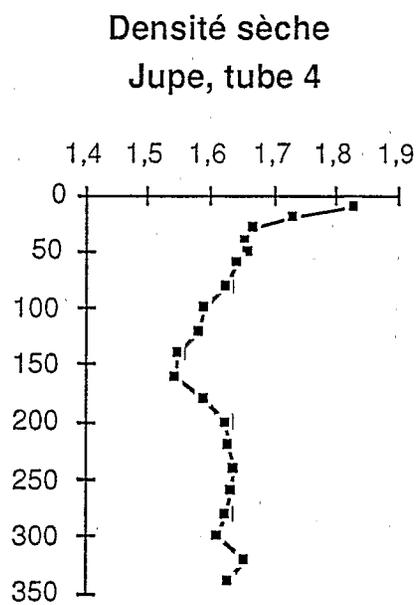
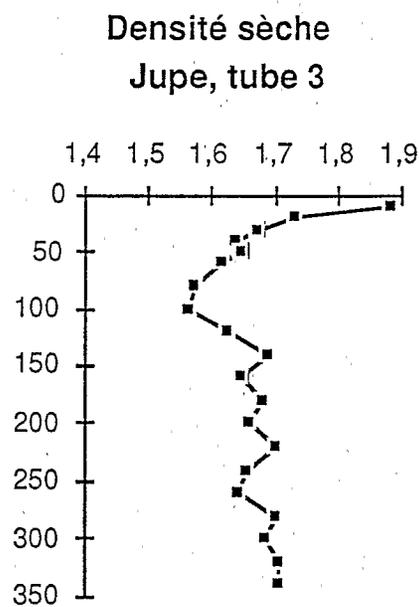
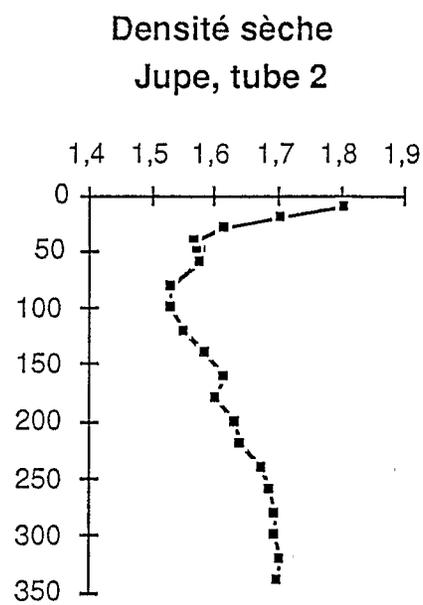
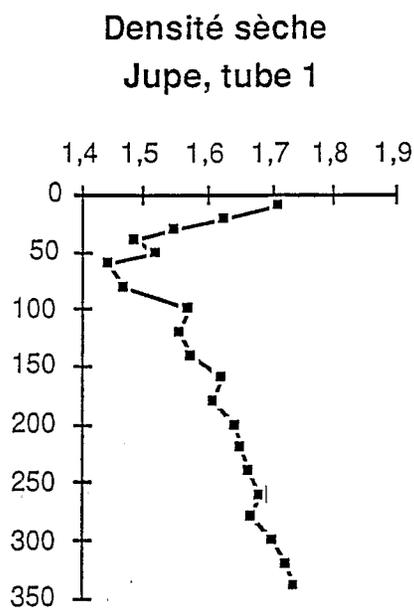
### Jupe sableuse : Granulométrie



### DENSITE

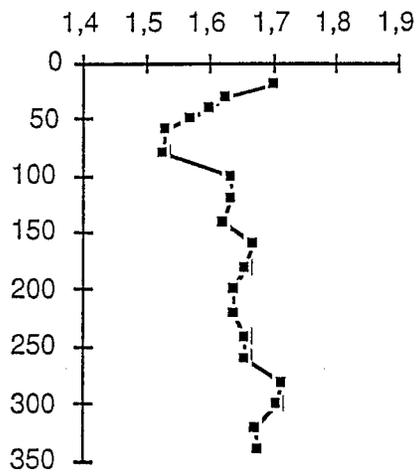
Les profils de densité, mesurés à la sonde solo 40 gammamétrique, sont compris entre 1,4 et 1,8, avec une moyenne à 1,65 (Fig 5). Les profils sont assez réguliers, excepté un saut entre 80 et 100 cm pour le tube 5, entre 320 et 340 cm pour le tube 6, et à 160 pour le tube 7.

On remarque que les horizons de surface sont plus denses pour les tubes 1 à 6, situés sur la jupe. Cette tendance devra être confirmée, après vérification des valeurs de l'étalonnage de la sonde solo40 en surface (surestimation due à la couche d'air). Cette vérification sera faite à l'aide de cylindres de densité.

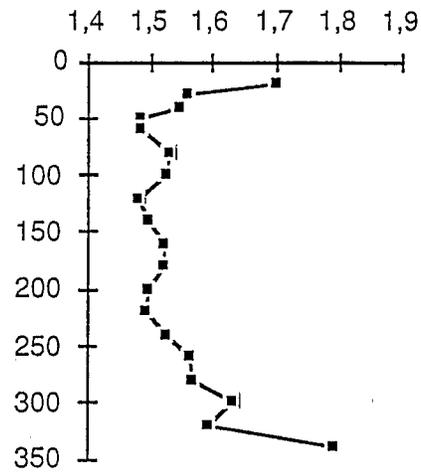


*Figure 5 : Profils de densité sèche sur la jupe sableuse*

Densité sèche  
Jupe, tube 5



Densité sèche  
Jupe, tube 6



Densité sèche  
Jupe, tube 7

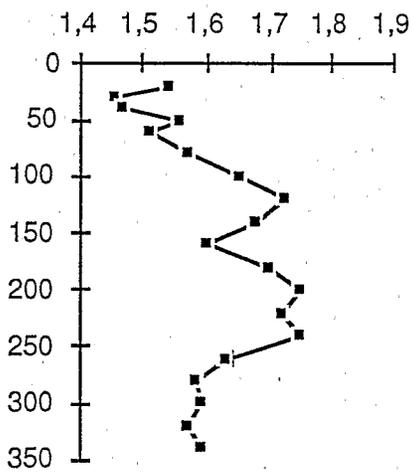


Figure 5 : Profils de densité sèche sur la jupe sableuse

(suite)

## PROFONDEUR D'INFILTRATION

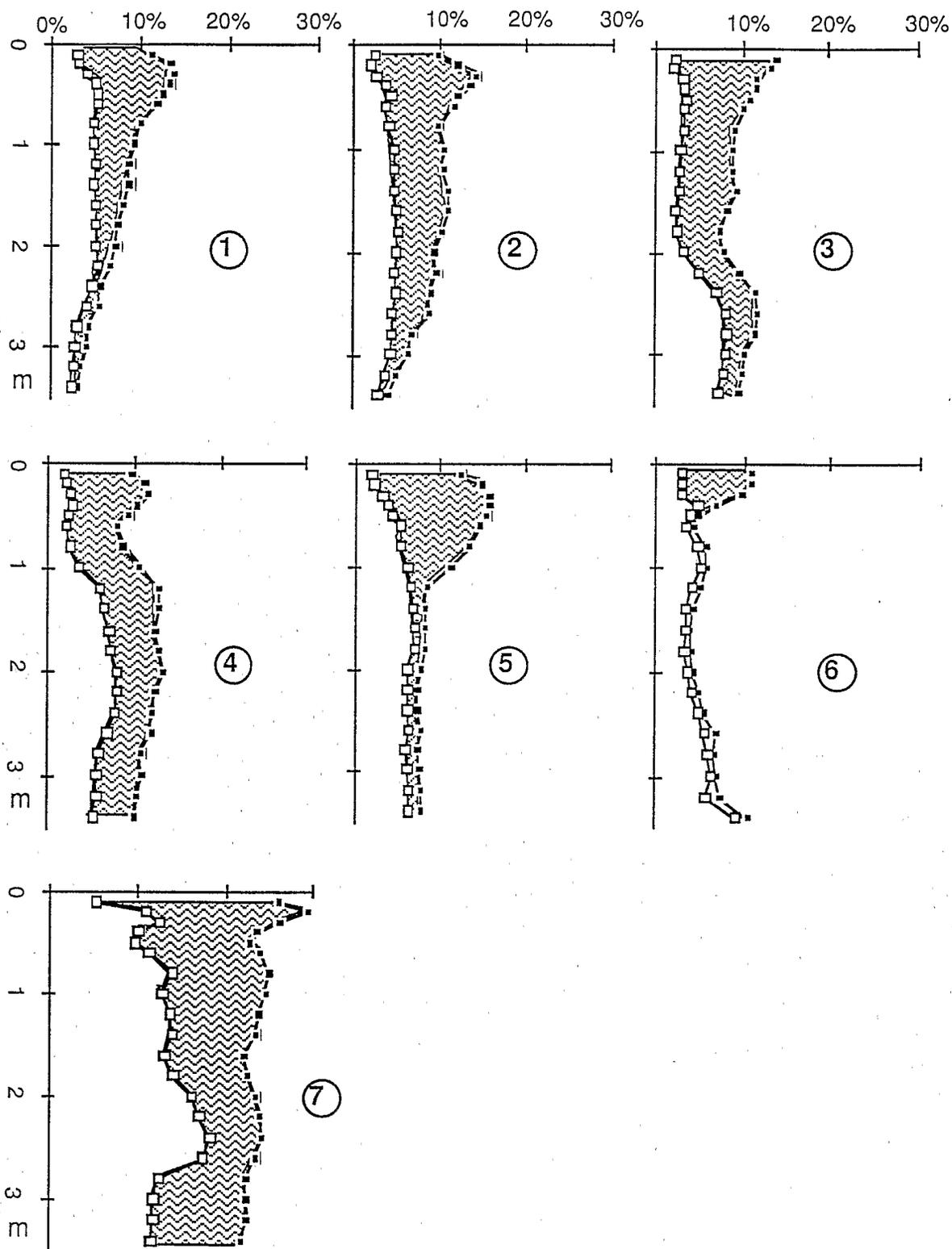
En portant sur le même graphe le minimum et le maximum des profils de teneur en eau, acquis au cours de la saison, on observe la profondeur de pénétration de l'eau sur les différents tubes de la jupe (Fig 10). On voit une augmentation de cette profondeur du tube 1 (240 cm) au tube 4 (supérieur à 340 cm), à mesure que la distance au sommet augmente. Le tube 1 est situé au sommet du champ qui n'est pas raccordé au plateau et ne reçoit donc pas d'apport par ruissellement, contrairement aux tubes 2, 3, et 4. Pour les tubes 5 et 6, situés en aval, la profondeur n'augmente pas mais au contraire, l'eau semble bloquée à 100 et 50 cm. Cette profondeur correspond pour le tube 5 au saut de densité remarqué plus haut. Lamotte a observé la présence de raies de texture plus argileuse d'épaisseur millimétrique apparaissant à moins d'un mètre de profondeur dans une fosse creusée à une dizaine de mètres du tube 5. Ces raies pourraient être d'anciennes croûtes enterrées. Toute interprétation nécessite des observations plus fines.

Le tube 7, situé dans une zone d'épandage a des teneurs beaucoup plus élevées et une profondeur insuffisante pour boucler le bilan.

## STOCK HYDRIQUE SUR LA SAISON

Le stock hydrique est l'épaisseur de la lame d'eau stockée dans la profondeur explorée (0-340 cm). Son évolution temporelle (Fig 11), est à mettre en regard avec les pluies. Le stock assez élevé en août, diminue rapidement durant le mois de septembre où il n'y a pas eu de pluie, puis remonte lors de la pluie du 3 octobre (47 mm) pour atteindre un équilibre 6 semaines plus tard, avec un stock pratiquement constant pour les tubes 1 à 6. Seul le stock hydrique du tube 7 continue à diminuer en décembre.

Figure 10 : Extrema des profils mesurés en 1991 sur jupe sableuse  
du 31/7/91 au 31/12/91



*Figure 11 : Evolution temporelle du stock hydrique sur la jupe sableuse*

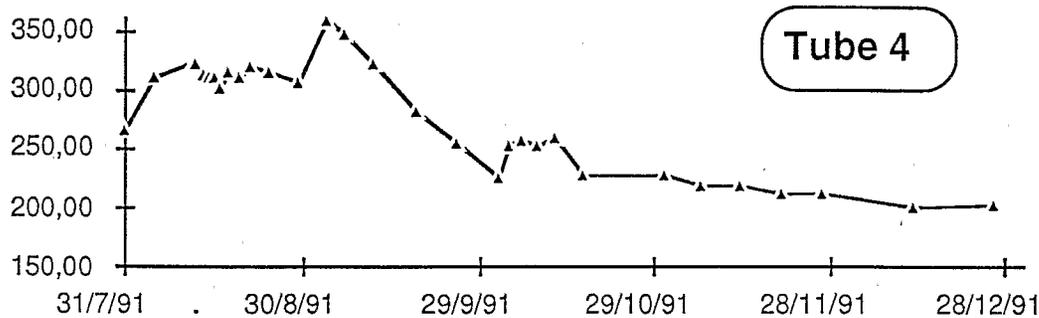
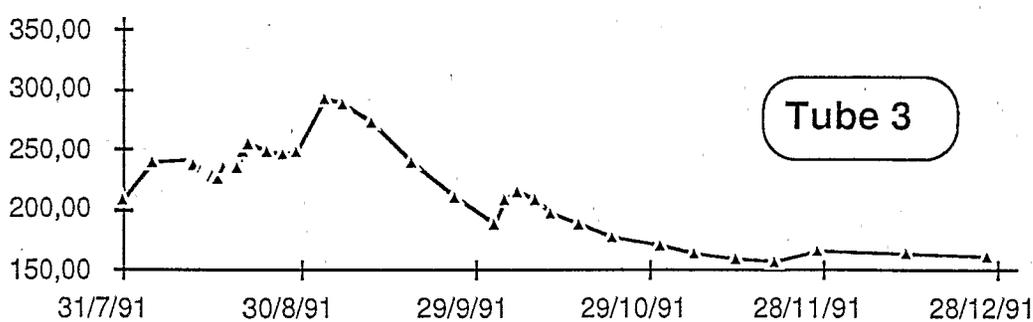
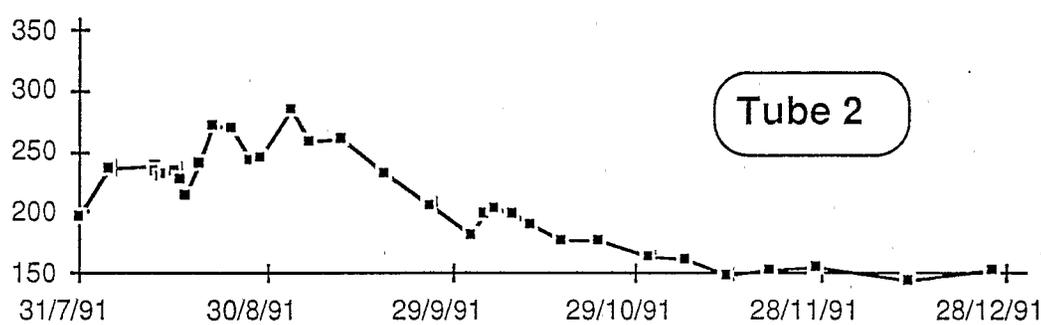
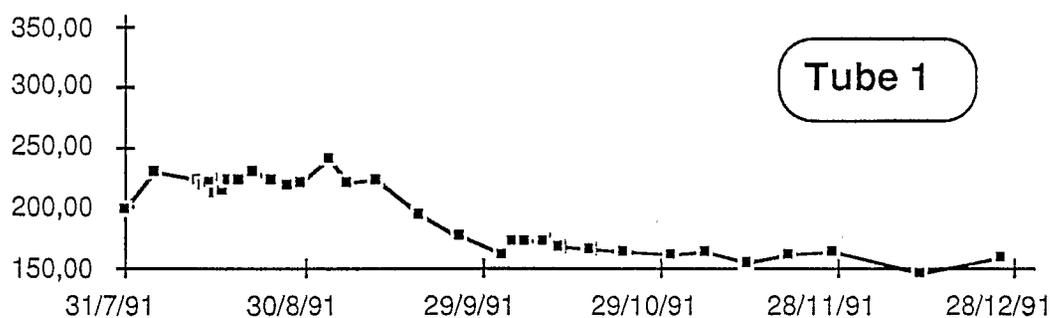
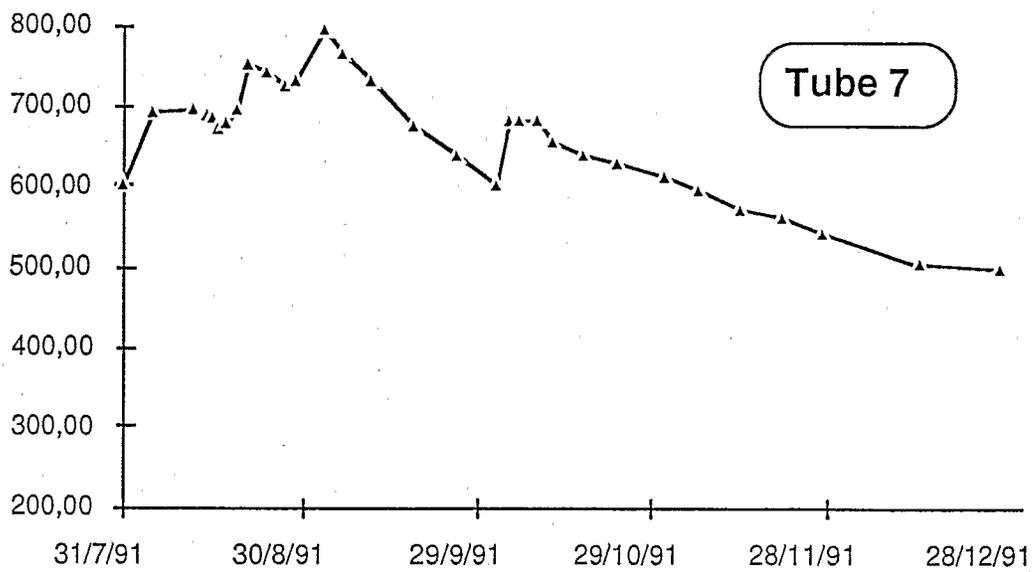
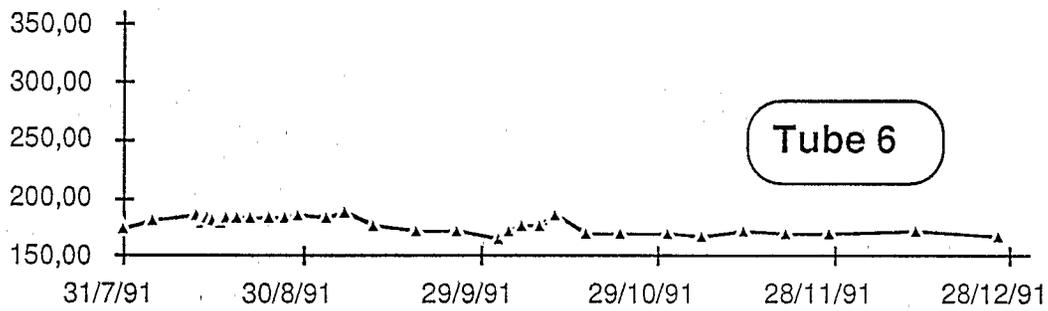
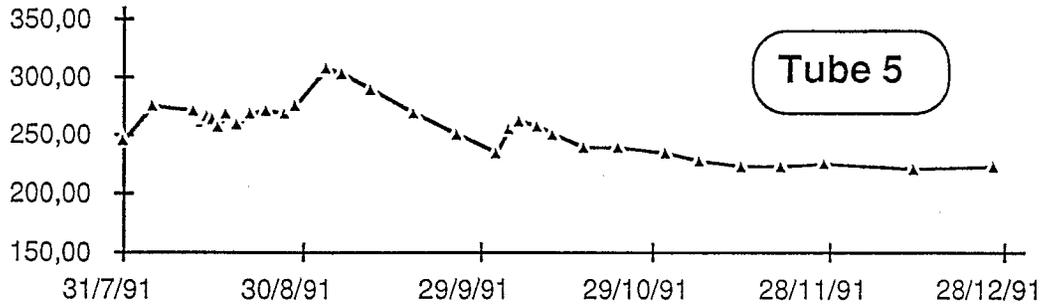


Figure 11 (suite) : Evolution temporelle du stock hydrique sur la jupe sableuse



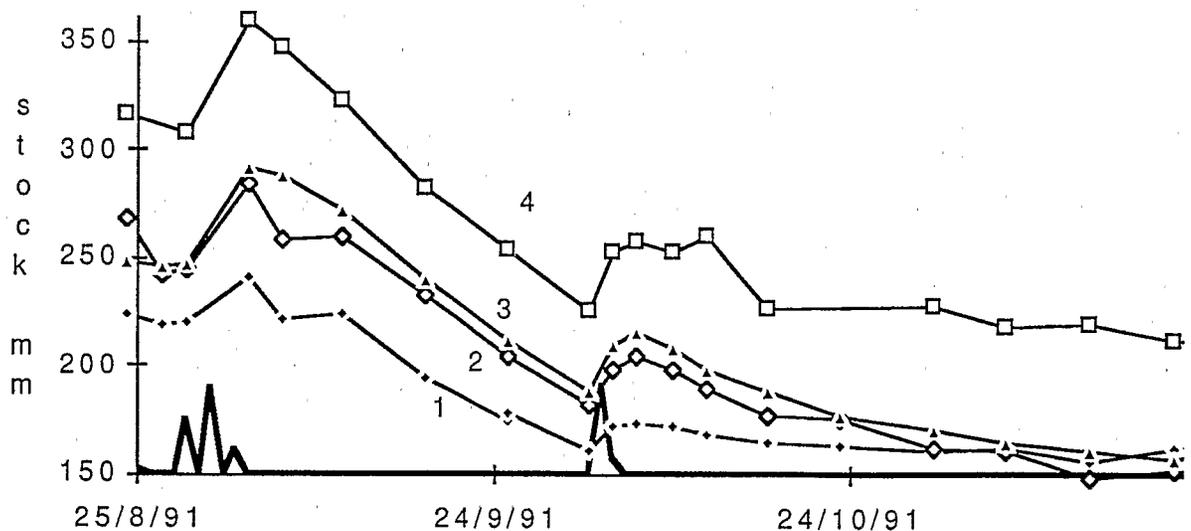
## PREMIER BILAN HYDRIQUE POUR 2 EVENEMENTS

Les deux derniers évènements pluvieux de la saison sont bien marqués et séparés d'un mois. Il a plu respectivement 74 et 47 mm sur un stock hydrique qui a diminué d'un tiers environ entre ces deux dates. La lame d'eau infiltrée pour les tubes 1 à 4 est donnée dans le tableau ci-dessous. Elle augmente régulièrement du tube 1, situé au sommet de la jupe, au tube 4, en milieu de jupe (de 30 à 70% de la pluie), ce qui implique l'existence d'un ruissellement sur le versant, comme on l'observe dans les ravines qui le longent (station limnimétrique SD3). Le bilan hydrique doit être complété par les mesures d'évapotranspiration. Un mât de mesure micrométéorologique sera implanté sur la jupe sableuse en 1992.

grandeur	station	29/8	31/8	2/9	total	3/10	4/10	total	unité
pluie	SDC2	24	39	11	74	40	7	47	mm
ruissellement sur 0,4km2	SD3	27	35	4		19	0		%
variation de stock	tube 1				22			13	mm
	tube 2				41			23	mm
	tube 3				46			26	mm
	tube 4				52			33	mm

*Figure 12 :*

Evolution du stock hydrique (tubes 1 à 4).



### 2.3 BROUSSE TIGREE

Les mesures neutroniques n'ayant pas été étalonnées pour la brousse tigrée, c'est en rapport de comptage que les résultats sont présentés. Ils sont liés de façon linéaire.

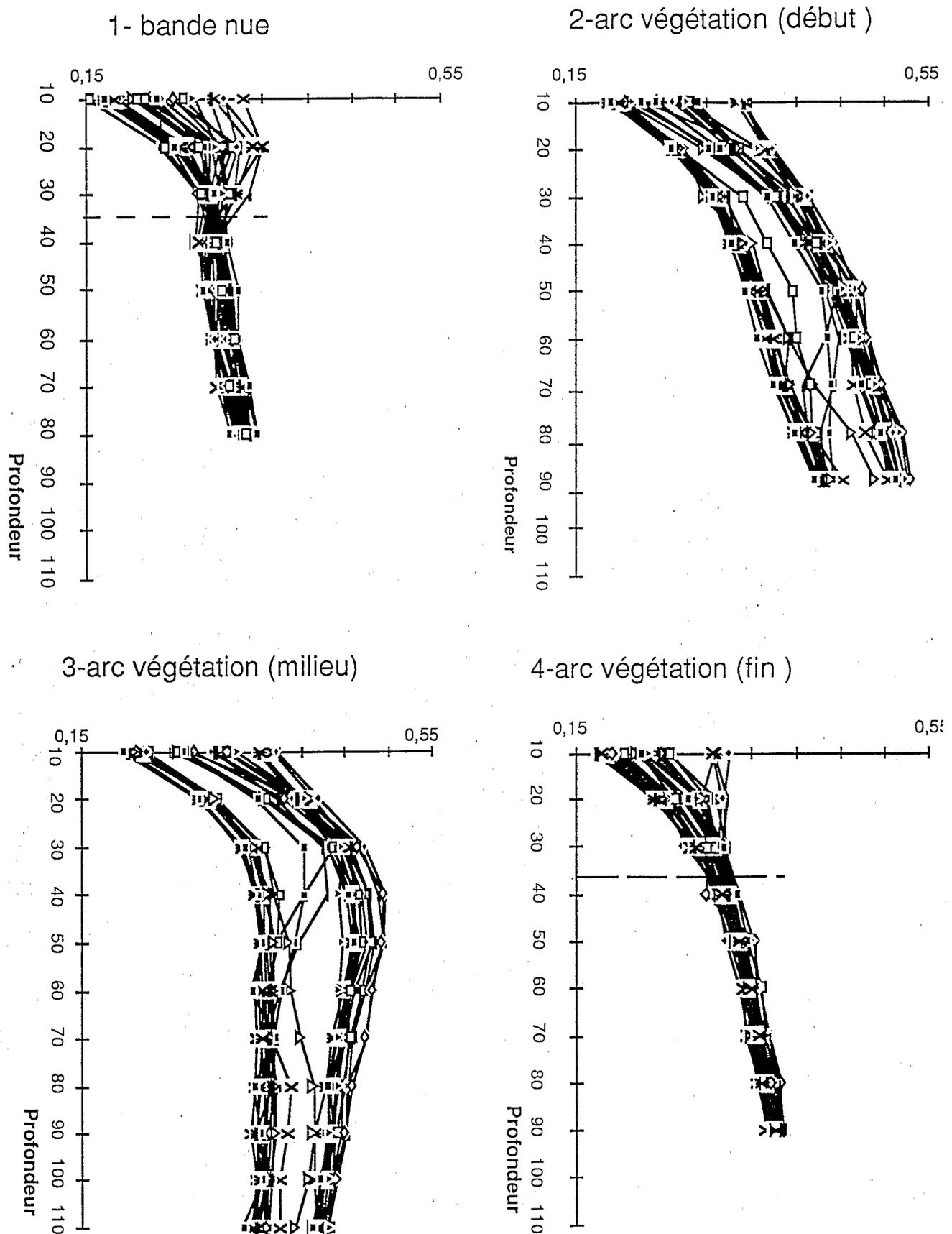
#### PROFONDEUR D'INFILTRATION

Les profondeurs d'infiltration de l'eau sur les 4 tubes de la brousse tigrée, sont très variables : le tube situé sur la bande nue présente un stock faible avec une infiltration sur 40 cm, alors que ceux situés en amont et au milieu de la bande de végétation ont un stock plus important et montrent une profondeur d'infiltration supérieure à 1 m. Le tube situé en aval, en revanche, est à nouveau plus sec avec une faible profondeur de pénétration (40 cm).

Ces observations préliminaires vont tout-à-fait dans le sens des hypothèses sur le fonctionnement de la brousse tigrée : la zone nue sert d'impluvium à la bande de végétation. L'aval de cette bande sous-alimenté en eau meurt, alors que l'amont, sur-alimenté, avance (présence d'espèces pionnières).

Cet aspect sera approfondi en 1992, avec J.Séghieri, phyto-écologue, spécialiste des écotones, ainsi que M.Lamotte, pédologue, C.Valentin et J.L.Rajot pour les croûtes superficielles, et enfin C. Peugeot pour le ruissellement et l'évaporation en zone nue. L'ensemble des facteurs intervenant sur l'hydrodynamique de cette organisation naturelle de la végétation sera ainsi caractérisé et suivi.

Figure 13 Ensemble des profils mesurés en 1991 sur brousse tigrée



## CONCLUSION

### 1- Précipitations

L'année 1991 a été une année pluviométrique moyenne pour la station de Banizoumbou. La notion de moyenne doit toutefois être utilisée avec prudence puisqu'on note des écarts de 100 mm entre stations distantes de trois kilomètres seulement. Cette constatation implique la nécessité d'un pluviomètre sur chacun des sites étudiés.

Il faut noter également deux événements pluvieux importants en fin de saison des pluies, séparés par une période sèche d'un mois. Cette configuration est particulièrement intéressante pour la modélisation hydrodynamique.

### 2- Teneur en eau

L'année 1991, précédant la POI (Période d'Observation Intensive), est une année test qui nous a permis d'observer le comportement des différents sites choisis du point de vue hydrodynamique, ainsi par exemple la profondeur nécessaire pour boucler le bilan sur les sites choisis.

Brousse tigrée : l'implantation des tubes, délicates dans un milieu à cuirasse indurée ou démantelée et caillouteuse, n'a pas entraîné d'infiltration préférentielle le long de ces tubes. Elle a permis d'observer un comportement hydrodynamique qui va dans le sens des hypothèses de fonctionnement émises par les naturalistes. Ce point sera repris de manière approfondie en 1992, avec la collaboration de J. Séghiéri, ainsi que l'aspect primordial du rôle des croûtes sur la genèse du ruissellement dans un milieu très sensible qu'est la brousse tigrée (avec C.Valentin, J.L.Rajot et C. Peugeot).

Jupe sableuse : Le transect implanté sur la jupe sableuse souligne le rôle de la topographie sur le stock d'eau disponible. La position topographique ne peut cependant pas expliquer la stabilité de certains sites (en bas de pente). Les explications de la pédologie classique ne sont pas évidentes (M.Lamotte), et il faut sans doute leur ajouter le rôle des états de surface ou de structures liées à l'activité faunique (termitières).

### 3- Banque de données

L'ensemble des données récoltées pendant la saison est critiqué et stocké de façon régulière sur Macintosh et PC. Le réseau Ethernet de Niamey permet de passer ces données sur le SUN en cas de besoin (utilisation du logiciel ECOUL de E.Perrier par exemple). Cette première étape de mise à disposition des données à l'ensemble des partenaires ORSTOM d'Hapex ne doit cependant pas s'arrêter là : la construction de la banque implique la connaissance étroite des objectifs de la modélisation des différentes disciplines concernées (hydrodynamique, hydrologie, phyto-écologie, pédologie), et notamment les concepts utilisés pour l'extension spatiale des données stationnelles.

### 4- en 1992

Afin de travailler à l'échelle du bassin versant, il est nécessaire de suivre chacun des éléments qui constituent le paysage. La rive gauche est caractérisée par une toposéquence, classique au Sahel, décrite par D.Courault et al. . La rive droite, originale pour la région, de topographie plus régulière, se distingue par une végétation assez soutenue qui s'organise suivant des sortes de "varices". A partir de ces constatations, et suite à une discussion qui a réuni l'ensemble des intervenants ayant travaillé sur le bassin de Banizoumbou en 1991, il a été décidé deux sites supplémentaires de suivi de l'état hydrique du sol:

### 1-toposéquence

Il est nécessaire de prolonger la toposéquence afin qu'elle comprenne l'ensemble des caractères géomorphologiques qui forment le versant : c'est-à-dire inclure les cellules bombées qui constituent le bas fond, et continuer dans le lit même du kori, en collaboration avec les hydrologues. D'autre part, on étudiera en parallèle avec la jupe sableuse déjà instrumentée, une jupe raccordée au plateau et qui bénéficie de ce fait des apports par ruissellement de surface. La comparaison du stock des deux jupes doit permettre, en particulier, de quantifier les apports du plateau à la jupe.

### 2-rive droite

Cette rive ne sera pas suivie selon sa topographie, mais selon sa caractéristique, c'est-à-dire les "varices". Ce suivi sera fait en collaboration avec les écologues et les pédologues.

A terme il est nécessaire de disposer d'une topographie précise des sites étudiés (versant et brousse).

Afin d'utiliser les modèles mécanistes d'infiltration, il est indispensable de mesurer les paramètres physiques de l'infiltration. Cette opération est prévue avec l'INRAN pour les paramètres classiques, et avec l'IMG-LTHE pour les caractéristiques de surface.

Cette année de mise en place a été très utile, même si (ou puisque) elle a comporté des erreurs. Elle nous a notamment confirmés dans la nécessité de collaborer étroitement avec les chercheurs des disciplines complémentaires : hydrologues, phyto-écologues, pédologues, croustologues et micrométéorologues.

## PERSONNES IMPLIQUES en 1991

### Personnel de l'ORSTOM directement impliqué

Sylvie Galle, CR2, responsable du groupe Humidité des Sols sur le site central d'HAPEX-Sahel (bassin versant de Sama Dey).

Eric Huynh, Stage de deuxième année d'ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble (ENSHMG). Bilan Hydrique d'une toposéquence (3 mois, été 1991).

Alberto Soares, Stage de Technicien Hydrologue de l'AGRHYMET. Acquisition des techniques de mesure de l'humidité du sol (2 mois été 1991).

Jean Christophe Desconnets, allocataire de recherche. Typologie des zones endoréiques et leur fonctionnement hydrologique.

### Nigériens :

Institut National de la Recherche Agronomique (INRAN), Département des Recherches Ecologiques (DRE) (M.Gandah)

Institut des Radio Isotopes (IRI) (M.Sicot, D.Laouali).

### Français :

Institut de Mécanique de Grenoble (IMG-LTHE) (M.Vauclin,)

INRA, station de Science du Sol d'Avignon (L.Brückler, A.Chanzy, P.Bertuzzi)

Laboratoire d'Etudes et de Recherches en Télédétection Spatiale (LERTS), (Y.Kerr)

### Américains :

Oregon State University (R.Cuenca)

Il ne faut pas oublier nos partenaires du Groupe Humidité des Sols, travaillant sur les autres sites d'HAPEX, avec qui nous nous consultons régulièrement (ICRISAT, IH-Wallingford, WSC), et tous les chercheurs ORSTOM impliqués dans Hapex.

Rapport rédigé par Sylvie GALLE, le 31 mars 1992.

# ANNEXE 1

## Jupe sableuse : 1991

Mesures d'humidimétrie neutronique

Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31		31	31		31		31

	Total						
Nombre de jours de mesure	1	12	5	8	4	2	32

# Brousse tigrée : 1991

Mesures d'humidimétrie neutronique

Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31		31	31		31		31

								Total
Nombre de jours de mesure		12	5	8	4	2		31

## ANNEXE 2

### Analyse granulométrique de la jupe sableuse

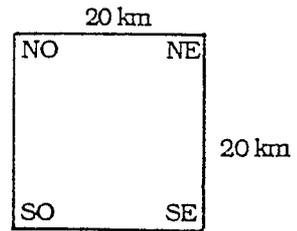
d'après les échantillons collectés lors de la mise en place des tubes

BOITE	HORIZON	TUBE	PROF. (cm)	ARGILE	LIMON F	LIMON G	SABLE F	SABLE G	TOTAL	
A02	A		1	20	6,4	0,8	2,2	47,8	43,5	100,7
A11	B		1	160	9,3	0,1	2,0	48,1	40,5	99,9
B10	BC		1	380	4,9	1,0	1,2	53,4	40,0	100,5
C03	A		2	30	2,9	2,0	1,9	47,9	46,0	100,7
C08	B	21	2	100	11,0	1,2	1,8	45,1	41,4	100,4
D02	B	22	2	220	9,3	0,3	2,6	49,5	38,0	99,6
D10	BC		2	380	3,6	1,3	1,3	55,6	38,3	99,9
E02	A		3	20	4,4	0,6	1,6	44,9	48,7	100,1
E09	B	21	3	120	6,1	0,2	1,3	45,2	47,7	100,4
F04	B	22	3	260	13,9	1,2	2,7	45,3	37,7	100,7
F09	BC		3	360	9,1	0,7	2,1	48,7	39,2	99,9
G02	A	I	4	20	2,3	1,1	2,5	47,0	47,0	99,8
G08	A	II	4	100	4,5	1,3	2,4	53,7	38,7	100,6
H01	B		4	200	11,7	1,6	2,4	45,9	38,9	100,4
H07	BC		4	320	11,8	0,7	2,9	48,1	37,2	100,7
I03	A	I	5	30	5,9	0,9	2,7	47,8	43,0	100,3
I05	A	II	5	50	8,0	0,5	4,5	58,3	28,8	100,1
I10	B	21	5	140	14,9	1,4	3,4	50,6	30,5	100,7
J03	B	22	5	240	14,6	4,1	4,1	49,1	28,9	100,8
J09	BC		5	360	15,3	2,6	5,5	49,9	27,5	100,9
K02	A	I	6	20	4,8	0,8	2,4	51,1	41,0	100,1
K05	A	II	6	50	10,9	3,1	6,0	53,5	26,7	100,2
K09	B	21	6	120	14,3	1,5	4,6	51,4	28,7	100,4
L04	B	22	6	260	14,1	2,8	4,9	48,8	30,6	101,2
L09	B	23	6	360	12,0	8,0	9,9	49,4	21,9	101,1
M04	LS		7	40	21,9	9,5	7,0	45,4	17,8	101,5
M10	SL		7	140	21,3	3,8	5,8	51,4	18,9	101,2
N06	L		7	300	21,5	5,8	6,7	48,8	17,2	100,0
N09	LS		7	360	21,3	4,0	6,8	50,8	17,3	100,2

# HAPEX-Sahel

## SUPER SITE CENTRAL DE BANIZOUMBOU

position	Latitude	Longitude	X	Y
SO	13°29,21'	2°36,77'	68,16	54,13
SE	13°29,21'	2°47,88'	88,16	54,13
NO	13°40'	2°36,77'	66,16	74,13
NE	13°40'	2°47,88'	88,16	74,13



(Lat, Lon) : coordonnées en degré, et minute décimale  
 (X,Y) : coordonnées en km, origine (2°E, 13°N)

Scène SPOT n°062-323

Photos aériennes série 1975 NIG40 600 : 2688 à 2684, et 2764 à 2769

- Ⓝ WAB Joche
- Ⓜ WAB MIL
- Ⓟ WAB Brousse Tiquée
- Transect jupe sablon

