NOUVELLES TECHNIQUES DE MESURE DES PLUIES, DES DEBITS LIQUIDES ET SOLIDES SUR PARCELLES AGRONOMIQUES.

Jean-Marie LAMACHERE et Luc SEGUIS *

Orstom, Laboratoire d'Hydrologie, Agropolis III, B.P. 5 045,
34032 Montpellier cedex 1, France

Résumé

Deux techniques différentes de mesure des pluies, des débits liquides et solides sur parcelles agronomiques sont présentés dans cet article.

Le premier exemple correspond aux protocoles d'observations mis au point sur les grandes parcelles agronomiques (4 000 m^2) de la région de Bidi, au nord-ouest du Burkina Faso. Ces protocoles s'appuient à la fois sur des observations directes, des prélèvements manuels et des enregistrements sur appareils mécaniques de précision. Les précisions obtenues sur le calage des enregistrements sont de 5 minutes pour le temps, 0,5 à 1 cm pour les hauteurs d'eau et 0,1 mm pour les hauteurs de pluie. Les erreurs relatives sont malgré tout de 10 % sur l'estimation de la pluie au sol, 10 à 20 % pour l'estimation des lames ruisselées et d'au moins 30 % sur l'estimation des charges solides transportées.

Le second exemple correspond aux protocoles d'observation mis au point sur 4 petites parcelles agronomiques (50 m^2) dans la région de Thyssé-Kaymor au Sénégal. Ces parcelles ont été équipées de capteurs électroniques reliés à une même centrale d'acquisition de données. L'utilisation de ces nouvelles techniques de mesure permet un saut qualitatif dans la précision des observations : 2 mm pour les hauteurs d'eau avec le capteur de pression et 5 secondes entre chaque mesure sur une même base de temps. Il est ainsi possible de quantifier correctement les décalages (1 à 3 mn) entre les pics d'intensité pluviométrique et les maximums de débit ruisselé.

Mots clés : Ruissellement, érosion, pluviométrie, parcelles agronomiques, protocoles de mesure, précision des observations.

INTRODUCTION

À l'échelle de la parcelle (du m^2 à l'hectare), les études hydrologiques et sédimentologiques réalisées en Afrique de l'Ouest au cours des années soixante dix (Roose, 1977) se sont surtout cantonnées à l'analyse des relations entre les volumes précipités et les volumes ruisselés, entre les volumes ruisselés et les masses de matières solides transportées, faute d'appareils métrologiques suffisamment précis pour travailler sur les relations entre les intensités de précipitation et les débits liquides, entre les débits liquides et les débits solides.

Les principaux travaux sur les relations entre précipitations et débits ruisselés ont porté sur des parcelles de petite taille sous pluie contrôlée au moyen d'un simulateur de pluie (Collinet, 1988; Lafforgue, 1977 ; Casenave, 1982). Un limnigraphe mécanique de laboratoire à rotation rapide (12 $cm.h^{-1}$) enregistrait le remplissage d'une cuve collectrice du ruissellement. Dans ces conditions, étroitement contrôlées, il était possible de synchroniser manuellement l'enregistrement des précipitations et du ruissellement.

Par contre, sous pluie naturelle, la synchronisation des différents appareils est toujours délicate mais possible en effectuant des tops quotidiens dûment notés sur chaque enregistrement (bande ou rouleau de papier). Des limnigraphes à rotation rapide existent (OTT 10 équipé d'un mouvement B, OTT 8 à axe vertical), mais ils sont onéreux et nécessitent un passage quotidien pour le remontage du ressort. Aussi, les limnigraphes ou pluviographes mécaniques les plus souvent utilisés avaient une rotation beaucoup plus faible (respectivement 13,5 et 15,3 $mm.h^{-1}$), vitesse trop lente pour permettre le dépouillement des enregistrements avec un pas de temps inférieur à 5 minutes. En outre, avec les appareils mécaniques, la précision du calage horaire de l'enregistrement reste médiocre en raison du jeu résiduel entre pignons.

Un saut qualitatif dans l'acquisition des données a pu être réalisée récemment avec le passage à l'électronique et le branchement de capteurs différents (détecteur de proximité ou ampoule à mercure pour le pluviographe, capteur de pression pour le limnigraphe) sur une même centrale d'acquisition de données fonctionnant sur une seule base de temps.

Nous présentons dans cet article deux exemples d'utilisation d'enregistreurs des chutes de pluies et des hauteurs d'eau avec les résultats obtenus sous la forme de hyétogrammes et d'hydrogrammes :

- un premier exemple, avec des enregistreurs mécaniques installés sur les parcelles agronomiques de la région de Bidi, province du Yatenga, au nord-ouest du Burkina Faso,

- un second exemple, avec une centrale électronique d'acquisition de données, des capteurs de pression pour l'observation des hauteurs d'eau et un détecteur de proximité pour l'observation du basculement des augets du pluviographe sur les parcelles de ruissellement de la région de Thyssé-Kaymor, dans le sud Saloum au Sénégal.

1 LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL DES PARCELLES AGRONOMIQUES DE BIDI-SAMNIWEOGO (BURKINA FASO)

1.1 Problématique

Par un essai interdisciplinaire, réalisé de 1985 à 1990 dans la région de Bidi, au nord du Yatenga (nord-ouest du Burkina Faso), nous avons voulu préciser comment les trois pratiques de travail du sol avant semis, d'utilisation des eaux de ruissellement sous impluvium et de création d'obstacles filtrants modifiaient le milieu cultivé et la dynamique de l'eau, et quelles étaient les conséquences de telles pratiques sur la conduite d'un champ de mil et l'élaboration des rendements. Les principaux résultats de ces expériences sont présentés dans plusieurs articles (Lamachère 1991 ; Lamachère et Serpantié, 1991, 1992 a, 1992 b, 1997). Nous nous contenterons ici de présenter les aspects de nos expériences relatifs à la mesure des précipitations, des débits liquides et solides, et plus particulièrement aux problèmes de couplage dans le temps de ces observations.

Description des parcelles agronomiques

Le dispositif expérimental des parcelles agronomiques de Bidi est installé au lieu-dit Samniwéogo, sur le versant nord-est d'une petite butte cuirassée. Trois parcelles contiguës (figure 1), orientées dans le sens de la plus grande pente (2,5 %), ont été implantées de telle sorte qu'elles recouvrent dans leur tiers supérieur, sur la période 1985-1987, un impluvium inculte où la cuirasse ferrugineuse est proche de la surface du sol. La superficie des parcelles

était alors de 4 320 à 4 370 mètres carrés. De 1988 à 1990, le tiers supérieur des parcelles (1250 m^2) a été éliminé, en plaçant la limite supérieure des parcelles à la limite de l'aire cultivée.

Les deux tiers inférieurs des parcelles couvrent un sol constitué de sables éoliens dont l'épaisseur croît de 0,25 mètre près de l'impluvium, à 2,2 mètres en une quarantaine de mètres. Le sol filtrant, profond, est exploité par une monoculture de mil dont l'itinéraire technique suit le modèle de gestion paysanne des champs de brousse. En surface, le sol est sablo-limoneux (50 à 60 % de sables fins) de couleur brun-rougeâtre, il est sablo-argileux (15 à 20 % d'argiles) de couleur jaune rougeâtre en profondeur, à partir de 60 à 80 cm.

La parcelle la plus à gauche quand on regarde vers l'amont du versant est utilisée comme parcelle témoin. Elle est cultivée de manière traditionnelle. La parcelle médiane a subi un aménagement en cordons pierreux isohypses constitués d'une double rangée de blocs de cuirasse ferrugineuse (40 kg par mètre linéaire), espacés d'environ 20 mètres, soit 6 cordons pierreux de l'amont vers l'aval. Aucun cordon pierreux n'a été posé sur l'impluvium. La parcelle la plus à droite, quand on regarde vers l'amont du versant, est identique à la parcelle médiane mais elle est labourée vers la fin du mois de juin avant semis, selon les courbes de niveau avec une charrue bovine attelée.

1.2 L'instrumentation

Le dispositif pluviométrique

Le dispositif pluviométrique a fonctionné de 1985 à 1989 avec 4 pluviomètres et un pluviographe localisés sur la figure 1. Le pluviographe était de type Précis Mécanique à tambour, avec une rotation journalière du tambour, les pluviomètres ayant été répartis équitablement entre l'amont et l'aval des parcelles.

En 1990, compte tenu de l'absence de différences significatives entre les valeurs des pluies journalières observées aux différents pluviomètres depuis 1985, nous avons seulement conservé un pluviomètre en amont des parcelles et nous avons placé le pluviographe dans une petite station climatologique placée à proximité des parcelles. Cette station comprenait déjà un bac à évaporation, un pluviomètre standard (avec sa surface réceptrice placée 1 mètre au-dessus du sol) et un pluviomètre de type Snowdon, avec une surface réceptrice placée au niveau du sol et équipé d'un dispositif de protection contre le rejaillissement des gouttes de pluie.

La mesure des ruissellements

Chaque parcelle est limitée par des tôles galvanisées, fichées en terre sur une profondeur de 20 centimètres et dépassant de la surface du sol d'une vingtaine de centimètres. Les limites des parcelles sont implantées avec beaucoup de soin, de telle sorte qu'elles suivent rigoureusement la ligne de plus grande pente afin d'éviter la concentration des ruissellements d'un côté ou de l'autre, le long des bords des parcelles. En aval de chaque parcelle, une surface bétonnée, limitée par un muret haut d'une trentaine de centimètres, collecte les eaux de ruissellement jusqu'au dispositif de mesure des niveaux d'eau et des débits (figures 2, 3 et 4); ce dispositif comprend, de l'amont vers l'aval :

- un limnigraphe de type OTT 10 (tambour à rotation journalière et réduction 1/5) avec échelles limnimétriques permettant de lire directement la hauteur des niveaux d'eau,
- un canal jaugeur pour la mesure des forts débits (20 à 200 l/s),
- une fosse à sédiments équipée d'échelles limnimétriques et d'un second limnigraphe,
- un déversoir triangulaire à mince paroi pour la mesure des faibles débits (0 à 30 /s).

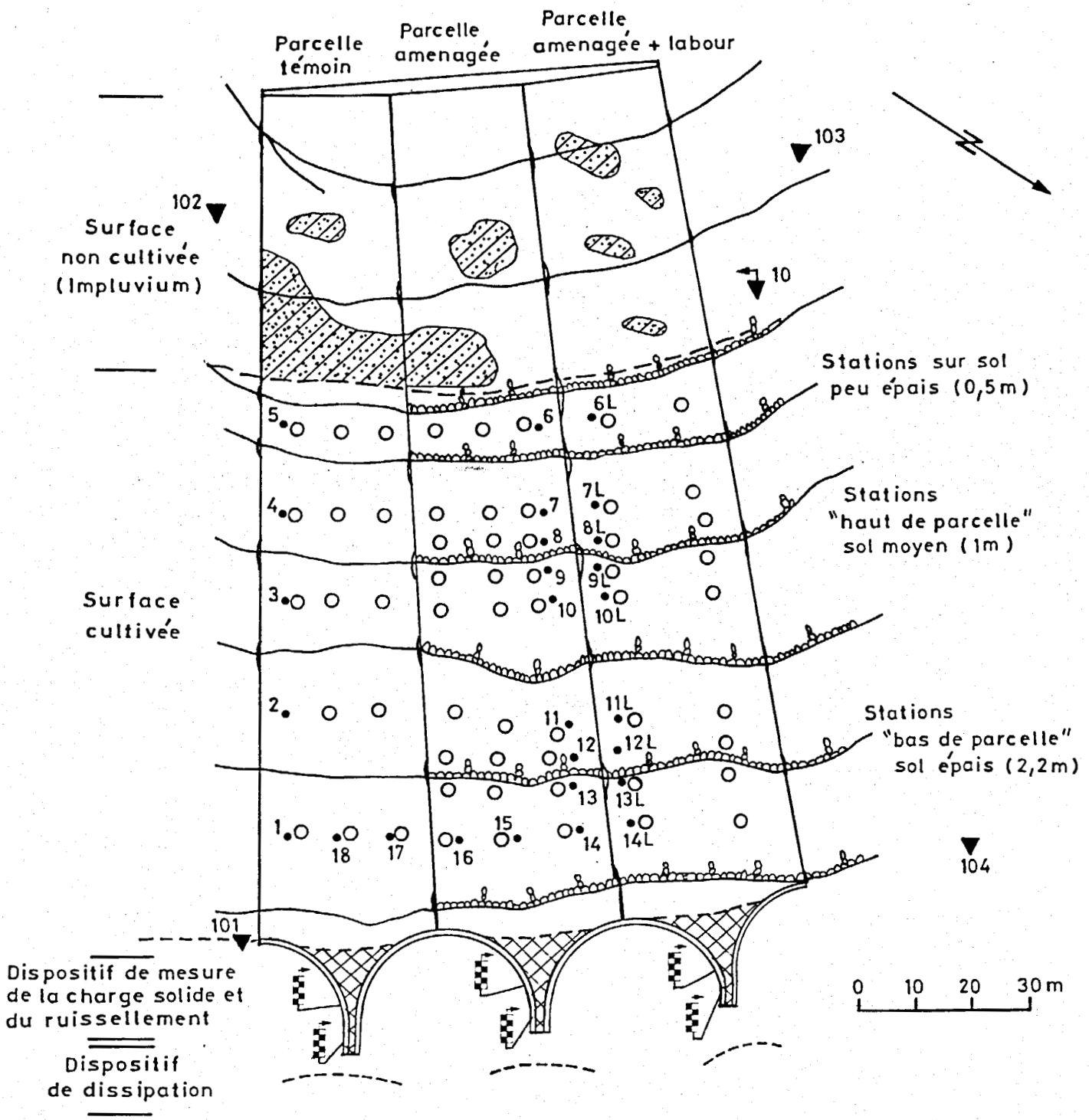

Figure n° 1 - Plan d'Ensemble de l'Essai "Ruissellement" à SAMNIWEOGO 1987

3• Point de suivi du Profil hydrique et phénologie

O Station de récolte

Microbuttes sableuses

Tôles (0,2m et 0,4m)

Muret (0,2m)

Exutoire en beton

(Pente générale 2,5 %)

Cordons pierreux (0,25m)

Courbe de niveau (0,5m)

102▼ Pluviomètre

10▼ Pluviographe

Limnigraphe et échelles limnimétriques

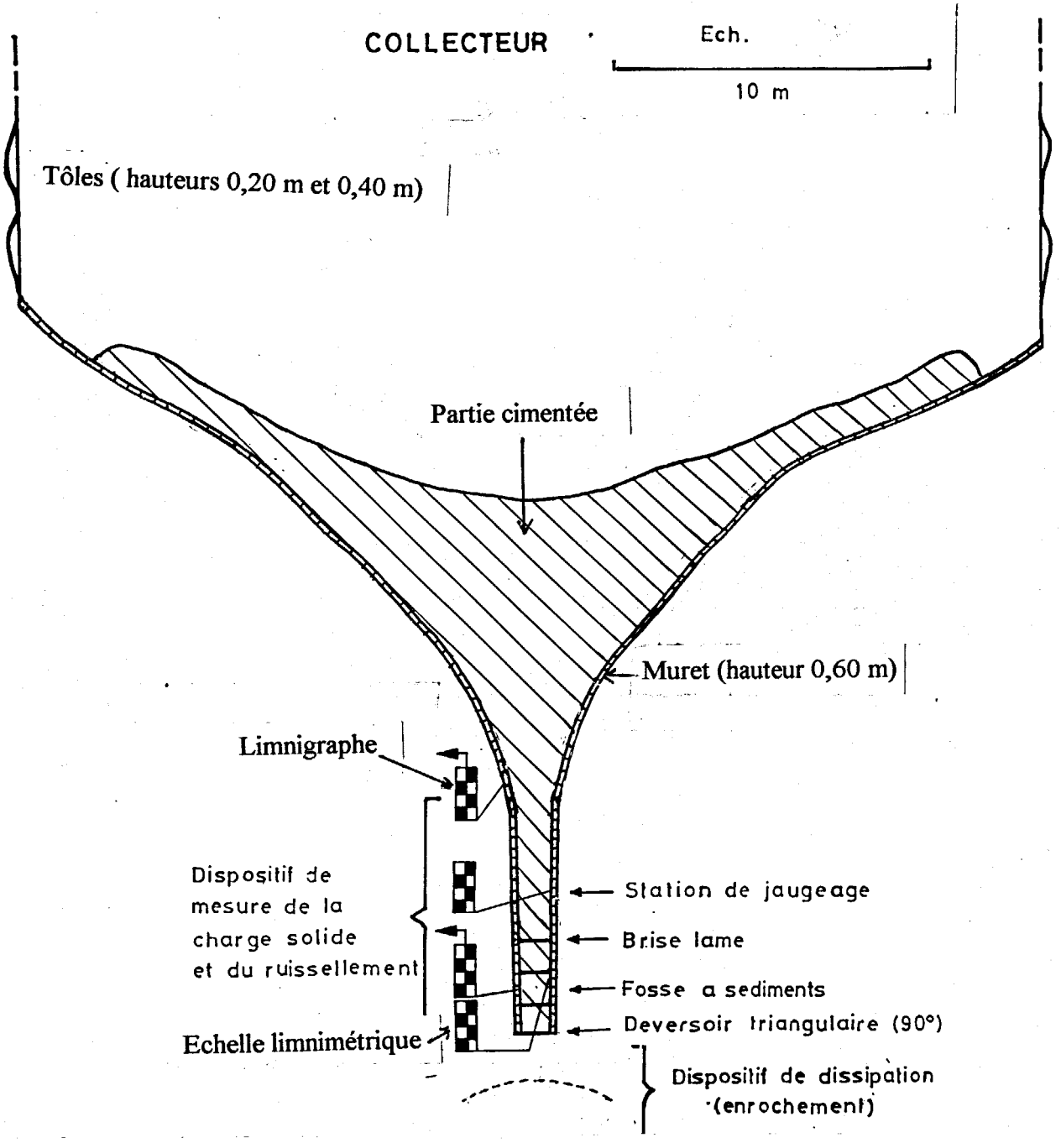

Figure 2 : Dispositif de mesure du ruissellement et de la charge solide en aval des parcelles agronomiques de Bidi-Samniwéogo.

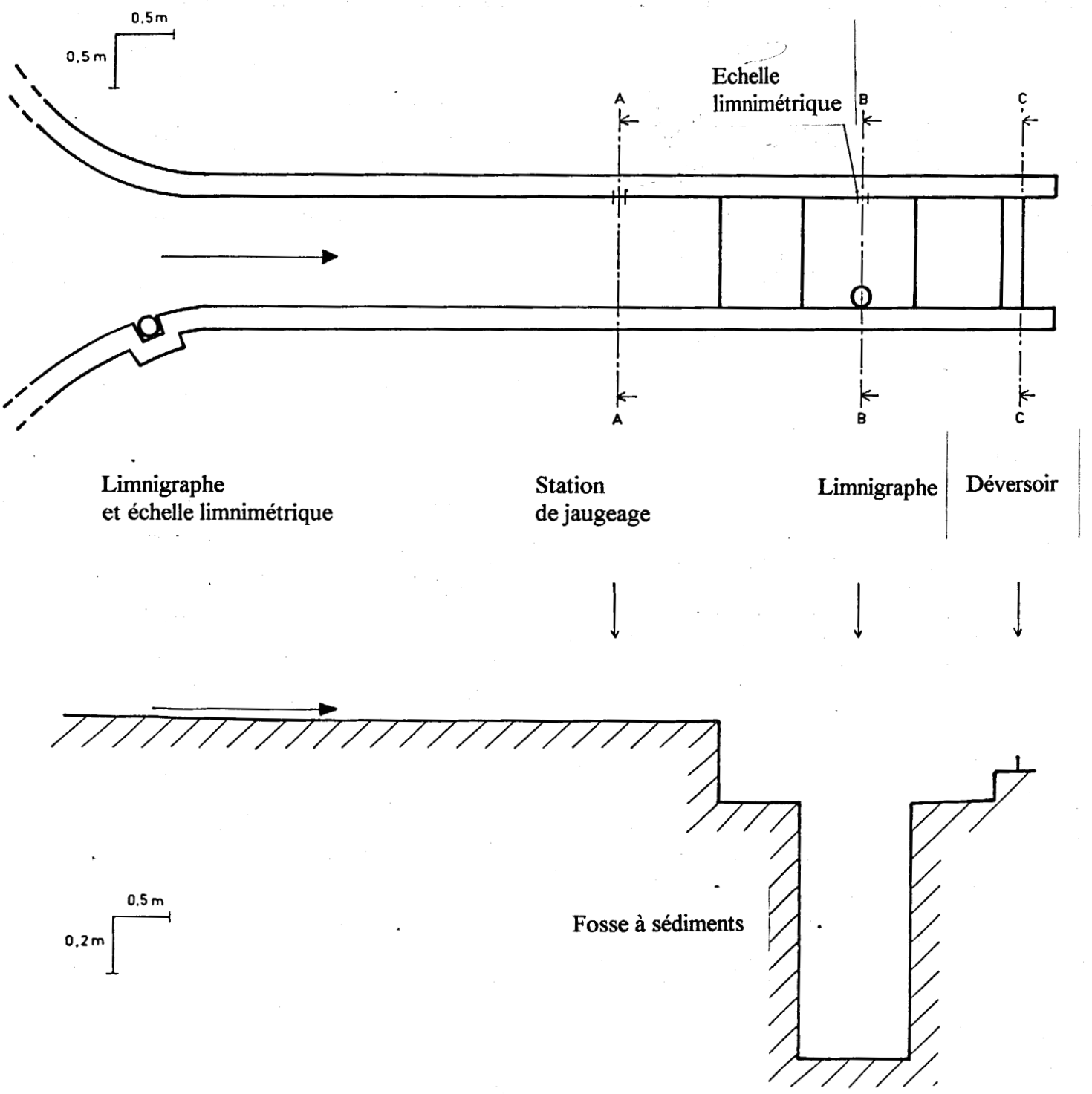

Figure 3 : Vue en plan et profil en long du dispositif de mesure du ruissellement et de la charge solide sur les parcelles agronomiques de Bidi-Samniwéogo.

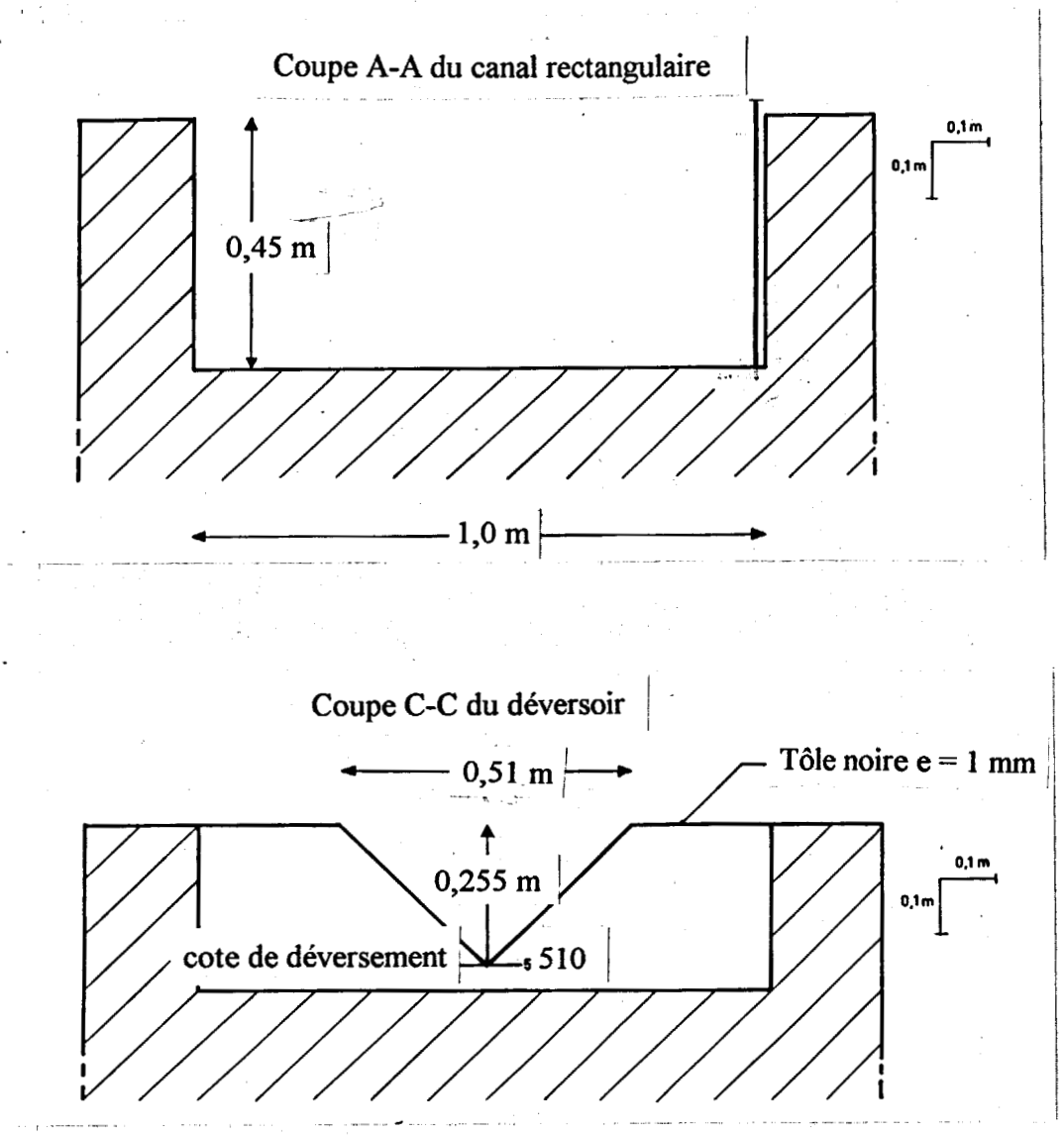

Figure 4 : Coupes en travers amont (A-A) et aval (C-C) du dispositif de mesure du ruissellement.

La mesure des transports solides

Pour la mesure des transports solides, deux techniques ont été associées :

- d'une part les prélèvements, à cotes fixes, à la bouteille de 0,5 litre pour la mesure des matériaux en suspension associés aux débits liquides transitant au niveau du déversoir triangulaire situé en aval du dispositif,

- d'autre part la collecte des matériaux charriés déposés sur l'aire bétonnée, aménagée avant et après la fosse à sédiments, et décantés dans la fosse à sédiments.

Afin de limiter le nombre d'échantillons prélevés au cours des crues, compte tenu de l'amplitude maximale des crues (30 cm), il a été demandé aux techniciens chargés d'encadrer les observateurs d'effectuer les prélèvements à cotes fixes, à raison d'un prélèvement tous les 5 cm en crue et en décrue. En cas d'étalement des niveaux d'eau, sans variations sensibles, il était également demandé d'effectuer un prélèvement toutes les 10 minutes. Malgré ces consignes restrictives, le nombre d'échantillons prélevés par forte crue est resté de l'ordre de 15 à 20 bouteilles par station, soit environ 60 bouteilles pour une grosse crue sur l'ensemble

des 3 stations. Il s'est donc avéré indispensable de filtrer rapidement les échantillons après chaque crue et d'assurer le séchage des filtres et des sédiments déposés sur les filtres.

L'expérience a montré qu'il était nécessaire de peser les filtres secs avant utilisation, en indiquant leur poids au stylo bille sur le filtre. Le poids de chaque filtre varie en effet d'un filtre à l'autre, l'écart maximal observé étant de 0,5 g sur un poids moyen de 2,5 g.

La collecte des sédiments déposés sur les aires bétonnées a été effectuée le jour qui suit la crue, en fin de matinée, après un premier séchage au soleil. Les sédiments ont été stockés dans des morceaux de tissus pour un séchage complémentaire avant pesée.

La collecte des sédiments déposés dans la fosse (capacité 1 m^3) s'est avérée beaucoup plus délicate car il fallait tout d'abord vider l'eau stockée au-dessus des sédiments. Cette opération a été réalisée régulièrement et rapidement grâce à une motopompe. Des prélèvements ont été effectués à la sortie de la pompe, tous les 20 cm à la descente des niveaux dans la cuve. Le reste de la vase au fond de la fosse a été placé dans des seaux (capacité maximale de 20 litres par seau, 1 à 3 seaux par fosse), préalablement étalonnés en fonction de leur capacité. Les seaux ont été pesés avec et sans leur contenu, puis un échantillon a été prélevé dans chaque seau après homogénéisation du mélange. Cet échantillon a suivi le même traitement que les autres.

1.3 La précision des observations

La précision des observations pluviométriques

La comparaison des hauteurs pluviométriques observées en amont et en aval des parcelles permet de conclure à des différences faibles, inférieures à 5%, non systématiquement excédentaires d'un côté ou de l'autre des parcelles. La comparaison des pluviométries observées au pluviomètre standard et au pluviomètre placé au niveau du sol, dans la petite station climatique de Samniwéogo (Lamachère 1993), montre que les observations effectuées au niveau du sol (Y) sont en moyenne systématiquement et légèrement plus fortes que celles qui sont observées au pluviomètre standard (X). La relation moyenne entre les deux variables est la suivante : $Y = 1,06\ X$.

De même, à la station de Samniwéogo, la pluviométrie observée au pluviomètre standard (X) est en moyenne systématiquement plus forte que la pluviométrie observée au pluviographe de type Précis Mécanique avec carter (Z). La relation moyenne entre les variables est la suivante :

$X = 1,12\ Z$.

Les écarts entre observations pluviométriques au niveau du sol et au pluviomètre standard, avec une surface réceptrice placée 1 mètre au-dessus du sol, ont déjà fait l'objet de plusieurs publications. En Afrique de l'Ouest, les travaux de Chevallier et al. (1985, 1986) font la synthèse des résultats obtenus. Si on compare nos propres résultats avec ceux présentés par Chevallier et Lapetite (1986), on constate que la valeur de 1,06 est nettement plus faible que la valeur de 1,36 qui correspond, pour la latitude de la station de Bidi-Samniwéogo, au rapport entre la pluie au sol et la pluie observée 1 mètre au-dessus du sol pour une fréquence annuelle des pluies journalières.

On observe également que les écarts observés entre la pluviométrie au sol et la pluviométrie mesurée 1 mètre au-dessus du sol varient d'une pluie à l'autre, probablement en relation avec la vitesse du vent. La pluie observée au pluviomètre standard doit donc être considérée comme un indicateur significatif de la quantité d'eau reçue par le sol mais, sous certaines latitudes, cette quantité est systématiquement sous-estimée. Pour les parcelles de Bidi-Samniwéogo, pour obtenir la pluie au sol, nous avons multiplié les

observations au pluviomètre standard par des valeurs comprises entre 1,0 et 1,21, la valeur moyenne étant égale à 1,06. En utilisant ce coefficient moyen, la précision est de 10 % (+ ou - 10%), l'écart maximal pouvant être égal à 14 %.

La précision des observations limnimétriques

L'utilisation des limnigraphes mécaniques posent deux problèmes de calage :

- un calage dans le temps du limnigramme de la crue,
- un calage vertical des niveaux d'eau enregistrés sur le limnigramme.

La figure 5 présente les limnigrammes amont et aval enregistrés le 22 août 1986 en aval de la parcelle médiane, aménagée avec des cordons pierreux, non labourée avant semis. Sur ces deux limnigrammes, l'indication du temps ne figure qu'à la pose des feuilles (le 20/08/1986) et à la dépose des feuilles (le 23/0/1986), de telle sorte qu'il est très difficile d'obtenir une précision du temps supérieure à 5 minutes.

En ce qui concerne les hauteurs d'eau, seule la lecture directe des échelles limnimétriques pendant la crue, la notation de l'heure correspondante à la minute près et son report sur l'enregistrement permet de situer avec précision la position verticale de l'enregistrement par rapport aux échelles limnimétriques.

Sur la figure 5, cette opération de notation des cotes en cours de crue a été faite à la cote 108 aux échelles amont, sans qu'ait été précisée l'heure de cette lecture, à la cote 506 aux échelles aval, à 12 h 48 le 23 août 1986. Par ailleurs, le limnigraphe amont est équipé d'une poulie réductrice 1/2,5 ; c'est à dire qu'un centimètre sur le papier correspond à 2,5 cm de montée ou de descente des niveaux d'eau. En raison d'une mauvaise adéquation entre la poulie réductrice et la taille du flotteur pour le limnigraphe amont, la courbe enregistrée présente des paliers qui correspondent à des anomalies dans l'enregistrement des hauteurs d'eau, anomalies dont il faut tenir compte dans le dépouillement. Le limnigraphe aval est équipé d'une poulie réductrice 1/5 et ne présente pas ce genre d'anomalie.

La précision de l'enregistrement des hauteurs d'eau est finalement de 1 cm avec les deux limnigraphes. L'utilisation d'une poulie réductrice deux fois plus précise sur le limnigraphe amont ne s'est pas traduit, au niveau du l'enregistrement, par une amélioration de la précision de l'enregistrement.

Afin d'améliorer la précision des observations limnimétriques, nous avons demandé aux observateurs de lire la cote aux échelles amont toutes les 2 minutes pendant 40 minutes, à partir de la montée de la crue.

La précision dans l'estimation des débits liquides

La traduction de la hauteur d'eau en débit n'est possible que par l'établissement des courbes de tarage fournissant les variations du débit en fonction de la cote observée aux échelles limnimétriques. Pour les parcelles agronomiques de Bidi-Samniwéogo, nous avons établi deux séries de courbes de tarage : une première série pour les échelles amont et une seconde série pour les échelles aval.

Des jaugeages à la capacité (seau de 20 litres), en aval du déversoir en V, permettent d'étalonner la partie basse de la courbe de tarage (0 à 5 l/s) des échelles situées en aval, dans la fosse à sédiments.

Des jaugeages au micromoulinet (hélice de diamètre 3 à 5 cm) dans le canal rectangulaire permettent de dessiner la partie haute de la courbe de tarage des échelles aval (5 à 25 l/s) et de dessiner une bonne partie de la courbe de tarage des échelles situées en amont du canal (0 à 60

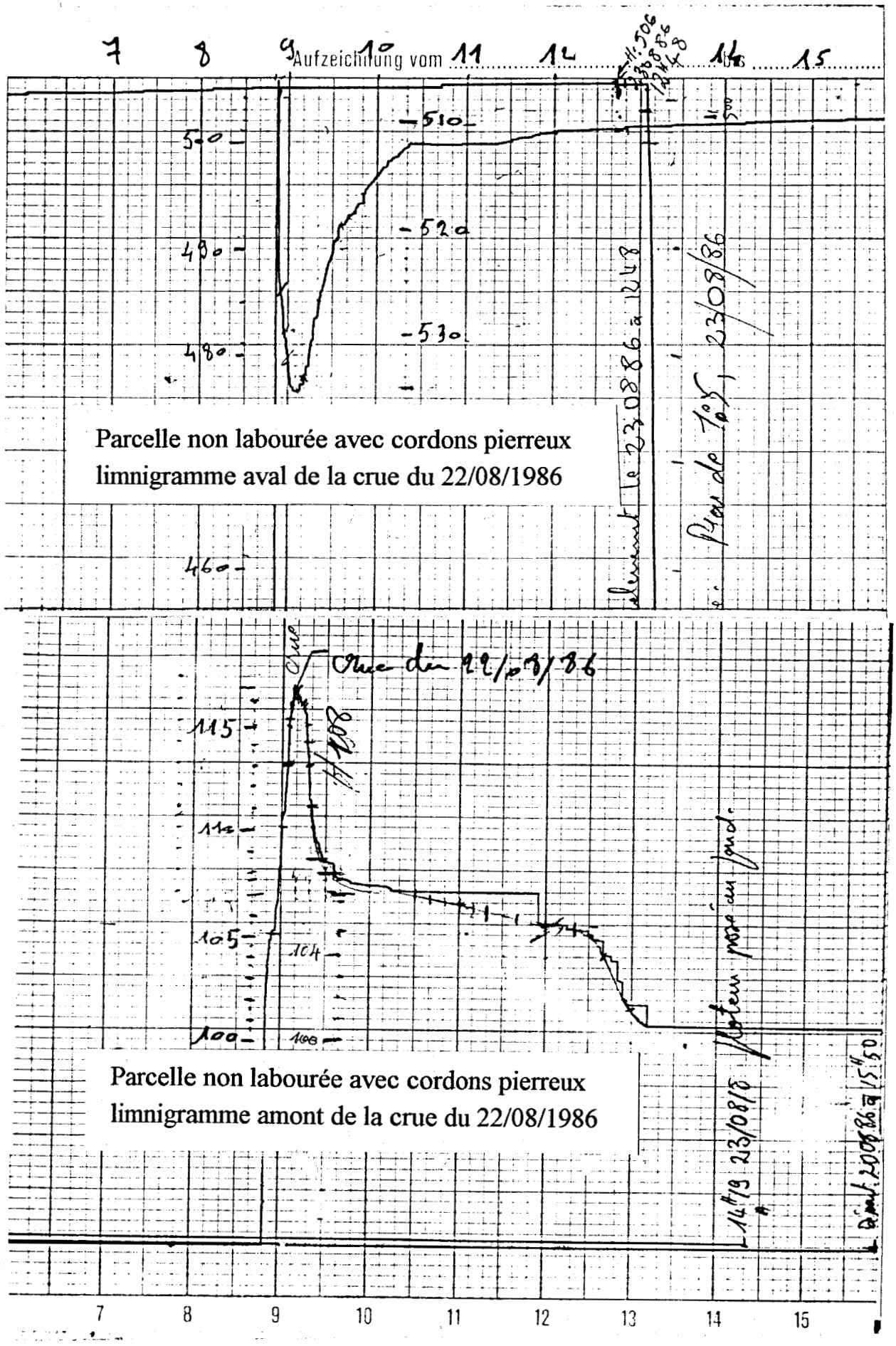

Figure 5 : Enregistrements amont et aval de la crue du 22 août 1986 sur la parcelle non labourée aménagée avec des cordons pierreux

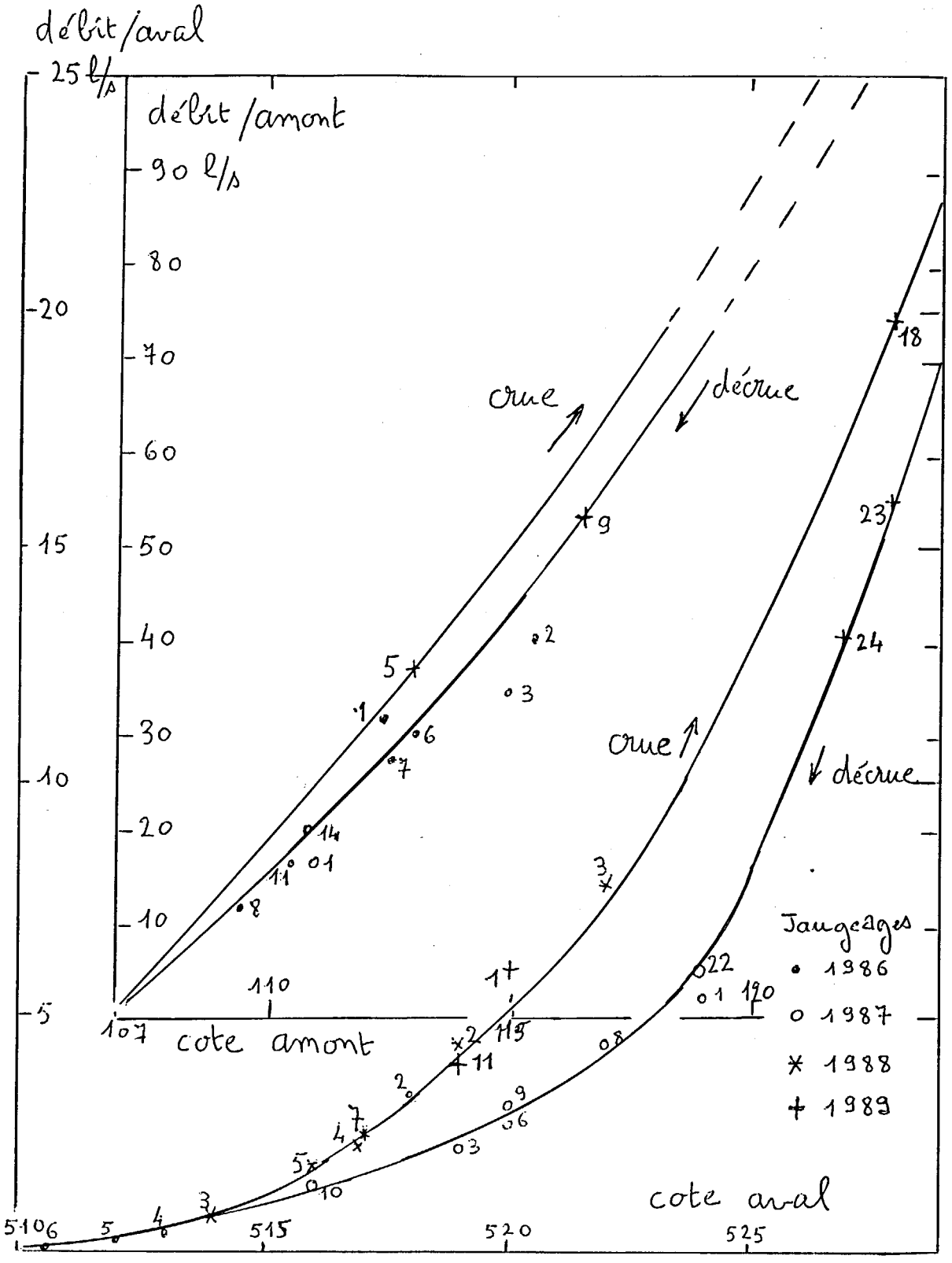

Figure 6 : Courbes de tarage amont et aval de la parcelle non labourée, aménagée avec des cordons pierreux.

l/s). Pour la partie supérieure de la courbe de tarage des échelles amont (60 à 120 l/s), il faut faire appel aux calculs hydrauliques pour extrapoler la courbe de tarage.

La figure 6 présente les courbes de tarage des échelles amont et aval de la parcelle non labourée avec cordons pierreux. Les deux courbes de tarage présentent un dédoublement de leurs tracés. Il existe en effet aussi bien pour les échelles amont que pour les échelles aval, une courbe de tarage à la montée de la crue et une autre courbe de tarage à la décrue. Pour une même cote aval, le débit en crue peut atteindre le double du débit en décrue. Par contre, aux échelles amont, l'écart entre les deux courbes ne dépasse pas 15 % du débit en crue.

Après l'étalonnage des canaux jaugeurs et des déversoirs, le double dispositif d'enregistrement des niveaux d'eau permet finalement d'obtenir une précision de 20 % dans l'estimation des débits aux exutoires des parcelles. Pour les faibles débits, c'est la précision de la mesure des hauteurs d'eau qui détermine l'incertitude sur les débits. Pour des forts débits, c'est l'imprécision sur l'étalonnage du canal qui se révèle déterminante.

La précision dans l'estimation des transports solides

Pour les prélèvements effectués à la bouteille, il faut à la fois mesurer le volume liquide prélevé et mesurer le poids de sédiments secs déposés sur le filtre après filtration et séchage. En ne mesurant pas le volume prélevé, lorsque le flacon a été rempli correctement, les erreurs ne dépassent pas 2 % sur l'estimation du volume. Par contre, ne pas mesurer le poids du filtre avant son utilisation peut occasionner des erreurs importantes allant jusqu'à doubler ou à diviser par deux la valeur de la concentration des matières en suspension. Pour une concentration de 1 g/l, le poids de sédiments filtrés dans 500 g de liquide est de 0,5 g ; or les écarts observés entre poids des filtres peut aller jusqu'à 0,3 g. **Pour estimer correctement la concentration des eaux de crue, il nous a donc fallu impérativement peser au préalable tous les filtres utilisés à l'aide d'une balance de précision au centième de gramme.**.

Pour les sédiments déposés sur l'aire bétonnée, l'erreur provenait de la plus ou moins bonne précision de la balance, compte tenu du poids des sédiments recueillis. La balance romaine à fléau utilisée fournissait une mesure à 50 g près. Pour des pesées supérieures au kg, la précision était donc supérieure à 5 %.

Pour les sédiments décantés dans la fosse de 1 m^3, l'erreur est difficile à estimer. Elle dépend en partie de la bonne qualité du mélange réalisé avant la prise d'échantillon, qualité qui varie avec la concentration en matières solides. Par sécurité nous avons pesé systématiquement les seaux avec leurs contenus. La précision sur la mesure du volume stocké dans le seau est de 0,5 litre (2 à 3 %). La précision sur le poids total du seau avec le mélange est de 3 à 4 %. La précision totale sur les mesures de charge solide décantée dans la fosse peut donc être estimée comprise entre 10 %et 20 %.

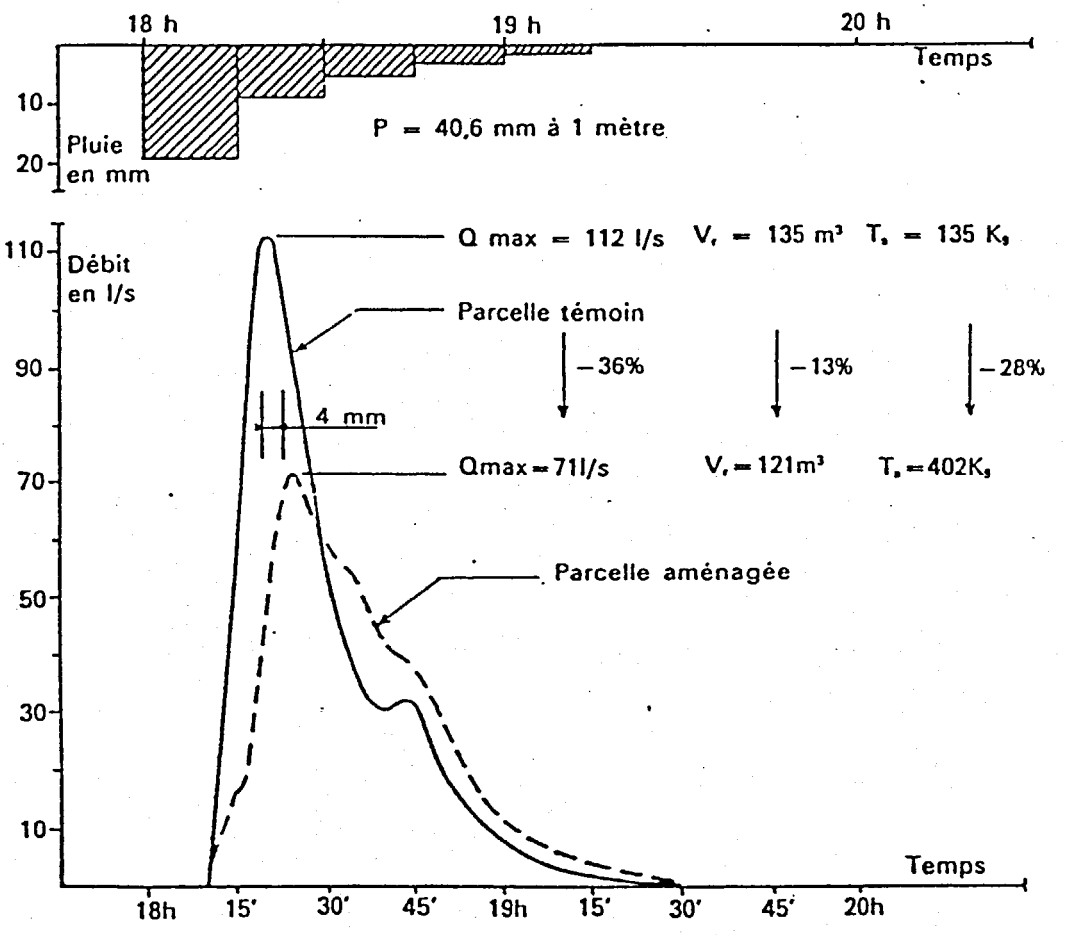

Figure 7. Crues du 13 juillet 1986 sur les parcelles agronomiques de Samniweogo.

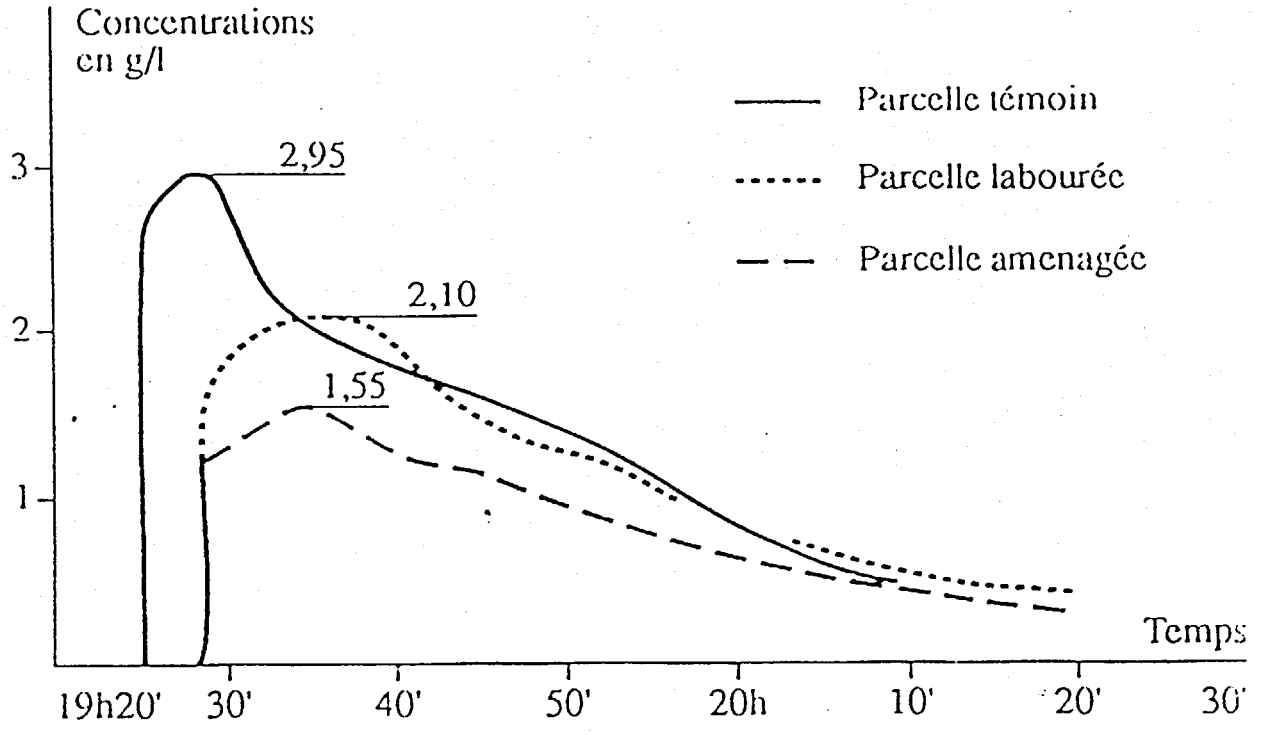

Figure 8. Turbidigrammes des crues du 15 août 1988 sur les parcelles agronomiques de Bidi. Samniweogo.

2 LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL DES PARCELLES DE RUISSELLEMENT DE THYSSE-KAYMOR (SENEGAL)

2.1. Problématique

Classiquement, l'importance et l'intensité du ruissellement, en un site restreint, sont expliqués par des facteurs relativement constants et intrinsèques (topographie, nature du sol), des facteurs contingents (hyétogramme de la précipitation, stock hydrique) et des facteurs évolutifs (état de surface, couvert végétal). Dans la savane soudano-sahélienne, l'évolution saisonnière du couvert végétal apparaît comme l'un des facteurs primordiaux: de nombreux auteurs (RODIER 1986, ALBERGEL 1988) ont attribué les forts coefficients d'écoulement de début d'hivernage aux sols encore dénudés à cette date. Dans les zones rurales densément peuplées, les cultures occupent l'essentiel du paysage et les travaux avant semis, soit avant les premières pluies, entraînent une dénudation complète. Deux mois plus tard (mi-août), le recouvrement végétal atteint 80 à 100%. CASENAVE et VALENTIN (1989) ont ainsi proposé de minorer les fonctions de production (pluie-lame ruisselée) pour un état de surface donné au-delà d'un seuil de 50% de couverture végétale. THEBE (1987) a directement introduit le pourcentage de couvert végétal comme variable explicative dans la fonction de production de petits bassins du nord-Cameroun. La nature du couvert végétal à travers son port doit aussi être prise en compte: PEREZ (1994) a ainsi observé de plus faibles coefficients de ruissellement sous couvert d'arachide que de mil, sur des parcelles de 50 m^2.

2.2 Dispositif expérimental

Pour suivre l'évolution saisonnière de la relation pluie-débit sur différents couverts, 4 parcelles (5 x 10 m) de ruissellement mitoyennes (pour avoir des caractéristiques pédologiques équivalentes) ont été délimitées. Deux ont été cultivées en mil et arachide, une laissée en jachère et la dernière maintenue dénudée au moyen d'un désherbant chimique (pour éviter les sarclages modifiant l'état de surface). Chacune des cuves (1 m^2 de section) réceptrices du ruissellement a été équipée d'un capteur de pression piézo-capacitif (Keller PR 46) mesurant potentiellement des hauteurs d'eau entre 0 et 2 m avec une précision de 2 mm, soit une précision sur la lame ruisselée de 0,04 mm (2/50). Chaque capteur, alimenté en 12 volt, délivre en sortie une tension (0-2500 mv) transformable linéairement en hauteur d'eau corrigée de la pression atmosphérique. Les 4 capteurs sont reliés à une centrale d'acquisition de données Campbell (CR10). La centrale est alimentée en 12 v par batterie rechargée par panneau solaire. La centrale interroge les capteurs toutes les 5 s mais ne stocke le couple (date, hauteur d'eau) que lorsqu'il y a une variation significative (4 mm) entre la hauteur lue et la dernière hauteur stockée. Le pluviographe est équipé d'un détecteur de proximité placé vis-à-vis du fléau séparant les deux augets. À chaque basculement des augets, le détecteur excite un relais fermant un circuit relié à la centrale. La centrale enregistre la date de chaque basculement. Un résultat similaire peut s'obtenir en utilisant, plus simplement, une ampoule de mercure (commercialisée par le fabricant du pluviographe) solidaire des augets. À chaque basculement, le mercure ferme le circuit relié à la centrale. Sur une même base de temps, la centrale stocke les hauteurs d'eau des 4 cuves et les basculements du pluviographe. Seuls 4 des 12 canaux de mesure de la tension sur la centrale sont utilisés.

La figure 9 suivante détaille un dispositif désormais classique d'étude du ruissellement (PEUGEOT (1995), SÉGUIS (1996)) sur parcelle.

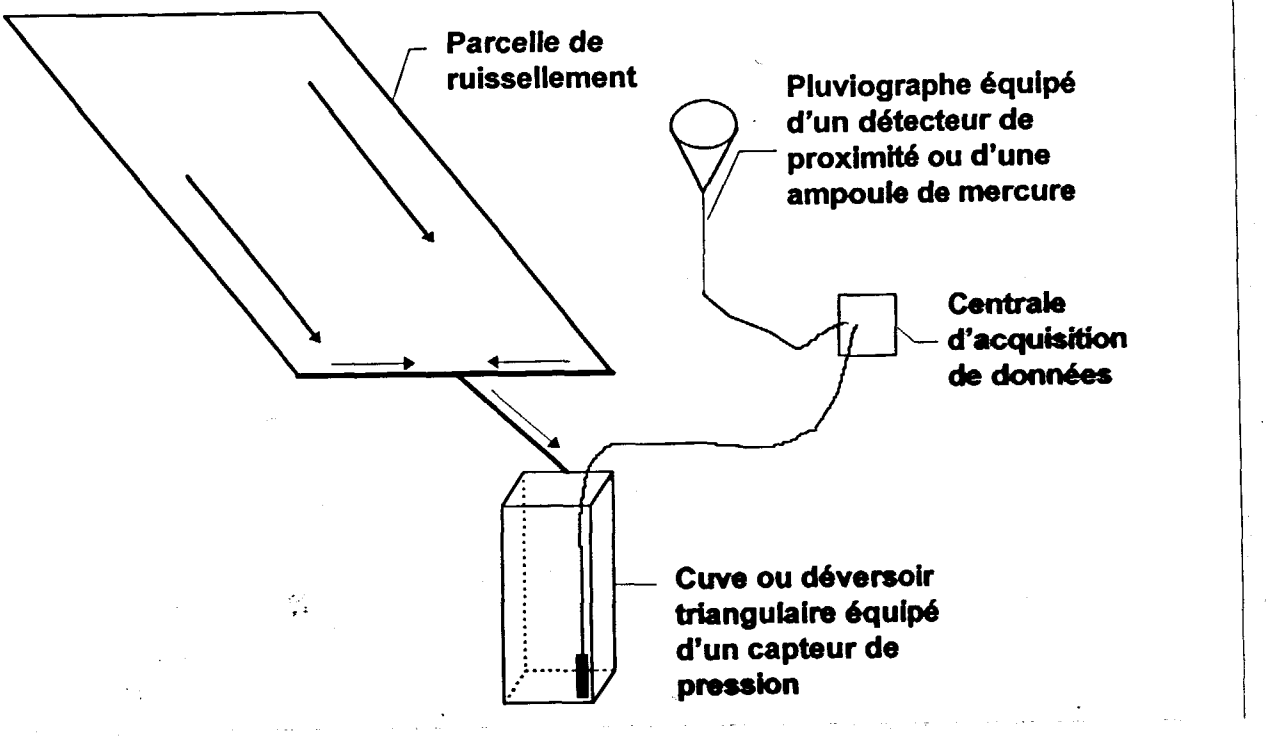

Figure 9 : Chaîne d'acquisition de données pluie-débit.

2.3. Exemples d'événements dépouillés

La figure 10 présente, au pas de la minute, les données d'un événement averse-crue. Le pas fin de dépouillement évite l'écrasement des pics d'intensité, habituel lorsqu'on dépouille avec un pas de temps de 5 minutes. De plus, le fait d'enregistrer les données sur la même base de temps permet de travailler avec sûreté sur les temps : sur la figure 10, on distingue des différences, pour les différents couverts, entre le temps écoulé entre les maxima d'intensité précipité et ruisselé : une minute sur la parcelle nue et 3 minutes sur les parcelles en végétation.

Le pas fin de dépouillement permet également d'évaluer la transformation des états de surface au cours de l'averse : à la suite d'un sarclage, on constate une absence d'écoulement de la parcelle d'arachide pour le premier pic d'intensité. Puis le microrelief s'atténuant, le ruissellement apparaît au second pic d'intensité précipité (Figure 11).

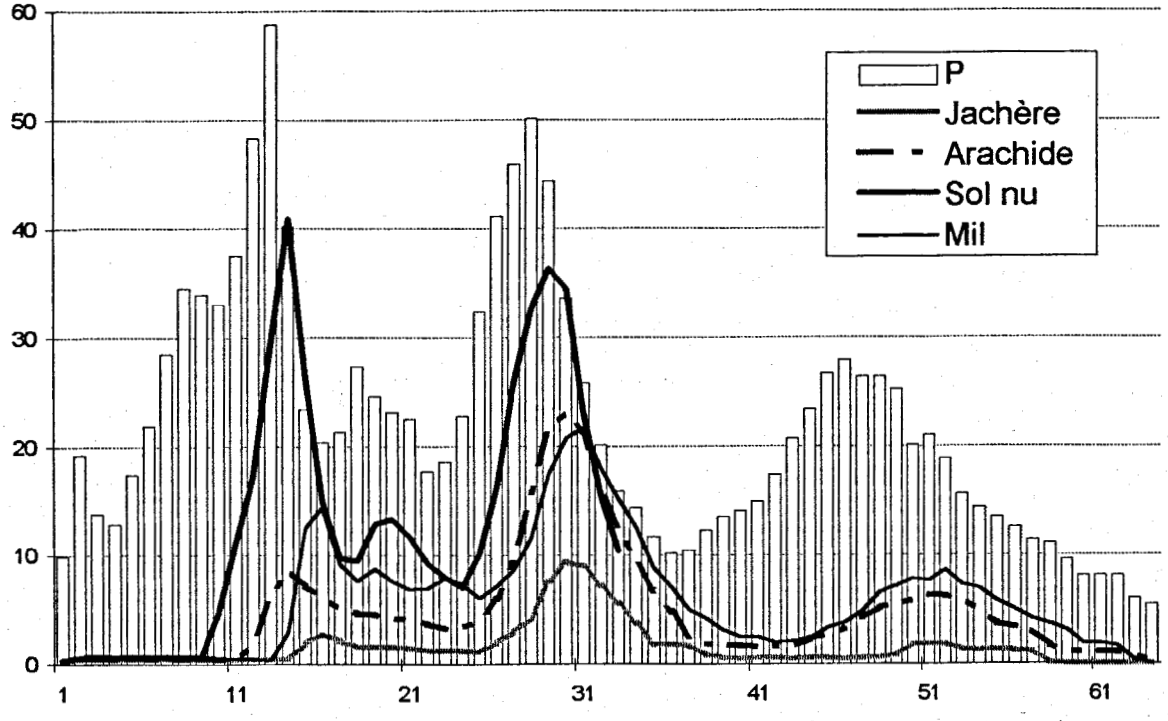

Figure10 : Exemple de ruissellement en fonction du couvert végétal.

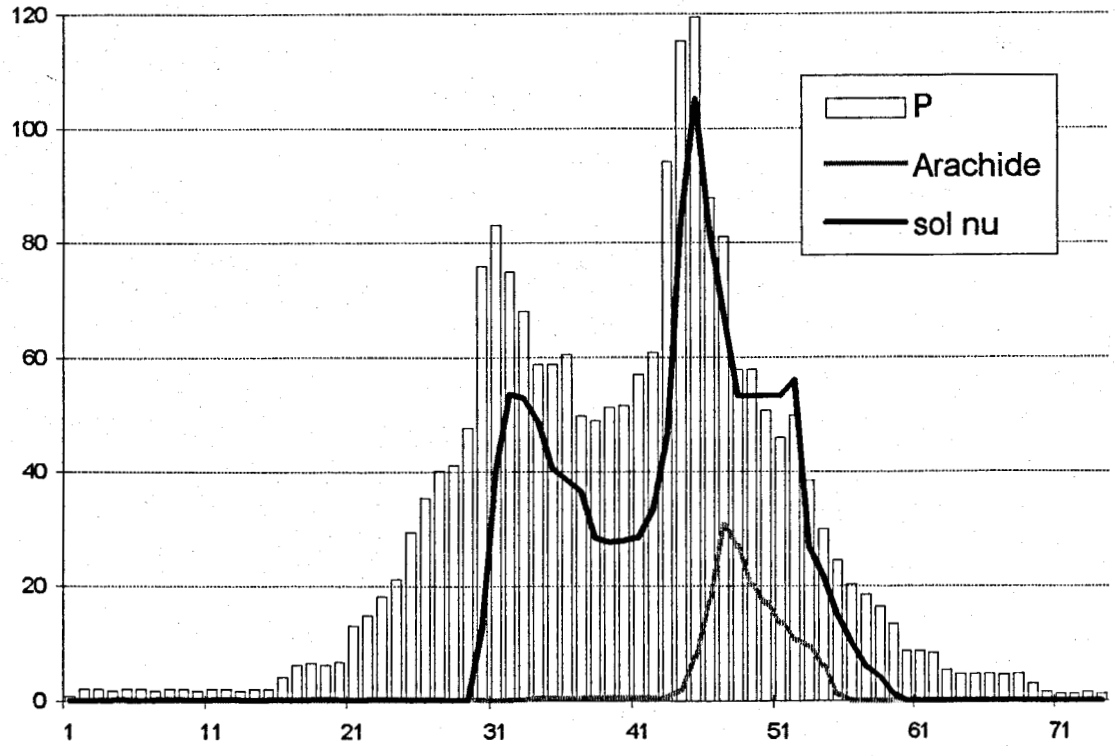

Figure 11 : Exemple d'une modification de l'état de surface en cours d'averse pour une parcelle d'arachide après un sarclage.

BIBLIOGRAPHIE

CASENAVE A., 1982. Le minisimulateur de pluie. Conditions d'utilisation et principes de l'interprétation des mesures. *Cah. ORSTOM., Sér. Hydrol., 19* : 207 - 227.

CASENAVE A. et VALENTIN C., 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. *Coll. Didactiques. ORSTOM éd.*, Paris, 230 p.

CHEVALLIER P., CLAUDE J., POUYAUD B. ET BERNARD A. 1985. Pluies et crues au Sahel. Hydrologie de la Mare d'Oursi (Burkina Faso). 1976-1981. Travaux et Documents de l'Orstom, Paris, n° 190.

CHEVALLIER P. ET LAPETITE J.M. 1986. Note sur les écarts de mesure observés entre les pluviomètres standard et les pluviomètres au sol en Afrique de l'Ouest. Hydrologie Continentale (2), 11-119.

COLLINET J., 1988. Comportements hydrodynamiques et érosifs de sols de l'Afrique de l'ouest. Evolution des matériaux et des organisations sous simulation de pluies. *Thèse, Université de Strasbourg.*

LAFFORGUE A., 1977. Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles. *Cah. ORSTOM., Sér. Hydrol., 14*,: 299 - 344.

LAMACHERE J.M. 1991. Aptitude au ruissellement et à l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. *In Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone. Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991. IAHS Publ. n°199*, 109-119.

LAMACHERE J.M. ET SERPANTIE G. 1991. Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne, Burkina Faso, province du Yatenga, région de Bidi. *In Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride. Ed. Scient. A. Kergreis et J. Claude, AUPELF-UREF.* John Libbey Eurotext, Paris, 165-178.

LAMACHERE J.M. ET SERPANTIE G., 1992. Improvement of cultivated slopes in sudano-sahelian areas thanks to permeable microdam systems. Communication 6 th International Soil Conservation conference (ESCO) Addis Abeba, 6-12 november 1989. In Erosion, conservation and small-scale farming, ed. by Hans Hurni and Kebede Tato, pub. by Geographica Bernensia, ISCO and WASWC : 459-469.

LAMACHERE J.M. 1993. Observations pluviométriques aux postes de Bidi-Nayiri et Bidi-Samniwéogo sur la période 1985-1992. Programme de recherche sur la caractérisation et le fonctionnement des hydrosystèmes naturels et anthropisés de la région de Bidi, province du Yatenga, Burkina Faso. Centre ORSTOM de Ouagadougou, 57 p.

PEREZ P., 1994. Genèse du ruissellement sur les sols cultivés du sud Saloum (Sénégal). Du diagnostic à l'aménagement de parcelle. *Thèse de doctorat sciences agronomiques. ENSA*, Montpellier, 250 p.

PEUGEOT C., 1995. Influence de l'encroûtement superficiel du sol, sur le fonctionnement hydrologique d'un versant sahélien (Niger). Expérimentations in situ et modélisation.. *Thèse, Université J. FOURIER* - Grenoble I, 317 p. plus annexes.

RODIER, J.A., 1986. Caractéristiques des crues des petits bassins versants représentatifs au Sahel. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XXI, n°2*, pp 3-26 plus annexes

ROOSE E., 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles. *ORSTOM Paris, Travaux et doc. N° 78*, 105 p.

SÉGUIS L., 1996. Microbassin S5. Rapport hydrologique. Hivernage 1995. Thysse Kaymor (Sénégal). *Rapport interne, ORSTOM éd.*, Dakar, 22 p. plus annexes.

THEBE, B., 1987. Hydrodynamique de quelques sols du Nord-Cameroun. Bassins versants de Mouda. Contribution à l'étude des transferts d'échelles. *Thèse de doctorat sciences hydrologiques, U.S.T.L*, Montpellier, 306p.