



# Cuvette de Nianga

## **Rapport hydrologique Hivernage 1991**

(première partie)

---

L. SEGUIS, G. DUBEE

---

Dakar

Mars 1992

### **Avertissement**

Ce rapport présente les principales données de terrains (jaugeages et radiométrie des surfaces en eau) et leurs interprétations. Les données limnimétriques, la topographie de la cuvette et leur utilisation à la modélisation hydrologique de la cuvette feront l'objet du prochain rapport.

## Chapitre I - Description sommaire de la cuvette et des sites d'installations

La cuvette (Cf. figure I.1) a la forme d'une ellipse de grand-axe de direction nord-est, sud-ouest mesurant 23 km et de petit axe mesurant 11 km. La partie sud est délimitée par la route St. Louis à Bakel en bordure des zones anciennement inondables. La route rejoignant Podor fait office de digue contre les crues du Doué. Au village de Guia, la digue se poursuit vers l'ouest limitant le périmètre irrigué dit de Nianga (1000 ha aménagés environ). La digue s'incurve ensuite vers le sud pour rejoindre la route St. Louis-Bakel à hauteur de N'Diayène. A l'intérieur de cette ceinture, une digue est-ouest protège la partie sud du périmètre irrigué. Une dernière digue de direction nord-sud sépare les zones non encore aménagées amont et aval.

Les effluents du Doué alimentant la cuvette sont le Diossorol et le Wali Diala. Le N'Galenka, effluent du Sénégal, alimente la cuvette au sud-ouest. La station de pompage du périmètre se situe à l'effluence du Wali Diala. Le Wali Diala et le Namardé, plus à l'est, forment le réseau de drainage primaire du périmètre irrigué. A leur entrée dans partie non aménagée de la cuvette, le Diossorol, le Wali Diala et le N'Galenka sont barrés par des ouvrages vannés.

Les stations hydrométriques (limnigraphe, échelle) sont implantés en ces sites à l'exception du Wali Diala, où le mouvement de l'eau n'est pas perceptible. Ceci est également valable pour la station du pont Garl. Une dernière station hydrométrique est installée à la digue nord-sud afin de contrôler les lachures de la cuvette amont. Deux échelles ont été placées, l'une à l'effluence du Diossorol, sur le Doué, l'autre sur le Diossorol, à Dioundou, au centre de la cuvette amont.

En fonction des voies d'accès, quatre pluviographes ont été posés.

## Chapitre II - La pluviométrie

Trois stations longue durée encadrent la cuvette de Nianga : Podor (10 km au nord), Guédé Chantier (17,5 km à l'est) et Fanaye diéri (31 km à l'ouest). Sur la période 1930-1989, les moyennes interannuelles sont respectivement égales à 284, 289 et 275 mm. La moyenne à Podor de 1980 à 1990 s'est abaissée à 185 mm.

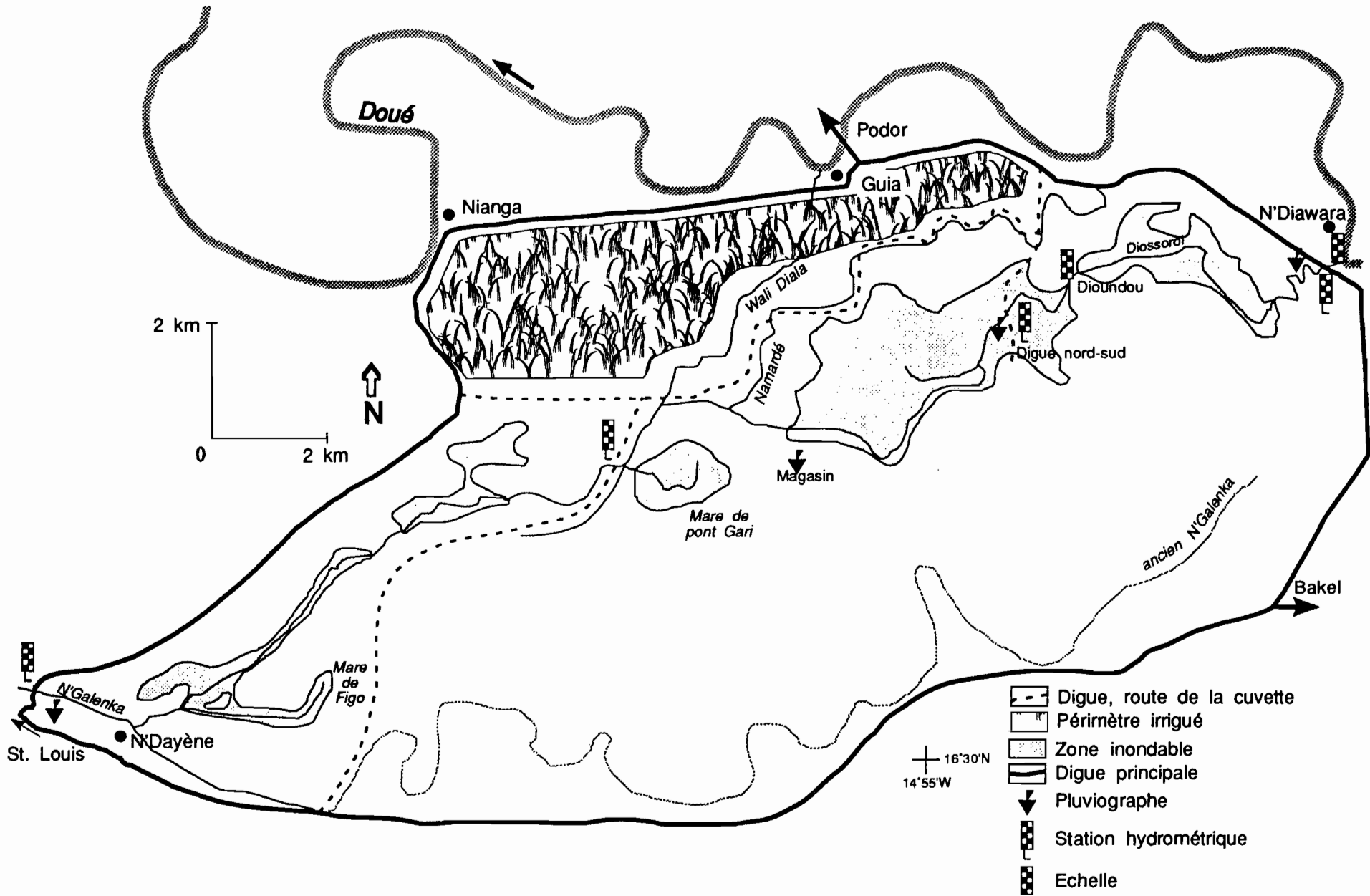
La pluviométrie des quatre postes implantés sur la cuvette est regroupée dans le tableau II. 1. Pour référence, la pluviométrie à la station synoptique de Podor est indiquée ainsi que celle du campement, 3 km au sud-est de N'Diawara.

Poste	Latitude	Longitude	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Total
Podor	16°39'N	14°58'W	31	18	40	8	97
Campement	16°33'.03N	14°50'37W	lacune	19	33	7	
N'Diawara	16°34'.82N	14°51'.23W	65	41	21	6	133
Digue Nord Sud	16°34'34N	14°54'.21W	48	26	lacune	lacune	
Magasin	16°33'.03N	14°56'29W	35	26	41	7	109
N'Diayène	16°30'.66N	15°03'.44W	9	18	34	14	75

Tableau II.1 - Pluviométrie (mm) en 1991 sur la cuvette de Nianga

Des actes de vandalisme répétés expliquent les lacunes de la station de la digue nord-sud. On constate qu'à tous les autres postes, la pluviométrie est déficitaire même par rapport à la moyenne annuelle calculée sur la période 1980-1990.

Figure 1.1 - Cuvette de Nianga  
Dispositif expérimental (1991)



## Chapitre III- Tarage des stations

### III.1. Station de N'Diawara

#### III.1.1. Description

La station (Cf. figure III. 1) se situe à l'intersection de la digue, menant à Podor ,et du Dioissorol environ 100 m après son effluence du Doué. Le Dioissorol traverse la digue au moyen de 2 buses horizontales, cylindriques (diamètre : 1 m, longueur, :18,5m). Deux vannes permettent de les ouvrir ou fermer à volonté. Le plancher des buses est à une altitude de 2,44 m I.G.N. soit nettement en dessous du cours naturel du Dioissorol (à environ 3,90 m). Le bassin de dissipation à l'aval des buses mesure environ 15 m de longueur. Les jaugeages sont effectués dans le cours naturel du Dioissorol à l'aval du bassin.

#### III.1.2. Altitude des échelles

Un borne nivelée à proximité de l'ouvrage (côté Intérieur de la digue) Indique une altitude de 6,65 m (probablement I.G.N.).

A l'amont des buses et fixée sur l'ouvrage, une échelle est graduée de 3,90 m à 6,61 m. En la rattachant à la borne son sommet serait à l'altitude de 6,575 m.

A l'aval contre l'ouvrage, une échelle a été installée, graduée de 0 à 200 cm. L'altitude du zéro est à 2,97 m (par rattachement à la borne). Le limnigraphe de la station est accolé à cette échelle.

#### III.1.3. Noms et codes des échelles

L'échelle amont sera appelée N'Diawara Est (ou N'Diawara extérieur à la cuvette de Nianga) avec le numéro Hydrom suivant: 1382609101.

L'échelle aval sera appelée N'Diawara Ouest (ou N'Diawara Intérieur) avec le numéro Hydrom suivant : 1382609102.

#### III.1.4. Fonctionnement de la station

Il y a eu écoulement dans le Dioissorol du 30 août au 22 septembre puis du 10 octobre au 16 octobre. La première période correspond à la crue naturelle du Sénégal, la seconde à des lâchers du barrage de Manantali.

Par suite de la défection de la crémaillère de l'une des vannes, une seule buse était en eau durant la première période. La seconde buse a pu être ouverte durant la seconde période.

La limnimétrie aux deux échelles est consignée dans l'annexe 1. Les différences de hauteurs aux deux échelles durant les périodes d'écoulement correspondent aux pertes de charge dans la (ou les) buse.

#### III.1.5. Tarage des stations

Les 61 jaugeages effectués sont regroupés dans l'annexe 2 et reportés en fonction de la hauteur à N'diawara ouest sur la figure III.2. On peut tracer une courbe bi-univoque pour les jaugeages 1 à 25, par contre il n'y a pas d'univocité pour les jaugeages 26 à 42. Les jaugeages 43 à 61 effectués durant la période où les deux vannes sont ouvertes ne semblent pas sur la même courbe de tarage.

##### Jaugeages 1 à 25 (du 30 août au 12 septembre) :

Le lit du Dioissorol et la cuvette à l'aval des buses sont à sec : il n'y a pas de contrôle aval. L'écoulement dans la buse est toujours en charge. On peut considérer les sites d'entrée et de sortie des buses comme des réservoirs à niveaux constants. La perte de charge constatée entre l'échelle amont et aval est égale à la somme des pertes de charges singulières (entrée et sortie de la buse) et linéaires (par frottement dans la conduite).

Pertes singulières :

entrée :  $Dh_e = K_e \cdot (V^2/2g)$  (V : vitesse dans la conduite)

( $K_e$  : de 0,2 à 1 environ)

sortie :  $Dh_s = V^2/2g$

(la perte est égale à la charge cinétique)

Perte linéaire :

$Dh_l = (L/(K^2 \cdot S^2 \cdot R^{4/3})) \cdot Q^2$

(K : Coefficient de Manning (75 pour une conduite en béton)

(S, L, R : section, longueur et rayon hydraulique de la conduite)

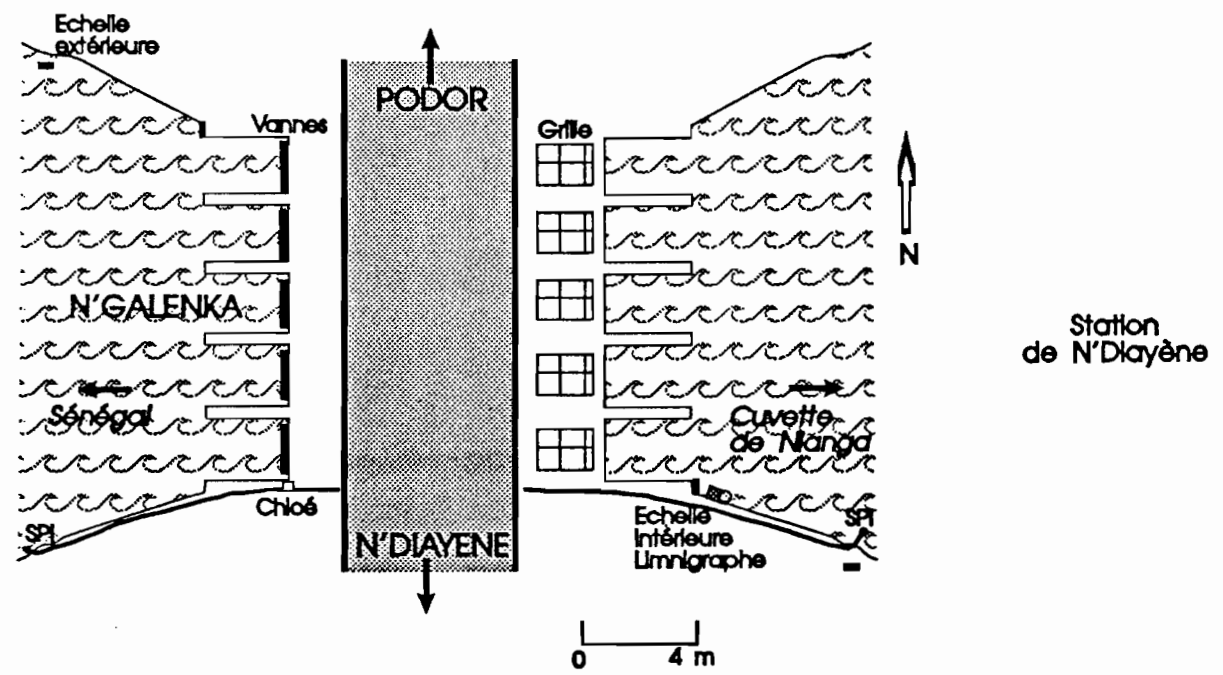
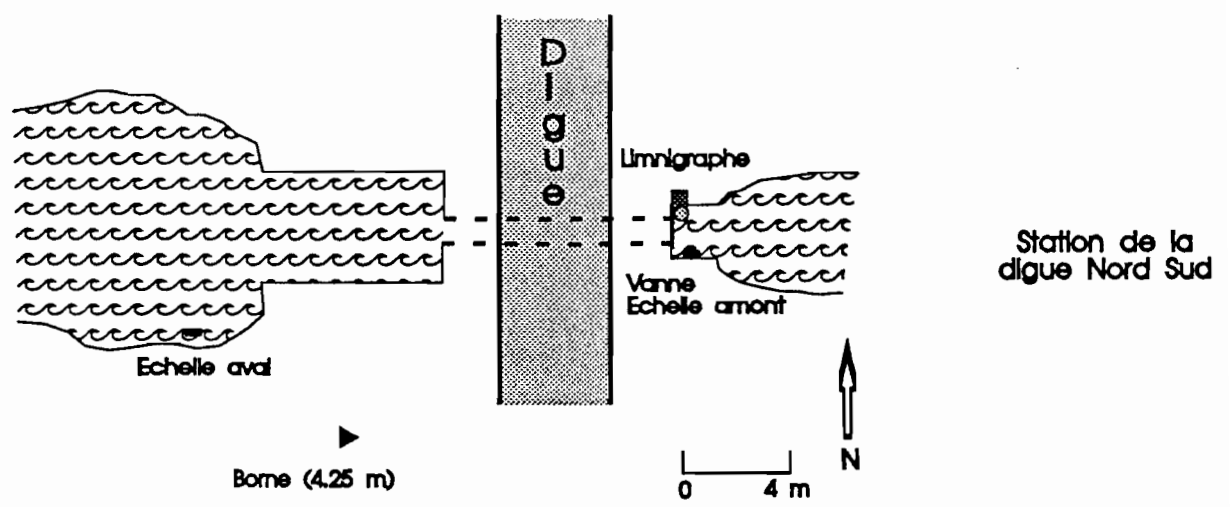
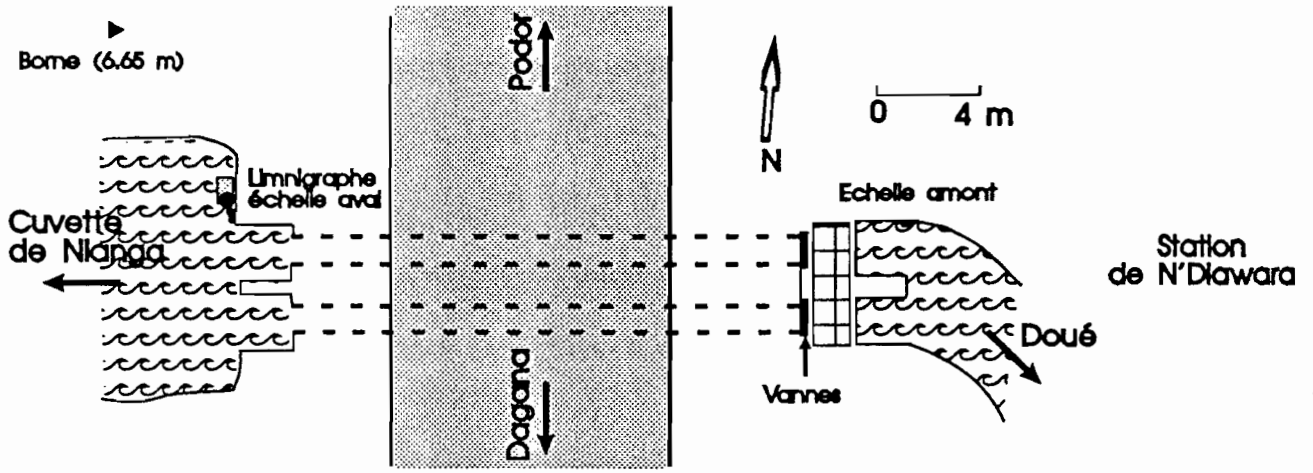
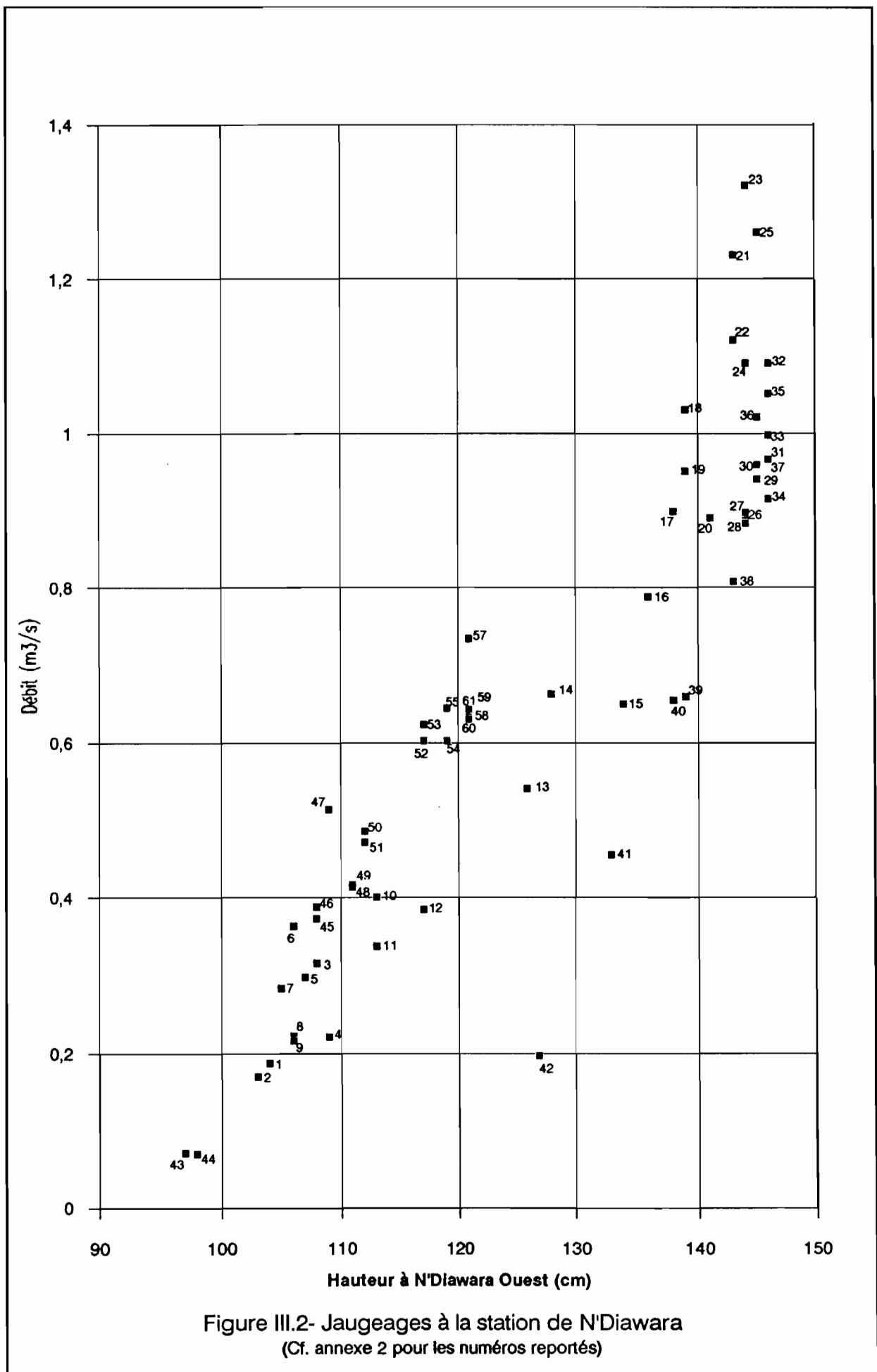


Figure III.1 - Croquis des stations hydrométriques de la cuvette de Nianga



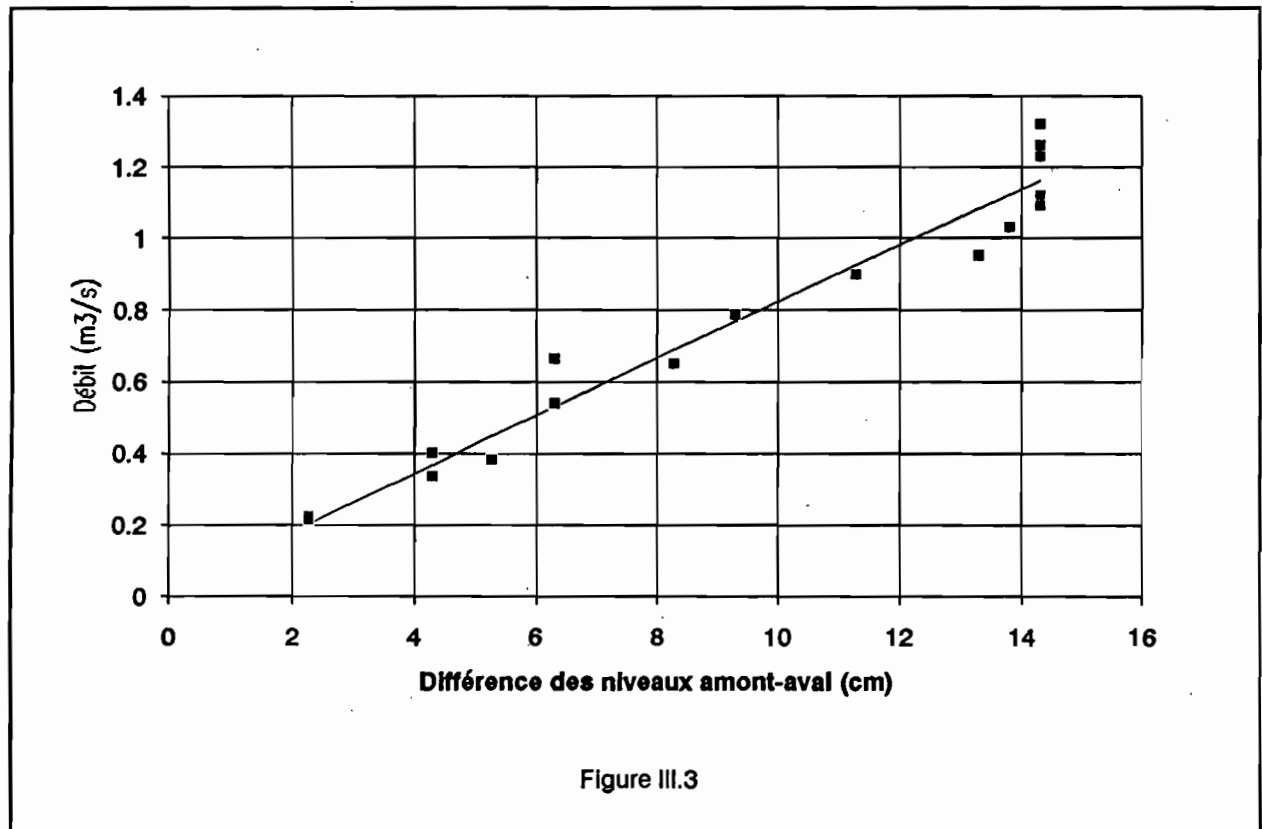
soit

$$Dh = 1/(2 \cdot g \cdot S^2) \cdot (K_e + (2 \cdot g \cdot L)/(K^2 \cdot S^2 \cdot R^{4/3}) + 1) \cdot Q^2$$

Connaissant Dh, L, S, R, Dh et Q, il n'a pas été possible de déterminer par optimisation des valeurs de  $K_e$  et  $K$  comparables à celles de la littérature (LENCASTRE, 1969). En simplifiant la relation précédente sous la forme :

$$Q = a \cdot (Dh)^b,$$

nous avons trouvé pour a et b les valeurs suivantes 7,46 et 0,956. Sur la figure III.3, les débits mesurés et calculés à partir de cette relation théorique sont reportés en fonction de la dénivellée entre les deux échelles.



Jaugeages 26 à 42 (12 au 22 septembre 1991) :

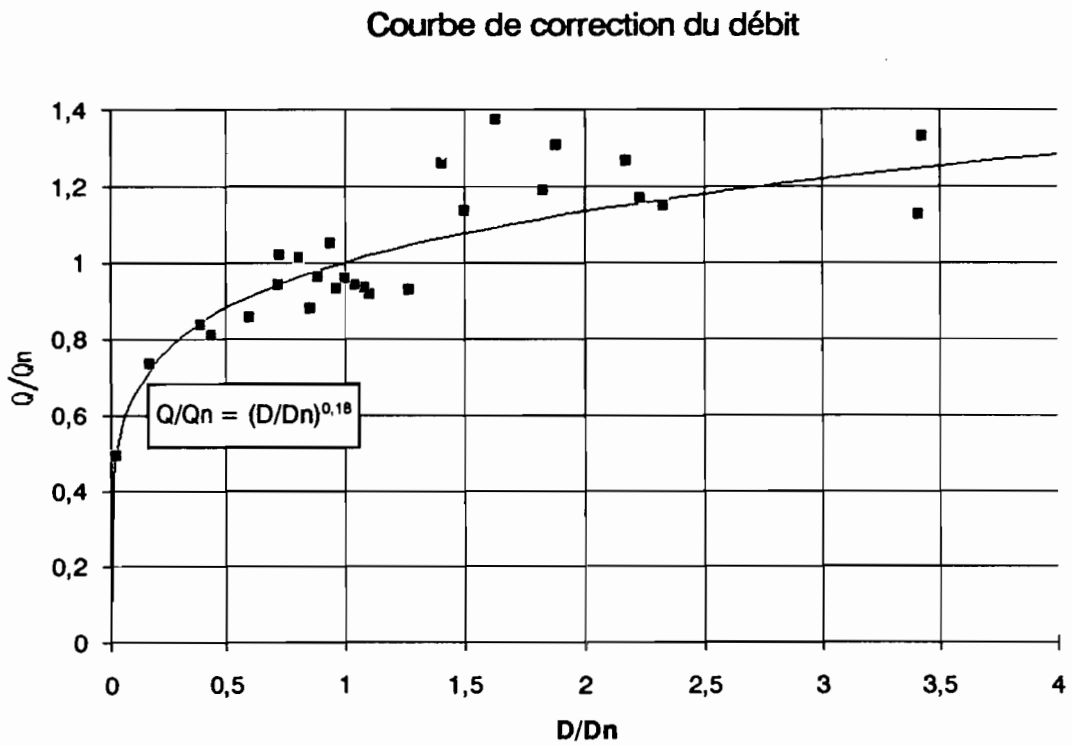
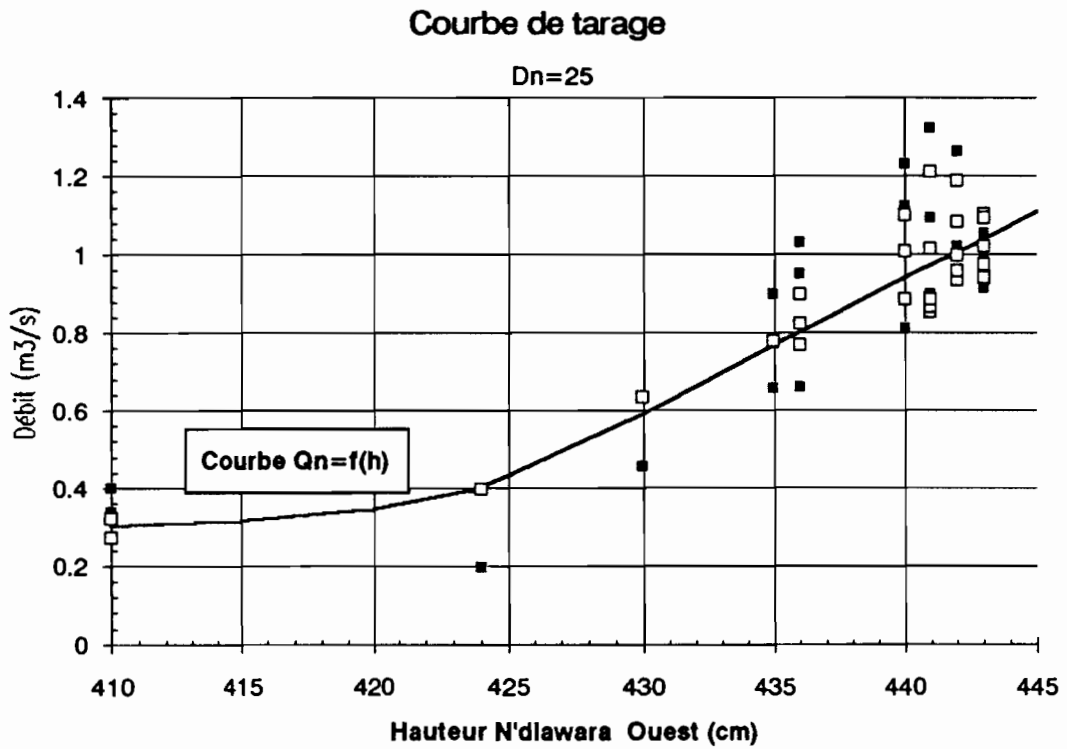
Les débits observés sont sous la dépendance du niveau d'eau à l'aval. L'échelle de Dioundou caractérise le niveau aval. La courbe de tarage a été tracée selon la méthode de la dérivée normale. Pour mieux tracer la courbe de la dérivée normale, nous avons inclus aussi les jaugeages 10 à 25. La figure III.4 présente la courbe de tarage (H, Qn) et la courbe de correction du débit en fonction de la dénivellée.

Jaugeages 43 à 61 (10 au 13 octobre) :

Les deux vannes sont ouvertes. Les différences de niveau entre l'échelle intérieure et extérieure sont très faibles. La dénivellée N'Diawara extérieur-Dioundou varie entre 20 cm et 33 cm. Les variations observées dans les débits pour les mêmes hauteurs ne semblent pas liées aux dénivellées N'Diawara-Dioundou (Cf. annexe 2).



Figure III.4 - Etalonnage de N'Diawara Ouest  
(période du 6 septembre au 22 septembre 1991)



### III.2. Station de la digue Nord-Sud

#### III.2.1. Situation

La station est à l'intersection d'une digue à l'altitude 5 m et du Diossorol (Cf. figure III.1). Le Diossorol franchit la digue au moyen d'une buse circulaire, horizontale (diamètre : 0,60 m, longueur : 6,30 m) dont le fond est à 2,705 m I.G.N.. Une vanne à crémaillère permet d'obstruer la buse à l'amont. Les jaugeages sont effectués environ 20 m à l'aval de la buse.

#### III.2.2. Altitude des échelles

Une borne nivelée à proximité de l'ouvrage (côté aval) indique une altitude de 4,25 m (probablement I.G.N.).

Fixée sur l'ouvrage à l'amont, une échelle est graduée de 2,75 à 4,85 m. En la rattachant à la borne, son sommet serait à l'altitude de 4,794 m. Un limnigraphe a été installé sur l'ouvrage côté amont.

À l'aval, une échelle graduée de 0 à 100 cm a été installée dans le bassin de décantation. L'altitude du zéro est à 2,687 m (par rattachement à la borne).

#### III.2.3. Noms et codes des échelles

L'échelle amont sera appelée DigueNord-Sud amont avec le numéro Hydrom suivant: 1382609106.

L'échelle aval sera appelée DigueNord-Sud aval avec le numéro Hydrom suivant : 1382609107.

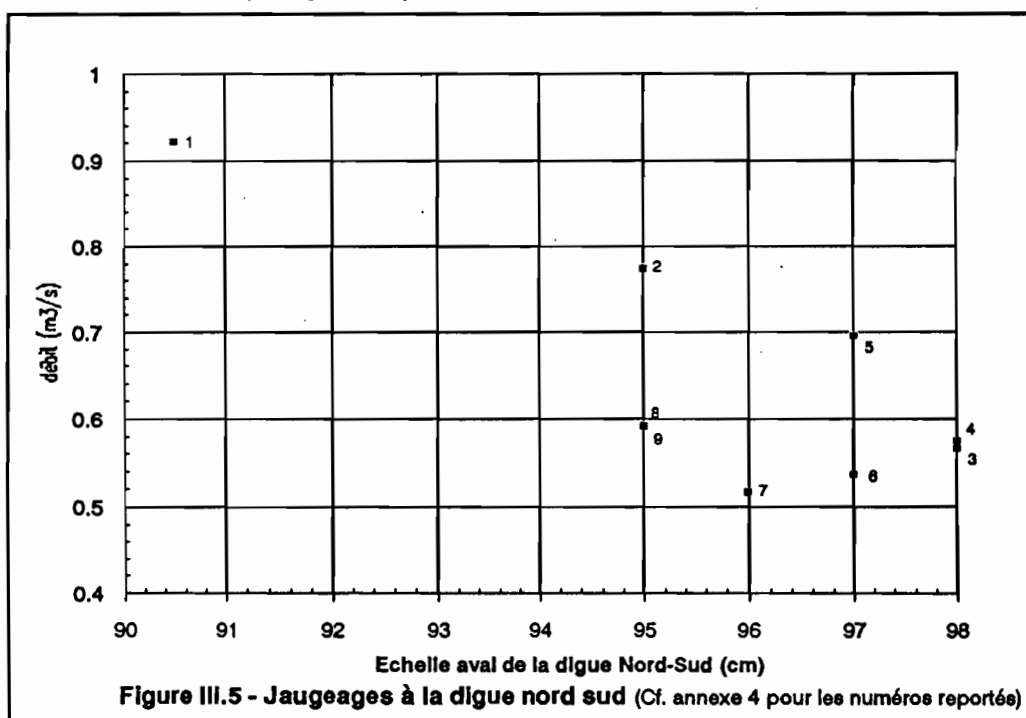
#### III.2.4. Fonctionnement de la station

La digue et l'ouvrage ont été construits pour accroître l'inondation des terrains situés à l'est. La buse est restée fermée pendant la première phase de mise en eau du Diossorol ( 30 août au 22 septembre) puis a été ouverte du 14 à 9h15 au 17 octobre dans la journée, pendant la seconde phase d'inondation. Les jaugeages ont été faits durant cette période.

Pendant la première période, suite à des sabotages du limnigraphe, la montée du niveau à la station amont est indéterminée. Le 5 septembre à 17h, l'eau est à environ 150 m à l'amont de la station. La limnigraphie de la seconde période est connue (Cf. annexe 3 pour les lectures).

#### III.2.5. Tarage

9 jaugeages ont été effectués (Cf. annexe 4). Les débits sont indépendants de la hauteur amont et varient inversement à la hauteur aval (Cf. figure III.5).

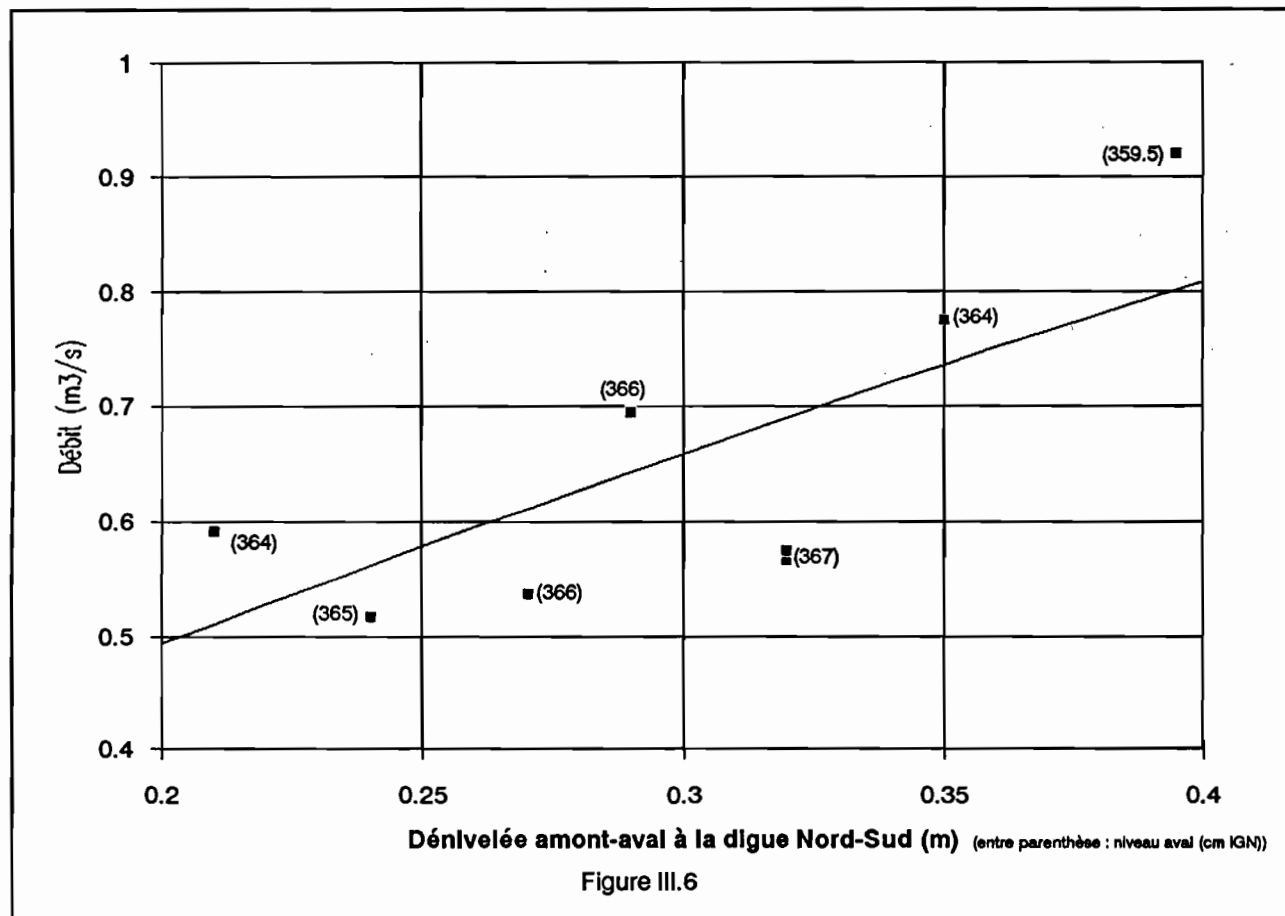


L'écoulement étant en charge dans la buse, et connaissant les caractéristiques géométriques de la buse, on a cherché à optimiser les coefficients  $K_v$  et  $K$  de la formule théorique (Cf. paragraphe III.1.5.), sans résultat.

Le débit s'exprime simplement sous la forme de la fonction puissance suivante (Cf. Figure III.6):

$$Q = 1,5572 * (Dh)^{0,714} \quad \text{avec } Dh : \text{dénivelée amont-aval en m,}$$

et  $Q$ : débit en  $m^3.s^{-1}$



La dispersion est importante. Elle n'est pas réduite en prenant en compte des vitesses à l'amont et à l'aval de la buse (Cf. annexe 5). Pour son étalonnage, cette station nécessitera davantage de jaugeages en 1992.

### III.3. Station de N'Diayène

#### III.3.1. Description

La station se situe à l'intersection de la digue ceinturant la cuvette de Nianga à l'ouest et du N'galenka, effluent du Sénégal coulant de l'ouest vers l'est (Cf. figure III.1). Le barrage est constitué de 5 dalots de section rectangulaire de 2 m de largeur. Des vannes verticales à crémaillère les ferment du côté ouest. Leur élévation maximale est d'environ 2,25 m. Une échelle graduée de 0 à 4 m est placée sur le parement ouest du barrage. Une autre, graduée de 0 à 2 m, a été installée sur le parement oriental, côté cuvette de Nianga. Il a été rajouté un troisième élément à cette échelle au cours de l'hivernage. Un limnigraphe est accolé à l'échelle orientale.

#### III.3.2. Altitude des échelles

Les zéros des deux échelles sont à la même altitude.

Une borne nivelée I.G.N. (5.08 m) est fixée sur l'ancien pont colonial qui faisait franchir le N'Galenka à la route du Walo reliant St. Louis à Bakel. La distance séparant le pont du barrage étant importante (2 km), nous avons rattaché l'échelle au repère par le plan d'eau du N'Galenka. Le zéro des échelles est à 0,292 m I.G.N..

### III.3.3. Noms et codes des échelles

L'échelle orientale sera appelée N'Diayène est (à l'intérieur de la cuvette) avec le numéro Hydrom suivant : 1382608003.

L'échelle occidentale sera appelée N'Diayène ouest (à l'extérieur de la cuvette) avec le numéro Hydrom suivant: 1382608004.

### III.3.4. Fonctionnement de la station

Les villages riverains de Pendao et N'Diayène gèrent les vannes. Le niveau d'eau à l'ouest est sous l'influence du barrage de Diama. L'eau à l'est du barrage provient de la vidange des casiers du périmètre irrigué de Nianga. Durant l'hivernage, les villageois sont soucieux de faire rentrer rapidement l'eau dans la cuvette. Fin octobre, ils effectuent une vidange progressive afin de dégager les terrains de culture de décrue. Cette vidange n'est pas totale car il faut préserver un niveau d'eau suffisant pour l'irrigation de contre-saison des périmètres villageois.

Les ouvertures des vannes et les sens d'écoulement sont regroupés dans l'annexe 6.

### III.3.5. Tarage de la station

Les 29 jaugeages (Cf. annexe 7) ont été effectués dans les dalots côté aval (est ou ouest, en fonction du sens d'écoulement). La figure III.7 représente les débits (par vanne) en fonction de la hauteur à N'diayène est. On constate qu'à partir du jaugeage 22 les débits sont moins forts pour une dénivelée identique. En effet, l'écoulement était noyé, la vanne n'ayant pas été relevée au dessus du niveau de l'eau. La hauteur ouverte était de 2,05 m environ.

#### III.3.5.1. Jaugeages 1 à 21 (28 juin au 8 septembre 1991)

La vanne est hors de l'eau. L'écoulement est assimilable à celui qui se produirait sur un seuil épais infiniment long. A l'amont du seuil, en supposant la vitesse nulle, la charge totale H ouest (lue à l'échelle) est égale à la hauteur d'eau par rapport au seuil. Sur le seuil, la charge totale est  $h + V^2/(2g)$  avec h la hauteur de l'eau sur le seuil. En supposant minimales les pertes de charges à l'entrée du dalot, le théorème de Bernoulli appliqué entre deux points dans le même filet d'eau, l'un à l'amont du seuil et l'autre au milieu du seuil, donne :

$$H_{\text{ouest}} = h + V^2/(2g)$$

d'où pour une largeur L du dalot,

$$Q = L \cdot h \cdot (2g \cdot (H_{\text{ouest}} - h))^{0.5}$$

Nous supposons h égal à  $(H_{\text{est}} + H_{\text{ouest}})/2$  et pour passer de la théorie à la pratique, un coefficient multiplicateur K est ajouté,

$$Q = K \cdot L \cdot (H_{\text{est}} + H_{\text{ouest}})/2 \cdot (g \cdot (H_{\text{ouest}} - H_{\text{est}}))^{0.5}$$

Par optimisation, K est trouvé égal à 1,138. L'écart-type résiduel est égal à 0,097.

Par la méthode de la dérivée normale (Cf. figure III.8), l'écart-type résiduel entre les débits observés et ceux calculés à partir des courbes  $Q_n = f(H_{\text{est}})$  et  $Q/Q_n = ((H_{\text{ouest}} - H_{\text{est}})/D_n)$  est égal à 0,094. Les résultats étant sensiblement identiques, nous préférons pour la reconstitution des débits transités à N'Diayène la première formule de par sa justification théorique.

Sur le graphe III.9, les débits observés et reconstitués par les deux méthodes sont reportés en fonction de la hauteur à N'Diayène est. Pour certains points, quelque soit la méthode, l'estimation du débit est insatisfaisante.

#### III.3.5.2. Jaugeages 22 à 29 (8 septembre au 19 septembre)

La vanne est noyée, la hauteur de l'ouverture est de 2,05m environ.

Il a été montré expérimentalement (CARLIER, 1980) qu'en aval de l'ouverture existe une section contractée où les filets d'eau sont parallèles et de même vitesse. Soit un filet liquide l'ayant son origine sur la surface libre à l'amont et passant en l dans la section contractée (Cf. figure III.10), à l'amont, la charge totale est réduite à la hauteur d'eau  $(H + H_1)$  plus la pression atmosphérique  $P_a$ . Dans la section contractée, la charge totale est égale à la charge cinétique  $(V^2/2g)$  plus les pressions de la colonne d'eau  $H_1$  et de l'atmosphère.

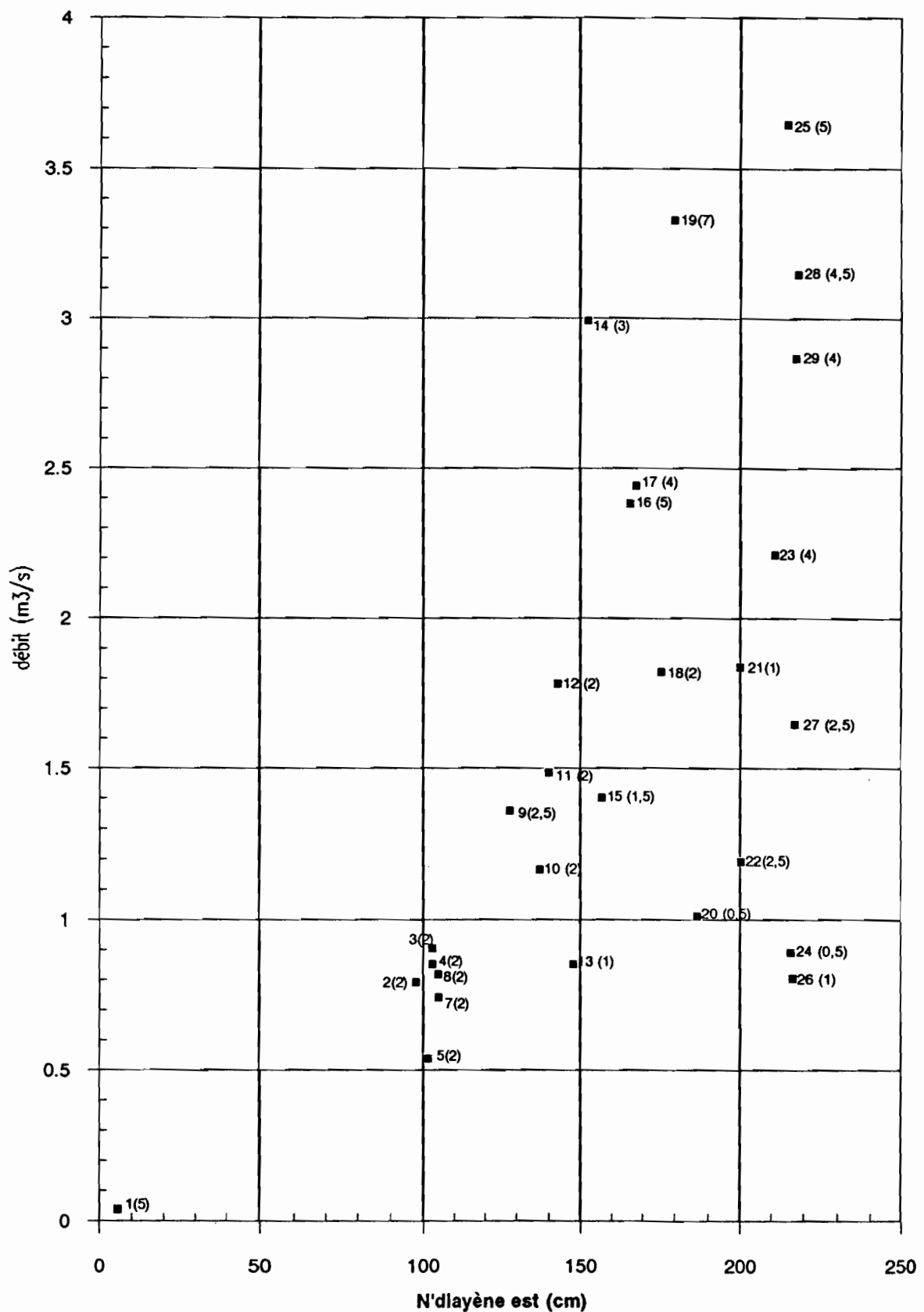


Figure III.7 - Débits à N'Diayène (pour chaque point, numéro de jaugeage et dénivelée (cm))

# Etalonnage de N'Diayène (période du 28 juin au 8 septembre 1991)

$D_n = 2,5 \text{ cm}$

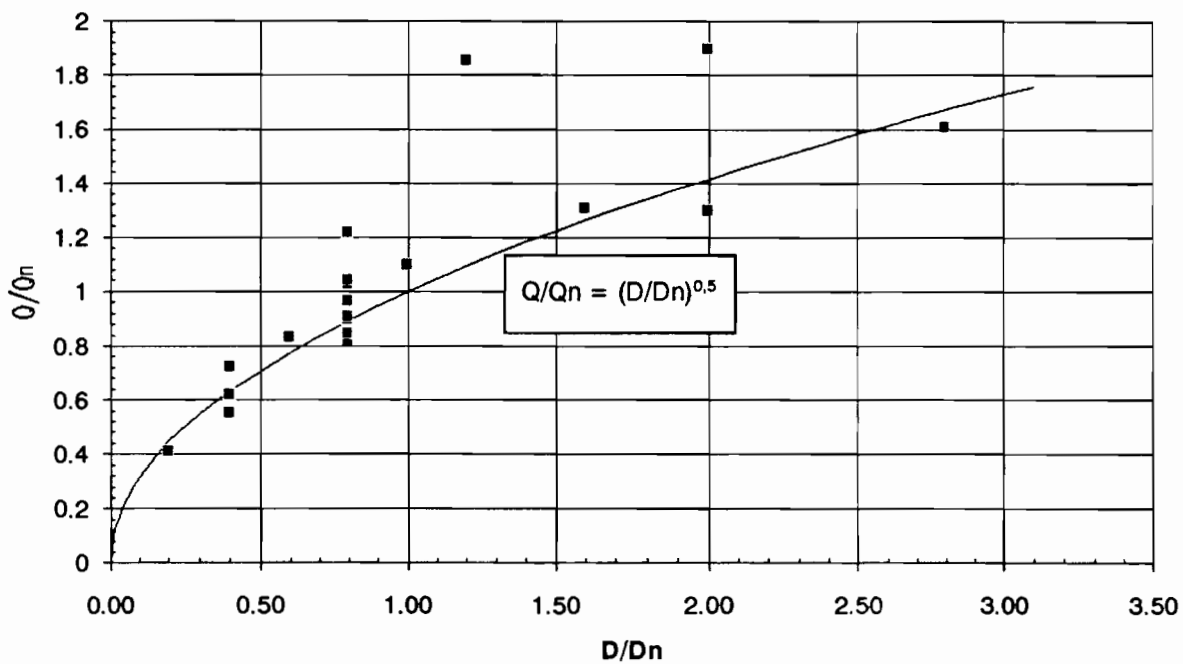
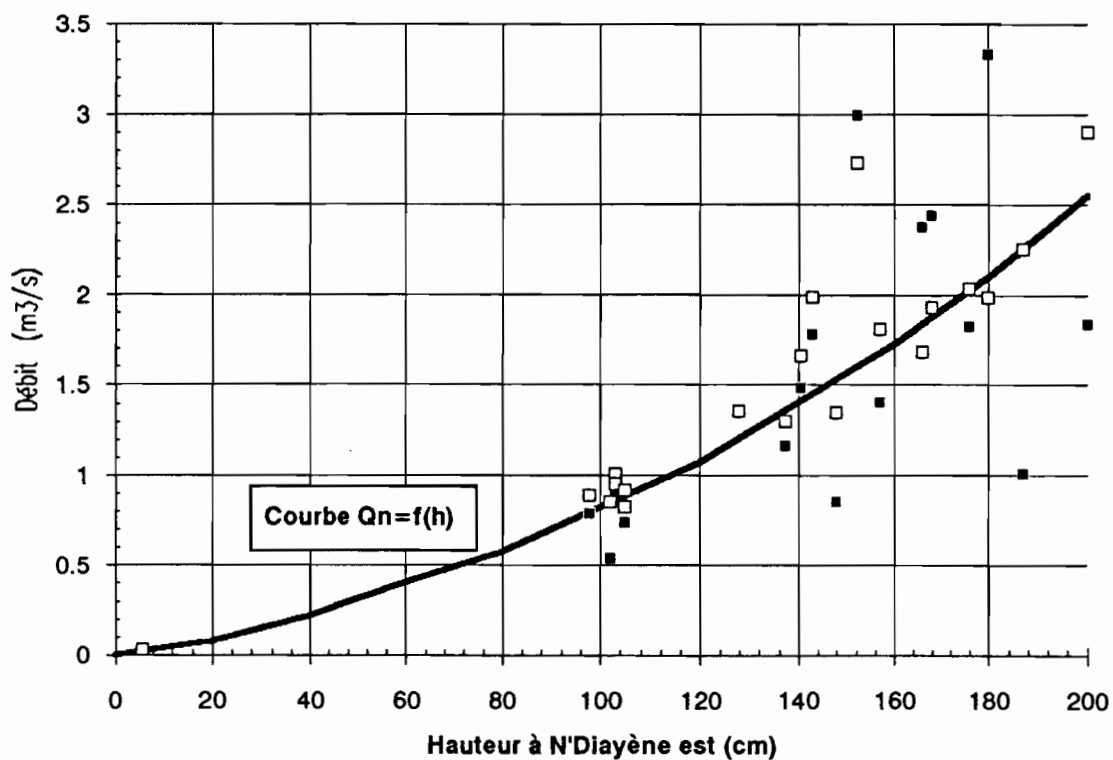
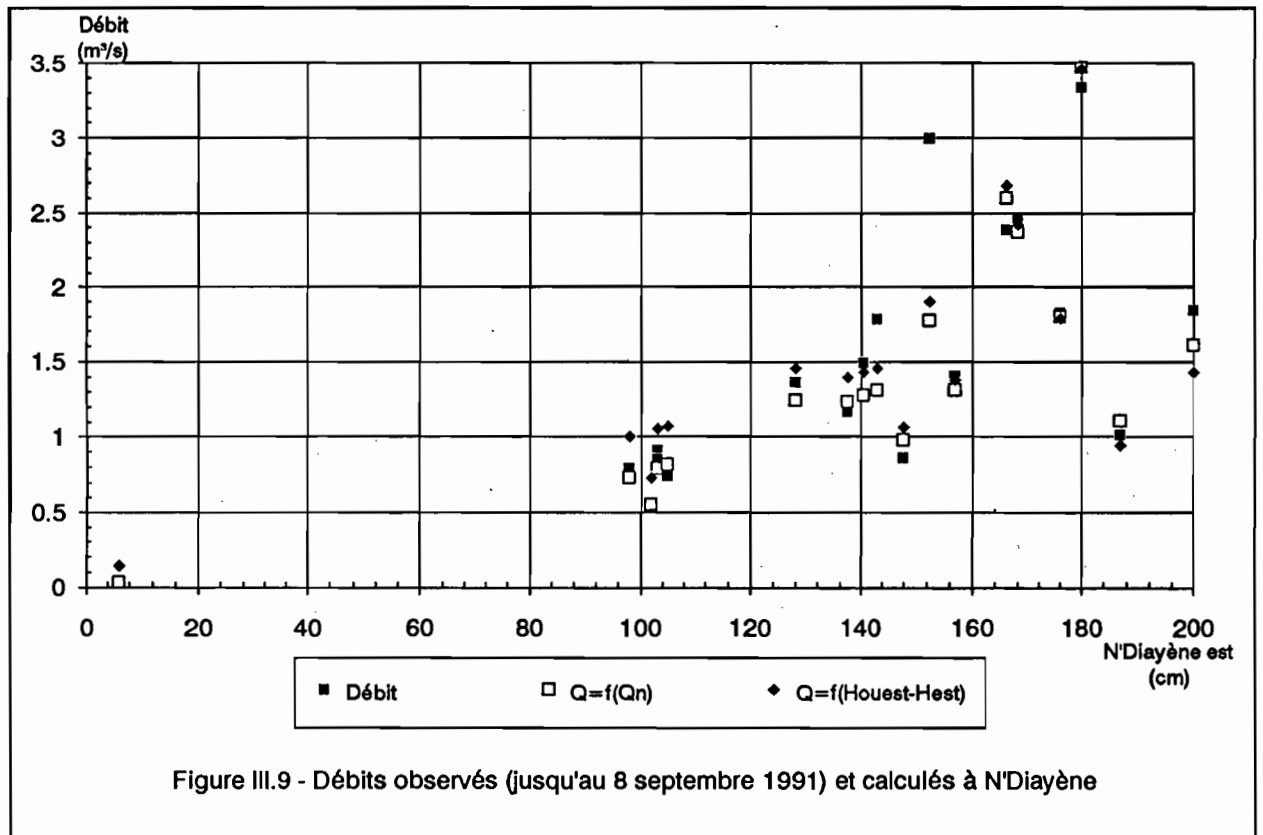


Figure III.8 - Tarage de N'Diayène Est par la méthode de la dérivée normale



Le théorème de Bernouilli appliqué aux points I' et I permet d'écrire :

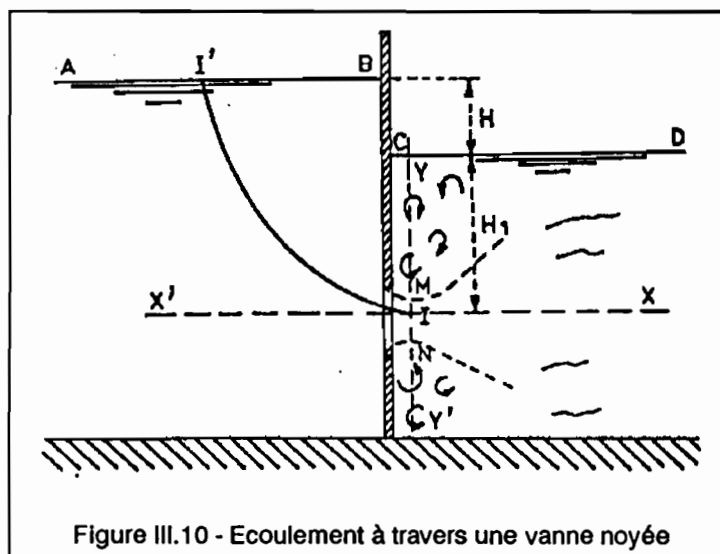
$$H + H_1 + \frac{P_a}{\rho} = \frac{P_a}{\rho} + H_1 + \frac{V^2}{2g} \quad \text{avec } \rho : \text{masse volumique de l'eau}$$

soit,

$$V = (2gH)^{0.5}$$

soit en posant que la section contractée est inférieure à la section de la vanne S,

$$Q = m \cdot S \cdot (2gH)^{0.5} \quad \text{avec } m \text{ inférieur à } 1$$



L'application à N'Diayène donne :

$$Q = 0,7 \cdot 4,1 \cdot (2 \cdot 9,78 \cdot (\text{différence de hauteur d'eau}))^{0.5}$$

L'écart-type résiduel est de 0,51 m³/s alors que par la méthode de la dérivé normale, il n'est que de 0,39 (Cf. figures III.11 et 12).

## Etalonnage de N'Diayène (période du 8 septembre au 19 septembre 1991)

$D_n = 3 \text{ cm}$

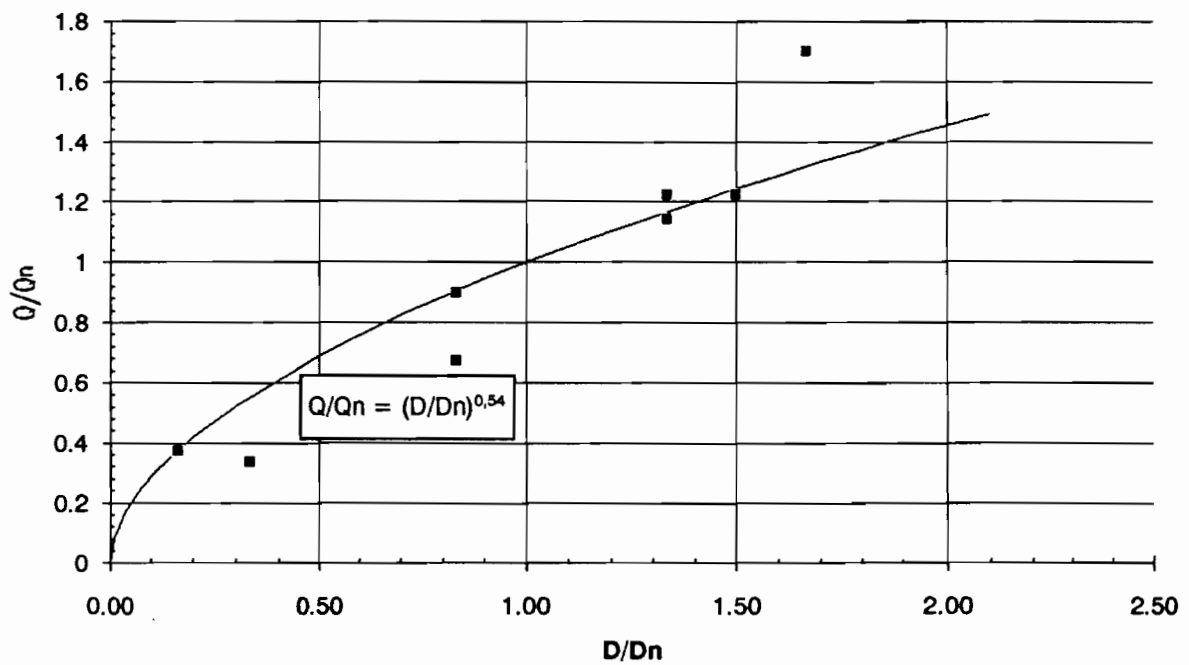
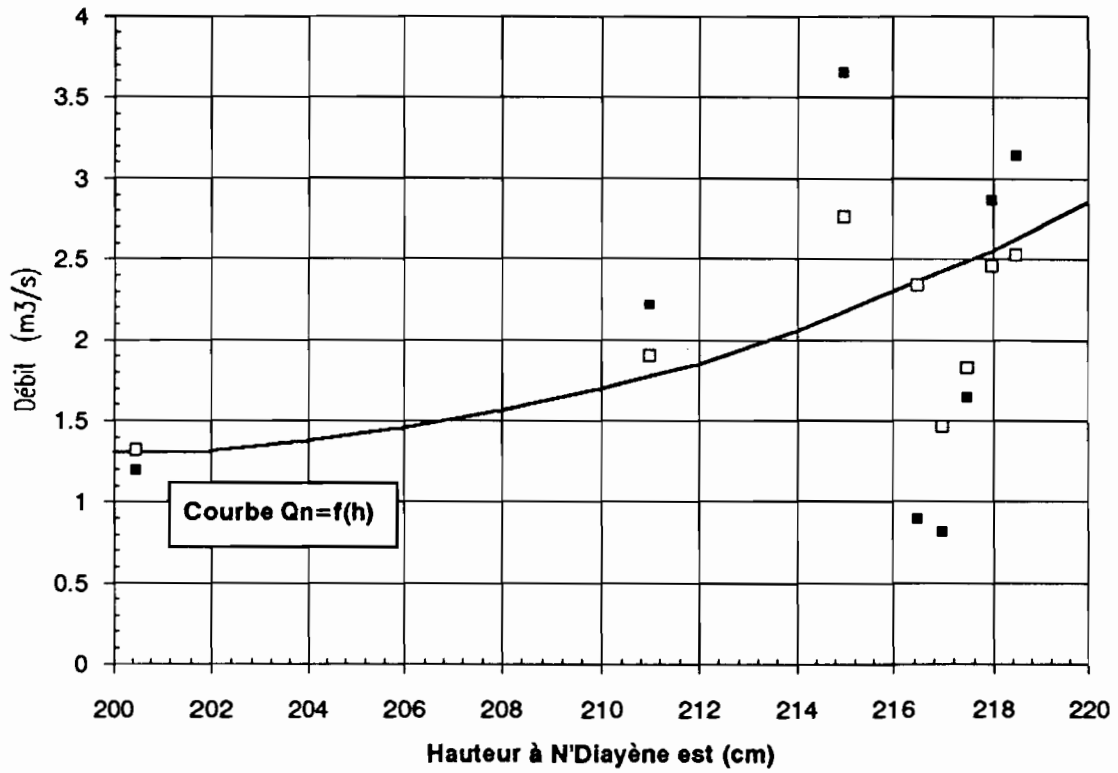
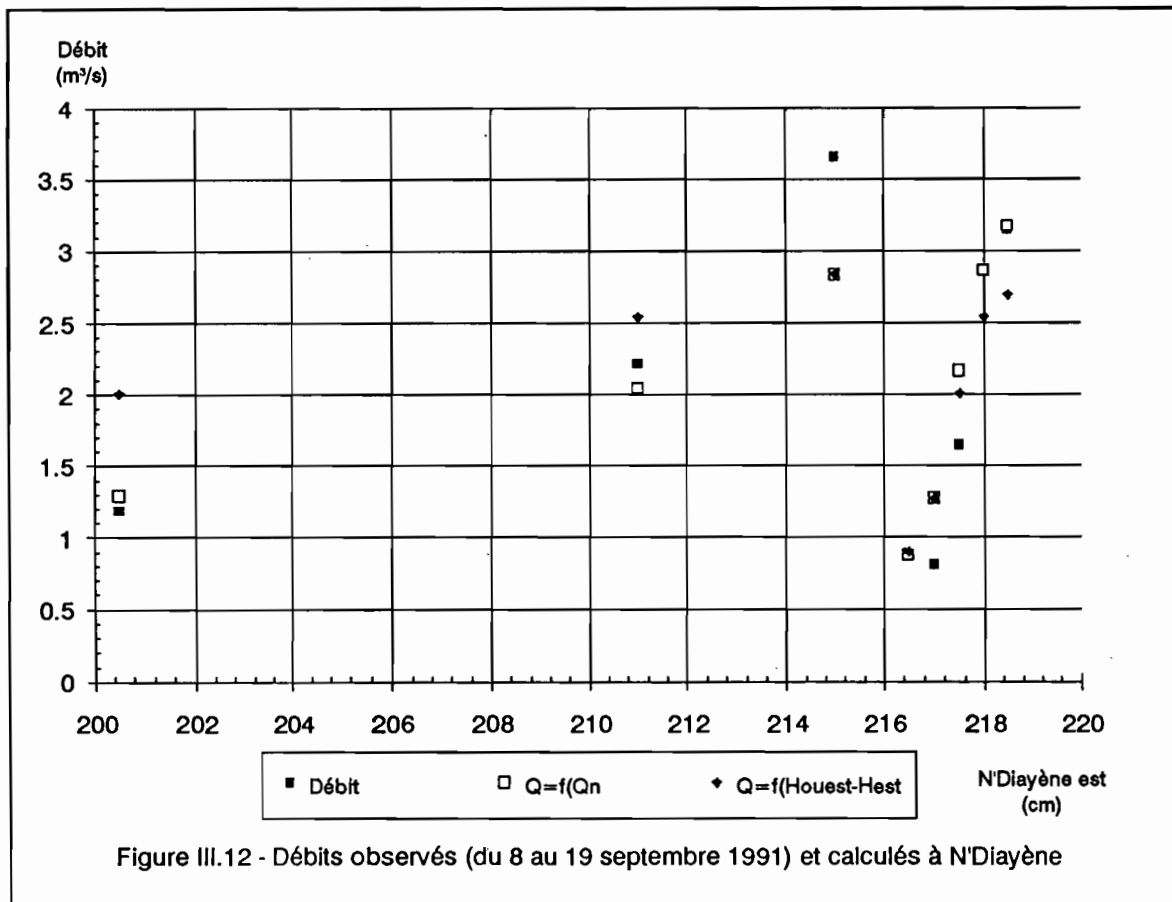


Figure III.11

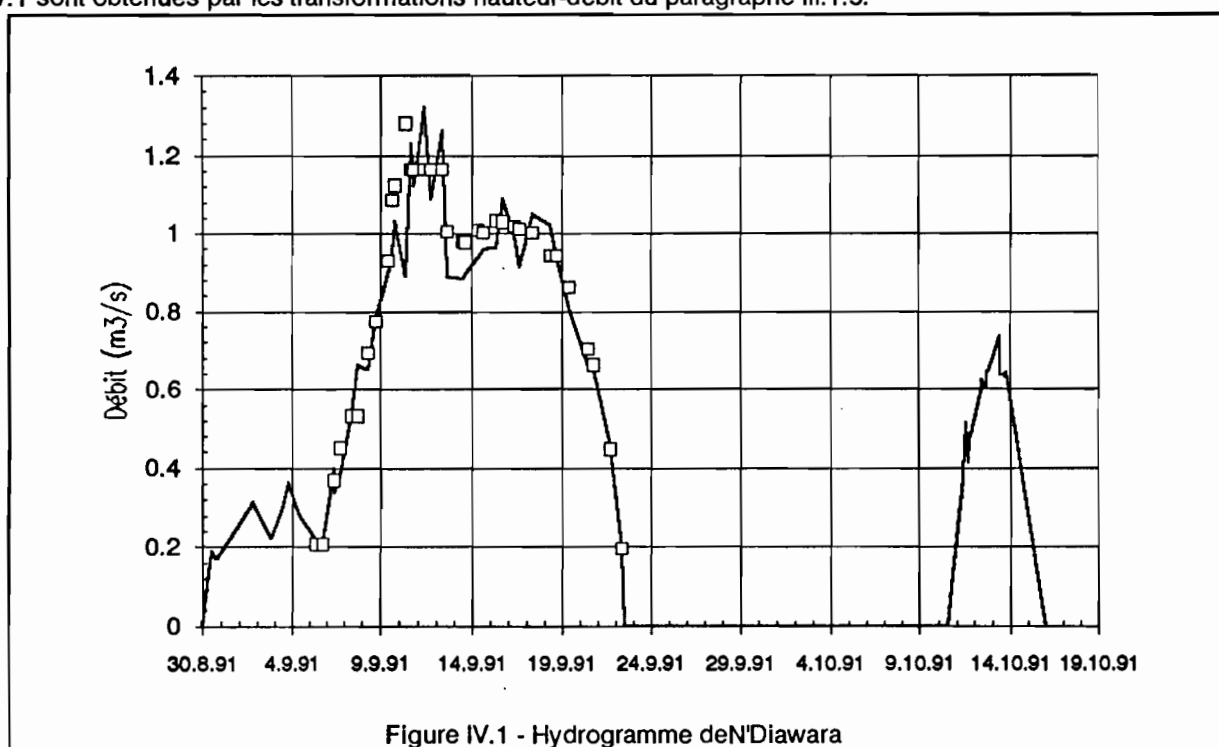




## Chapitre IV - Volumes écoulés aux stations

### IV.1 Station de N'Diawara

Le volume écoulé est calculé à partir des jaugeages (Cf. figure IV.1), en nombre suffisant. Du 30 août à 0h (débit nul) au 22 septembre à 12h (débit nul), il s'est écoulé 1,346 millions de m<sup>3</sup>. Du 10 octobre à 0h, l'écoulement a été de 198,4 milliers de m<sup>3</sup>. Les valeurs symbolisées par des carrés sur la figure IV.1 sont obtenues par les transformations hauteur-débit du paragraphe III.1.5.

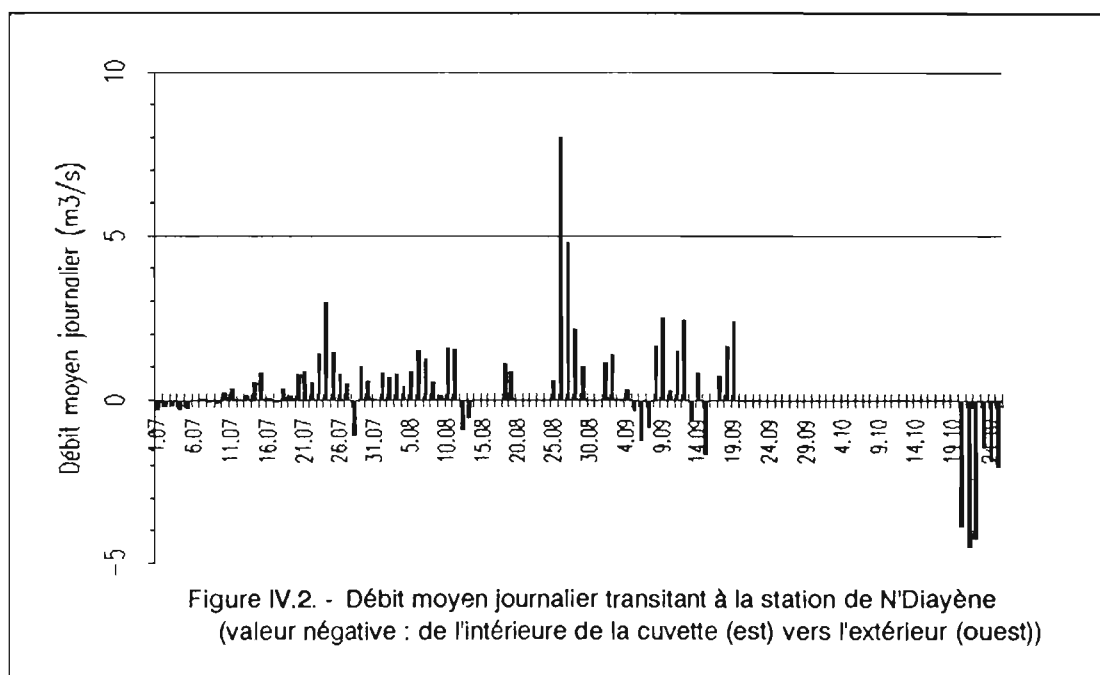


#### IV.2 Station de la digue Nord-Sud

Le volume écoulé est calculé à partir des jaugeages, à l'exception du 17 octobre à 8h45 où le débit est déduit de l'équation du paragraphe 2. Le volume écoulé du 14 à 9h17 (débit nul) au 17 à 12h (débit nul) s'élève à 150,1 milliers de m<sup>3</sup>.

#### IV.3 Station de N'Diayène

Lorsque les vannes sont hors de l'eau (niveau inférieur à 2,05m), la formule hydraulique du paragraphe III.5.6.1. est utilisée. Dans le cas contraire, la courbe de tarage de la figure III.11 est employée. Des débits instantanés ont été déduits les débits moyens journaliers franchissant l'ouvrage (Cf. annexe 6 et figure IV.2). Les entrées d'eau dans la cuvette sont codées positivement. Le volume d'eau entré dans la cuvette du 1 juillet au 19 septembre est égal à 4,277 millions de m<sup>3</sup>.



## Chapitre V - Radiométrie de terrain

### V.1. Objectif

L'objectif était la caractérisation spectrale des zones inondées et plus précisément :

- la caractérisation de la frange humide délimitant les surfaces en eau,
- l'étude des variations de réflectance en fonction de la profondeur d'eau et de la concentration des matières en suspension.

### V.2. Site

Les zones étudiées sont la mare à l'est de Pont Gari et celle à l'ouest de l'ancien village de Figo (Cf. figure I.1). La première est alimentée principalement par la vidange des casiers rizicoles du périmètre de Nianga. L'alimentation de la seconde provient du Sénégal par l'intermédiaire d'un effluent (le N'Galénka).

### V.3. Outil et méthode

L'appareil utilisé était le radiomètre de simulation SPOT (modèle: CIMEL CE 310, (GUYOT G. et al., 1983)). Il est composé de deux têtes de luminance, l'une visant le sol et l'autre le ciel. L'ensemble est relié à un boîtier délivrant le rapport des luminances (réflectance).

Les réflectances mesurées correspondent aux bandes spectrales SPOT :

- 500 à 590.10<sup>-9</sup> m (jaune-vert, R1),
- 615 à 680.10<sup>-9</sup> m (rouge, R2),
- 790 à 890.10<sup>-9</sup> m (proche infrarouge, R3).

Les têtes de visée sont suspendues par un cardan à une potence de 2,80 m de hauteur. Le champ de mesure au sol (fonction de la hauteur) est un cercle de 0,59 m de diamètre (MOUGENOT B., 1988).

Dans les deux mares considérées, nous avons effectué des transects lorsque le soleil était au zénith (entre 11 h et 14 h environ) en prenant soin de maintenir dans la même orientation la potence vis-à-vis du soleil.

### V.4. Résultats

#### **V.4.1. Réflectance, concentration et tranche d'eau**

##### V.4.1.1. Le modèle

Le rayonnement solaire est absorbé sélectivement par l'eau selon la longueur d'onde et proportionnellement à la longueur du trajet. Lorsque le fond est visible, le modèle classiquement utilisé (LE GOUIC, 1987) (SPITZER et DIRKS, 1986) est

$$R(i,z) = R_{i,f} + K_i \exp(-2.C_i.z)$$

avec pour le canal i :

- z                   Lame d'eau
- $R_{i,f}$             Réflectance en eau profonde,
- $K_i$                 Constante égale à  $R(i,0) - R_{i,f}$ ,
- $C_i$                 Coefficient d'absorption de l'eau, dépend des propriétés physiques de l'eau mais aussi de sa charge.

#### V.4.1.2. Application à la mare du Pont Gari

##### V.4.1.2.1. Réflectances et profondeur

La figure V.1 présente l'évolution des réflectances dans chacun des canaux avec la profondeur. La profondeur est exprimée en centimètre et la réflectance en pour mille. Quelques points incohérents (présence de végétation, mise en suspension du fond boueux) ont été retirés.

Pour une tranche d'eau négligeable, les réflectances dans chacun des trois canaux sont respectivement de 103, 145 et 190. La tranche d'eau «infinie» se situe à environ 45 cm. Les réflectances sont alors de 92, 90 et 18. Pour une lame d'eau donnée, la dispersion de la réflectance diminue du canal 1 à 3.

Les paramètres du modèle obtenue par optimisation (méthode de Rosenbrock (SERVAT et DEZETTER, 1988)) sont regroupés dans le tableau suivant :

canal	$R_{i,t}$ (‰)	$K_i$ (‰)	$C_i$ (m <sup>-1</sup> )
1	86.52	16.36	0.94
2	86.59	56.38	2.26
3	17.37	175.24	4.53

Tableau V.1 - Paramètres des courbes théoriques de la radiance en fonction de la profondeur à la mare de Pont Gari

Si le modèle est conforme aux observations:

- lorsque la lame d'eau est nulle, la somme ( $R_{i,t} + K_i$ ) doit être égale à la réflectance du sol nu humide au voisinage de l'eau.
- la profondeur de disparition du disque de Cecci doit être du même ordre que l'inverse du coefficient d'absorption  $C_i$  pour les canaux dans le visible (1 et 2).

Les réflectances du sol humide dans les canaux 1,2,3 sont respectivement de 120, 160 et 235. On constate que les sommes ( $R_{i,t} + K_i$ ) pour  $i=1,2,3$  sont sensiblement inférieures à ces réflectances observées. Ceci est attribuable à la difficulté d'observer des zones homogènes (de 60 cm de diamètre) où la tranche d'eau est inférieure au centimètre. Cela eut été plus facile avec une hauteur du radiomètre moins importante (pour une hauteur de 0,70 m, le cercle visé a un diamètre de 15 cm)

La deuxième hypothèse a été vérifiée. Le disque de Cecci disparaissait pour une profondeur de 0,30 à 0,40 m soit un coefficient d'absorption de 3 m<sup>-1</sup> environ, comparable aux valeurs obtenues par optimisation.

##### V.4.1.2.2. Rapports de réflectance et profondeur

Le rapport des réflectances permet de réduire les effets systématiques présents sur les deux canaux. Sur la figure V.2, on constate que la dispersion a nettement diminué. La liste des paramètres obtenus par optimisation est donnée dans le tableau V.2.

rapport	$R_{i,t}$ (‰)	$K_i$ (‰)	$C_i$ (m <sup>-1</sup> )
R3/R1	0.1938	1.7849	0.1996
R3/R2	0.1908	1.2226	0.2326
R2/R1	0.9513	0.4172	0.5295

Tableau V.2 - Paramètres des courbes théoriques des rapports de réflectance en fonction de la profondeur à la mare de Pont Gari

Sur la figure V.2, on remarque une légère sur-estimation des rapports pour les profondeurs importantes.

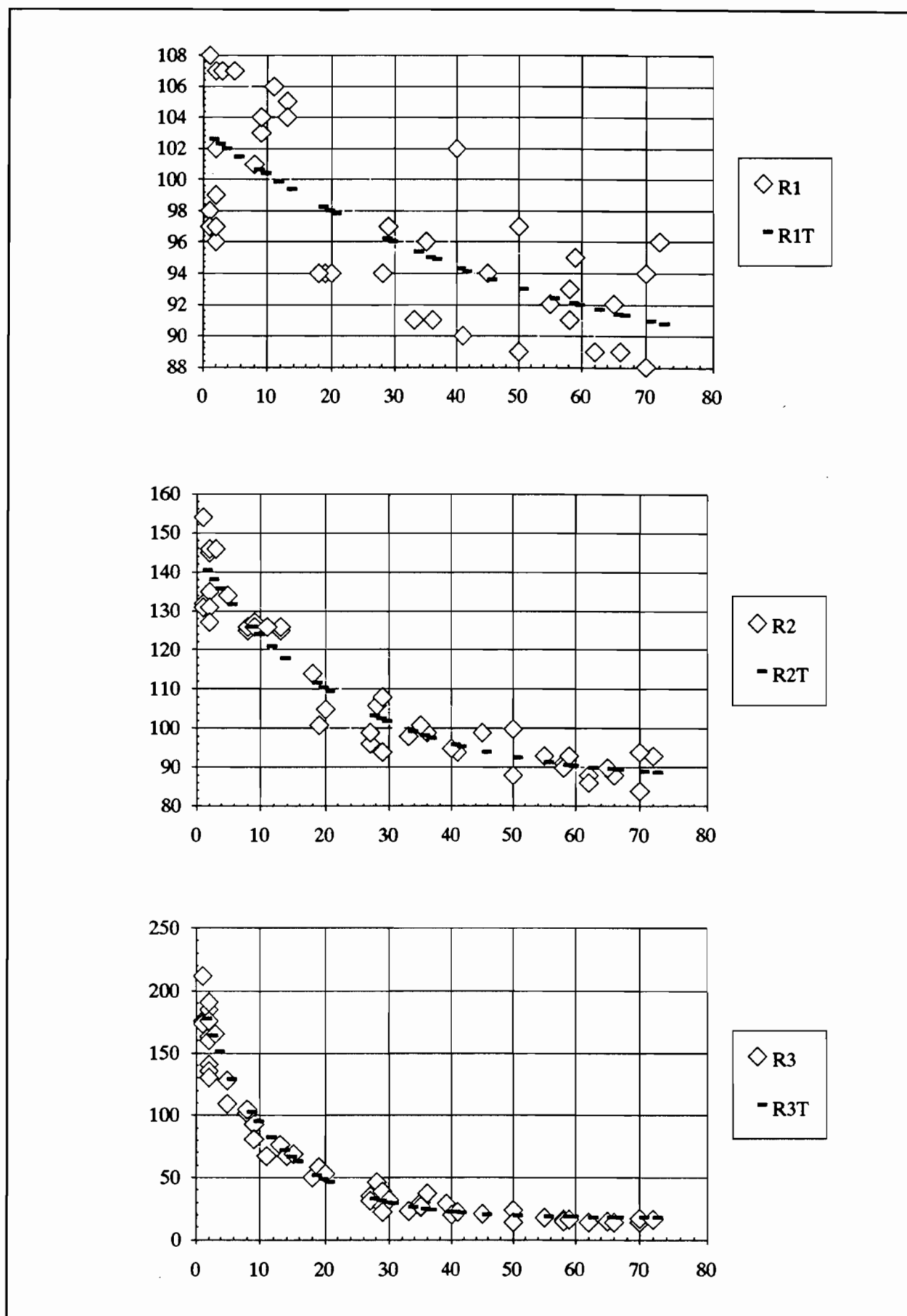


Figure V.1 - Réflectance ( $\%_{\infty}$ ) en fonction de la profondeur (cm) à la mare de pont Gari

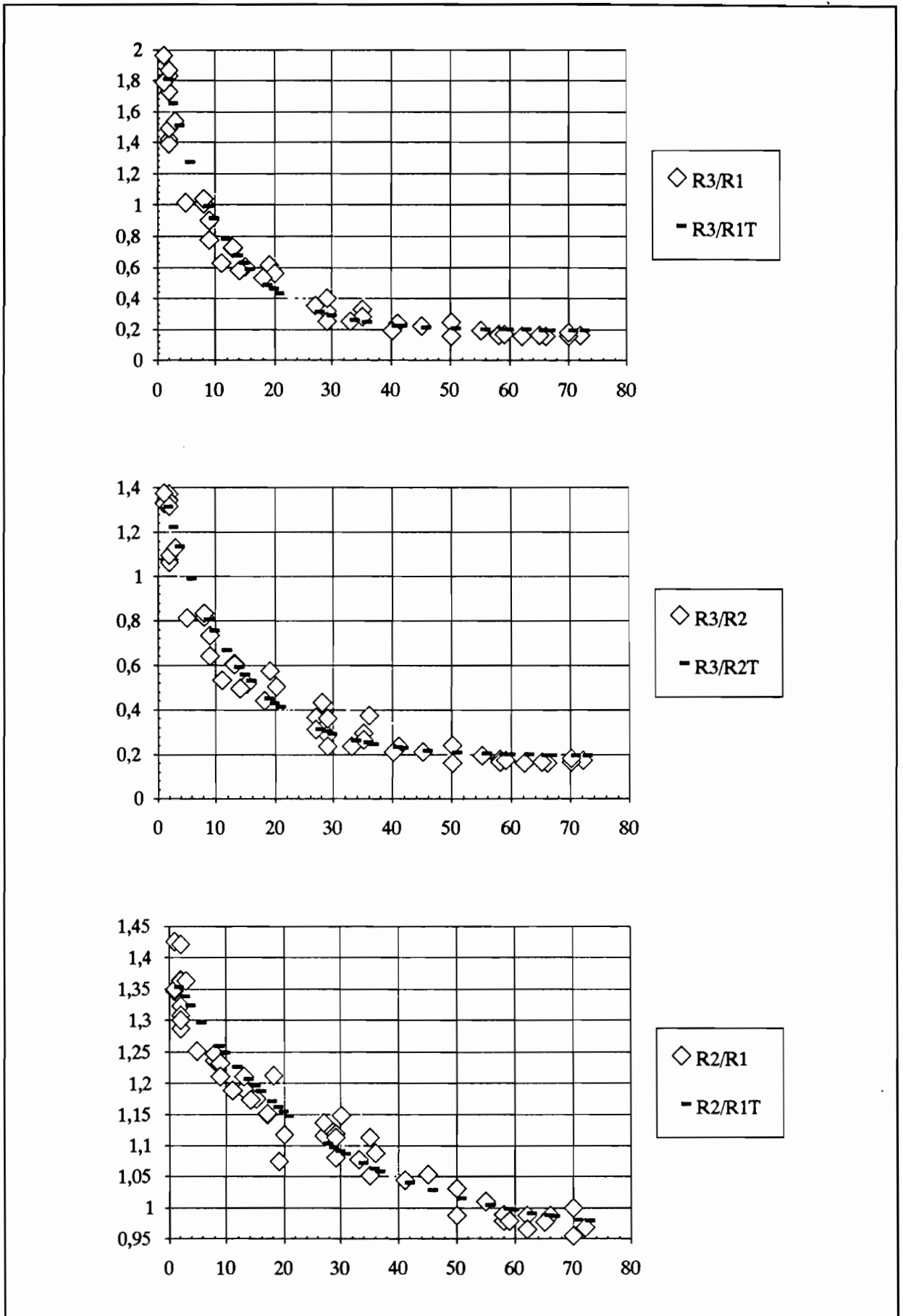


Figure V.2 - Rapport des réflectances ( $\rho/\rho_0$ ) en fonction de la profondeur (cm) à la mare de pont Gari

### V.4.1.3. Application à la mare de Figo

#### V.4.1.3.1. Réflectances et profondeur

L'examen immédiat de la figure V.3 montre une différence avec les courbes établies pour la mare du pont Gari. R1 et R2 augmentent avec la profondeur car la réflectance, dans le visible, du sol humide est ici inférieure à la réflectance de l'eau profonde. Les paramètres du modèle sont regroupés dans le tableau V.3.

canal	$R_{i,f}$ (%)	$K_i$ (%)	$C_i$ (m <sup>-1</sup> )
1	237.34	-122.74	0.093
2	249.35	-101.4	0.101
3	98.83	89.98	0.142

Tableau V.3 - Paramètres des courbes théoriques de la radiance en fonction de la profondeur à la mare de Figo

$C_i$ , dans le visible, est comparable à la profondeur de disparition du disque de Cecci (10 cm environ).

Les valeurs ( $R_{i,f} + K_i$ ) sont comparables aux réflectances des sol humides à proximité de l'eau. Les sommes sont égales à 114.6, 147.9 et 188.8 pour respectivement 110, 143 et 198 environ.

#### III.4.1.3.2. Rapports de réflectance et profondeur

Comme pour les observations sur la mare de pont Gari, la dispersion autour de la courbe théorique est importante pour le rapport R2/R1 (Cf. figure V.4).

Le tableau V.4 présente les paramètres obtenus après optimisation.

rapport	$R_{i,f}$ (%)	$K_i$ (%)	$C_i$ (m <sup>-1</sup> )
R3/R1	0.4180	1.2064	0.0707
R3/R2	0.3912	0.8428	0.1018
R2/R1	1.0585	0.2715	0.0342

Tableau V.4 - Paramètres des courbes théoriques des rapports de réflectance en fonction de la profondeur à la mare de Figo

## V.4.2. Evolution des réflectances de la terre à l'eau

### V.4.2.1. Mare de Pont Gari

Les réflectances mesurées sur chacun des canaux ont été rangées des zones de sol sec aux zones en eau ne dépassant pas 13 cm de profondeur.

Sur les sols humides, la taille et la densité des fentes sont des indicateurs du dessèchement. Le sol humide est plus sombre que le sol sec.

La figure V.5a amène les remarques suivantes :

- Le sol sec, la frange humide et les zones en eau sont différenciés dans chacun des canaux.
- Les variations dans la catégorie sol sec sont liés à la rugosité de surface.
- La réflectance, dans le visible des sols humides, augmente avec la teneur en eau.

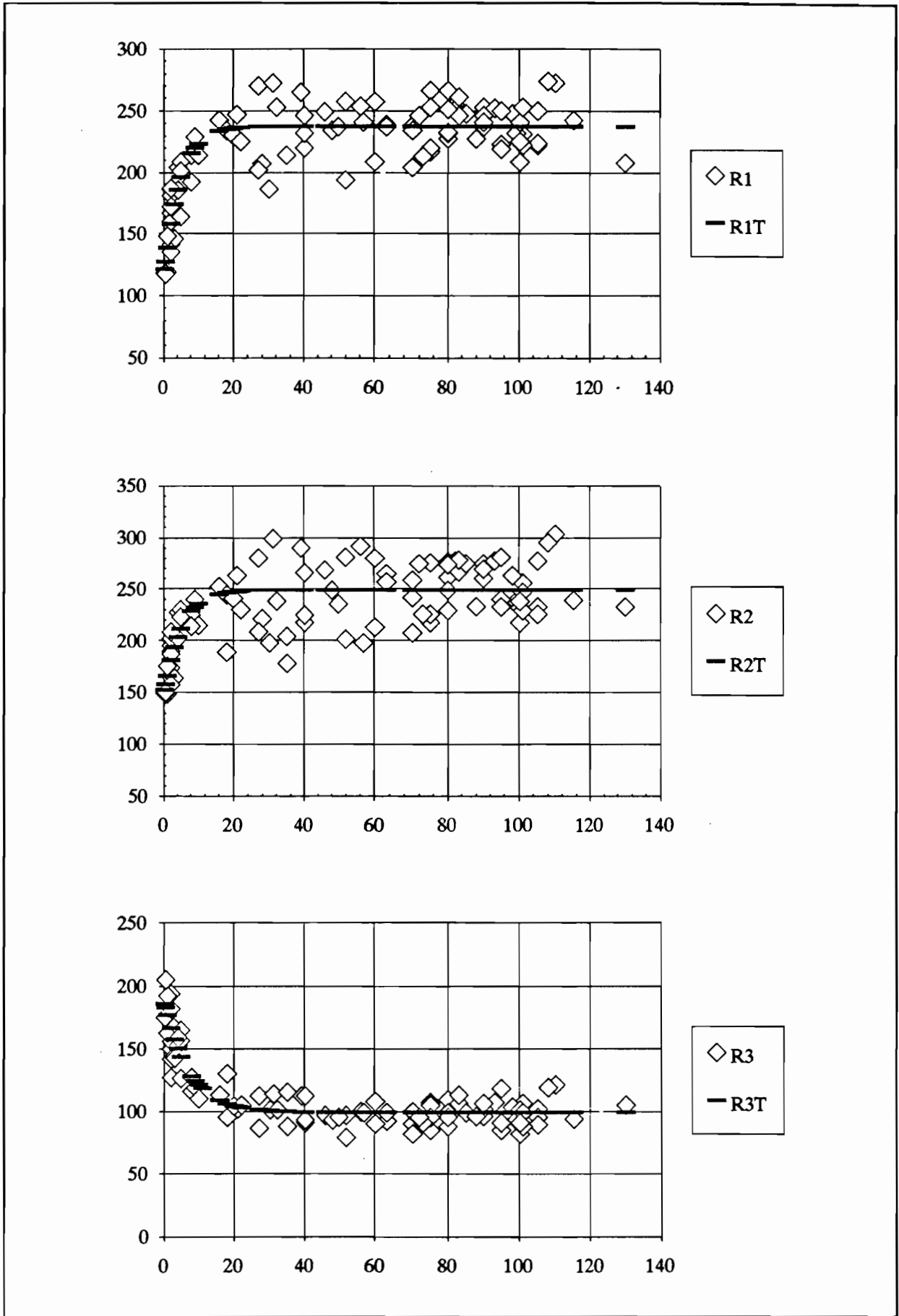


Figure V.3 - Réflectance ( $\rho/\rho_0$ ) en fonction de la profondeur (cm) à la mare de Figo



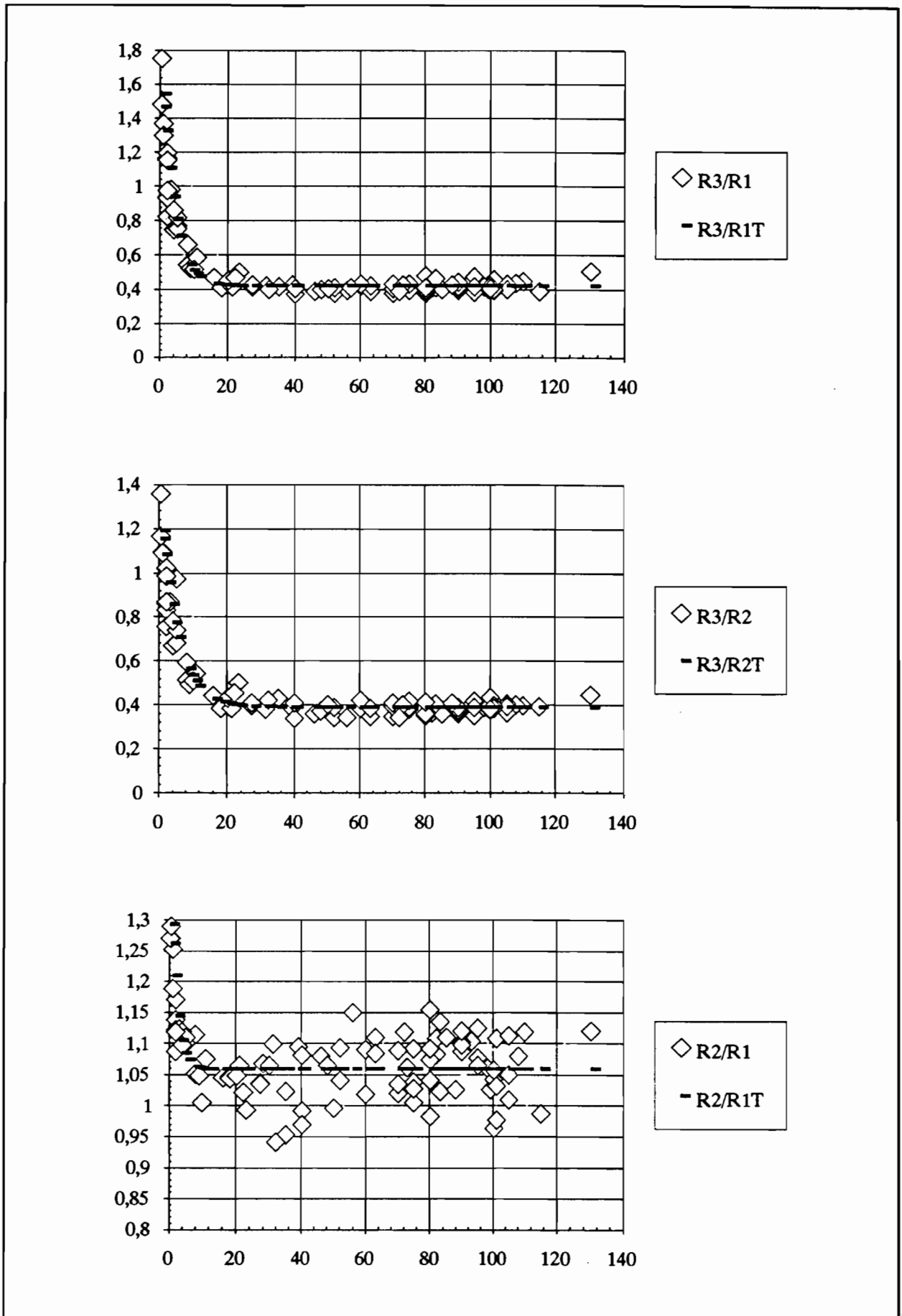


Figure V.4 - Rapport des réflectances ( $\rho/\infty$ ) en fonction de la profondeur (cm) à la mare de Figo

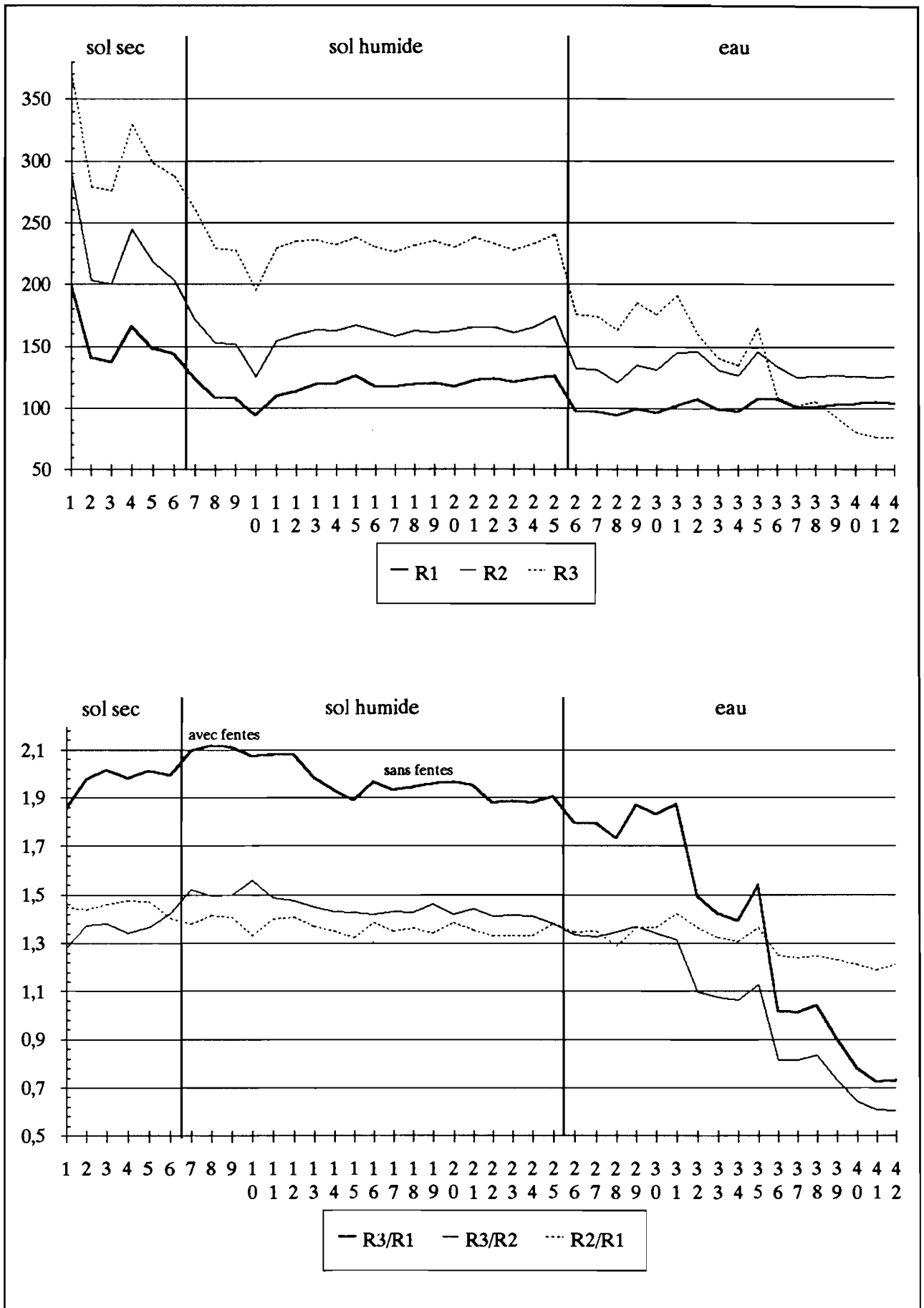


Figure V.5 - Evolution des radiances et des rapports de radiance du sol sec à l'eau, à la mare de pont Gari

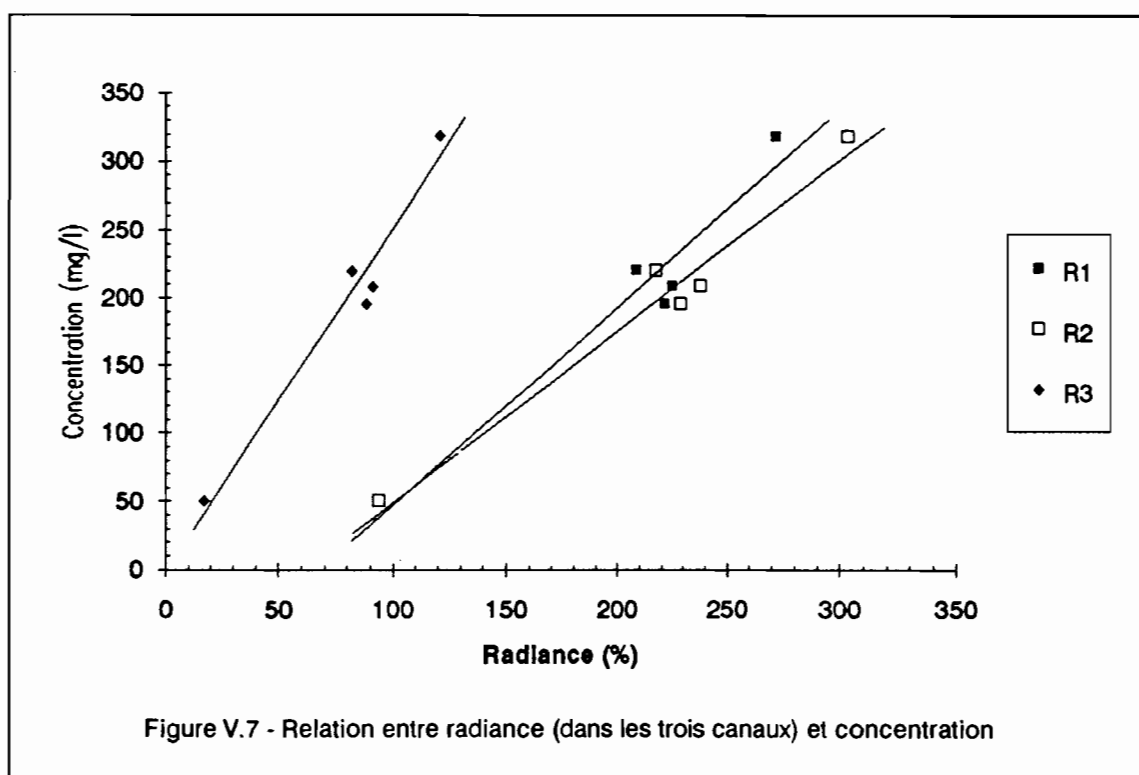
Sur la figure V.5b, nous avons reporté pour les mêmes points les rapports de réflectance. La frange humide est caractérisée par la supériorité du rapport R3/R2 sur le rapport R2/R1. Dans cette frange humide, le rapport R3/R1 permet de distinguer l'importance du dessèchement de surface.

#### V. 4.2.2. Mare de Figo

Sur la figure V.6, le sol humide se distingue bien des sols secs mais mal des surfaces en eau pour le visible. Par contre, comme à la mare du pont Gari, la frange humide se caractérise par un rapport R3/R2 supérieur au rapport R2/R1.

#### V.4.3. Concentrations et réflectance des eaux profondes

Malgré le petit nombre de points, des relations linéaires se dessinent entre radiance et concentration (Cf. figure V.7).



Les relations établies sont :

$$C = 14.1 R1 - 90.3$$

$$C = 12.4 R2 - 70.3$$

$$C = 24.6 R3 + 1.6$$

Un échantillonnage plus important durant l'hivernage 1992 et une expérimentation en laboratoire permettront de préciser ces courbes.

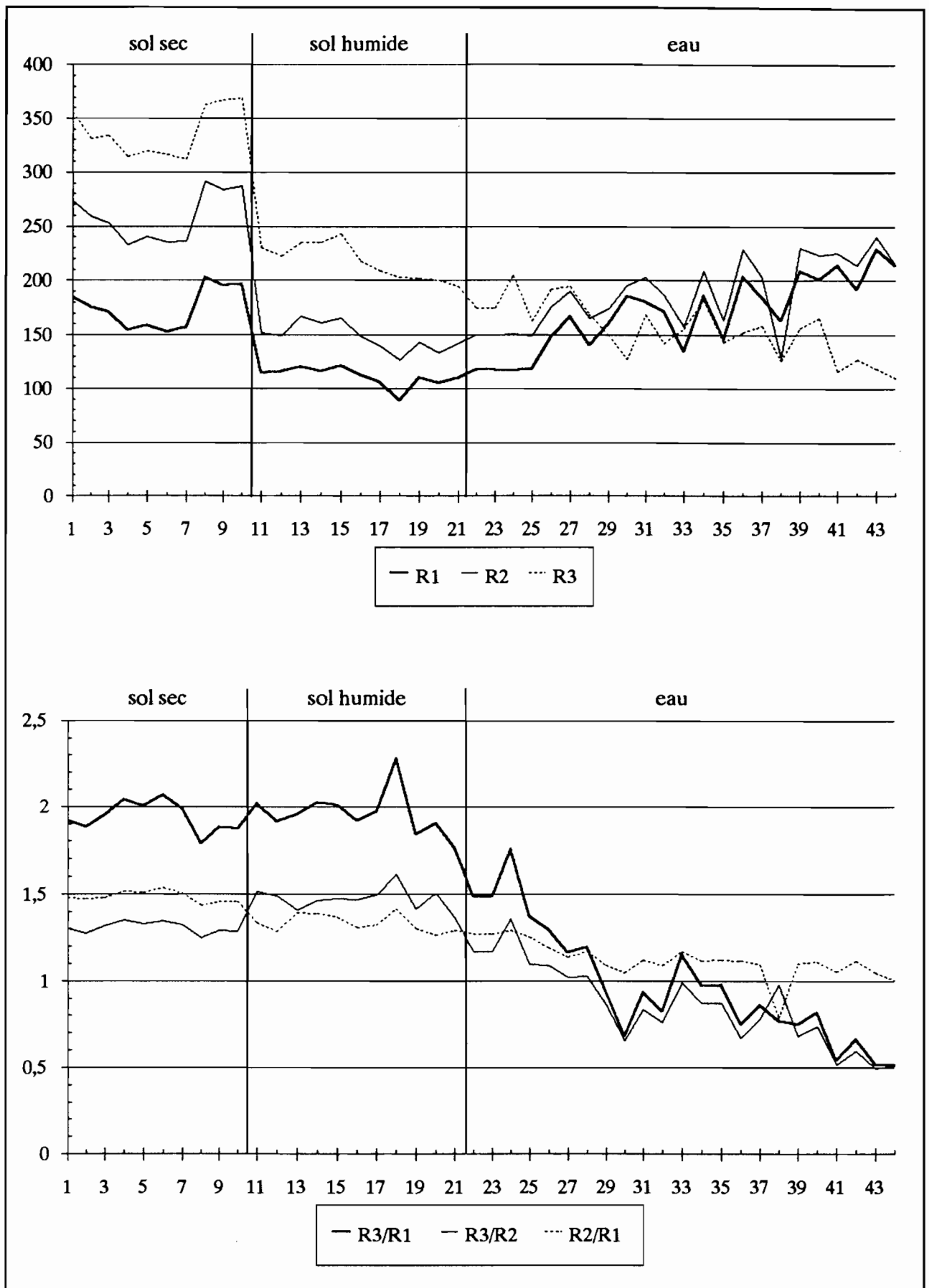


Figure III.6 - Evolution des radiances et des rapports de radiance du sol sec à l'eau, à la mare de Figo

## Bibliographie

CARLIER M., 1980. Hydraulique générale et appliquée. Edit. Eyrolles, Paris, 567 p..

GUYOT G. HANNOCK J.F., BUIS J.P. et SAINT G.. 1984. Mise au point d'un radiomètre de simulation SPOT. Signatures spectrales d'objets en télédétection. Bordeaux, 12-16sept. 1983, edit. INRA, p. 233-242.

LE GOUIC M., 1987. Utilisation de SPOT en hydrographie. SPOT 1: utilisation des images, bilan, résultats. Paris, nov. 1987, edit. CNES, p 1063-1068.

LENCASTRE A. 1969. Manuel d'hydraulique générale. Edit. Eyrolles, Paris, 411 p..

MOUGENOT B. , 1988. Note sur l'étalonnage et l'utilisation du radiomètre de simulation SPOT CIMEL CE 310. ORSTOM, Dakar Sénégal, 6 p.

SERVAT E. et DEZETTER A., 1988. SIMPLE et ROSEN: deux méthodes d'optimisation non linéaire, Théorie et pratique. Notice OVNIh du laboratoire d'hydrologie, n° 1, ORSTOM Montpellier, 36 p.

SPITZERD. et DIRKS R.W.J., 1986. Symposium on Remote Sensing for Ressources Development and Environmental Management. Enschede, 25-29 aout 1986, Edit. Balkema Rotterdam, p 775-777.

## Remerciement

Nous remercions vivement M. MAIGGA qui a effectué la plupart des mesures de terrain.

Annexe 1 - Limnimétrie à la station de N'Diawara - Diossorol

DATE	H EST (cm I.G.N.)	H OUEST (cm I.G.N.)
30.8.91 10:49		401
30.8.91 18:23		400
1.9.91 18:30		405
2.9.91 17:52		406
3.9.91 10:26		404
3.9.91 18:25		403
4.9.91 10:43		402
5.9.91 8:27	405.6	403
5.9.91 8:45	405.6	403
5.9.91 19:12	405.6	403
6.9.91 9:50	414.6	410
6.9.91 10:35	414.6	410
6.9.91 15:35	417.6	413
6.9.91 18:28	419.6	414
7.9.91 10:22	429.6	423
7.9.91 18:18	431.6	425
8.9.91 9:00	439.6	431
8.9.91 18:25	442.6	433
9.9.91 9:47	446.6	435
9.9.91 15:25	449.6	436
9.9.91 18:10	450.1	436
10.9.91 8:20	454.1	438
10.9.91 15:45	454.6	440
10.9.91 18:46	454.6	440
11.9.91 8:55	455.6	441
11.9.91 17:45	455.6	441
12.9.91 8:20	456.6	442
12.9.91 15:55	455.6	441
12.9.91 18:50	455.6	441
13.9.91 11:30	455.6	441
13.9.91 15:55	455.6	441
14.9.91 8:25	456.6	442
14.9.91 16:10	456.6	442
15.9.91 9:20	459.6	443
15.9.91 16:30	459.6	443
16.9.91 8:37	459.6	443
16.9.91 15:45	459.6	443
17.9.91 8:40	457.6	443
17.9.91 18:31	457.6	443
18.9.91 8:26	455.6	442
18.9.91 17:35	453.6	442
19.9.91 11:00	449.6	440
19.9.91 18:40		440
20.9.91 9:26	444.6	436
20.9.91 12:46	442.6	436
20.9.91 18:18	441.6	435
21.9.91 8:37	435.6	432
21.9.91 16:29	432.6	430
22.9.91 7:33	425.6	424
22.9.91 9:10	424.6	424
23.9.91 8:29	411.6	412
23.9.91 18:55	406.6	407
24.9.91 8:34	402.6	404
24.9.91 18:20	401.6	402
25.9.91 8:21		412
25.9.91 18:19	390.6	409
26.9.91 8:19	388.6	407
26.9.91 19:07	387.6	406
27.9.91 7:23	386.6	404
27.9.91 18:58		372

DATE	H EST (cm I.G.N.)	H OUEST (cm I.G.N.)
28.9.91 18:36		367
29.9.91 8:18		364
29.9.91 18:02		362
30.9.91 7:46		359
30.9.91 19:07		357
1.10.91 17:12		352
2.10.91 10:20		350
3.10.91 8:28		345
3.10.91 17:55		344
4.10.91 9:07		342
4.10.91 22:21		340
6.10.91 11:32		336
7.10.91 8:40		333
8.10.91 10:40		330
8.10.91 18:45		329
9.10.91 21:33		327
9.10.91 23:17		340
10.10.91 7:52		387
10.10.91 15:35	394.1	394
10.10.91 15:45	395.1	395
11.10.91 8:40	405.1	405
11.10.91 9:12	405.1	405
11.10.91 12:20	406.6	406
11.10.91 16:00	409.6	408
11.10.91 16:30	409.6	408
11.10.91 17:40	410.6	409
11.10.91 18:05	410.6	409
12.10.91 9:40	415.6	414
12.10.91 10:10	415.6	414
12.10.91 16:08	417.6	416
12.10.91 16:40	417.6	416
12.10.91 17:59	417.6	416
13.10.91 8:40	417.6	418
13.10.91 9:13	417.6	418
13.10.91 16:00	418.6	418
13.10.91 16:45	419.6	418
13.10.91 18:05	419.6	418
14.10.91 8:33	416.6	416
14.10.91 18:04	413.6	413
15.10.91 8:29	409.6	410
15.10.91 18:22	404.6	405
16.10.91 8:36	396.6	398
16.10.91 18:12	392.6	392
17.10.91 7:59	384.6	386
17.10.91 18:26		377
18.10.91 8:05		371
18.10.91 18:31		370
19.10.91 8:21		364
19.10.91 17:08		362
20.10.91 8:53		359
20.10.91 18:14		356
21.10.91 8:35		354
21.10.91 18:30		351
22.10.91 8:14		349



DATE	H EST (cm I.G.N.)	H OUEST (cm I.G.N.)
22.10.91 17:55		347
23.10.91 7:32		345
23.10.91 18:10		342
24.10.91 7:55		339
24.10.91 18:20		337
25.10.91 8:01		335

Annexe 2 - Jaugeages à la station de N'Diawara

Numéro	Date	H EST (cm I.G.N.)	H OUEST (cm I.G.N.)	Dioundou (cm I.G.N.)	Débit (m3/s)
1	30.8.91 10:49		401		0.186
2	30.8.91 18:23		400		0.168
3	1.9.91 18:30		405		0.315
4	2.9.91 17:52		406		0.22
5	3.9.91 10:26		404		0.297
6	4.9.91 18:25		403		0.362
7	4.9.91 10:43		402		0.283
8	5.9.91 8:45	405.6	403		0.221
9	5.9.91 19:12	405.6	403		0.215
10	6.9.91 9:50	414.6	410	324.4	0.399
11	6.9.91 10:35	414.6	410	324.8	0.337
12	6.9.91 18:28	419.6	414		0.383
13	7.9.91 10:22	429.6	423		0.54
14	7.9.91 18:18	431.6	425		0.662
15	8.9.91 9:00	439.6	431		0.649
16	8.9.91 18:25	442.6	433		0.787
17	9.9.91 9:47	446.6	435	377	0.898
18	9.9.91 15:25	449.6	436	380.4	0.95
19	9.9.91 18:10	450.1	436	381.9	1.03
20	10.9.91 8:20	454.1	438		0.89
21	10.9.91 15:45	454.6	440	393	1.23
22	10.9.91 18:46	454.6	440	394.3	1.12
23	11.9.91 8:55	455.6	441	400.2	1.32
24	11.9.91 17:45	455.6	441	403.5	1.09
25	12.9.91 8:20	456.6	442	406.8	1.26
26	12.9.91 15:55	455.6	441	409.1	0.89
27	13.9.91 11:30	455.6	441	413.3	0.882
28	13.9.91 15:55	455.6	441	413.8	0.897
29	14.9.91 8:25	456.6	442	415.9	0.94
30	14.9.91 16:10	456.6	442	416.9	0.958
31	15.9.91 9:20	459.6	443	418.9	0.966
32	15.9.91 16:30	459.6	443	419.5	1.09
33	16.9.91 8:37	459.6	443	420.9	0.997
34	16.9.91 15:45	459.6	443	421.7	0.914
35	17.9.91 8:40	457.6	443	422.9	1.05
36	18.9.91 8:26	455.6	442	423.9	1.02
37	18.9.91 17:35	453.6	442	424	0.94
38	19.9.91 11:00	449.6	440	425	0.807
39	20.9.91 12:46	442.6	436	425.1	0.659
40	20.9.91 18:18	441.6	435	425.3	0.654
41	21.9.91 16:29	432.6	430	426	0.453
42	22.9.91 9:10	424.6	424	425	0.195
43	10.10.91 15:35	394.1	394	373.6	0.069
44	10.10.91 15:45	395.1	395	373.6	0.068
45	11.10.91 8:40	405.1	405	373.9	0.372
46	11.10.91 9:12	405.1	405	373.9	0.387
47	11.10.91 12:20	406.6	406	374.9	0.512
48	11.10.91 16:00	409.6	408	376.4	0.415
49	11.10.91 16:30	409.6	408	376.6	0.412
50	11.10.91 17:40	410.6	409	377.2	0.483
51	11.10.91 18:05	410.6	409	377.4	0.47
52	12.10.91 9:40	415.6	414	385.2	0.601
53	12.10.91 10:10	415.6	414	385.5	0.622
54	12.10.91 16:08	417.6	416	387.5	0.601
55	12.10.91 16:40	417.6	416	387.7	0.643
56	12.10.91 17:59	417.6	416	388.2	0.643
57	13.10.91 8:40	417.6	418	395.3	0.733
58	13.10.91 9:13	417.6	418	395.6	0.635
59	13.10.91 16:00	418.6	418	397.5	0.639
60	13.10.91 16:45	419.6	418	397.7	0.629
61	13.10.91 18:05	419.6	418	398.1	0.642

Annexe 3 - Limnimétrie à la station de la digue Nord-Sud

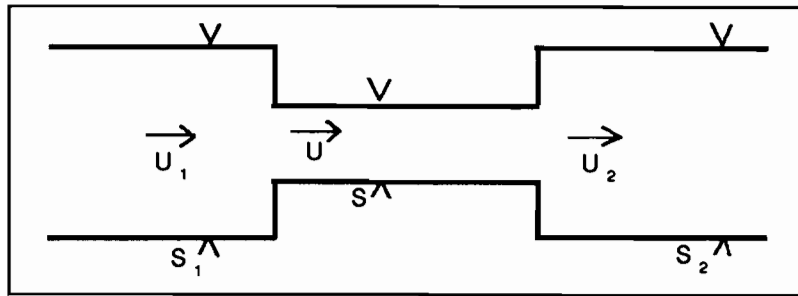
Date	H est (cm I.G.N.)	H ouest (cm I.G.N.)
16.9.91 9:47	420	
17.9.91 9:34	422	
18.9.91 9:24	422	
19.9.91 9:30	423	333
20.9.91 10:00	423	333
20.9.91 16:28	424	334
21.9.91 9:36	425	334
21.9.91 18:29	425	333
22.9.91 9:51	424	333
26.9.91 18:11	409	333
27.9.91 9:05	408	333
27.9.91 17:59	408	333
28.9.91 9:04	406	334
28.9.91 16:25	406	334
29.9.91 8:46	403	334
29.9.91 16:52	403	334
30.9.91 8:59	400	334
30.9.91 17:59	399	334
1.10.91 8:58	398	333
1.10.91 17:47	396	333
2.10.91 8:59	395	333
2.10.91 17:28	394	333
3.10.91 10:13	390	333
4.10.91 9:08	388	333
5.10.91 8:48	381	333
6.10.91 9:02	381	333
7.10.91 8:57	379	333
8.10.91 9:04	376	333
9.10.91 9:19	367	333
10.10.91 8:26	366	333
11.10.91 10:09	372	334
11.10.91 17:09	376	334
12.10.91 10:58	385	334
12.10.91 17:32	388	334
13.10.91 10:11	396	335
13.10.91 17:38	397	335
14.10.91 9:03	402	335
14.10.91 9:18	399	357
14.10.91 9:57	399	366
14.10.91 16:35	399	367
15.10.91 9:01	395	366
15.10.91 16:23	393	366
16.10.91 8:55	389	365
16.10.91 16:38	385	363
17.10.91 8:45	377	362
18.10.91 8:52	370	349
19.10.91 9:46	362	348
20.10.91 9:16	358	347
21.10.91 11:37	352	345
22.10.91 9:06	347	341
23.10.91 14:12	341	338
24.10.91 9:03	339	337
25.10.91 9:19	336	335
26.10.91 8:55	333	334

Annexe 4 - Jaugeages à la station de la digue nord-sud

Numéro	Date	H amont (cm I.G.N.)	H aval (cm I.G.N.)	Débit (m3/s)
1	14.10.91 9:18	399	359.5	0.921
2	14.10.91 10:14	399	364	0.774
3	14.10.91 16:45	399	367	0.566
4	14.10.91 17:24	399	367	0.574
5	15.10.91 9:15	395	366	0.694
6	15.10.91 16:45	393	366	0.536
7	16.10.91 9:06	389	365	0.516
8	16.10.91 16:47	385	364	0.592
9	16.10.91 17:20	385	364	0.591

Annexe 5 - Expression du débit transitant dans une conduite  
reliant deux canaux





La perte de charge totale entre  $S_1$  et  $S_2$  ( $DH$ ) est égale à la somme des pertes de charge singulières, à l'entrée ( $DH1$ ), à la sortie de la conduite ( $DH2$ ) et de la perte de charge linéaire ( $DHI$ ) dans la conduite.

$$DH = DH1 + DH2 + DHI$$

à l'entrée,  $DH1 = k (U^2/2g)$  avec  $k=0.5$  pour une conduite généralement  
à la sortie,  $DH2 = U^2/2g [(S_2/S) - 1]^2 + 1/9$  (CARLIER, 1980)  
dans la conduite,  $DHI = K (U^2/2g)$

Soit  $H1$  et  $H2$ , les charges dans  $S_1$  et  $S_2$ ,

$$H1 = h_1 + (U_1^2/2g) \quad \text{avec } h_1, \text{ hauteur d'eau dans } S_1$$

$$H2 = h_2 + (U_2^2/2g) \quad \text{avec } h_2, \text{ hauteur d'eau dans } S_2$$

$$DH = H1 - H2 = DH1 + DH2 + DHI$$

soit,

$$(Q^2/2g) [1/S_1^2 - 1/S_2^2] + h_1 - h_2 = (Q^2/2g) [k/S^2 + (S_2/S - 1)^2/S_2^2 + 1/(9S_2^2) + K/S^2]$$

$$h_1 - h_2 = (Q^2/2g) [(k+K)/S^2 - 1/S_1^2 + 1/S_2^2 + 1/(9S_2^2) + (S_2/S)^2/S_2^2]$$

en supposant  $S_2$  grand devant  $S$ ,

$$h_1 - h_2 = (Q^2/2g) [(k+K)/S^2 - 1/S_1^2 + 10/9S_2^2 + 1/S_2^2]$$

$$h_1 - h_2 = (Q^2/2g) [(1+k+K)/S^2 - 1/S_1^2 + 10/9S_2^2]$$

En posant que  $S_1$  et  $S_2$  sont des fonctions des hauteurs d'eau  $h_1$  et  $h_2$  de la forme :

$$S_1 = a_1 h_1^n \quad \text{et} \quad S_2 = a_2 h_2^m$$

$$Q = (2g)^{0.5} [(1/(Cste + 1/(a_2 h_2^m) - 1/(a_1 h_1^n)))]^{0.5} (h_1 - h_2)^{0.5}$$

En supposant des vitesses nulles dans les canaux, on retrouve la formule simplifiée utilisée à la station de N'Diawara.

Annexe 6 - Limnimétrie et débits moyens journaliers  
à la station de N'Diayène

Date	Heure	H Ouest (cm I.G.N.)	H Est (cm I.G.N.)	N° vanne ouverte	Débit observé (ou reconstitué) par vanne (m³/s)	Débit moyen journalier (m³/s)
1.7.91	8:15	6.5	10	1,3,5	-0.110	-0.33
	18:46	11	8	1,3,5	0.117	
2.7.91	8:00	10.5	13	1,3	-0.132	-0.23
	18:38	6	12.5	1,3	-0.168	
3.7.91	8:00	10	11	1,3	-0.750	-0.21
	18:07	4	9.5	1,3	-0.113	
4.7.91	8:22	6	10	1,3,5	-0.114	-0.32
	17:36	4	9	1,3,5	-0.103	
5.7.91	8:09	1	9	1,3,5	-0.101	-0.28
	18:45	0	8	1,3,5	-0.810	
6.7.91	8:49	3.5	7.5	1,3,5	-0.780	-0.06
	18:44	7	4.5	1,3,5	0.650	
7.7.91	9:25	4	7	1,3,5	-0.680	0.01
	17:20	7	0	1,3,5	0.660	
8.7.91	8:15	4.5	5.5	1,3,5	-0.360	-0.1
	18:12	1	5.5	1,3,5	-0.490	
9.7.91	8:06	3.5	5	1,3,5	-0.370	-0.11
	18:47	3	5	1,3,5	-0.400	
10.7.91	8:00	6	4.5	1,3,5	0.460	0.22
	17:30	9	4	1,3,5	0.103	
11.7.91	8:28	12	5.5	1,3,5	0.159	0.35
	18:57	8	4.5	1,3,5	0.830	
12.7.91	8:08	4	4.5	1,3,5	-0.210	0.03
	18:20	2	0	1,3,5	0.100	
13.7.91	8:39	9	3	1,3,5	0.105	0.17
	18:01	2.5	0	1,3,5	0.140	
14.7.91	8:03	12	3	1,3,5	0.160	0.54
	18:54	16	3.5	1,3,5	0.245	
15.7.91	8:05	19.5	8	1,3	0.332	0.81
	18:07	21	12	1,3,5	0.352	
16.7.91	8:35	17	16.5	1,3,5	0.840	0.09
	17:55	9	11	1,3,4	-0.101	
17.7.91	8:17	12.5	13.5	1,3,4,5	-0.930	-0.09
	18:12	9.5	8.5	1,3,4	0.640	
18.7.91	8:09	18.5	15	1,3,4	0.223	0.35
	17:50	19	18	1,3	0.132	
19.7.91	8:42	23.5	27	1,3,4,5	-0.336	0.14
	17:02	41	30	1,3	0.838	
20.7.91	8:17	32	31.5	1,3	0.160	0.77
	18:24	36	31	1,3	0.533	
21.7.91	8:51	47	45.5	1,3	0.403	0.86
	17:52	50	48	1,3	0.493	
22.7.91	8:22	53	53	1,3	0.000	0.55
	17:29	54.5	53	1,3	0.469	
23.7.91	8:32	63	61	1,3	0.624	1.39
	18:55	65	62	1,3	0.783	

Date	Heure	H Ouest (cm I.G.N.)	H Est (cm I.G.N.)	N° vanne ouverte	Débit observé (ou reconstitué) par vanne (m³/s)	Débit moyen journalier (m³/s)
24.7.91	8:39	76	71	1,3	1.170	2.95
	18:08	89.5	76.5	1,3	2.130	
25.7.91	9:08	82	81	1,3	0.580	1.46
	18:02	81	80	1,3	0.573	
26.7.91	8:26	80	80	1,3	0.000	0.76
	16:58	80	79	1,3	0.566	
27.7.91	8:19	100	96	1,3	1.395	0.52
	17:26	91	93	1,3	-0.926	
28.7.91	8:01	86	87	1,3	-0.616	-1.1
	16:26	82	83	1,3	-0.587	
29.7.91	8:05	92	91.5	1,3	0.462	1
	17:53	102	98	3	1.424	
30.7.91	8:21	96	86	3	2.048	0.57
	18:55	89	90	1,3	-0.637	
31.7.91	8:21	90	90.5	1,3	-0.454	0.03
	18:24	91	90	1,3	0.644	
1.8.91	9:19	97.5	97	3	0.489	0.83
	18:29	104	103	3	0.737	
	18:38	105	103	3	0.902	
	19:00	105	103	3	0.848	
2.8.91	8:30	102.5	101.5	3	0.726	0.68
	9:10	103	102	3	0.539	
	16:34	107	105	3	0.738	
	16:50	107	105	3	0.816	
3.8.91	9:39	109	108	3	0.772	0.76
	18:22	118	117	3	0.836	
4.8.91	8:58	113	113	3	0.000	0.41
	18:31	116	115	3	0.822	
5.8.91	8:19	118	118	3	0.000	0.85
	18:07	129	125	3	1.808	
6.8.91	8:49	128	127	3	0.908	1.47
	10:35	130.5	128	3	1.357	
	18:16	139	135	3	1.950	
7.8.91	8:15	139	138	3	0.986	1.25
	10:40	139.5	137.5	3	1.163	
	18:12	143	142	3	1.014	
	18:25	142.5	140.5	3	1.482	
8.8.91	8:34	135.5	135.5	3	0.000	0.53
	18:03	133	132	3	0.943	
9.8.91	8:24	139	139	3	0.000	0.17
	18:30	140	140	3	0.000	
10.8.91	9:01	145	143	3	1.779	1.56
	16:08	150	148	3	1.500	
11.8.91	8:08	150	148	3,4	1.500	1.51
	10:11	149	148	3,4	0.851	
	17:46	148	147	3	1.050	
12.8.91	8:34	142	143	3	-1.014	-0.96
	16:34	140	142	3	-1.419	
13.8.91	8:21	138	139	3	-0.986	-0.58
	17:46	138	138	3	0.000	
14.8.91	9:19	140	140	3	0.000	0
	16:24	140	140	3	0.000	

Date	Heure	H Ouest (cm I.G.N.)	H Est (cm I.G.N.)	N° vanne ouverte	Débit observé (ou reconstitué) par vanne (m³/s)	Débit moyen journalier (m³/s)
15.8.91	9:06	146	140	F		
	18:39	145	142	F		
16.8.91	8:55	147	143	F		
	16:34	148	142	F		
17.8.91	9:01	150	149	F		
	16:44	151	149	F		
18.8.91	8:30	154	152	4	1.540	1.08
	16:04	155	153	4	1.550	
	18:00	155.5	152.5	4	1.899	
19.8.91	9:30	158	157	4	1.4	0.85
	17:43	158	158	4	0.000	
20.8.91	9:24	151	155	F		
	16:45	150	156	F		
21.8.91	9:53	148	155	F		
	18:09	143	155	F		
22.8.91	9:57	147	153	F		
	18:37	143	154	F		
23.8.91	8:40	148	152	F		
	18:36	147	152	F		
24.8.91	9:50	152	153	F		
	16:30	150	153	F		
25.8.91	9:49	155.5	155	F		0.58
	18:10	157	157	1,2,3,4	0.000	
26.8.91	9:09	166	159	1,2,3,4	3.060	8
	18:11	167	161	1,4	2.859	
27.8.91	8:02	170	162	1,4	3.342	4.81
	17:25	171	166	1,4	2.379	
	18:50	172	165	3	3.173	
28.8.91	9:31	172	168	3	2.439	2.16
	18:48	173	171.5	3	1.502	
29.8.91	9:37	178	176	3	1.82	1
	18:20	178	178	3	0.000	
30.8.91	9:50	183	178	F		
	18:50	180	178	F		
31.8.91	9:00	186	180	F		
	18:38	186	180	F		
1.9.91	9:34	187	180	3	3.326	1.13
	17:35	187	186	3	1.327	
2.9.91	8:11	188	187.5	3	0.945	1.36
	17:57	183	186	F		
3.9.91	8:49	187	186.5	2,3,4	0.940	0.01
	18:15	186	187	F		
4.9.91	9:00	190	187	F		0.3
	17:30	187.5	187	3	1.008	
	18:50	188	187.5	3	0.945	
5.9.91	9:10	190	189	3	1.349	-0.37
	18:30	189	190	3,5	-1.349	
6.9.91	8:40	189.5	190	3,5	-0.955	-1.26
	18:58	190	190	3,5	0.000	
7.9.91	8:48	194	194.5	3,5	-0.978	-0.88
	18:20	195	195	3,5	0.000	

Date	Heure	H Ouest (cm I.G.N.)	H Est (cm I.G.N.)	N° vanne ouverte	Débit observé (ou reconstitué) par vanne (m <sup>3</sup> /s)	Débit moyen journalier (m <sup>3</sup> /s)
8.9.91	8:49	200	200	3,5	0.000	1.64
	11:08	201	200	3,5	1.835	
	16:53	203	200.5	3,5	1.188	
	18:18	202	201	3,5	0.75	
9.9.91	8:42	207	204	3,5	1.4	2.5
	18:18	208	206	3,5	1.23	
10.9.91	9:10	210	210	3,5	0	0.29
	16:34	210	210	3,5	0	
11.9.91	9:25	209	209	3,5	0	1.47
	18:24	213	210	3,5	1.7	
12.9.91	9:29	215	211	3,5	2.04	2.41
	10:30	215	211	4	2.211	
	18:00	216	216	3,5	0	
13.9.91	8:51	216	216.5	3,5	-0.85	-0.66
	17:49	215	215	3,5	0	
14.9.91	8:42	217	216.5	3,5	0.889	0.81
	10:58	217	216.5	3,5	0.889	
	18:15	217	217	3,5	0	
15.9.91	8:50	217	221	3,5	-3.27	-1.7
	17:30	217	219	F		
16.9.91	8:33	219	219	F		
	16:25	218	214	F		
17.9.91	9:11	221	214	F		0.73
	11:06	220	215	3	3.646	
	16:52	218	217	3	0.803	
	17:50	218	217	3	0.803	
18.9.91	9:43	220	217.5	3	1.646	1.64
	18:20	219	217	3	1.85	
19.9.91	9:29	220	218	3	1.96	2.38
	12:22	223	218.5	3	3.145	
	18:24	222	218	3	2.867	
20.9.91	9:39	220	220	F		
	17:13	218	220	F		
21.9.91	10:18	216	220	F		
	16:15	218	220	F		
22.9.91	9:20	218	220	F		
	17:20	217	221	F		
23.9.91	8:15	209	221	F		
	18:10	200	222	F		
24.9.91	9:31	194	221.5	F		
	16:28	193	219	F		
25.9.91	9:22	190	216.5	F		
	18:25	188	216.5	F		
26.9.91	9:41	183	216	F		
	18:28	179	216	F		
27.9.91	9:19	175	216.5	F		
	16:55	168	217	F		
28.9.91	9:01	166	216	F		
	18:02	161.5	217	F		
29.9.91	8:27	165	216	F		
	17:37	155	217	F		

Date	Heure	H Ouest (cm I.G.N.)	H Est (cm I.G.N.)	N° vanne ouverte	Débit observé (ou reconstitué) par vanne (m <sup>3</sup> /s)	Débit moyen journalier (m <sup>3</sup> /s)
30.9.91	9:18	152	218	F		
	17:55	146	216.5	F		
1.10.91	9:11	148	216	F		
	16:20	152	216	F		
2.10.91	8:34	150	215	F		
	17:41	151	215	F		
3.10.91	9:08	155	215	F		
	18:38	153.5	215	F		
4.10.91	8:27	158	214	F		
	17:41	153	215	F		
5.10.91	8:41	159	214.5	F		
	17:32	155	216	F		
6.10.91	8:22	159	213	F		
	17:22	155	214	F		
7.10.91	8:33	159	213	F		
	16:12	156	212.5	F		
8.10.91	8:00	161	212	F		
	17:24	161	212.5	F		
9.10.91	8:39	167	211	F		
	16:49	169	212.5	F		
10.10.91	8:49	174	215	F		
	16:26	177	216.5	F		
11.10.91	9:00	184	216	F		
	18:21	185	215	F		
12.10.91	9:09	190	216	F		
	18:06	192	215.5	F		
13.10.91	8:11	195	216	F		
	17:25	199	215	F		
14.10.91	8:09	198	216	F		
	19:13	195	215	F		
15.10.91	8:35	195	216	F		
	17:40	191.5	216.5	F		
16.10.91	8:32	190	218	F		
	18:10	186	217	F		
17.10.91	8:27	182	217	F		
	17:25	180	216.5	F		
18.10.91	8:16	175.5	216.5	F		
	18:35	172	217	F		
19.10.91	8:28	168	217	F		
	16:28	163	216	F		
20.10.91	8:09	160	207.5	2,3,4,5	-1.15	-3.91
	17:04	156	203	2,3,4,5	-1.15	
21.10.91	8:20	153	195	2,3,4,5	-1.08	-4.53
	17:37	144	188	2,3,4,5	-1.11	
22.10.91	8:01	146	179	2,3,4,5	-1.67	-4.29
	17:42	143	173	2,3,4,5	-0.92	
23.10.91	8:35	145	173	F		-1.46
	16:31	147	171	2,3	-2.32	
24.10.91	9:28	143	171	2,3,4,5	-0.88	-1.88
	17:26	141	166	F		
25.10.91	9:09	140	166	4	-1.42	-2.06
	17:29	137.5	140	1,2,3,4	-1.9	

Annexe 7 - Jaugeages à la station de N'Diayène



Numéro	Date	H ouest (cm)	H est (cm)	Débit (m3/s)	Houest - Hest (cm)
1	28.6.91 9:00	11	6	0.036	5
2	1.8.91 12:20	100	98	0.79	2
3	1.8.91 18:38	105	103	0.902	2
4	1.8.91 19:00	105	103	0.848	2
5	2.8.91 9:10	103	102	0.539	1
6	2.8.91 9:30	103	102	0.536	1
7	2.8.91 16:34	107	105	0.738	2
8	2.8.91 16:50	107	105	0.816	2
9	6.8.91 10:35	130.5	128	1.357	2.5
10	7.8.91 10:40	139.5	137.5	1.163	2
11	7.8.91 18:25	142.5	140.5	1.482	2
12	10.8.91 9:05	145	143	1.779	2
13	11.8.91 10:11	149	148	0.851	1
14	18.8.91 18:00	155.5	152.5	2.99	3
15	19.8.91 10:45	158.5	157	1.4	1.5
16	27.8.91 17:25	171	166	2.379	5
17	28.8.91 9:45	172	168	2.439	4
18	29.8.91 10:28	178	176	1.82	2
19	1.9.91 10:15	187	180	3.326	7
20	4.9.91 17:30	187.5	187	1.008	0.5
21	8.9.91 11:08	201	200	1.835	1
22	8.9.91 16:53	203	200.5	1.188	2.5
23	12.9.91 10:30	215	211	2.211	4
24	14.9.91 10:58	217	216.5	0.889	0.5
25	17.9.91 11:06	220	215	3.646	5
26	17.9.91 16:52	218	217	0.803	1
27	18.9.91 10:28	220	217.5	1.646	2.5
28	19.9.91 12:22	223	218.5	3.145	4.5
29	19.9.91 18:24	222	218	2.867	4