

**Mission ORSTOM
La Paz**

**TOTAL OIL & GAS EXPLORATION
BOLIVIA**

**Prestations en hydrologie
sur le bassin du rio Beni (Bolivie),
dans la région de Rurrenabaque**

**Bernard POUYAUD
Jacques BOURGES
Jean Loup GUYOT**

**HYDROCONSULT International
GIE ORSTOM - EDF**

Prestations en hydrologie sur le bassin du rio Beni (Bolivie), dans la région de Rurrenabaque

Plan du rapport :

Introduction	3
Chapitre 1 - Compte rendu de la campagne de terrain	4
Chapitre 2 - Navigabilité du rio Beni entre le rio Tuichi et Rurrenabaque	7
2.1 - Recueil et analyse statistique des données hydrologiques du rio Beni à la station d'Angosto del Bala	7
2.1.1 - Appareil d'observation et données	7
2.1.2 - Méthodologie	8
2.1.3 - Résultats	10
2.2 - Réalisation de profils en long et en large et de mesures de vitesse sur le rio Beni entre la confluence avec le rio Tuichi et Rurrenabaque	12
2.2.1 - Profils en long et en travers	12
2.2.1.1 - Profils en long	12
2.2.1.2 - Profils en travers	19
2.2.2 - Vitesses du courant	42
2.2.2.1 - Vitesses mesurées entre le rio Tuichi et Rurrenabaque	42
2.2.2.2 - Vitesses du courant à Rurrenabaque	42
2.3 - Estimation des profondeurs d'eau et des vitesses pour différentes probabilités sur la période septembre-octobre	46
2.3.1 - Profondeurs prévisibles aux différentes sections	46
2.3.2 - Vitesses prévisibles aux différentes sections	47
Chapitre 3 - Données climatologiques de la région de Rurrenabaque	48
3.1 - Rurrenabaque	49
3.2 - Angosto del Bala	60
Chapitre 4 - Données physico-chimiques des rios Beni et Tuichi	76
4.1 - Rio Beni à Rurrenabaque	76
4.1.1 - Matières en suspension (MES)	76
4.1.2 - Matières dissoutes	77
4.2 - Rio Tuichi à l'amont du confluent avec le rio Beni	77
Conclusion	79

Introduction

Par un fax en date du 18 janvier 1995, TOTAL OIL & GAS EXPLORATION BV. Sucursal Bolivia confie au GIE ORSTOM-EDF "HYDROCONSULT International" la réalisation de prestations de service en hydrologie portant sur :

- une estimation des conditions de navigabilité sur le rio Beni entre la confluence avec le rio Tuichi et Rurrenabaque,
- la fourniture des données climatologiques de la région de Rurrenabaque,
- et la fourniture des données physico-chimiques du rio Beni et du rio Tuichi.

Vu l'urgence des résultats attendus de l'étude demandée (TOTAL doit décider de ses modes d'accès au site de forage avant le 15 février 1995), il a été décidé de procéder à la campagne de terrain dans les plus brefs délais, malgré les conditions climatiques exceptionnellement mauvaises, dont une des conséquences était une crue très forte du rio Beni, compromettant aussi bien l'accessibilité des sites à prospecter que la qualité et la représentativité des mesures hydrologiques escomptées.

Le présent rapport rassemble les résultats de la campagne de terrain ainsi que les études et compilations spécifiques prévues par le contrat.

Chapitre 1 - Compte rendu de la campagne de terrain

La tournée de terrain a été réalisée entre le 20 et le 23 janvier 1995, au départ de La Paz, avec le personnel et le calendrier suivant :

Personnel :

- Bernard Pouyaud, Directeur de recherche en hydrologie de l'ORSTOM,
- Oscar Fuertes, Ingénieur du SENAMHI,
- Patrick Wagnon, CSN, de l'ORSTOM, Ingénieur de l'Ecole Normale Supérieure.

Calendrier :

- 20 janvier :

Trajet La Paz - Rurrenabaque. Nous avons profité de la réouverture de la route ce même jour par les bulldozers des travaux publics. La route avait en effet été coupée depuis plusieurs jours par des éboulements importants entre La Paz, Coroico et Caranavi, et surtout entre Caranavi et Yucumo, où nous avons fait partie du premier convoi empruntant la tranchée provisoire ouverte dans un très long "derumbe". Entre Yucumo et Rurrenabaque, certains des 34 passages à gué montraient encore une profondeur respectable.

- 21 janvier :

Après 2 heures de lente remontée, notre Zodiac Mark II et son moteur de 15 CH se révélaient insuffisants pour affronter le courant (supérieur presque partout à 3 m/s) et les tourbillons du fleuve Beni en crue (5,5 m à l'échelle de Angosto del Bala, soit environ 3500 m³/s). Nous avons donc loué une grande pirogue avec un moteur de 50 CV qui put nous transporter, avec le Zodiac, jusqu'au rio Tuichi, dont nous passons les premiers rapides et radiers à l'amont des dernières passes de son confluent avec le rio Beni. Cette remontée permit de faire une première exploration des conditions de navigabilité des rios Béni et Tuichi, illustrée par un film vidéo démonstratif.

Nous avons effectué une première descente en Zodiac (avec seulement 2 personnes à bord pour d'évidentes raisons de sécurité), qui nous a permis de faire un premier profil en long (dans la tranche d'eau supposée la plus profonde) entre le site du limnigraphe de Angosto del Bala et Rurrenabaque avec un écho-sondeur à cristaux liquides (codé "Profil Zodiac Amont-Aval" dans la suite du rapport). Les multiples tourbillons gênaient parfois le retour des ultrasons lors des passages particulièrement tumultueux ou aux endroits les plus profonds. Nous nous sommes positionnés grâce à un GPS sur les photos aériennes (au 1/62000) en notre possession.

Le rio Beni, comme son affluent le rio Tuichi, étaient en pleine crue et charriaient des eaux extrêmement chargées en sédiments, ainsi que de nombreuses épaves, arbres entiers et débris de végétation. Cet état de fait, le courant très important, les fortes profondeurs et les remous très puissants, nous ont dissuadés de tenter des ancrages (qui se seraient certainement fort mal terminés), ce qui empêchait d'exécuter des mesures de vitesse au moulinet hydrométrique dans des conditions satisfaisantes. Les mesures de vitesse faites l'ont donc été, certes au moulinet, mais à partir du Zodiac "stabilisé" au moteur, lorsque le courant n'était pas trop fort.

La première et importante conclusion de cette première journée est que le rio Tuichi, ainsi que les passes divaguantes qui constituent son confluent avec le rio Beni, n'est navigable (y compris en hautes eaux) que pour des pirogues à faible tirant d'eau.

- 22 janvier :

Nous sommes remontés avec le même équipage (pirogue portant le Zodiac) jusqu'au point extrême de navigabilité "convenable" reconnu la veille, en amont des passages des barres de grès, à quelques km du confluent avec le rio Tuichi. Lors de cette montée a pu être réalisé depuis la pirogue un profil en long sur l'écho-sondeur à bande déroulante que nous avons également emporté. Cet écho-sondeur fort ancien, qui était le seul écho-sondeur en état de fonctionnement que nous ayons pu trouver à La Paz, présente quelques anomalies de déroulement de la bande, une moindre sensibilité apparente aux échos de fond que l'écho-sondeur à cristaux liquides, ce qui explique qu'il soit encore plus sensible aux tourbillons, mais l'avantage indéniable d'un enregistrement sur bande des profils investigués, ce qui facilitait les repérages. Le pilote de la pirogue ne voulait malheureusement pas affronter les remous et les courants du milieu du fleuve (autant sans doute pour économiser son carburant que par crainte de ceux-ci), ce qui explique que ce profil en long, codé "Profil Pirogue Aval-Amont" dans ce qui suit, concerne plus les bords du fleuve que la veine d'eau du milieu, très souvent la plus profonde.

A la redescente en Zodiac, dans les mêmes conditions que la veille, nous avons réalisé 16 profils en travers aux sections qui nous étaient apparues les plus caractéristiques d'après les 2 écho-sondages réalisés la veille et le matin même. Les sections les moins profondes ont été évidemment celles investiguées le plus précisément possible, avec la difficulté exposée précédemment que la puissance insuffisante du moteur du Zodiac ne nous permettait que très difficilement de remonter le courant en cas de fausse manoeuvre et que bien souvent les profils en travers réalisés n'ont pu être effectués perpendiculairement à un courant trop fort.

Ces sections ont été positionnées au GPS (limites du profil en rives droite et gauche) et par reconnaissance sur les photos aériennes dont nous disposions. Les profils en travers ont été enregistrés sur la bande de l'écho-sondeur, ce qui facilite leur dépouillement. Le positionnement des différents points du profil où la profondeur est restituée a été fait en supposant la vitesse de traversée constante entre les deux rives, ce qui dans certains cas peut être une approximation assez grossière, mais qui conserve à l'information "profondeur maximum observée sur le profil" toute sa vérité.

Nous avons effectué, chaque fois que possible, les mesures de vitesse prévues en milieu de section, quart tribord et quart bâbord. Mais la plupart du temps le courant était trop fort pour permettre de stabiliser le Zodiac au moteur dans les veines liquides des plus fortes vitesses. Nous nous sommes pourtant attachés à obtenir des vitesses crédibles aux deux sections qui font (ou firent) l'objet de mesures de vitesse lors de jaugeages complets plus anciens. Il s'agit de la section de jaugeage du limnigraphe de Angosto del Bala et de celle au droit de Rurrenabaque. Ces mesures doivent nous permettre de nous "recaler" sur les mesures de vitesse anciennes à différentes côtes hydrométriques. Mais presque partout ailleurs, nous avons malheureusement dû renoncer à faire ces mesures de vitesses, puisqu'il était impossible, soit de "stabiliser" le Zodiac au moteur face au courant dans la veine liquide la plus rapide, soit de l'ancrer à cause aussi bien du courant que des épaves multiples. On notera enfin que seuls 4 jaugeages, effectués au téléphérique hydrométrique de Angosto del Bala, ont été effectués à des côtes supérieures aux 5,3 m, qui était celle de notre passage !

Au début de cette descente en Zodiac, nous avons aussi effectué 2 profils en long successifs entre le point extrême de navigabilité et l'amont immédiat du profil "Zodiac" effectué la veille. Ces 2 profils en long sont codés "Profil Dérive 1" et "Profil Dérive 2" dans ce qui suit.

- 23 janvier .

Retour Rurrenabaque - La Paz par une route enfin sèche, beaucoup plus confortable qu'à l'aller.

Conclusions de la tournée de terrain :

Malgré les conditions climatiques extrêmes, cette campagne de terrain apporte les résultats contractuels escomptés, en ce qui concerne les profils en long et en travers. Elle n'apporte malheureusement pas toutes les indications souhaitées sur les mesures de vitesse pour les raisons explicitées ci-dessus.

On peut par contre se poser des questions sur la qualité et la fiabilité des extrapolations qui pourront être faites, pour les vitesses bien sûr, mais aussi pour les profils en long et en travers, à partir de ces mesures en hautes eaux, pour des périodes de basses eaux. Cela pour deux raisons, l'une liée aux conditions mêmes de ces mesures de hautes eaux (sur laquelle nous reviendrons ci-dessous), l'autre au fait que entre cette fin du mois de janvier et les mois de septembre et octobre (date d'utilité des mesures et de leurs extrapolations) les fonds du rio Beni se seront certainement modifiés, déplacés sous l'action des crues malgré leur nature gravillonnaire et caillouteuse.

Il est donc regrettable que nous n'ayons pu entreprendre les trois tournées prévues compte tenu de l'urgence du diagnostic à faire, puisque manqueront les tournées de basses et moyennes eaux, qui auraient été les plus significatives.

Chapitre 2 - Navigabilité du rio Beni entre le rio Tuichi et Rurrenabaque

2.1 - Recueil et analyse statistique des données hydrologiques du rio Beni à la station d'Angosto del Bala

2.1.1 - Appareil d'observation et données

Les données utilisées pour cette analyse sont les chroniques de hauteurs d'eau à l'échelle d'Angosto del Bala, sur le Beni, constituées à partir des lectures biquotidiennes d'un observateur. Un limnigraphe à flotteur a permis de contrôler ou compléter certaines périodes. De plus, toutes ces données ont fait l'objet d'une analyse critique préliminaire.

La période 1967-1990 constitue un échantillon représentatif du régime hydrologique, autant par sa durée que par sa diversité. Sur les 23 années observées, la moyenne des débits moyens annuels (ou modules) est de 2030 m³/s, soit la même valeur que la médiane correspondante. Le module maximal, 2700 m³/s, est observé en 1981-82, comme sur d'autres stations de cette région. Deux années sèches encadrent la période d'observation : 1968-69 et 1989-90. La variabilité interannuelle des modules, qui varient de 1400 à 2700 m³/s, est importante. Toutefois la répartition sur cette période n'est pas homogène puisque la moyenne des cinq dernières années, 1680 m³/s, est nettement inférieure à toutes celles des autres périodes de cinq ans (2000 à 2200 m³/s).

L'étude en objet ayant pour but de déterminer les possibilités de navigation dans le Béni, la hauteur d'eau sera choisie comme paramètres de référence, de préférence à celui généralement utilisé en hydrologie, le débit, lui-même déduit par calcul de la hauteur d'eau, via la courbe d'étalonnage.

La station d'Angosto del Bala contrôle un bassin versant de près de 69.000 km², entièrement situé sur le flanc oriental de la Cordillère Royale, entre 6400 et 300 m d'altitude, ce qui explique en partie la grande variabilité du niveau de l'eau comme on peut le constater sur le limnigramme de l'année 1971-1972 (fig. 2.1-1) fourni à titre d'exemple.

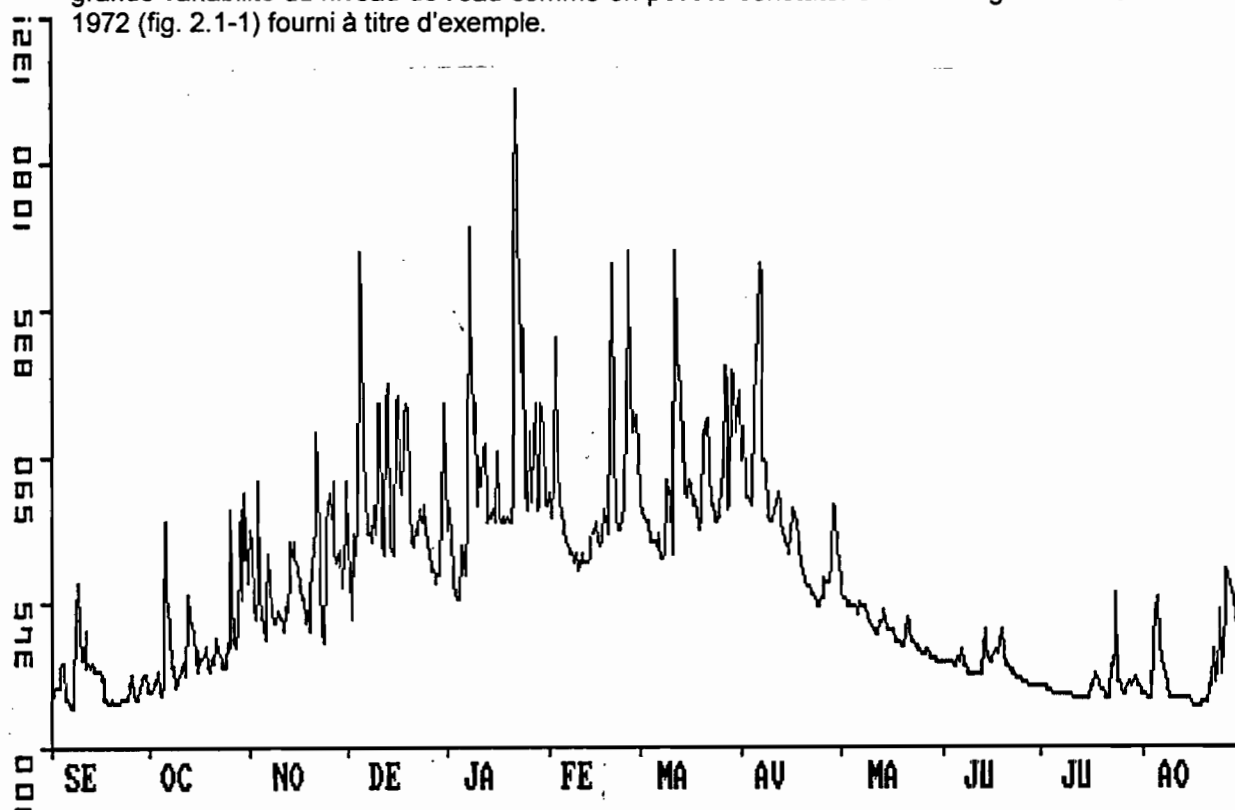


Fig. 2.1-1 : Variations de la cote de l'eau à Angosto del Bala durant l'année 1971-72

L'arrivée soudaine d'une crue, principalement durant la saison des pluies, entre novembre et mars, peut rehausser le niveau de l'eau de un à trois mètres en 24 heures. En saison sèche, de mai à septembre, cette irruption des crues est plus rare, et d'amplitude réduite. Durant la phase de décrue, la variation de cote, à l'échelle de la journée, ne dépasse guère 10 cm mais l'arrivée d'une crue peut faire monter le niveau d'un mètre, exceptionnellement de deux (septembre 83). Dans ce cas, la crue "parasite" est brève ; son influence disparaît après 24 heures ou 48 heures. Pour étudier la variabilité du niveau de l'eau à cette époque de l'année, il est donc suffisant d'utiliser **la hauteur moyenne journalière**, comme paramètre de référence.

2.1.2 - Méthodologie

Afin d'optimiser l'analyse des hauteurs d'eau pour les deux mois choisis, du 1er septembre au 31 octobre, on subdivise le bimestre en quatre périodes de quinze jours (plutôt qu'en six décades). L'autocorrélation entre données diminue en effet avec la taille de l'échantillon et les traitements statistiques s'appliquent mieux sur des échantillons plus importants. Les essais effectués sur des échantillons réduits, constitués à partir de sélection d'un jour sur trois ou quatre, n'ont pas donné des résultats satisfaisants. On traitera donc l'échantillon dans sa totalité.

Si, en raison de l'augmentation de la vitesse du courant liée à la croissance du débit, il est exclu d'envisager de retarder la période de navigation au delà du 31 octobre, la relative stabilité de la cote, de mai à août, en phase de tarissement-décrue, nous a incité à étendre la période à analyser jusqu'au 1er mai, quoique cela ne soit pas prévu dans le contrat. Nous traiterons donc finalement huit échantillons (tab 2.1-1).

Tableau 2.1-1 : Echantillonnage des données

Mois	Taille échantillon en jours	Nombre d'années
mai	31 jours	21 ans
juin	30 jours	19 ans
juillet	31 jours	19 ans
août	31 jours	22 ans
septembre 1/15	15 jours	21 ans
septembre 16/30	15 jours	21 ans
octobre 1/15	15 jours	22 ans
octobre 16/31	16 jours	22 ans

Chaque échantillon est ajusté, en fonction de ses caractéristiques statistiques, à une ou plusieurs lois de distribution de façon à permettre ensuite le calcul des périodes de récurrence.

Dans le cas présent, les lois les mieux adaptées sont celle de Gumbel ajustée par le maximum de vraisemblance, et la loi log gamma à 3 paramètres ajustée par la méthode spécifique. Les probabilités de dépassement, ou non dépassement, d'un seuil donné, déduites de ces deux ajustements sont très proches. Néanmoins la loi de Gumbel se révèle mieux adaptée aux faibles hauteurs et inversement la loi log gamma s'ajuste mieux aux cotes élevées.

Cette méthode, appliquée par exemple à la première quinzaine du mois d'octobre, fournit les ajustements représentés sur les figures 2.1-2 et 2.1-3.

AJUSTEMENT H/Ang 1/15 Oct

— Loi théorique
 Observations

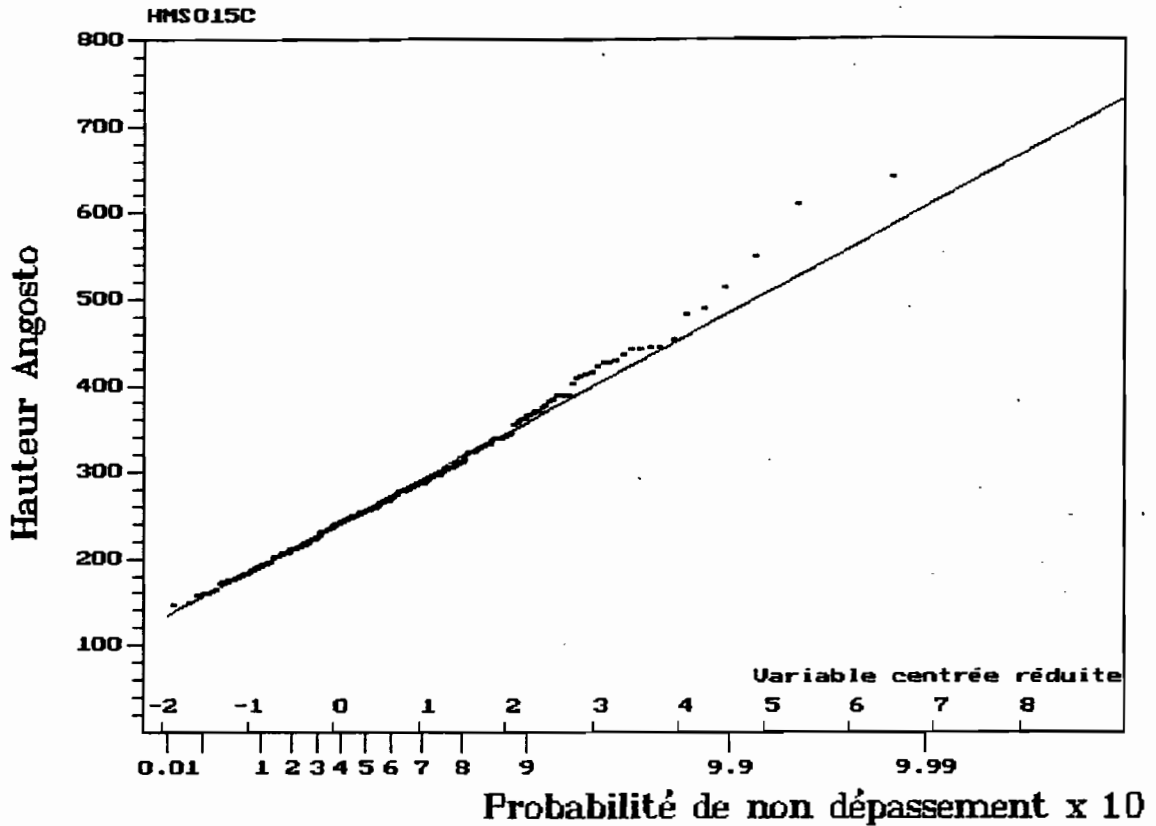


Fig. 2.1-2 : Ajustement des cotes de la première quinzaine du mois d'octobre à une loi de Gumbel par la méthode du maximum de vraisemblance

AJUSTEMENT H/Ang 1/15 Oct

— Loi théorique
 Observations

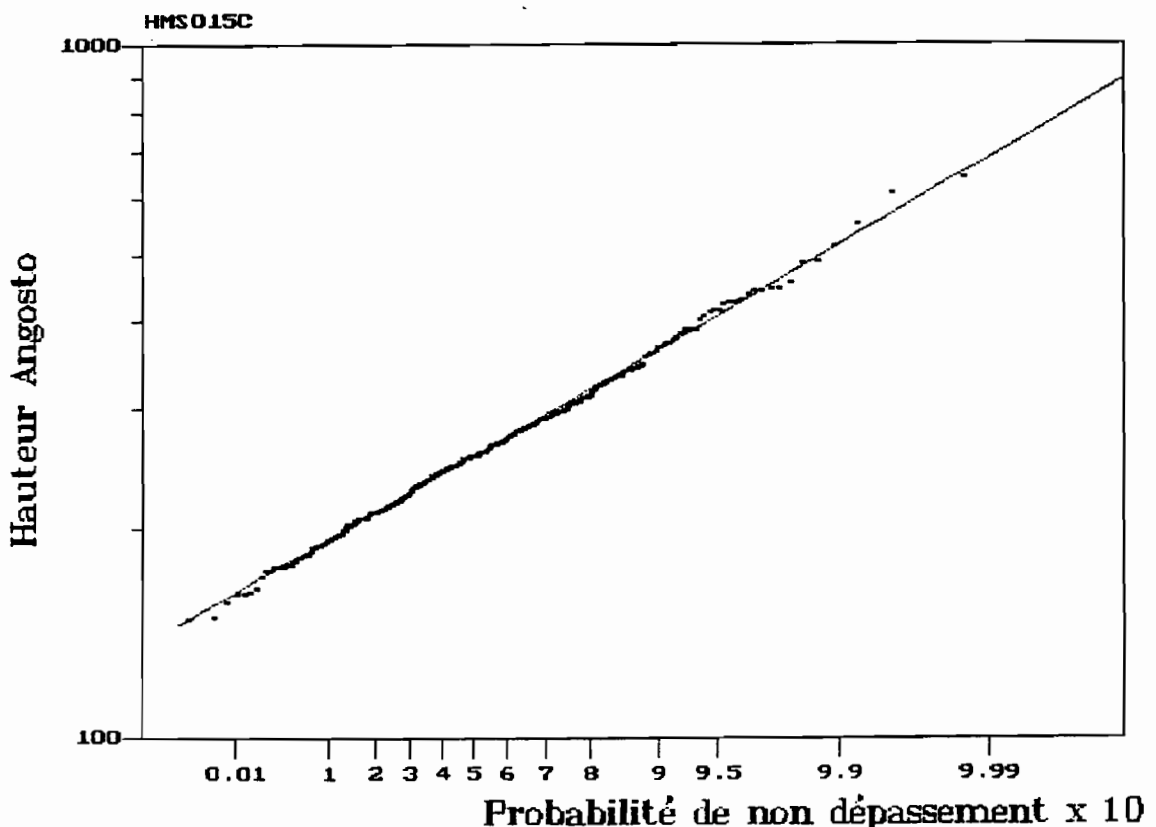


Fig. 2.1-3 : Ajustement des cotes de la première quinzaine du mois d'octobre à une loi Log gamma à trois paramètres par la méthode spécifique

2.1.3 - Résultats

Tableau 2.1-2 : Caractéristiques statistiques des échantillons de cote journalière analysés (en cm)

	mai	juin	juillet	août	sept 1-15	sept 16-30	octo 1-15	octo 16-31
cote maximale.	624	512	459	557	475	583	643	625
médiane observée	314	255	220	201	214	236	257	288
médiane ajustée	313	258	221	204	215	235	258	288
cote minimale	227	195	157	122	140	136	149	166
coefficient. de variation	0,18	0,19	0,18	0,27	0,25	0,28	0,27	0,26

Les principales caractéristiques statistiques des échantillons, rassemblées dans le tableau 2.1-2, conduisent à quelques observations :

- les hauteurs médianes, tirées de l'échantillon ou déduites de l'ajustement, sont très proches et parfois confondues.
- deux périodes présentent des hauteurs médianes quasiment identiques : le mois de juin et la première quinzaine d'octobre. Mais les coefficients de variation, respectivement de 0,19 et 0,27, indiquent que le risque de cotes très basses est plus grand en octobre car la cote est plus variable, ce qui peut aussi se vérifier par la comparaison des maxima et minima de ces deux périodes.
- la même observation peut être formulée pour le mois de juillet comparé aux deux quinzaines de septembre.

Donc, à niveau d'eau égal, la période de décrue, en juin-juillet, présente davantage de "garanties" que septembre-octobre qui est pourtant le plus souvent la période de début de petites crues.

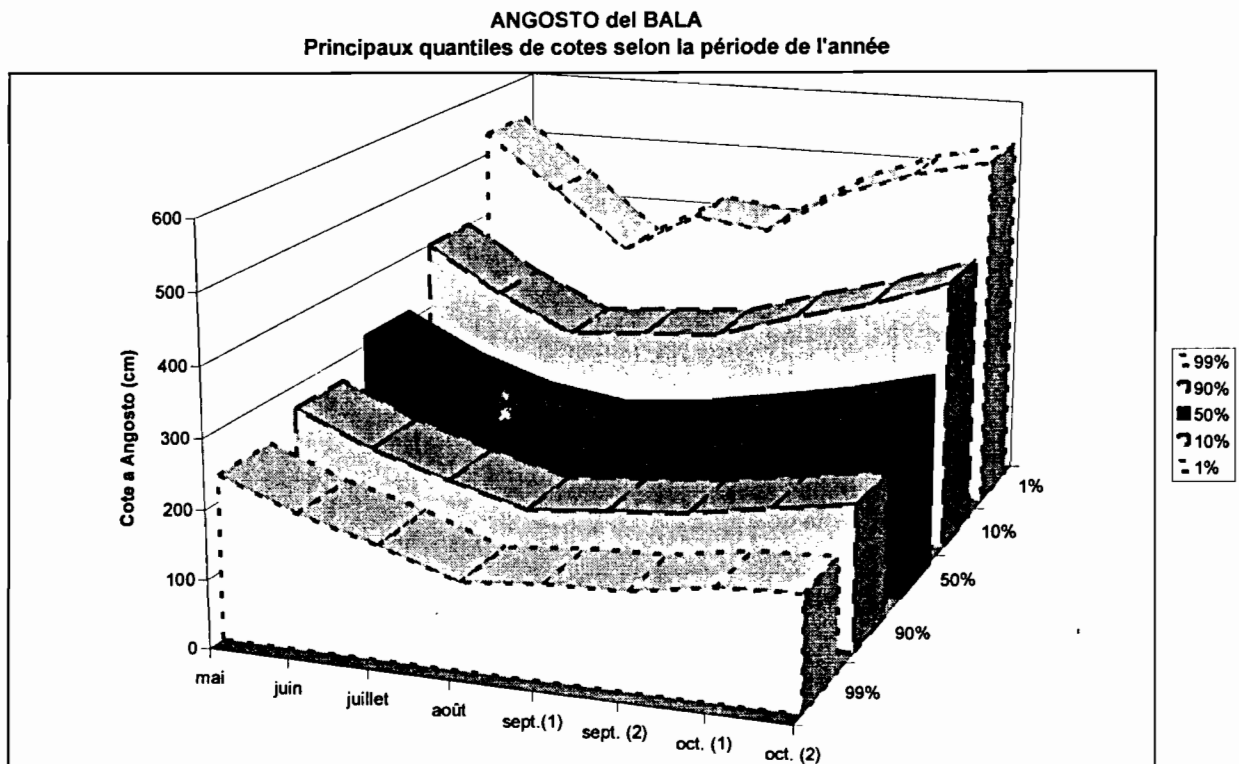


Fig. 2.1-4 : Principaux quantiles à Angosto del Bala

Cette remarque est confirmée par l'examen du graphique représentant la probabilité de dépassement d'une cote donnée selon le mois ou la quinzaine choisie (fig. 2.1-4). L'intervalle de cotes 1 à 99 % est inférieur entre mai à juillet à celui entre septembre et octobre, pour lesquels l'apparition des premières crues rend l'intervalle dissymétrique et donc la probabilité de courants plus forts non négligeable, sans pour autant garantir contre la présence de trop basses eaux.

Le meilleur compromis entre niveau d'eau suffisant et vitesse non excessive semble donc se situer à la décrue de mai et juin.

Pour un seuil donné, le tableau 2.1-3 récapitule les probabilités au dépassement :

Tableau 2.1-3 : Probabilité de dépassement d'une cote donnée à Angosto del Bala (%)

cote (cm)	mai	juin	juillet	août	sept. 1/15	sept.16/30	oct. 1/15	oct. 16/31
140	100	100	100	96	99	99	100	100
170	100	100	98	80	87	92	97	99
200	100	99	76	55	63	76	87	94
230	100	81	41	32	39	54	69	82
260	93	50	18	17	22	35	48	66
290	73	25	8	10	12	21	32	50
320	46	12	3	6	6	13	20	35
350	25	7	1	3	3	8	13	23
400	10	3	0	1	1	3	6	11

Ces résultats seront repris au § 2.3, lorsque nous aurons pu préciser les profondeurs du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi grâce aux écho-sondages réalisés.

2.2 - Réalisation de profils en long et en large et de mesures de vitesse sur le rio Beni entre la confluence avec le rio Tuichi et Rurrenabaque

2.2.1 - Profils en long et en travers

Au cours de la campagne de terrain décrite ci-dessus, nous avons donc pu effectuer un certain nombre de profils en long et de profils en travers sur le rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi qui sont fournis et décrits ci-dessous.

2.2.1.1 - Profils en long

Quatre profils en long ont successivement été effectués :

- "Profil Zodiac Amont-Aval"

Il est effectué le 21 janvier 1995 entre 16h30 et 18h00, à partir du Zodiac et avec un écho-sondeur à affichage à cristaux liquide, entre :

la section du limnigraphe, codée "H1" :

rive gauche : 67°29'23" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud

rive droite : 67°29'14" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud

et la section de Rurrenabaque, codée "A1" :

rive gauche : 67°32'05" de longitude ouest, 14°26'17" de latitude sud

rive droite : 67°31'46" de longitude ouest, 14°26'19" de latitude sud

Il s'agit de sondages discontinus effectués pendant la dérive du Zodiac maintenu autant que possible dans ce qui nous paraissait la veine d'eau la plus profonde (ce qui ne fut pas toujours le cas), en évitant cependant les zones de trop fortes turbulences. Les points de mesure sont repérés sur photo aérienne et recalés au GPS. Les profondeurs mesurées aux points repérés seront ensuite étendues aux sections mesurées en continu lors du profil suivant.

La côte à l'échelle limnimétrique "limnigraphe de Angosto del Bala" était de 5,30 m à 16h30 le 21 janvier 1995.

- "Profil Pirogue Aval-Amont"

Il est effectué le lendemain 22 janvier 1995 entre 08h42 et 11h05, à partir de la pirogue et avec l'écho-sondeur à bande déroulante, entre :

la section de Rurrenabaque, codée "A1" :

rive gauche : 67°32'05" de longitude ouest, 14°26'17" de latitude sud

rive droite : 67°31'46" de longitude ouest, 14°26'19" de latitude sud

et la section "extrême" de navigabilité, codée "N1", telle qu'elle ressortait de l'exploration de la veille :

rive gauche : 67°30'42" de longitude ouest, 14°34'04" de latitude sud

rive droite : 67°30'37" de longitude ouest, 14°34'14" de latitude sud

Il s'agit de sondages continus, repérés sur photo aérienne avec calage au GPS et datés sur la bande déroulante. La pirogue emprunte alternativement la rive droite et gauche selon les plus forts courants. Cette position par rapport aux rives gauche et droite et le milieu du fleuve est notée grossièrement (gxx, dxx, m), ainsi que les heures de chaque mesure.

La côte à l'échelle limnimétrique "limnigraphe de Angosto del Bala" était de 5,06 m à 12h51 le 22 janvier 1995.

- "Profil Dérive 1"

Il est effectué à partir du Zodiac le 22 janvier 1995 entre 11h27 et 11h40, à partir de la pirogue et avec l'écho-sondeur à bande déroulante, entre :

la section "extrême" de navigabilité, codée "N1", telle qu'elle ressortait de l'exploration de la veille :

rive gauche : 67°30'42" de longitude ouest, 14°34'04" de latitude sud
rive droite : 67°30'37" de longitude ouest, 14°34'14" de latitude sud
et la traversée de la dernière combe rocheuse, codée "J1" :
rive gauche : 67°29'23" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud
rive droite : 67°29'14" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud

Lors de ce profil (à l'exception de son début et de sa fin), on s'est efforcé de se maintenir au milieu du courant.

La côte à l'échelle limnimétrique "limnigraphe de Angosto del Bala" était de 5,06 m à 12h51 le 22 janvier 1995.

- "Profil Dérive 2"

Il est effectué à partir du Zodiac le 22 janvier 1995 entre 12h32 et 12h47, à partir de la pirogue et avec l'écho-sondeur à bande déroulante, entre :

la traversée de la dernière combe rocheuse, codée "J1" :
rive gauche : 67°29'23" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud
rive droite : 67°29'14" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud
et la section du limnigraphe, codée "H1" :
rive gauche : 67°29'23" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud
rive droite : 67°29'14" de longitude ouest, 14°31'43" de latitude sud

Lors de ce profil (à l'exception de son début et de sa fin), on s'est également efforcé de se maintenir au milieu du courant.

La côte à l'échelle limnimétrique "limnigraphe de Angosto del Bala" était de 5,06 m à 12h51 le 22 janvier 1995.

Les résultats de ces quatre profils ont été rassemblés dans les tableaux 2.2-1 à 2.2-4 et le graphique de synthèse 2.2-1.

Il apparaît que sur le bief compris entre Rurrenabaque, première section codée A1, et la section "extrême" de navigabilité, codée "N1", seuls deux biefs semblent pouvoir présenter aux plus basses eaux des difficultés de navigabilité. Il s'agit des deux zones de radiers, situées respectivement l'une entre les kilomètres 3 et 4 et l'autre entre les kilomètres 6,5 et 9. Les profils en travers exécutés ensuite et présentés ci-dessous ont donc été plus serrés dans ces deux zones.

Longitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Latitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Position codée	Distance en km, depuis Rurrenabaque	Profil Pirogue Aval-Amont en m	Position (rg,mil,rd)	Profil Zodiac Amont-Aval en m	Profil Dérive 1 en m	Profil Dérive 2 en m	
67:32:05	14:26:17	A1	0	2	d 20	7			
67:31:46	14:26:19		0,072	2	d20	7			
			0,144	2	d20	7			
			0,216	2	d20	7			
			0,288	2	d20	11			
			0,36	1,5	d20	11			
			0,432	2	d20	11			
			0,504	2,5	d20	11			
			0,576	2,5	d20	11			
67:32:14	14:26:39		A2	0,652	3	d20	16		
67:32:00	14:26:40	0,807		10	m	16			
		0,962		17	m	16			
		1,117		10	m	16			
		1,272		5	g50	6			
		1,427		5	g50	6			
		1,582		4	g50	6			
		1,737		5	g20	25			
67:31:54	14:27:17	B1		1,891	15	g05	25		
67:31:49	14:27:17			1,942	40	m	25		
			1,993	35	m	25			
			2,044	14	m	25			
			2,095	8	d50	10			
			2,143	7	d50	10			
			2,197	7	d50	10			
			2,248	5	d50	10			
			2,299	4	d50	10			
67:31:54	14:27:34		B2	2,347	4	d100	14		
67:31:43	14:27:32	2,449		7	d100	14			
		2,551		11	m	14			
		2,653		13	m	13			
		2,755		12	m	13			
		2,857		4	m	13			
		2,959		2,5	m	13			
67:31:43	14:28:04	B3		3,064	2	m	3		
67:31:29	14:27:45			3,136	1,5	m	3		
				3,208	1,5	m	3		
			3,28	1,5	m	3			
			3,352	2	d100	3			
			3,424	1,5	d100	3			
			3,496	2	d50	3			
			3,568	2,5	d50	3			
		3,64	2	d50	8				

Tableau 2.2-1 : Profils en long du Rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Longitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Latitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Position codée	Distance en km, depuis Rurrenabaque	Profil Pirogue Aval-Amont en m	Position (rg,mil,rd)	Profil Zodiac Amont-Aval en m	Profil Dérive 1 en m	Profil Dérive 2 en m
67:31:14	14:28:09	B4	3,716	2	d50	8		
67:31:06	14:28:02		3,775	2	d50	8		
			3,834	3	d50	11		
			3,893	3,5	d50	11		
			3,952	3	d50	11		
			4,011	4,5	d50	14		
			4,07	6	d50	14		
			4,129	3	d50	14		
			4,188	6	d50	14		
			4247	14	m	14		
67:30:51	14:28:26	C1	4,303	12	m	14		
67:30:43	14:28:17		4,392	10	m	14		
			4,481	10	g50	18		
			4,57	5	g50	18		
			4,659	2,5	g50	18		
			4,748	3	g50	18		
			4,837	3	g50	18		
			4,926	3	g50	18		
			5,015	3	g50	18		
			5,104	3,5	g50	18		
			5,193	2,5	g50	18		
			5,282	2	g20	13		
			5,371	2,5	g20	13		
			5,46	2,5	g20	13		
			5,549	2	g20	13		
		5,638	3	g20	13			
		5,727	3	g20	13			
		5,816	3	g20	8			
		5,905	3,5	g50	8			
67:30:29	14:29:11	D1	5,998	3,5	g50	8		
67:30:17	14:29:10		6,063	4	g50	16		
			6,128	3,5	m	16		
			6,193	3	m	16		
			6,258	2,5	m	16		
			6,323	2,5	m	16		
			6,388	3	d50	25		
			6,453	3	d50	25		
			6,518	5,5	d50	25		
			6,583	2,5	d50	4		
67:30:20	14:29:36	D2	6,65	2,5	d50	4		
67:30:09	14:29:26		6,845	2,5	d50	4		
			7,04	2,5	d50	6		
67:29:57	14:29:45	D3	7,237	3	d50	6		
67:29:46	14:29:34		7,4	2,5	d50	6		
			7,563	3	d50	5		

Tableau 2.2-2 : Profils en long du Rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Longitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Latitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Position codée	Distance en km, depuis Rurrenabaque	Profil Pirogue Aval-Amont en m	Position (rg,mil,rd)	Profil Zodiac Amont-Aval en m	Profil Dérive 1 en m	Profil Dérive 2 en m	
67:29:34	14:29:47	E1	7,759	3,5	d50	5			
67:29:34	14:29:41		7,954	3,5	d50	5			
			8,098	2,5	d50	4			
67:29:17	14:29:47	E2	8,242	4,5	m	4			
67:29:20	14:29:39		8,386	5,5	m	4			
			8,53	4,5	m	4			
67:28:46	14:29:39	E3	8,672	4	g20	4			
67:28:47	14:29:28		8,794	3	g20	11			
			8,916	4	g20	11			
			9,038	4	g20	11			
			9,16	3,5	g20	12			
			9,282	3	g50	12			
			9,404	2,5	g50	12			
			9,526	2,5	g50	20			
67:28:11	14:29:49		F1	9,65	2,5	g20	20		
67:28:00	14:29:43			9,822	3	g20	20		
		9,994		3,5	g20	20			
		10,166		5	g20	9			
		10,338		7	g20	9			
		10,51		7	g20	9			
		10,682		6	g20	7			
		10,854		3,5	g20	7			
		11,026		4,5	g20	7			
		11,198		7	g20	11			
		11,37	11	g20	11				
67:28:20	14:30:39	G1	11,54	5	g20	9			
67:28:17	14:30:45		11,665	3	m	9			
			11,79	3	m	9			
			11,915	3	m	9			
			12,04	3,5	d50	7			
			12,165	2,5	d50	7			
			12,29	3,5	d100	7			
			12,415	2	d100	6			
			12,54	2	d50	6			
			12,665	2	d50	6			
		12,79	2,5	d50	12				
67:29:14	14:31:11	G2	12,91	3,5	d50	12			
67:29:03	14:31:15		13,236	4	d50	7			
			13,562	10	d50	10			
67:29:23	14:31:43	H1	13,888	15	d20	25		10	
67:29:14	14:31:43		14,111	17	d20	8		7	
			14,334	8	d50			14	
			14,557	8	m			20	
			14,78	12	m			14	
			15,003	10	m			15	
			15,226	10	m			14	

Tableau 2.2-3 : Profils en long du Rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Longitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Latitude en degré, minute, seconde Rg et Rd	Position codée	Distance en km, depuis Rurrenabaque	Profil Pirogue Aval-Amont en m	Position (rg,mil,rd)	Profil Zodiac Amont-Aval en m	Profil Dérive 1 en m	Profil Dérive 2 en m
67:29:30	14:32:36	I1	15,452	10	g10			16
67:29:34	14:32:36		15,561	10	g10			16
			15,67	15	g20			15
			15,779	5	g20			11
			15,888	14	g10			13
			15,997	8	g10			17
67:29:34	14:32:59	J1	16,104	25	g10		7	25
67:29:28	14:33:00		16,256	20	m		8	
			16,408	15	m		10	
			16,56	10	m		8	
			16,712	6,5	m		8	
			16,864	8,5	m		10	
67:30:06	14:33:27	K1	17,017	9,5	g50			4
67:29:36	14:33:30		17,224	11	g50			4
			17,431	3,5	g50			6
			17,638	3,5	g50			4
			17,845	3,5	g50			5,5
			17,604	3	g20			5,5
67:29:48	14:33:45	L1	17,734	2,5	g20			5
67:29:39	14:33:51		17,864	3	g50			4
			17,994	3	g50			3,5
			18,124	4,5	g50			4
			18,256	2	g50			5
			18,68	3	m			6
67:30:42	14:34:04	N1	19,104	3	g10			6
67:30:37	14:34:14		19,69					
67:31:39	14:34:09	O	20,277					
67:31:15	14:34:36		21,353					
67:32:51	14:34:45	P	22,429					
67:32:40	14:34:49		23,244					
67:33:40	14:35:32	Q	24,059					
67:33:34	14:35:51							

Tableau 2.2-4 : Profils en long du Rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Rio BENI

Longitudinal sections enter Rurrenabaque and the Tuichi Rio

Distance to Rurrenabaque, In km

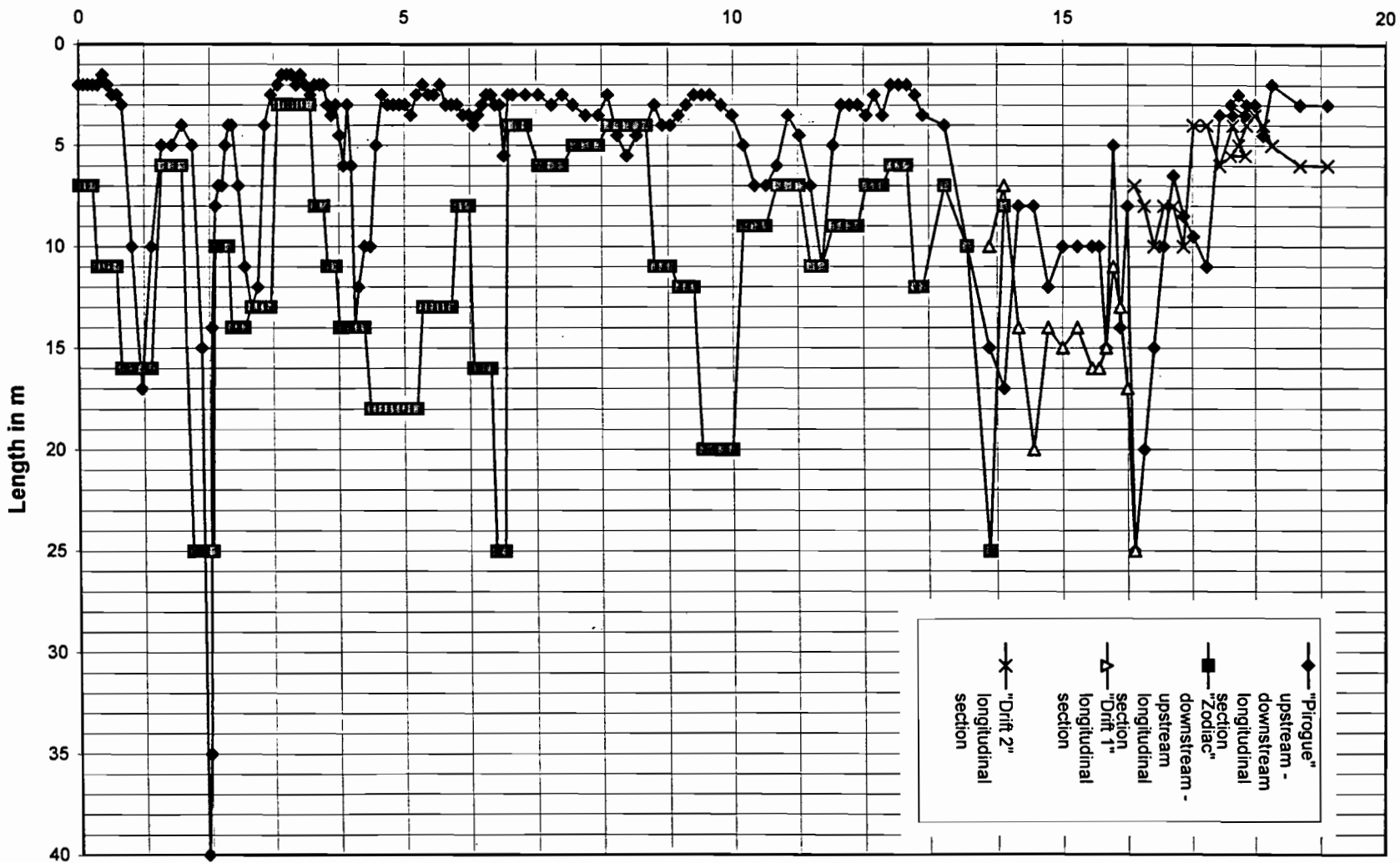


Figure 2.2-1 : Profils en long du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

2.2.1.2 - Profils en travers

16 profils en travers ont été réalisés, à partir du Zodiac au moteur et en utilisant l'écho-sondeur à bande enregistreuse, avec des difficultés considérables, liées aux forts courants observés (supérieurs à la vitesse permise par le moteur utilisé) et à l'absence du retour d'écho de fond dans les zones trop profondes et, ce qui est plus dommageable pour cette prestation, dans les zones de très forte turbulence.

Les 16 sections retenues ont été positionnées sur les photos aériennes avec calage par observations au GPS: La position du Zodiac sur la section est déduite de l'enregistrement, en supposant une vitesse de traversée constante (ce que nous nous sommes efforcés de respecter autant que faire se peut). La largeur est déduite des observations GPS et des photos aériennes et n'est donc qu'approximative.

Le graphique 2.2-2 et le tableau 2.2-5 situent en coordonnées et distances kilométriques à Rurrenabaque les 16 sections, codées A1 à J1, où ont été réalisés les 16 profils en travers.

Ces 16 profils en travers sont enfin décrits dans les tableaux 2.2-6 à 2.2-9 et les figures 2.2-3 à 2.2-19.

Ces profils confirment que les principales difficultés de navigabilité se situent bien entre les sections B2 et B4, puis entre les sections D2 et F1. Les îles de sables et graviers, visibles sur les photos aériennes (datant de août 1993) aux trois sections B2, D2 et F1 (évidemment recouvertes lors de notre passage) manifestent ces obstacles à la navigabilité. Chaque fois pourtant semble exister un bras, le plus souvent à l'extérieur du coude du fleuve, dont la profondeur paraît suffisante et par lequel doit se poursuivre la navigabilité en basses eaux. Les photos aériennes que nous avons pu nous procurer, et qui datent du 7 août 1993, confirment cette impression.

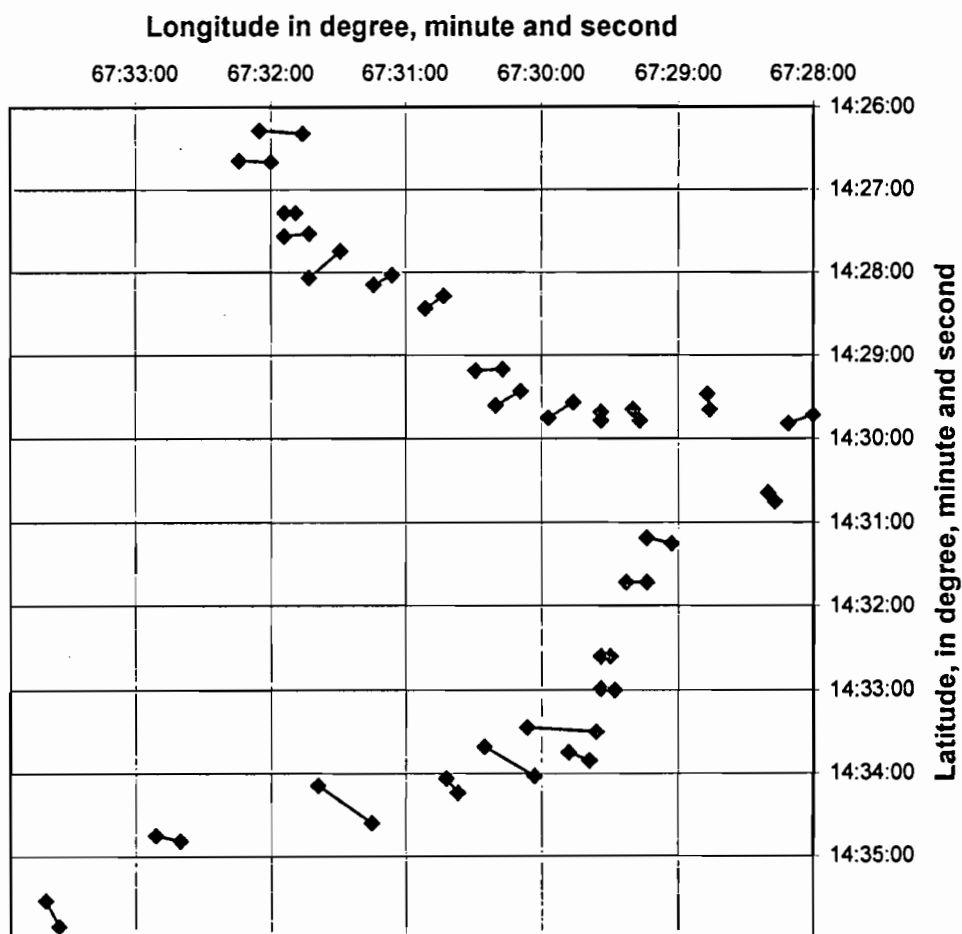
Tableau 2.2-5 : Position des profils en travers réalisés sur le rio Beni

Position	Longitude	Latitude	Distance
A1	67:32:05	14:26:17	0
	67:31:46	14:26:19	
A2	67:32:14	14:26:39	0,652
	67:32:00	14:26:40	
B1	67:31:54	14:27:17	1,891
	67:31:49	14:27:17	
B2	67:31:54	14:27:34	2,347
	67:31:43	14:27:32	
B3	67:31:43	14:28:04	3,064
	67:31:29	14:27:45	
B4	67:31:14	14:28:09	3,716
	67:31:06	14:28:02	
C1	67:30:51	14:28:26	4,303
	67:30:43	14:28:17	
D1	67:30:29	14:29:11	5,998
	67:30:17	14:29:10	
D2	67:30:20	14:29:36	6,65
	67:30:09	14:29:26	
D3	67:29:57	14:29:45	7,237
	67:29:46	14:29:34	
E1	67:29:34	14:29:47	7,563
	67:29:34	14:29:41	
E2	67:29:17	14:29:47	7,954
	67:29:20	14:29:39	
E3	67:28:46	14:29:39	8,672
	67:28:47	14:29:28	
F1	67:28:11	14:29:49	9,65
	67:28:00	14:29:43	
G1	67:28:20	14:30:39	11,54
	67:28:17	14:30:45	
G2	67:29:14	14:31:11	12,91
	67:29:03	14:31:15	
H1	67:29:23	14:31:43	13,888
	67:29:14	14:31:43	
I1	67:29:30	14:32:36	15,452
	67:29:34	14:32:36	
J1	67:29:34	14:32:59	16,104
	67:29:28	14:33:00	
K1	67:30:06	14:33:27	17,017
	67:29:36	14:33:30	
L1	67:29:48	14:33:45	17,604
	67:29:39	14:33:51	
M1	67:30:25	14:33:41	18,256
	67:30:03	14:34:02	
N1	67:30:42	14:34:04	19,104
	67:30:37	14:34:14	
O	67:31:39	14:34:09	20,277
	67:31:15	14:34:36	
P	67:32:51	14:34:45	22,429
	67:32:40	14:34:49	
Q	67:33:40	14:35:32	24,059
	67:33:34	14:35:51	

Figure 2.2-2 : Position des profils en travers réalisés sur le rio Beni

Rio BENI

Position of cross sectional profiles enter
Rurrenabaque and the Rio Tuichi



Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
A1 Rd Rg	0	0
	30	1,5
	60	2
	90	3,5
	120	5
	150	6
	190	6
	230	5,5
	270	4,5
	310	4,5
	340	5,5
	370	3
	400	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
A2 Rd Rg	0	0
	10	1,5
	40	5,5
	70	9
	100	10
	130	12
	160	12
	180	2
	200	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
B1 Rd Rg	0	0
	2	5
	5	10
	25	15
	45	20
	65	25
	74	20
	75	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
B2 Rd Rg	0	0
	20	2,5
	50	5,5
	80	9
	110	8
	140	10
	170	12
	190	4
200	0	

Tableau 2.2-6 : Profils en travers du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
B3 Rd Rg	0	0
	10	1
	40	1,5
	70	1,5
	100	2
	130	3
	170	3,5
	210	1,5
	230	11
	250	10
	270	11
	290	10
	298	2
	300	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
B4 Rd Rg	0	0
	20	5
	50	7
	80	9
	110	9
	140	4,5
	180	1,5
	200	0
	Code de la section	Distance à la rive en m
D1 Rd Rg	0	0
	10	2,5
	40	4,5
	70	5,5
	100	6,5
	130	7
	160	7,5
	190	3
	200	0
	Code de la section	Distance à la rive en m
D2 Rd Rg	0	0
	20	1
	60	3,5
	90	5,5
	120	7
	160	5
	200	4
	240	2,5
	250	0

Tableau 2.2-7 : Profils en travers du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
D3 Rd Rg	0	0
	10	1,5
	40	3
	70	5,5
	100	9
	120	14
	140	2
	150	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
E2 Rg Rd	0	0
	10	1,5
	40	4
	70	5
	100	4,5
	130	5
	160	4
	190	1,5
	200	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
E3 Rd Rg	0	0
	10	4
	40	4,5
	60	6
	80	5,5
	100	5,5
	130	4,5
	160	3
	190	2,5
200	0	
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
F1 Rd Rg	0	0
	10	6
	40	4
	80	5
	120	4,5
	150	4
	180	3,5
	210	3,5
	250	3
	290	2,5
300	0	

Tableau 2.2-8 : Profils en travers du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
G1 Rd Rg	0	0
	10	3
	40	2
	70	4
	100	7
	130	13
	160	4
	190	3
	200	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
G2 Rg Rd	0	0
	30	7,5
	60	6,5
	90	15
	120	13
	150	9
	180	5
	210	3
	240	1,5
	270	2,5
	300	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
H1 Limni Rg Rd	0	0
	10	14
	40	10
	70	13
	95	17
	120	20
	145	20
	150	0
Code de la section	Distance à la rive en m	Profondeur en m
J1 Rg Rd	0	0
	1	25
	30	25
	60	18
	70	10
	75	0

Tableau 2.2-9 : Profils en travers du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Cross sectional profile A1

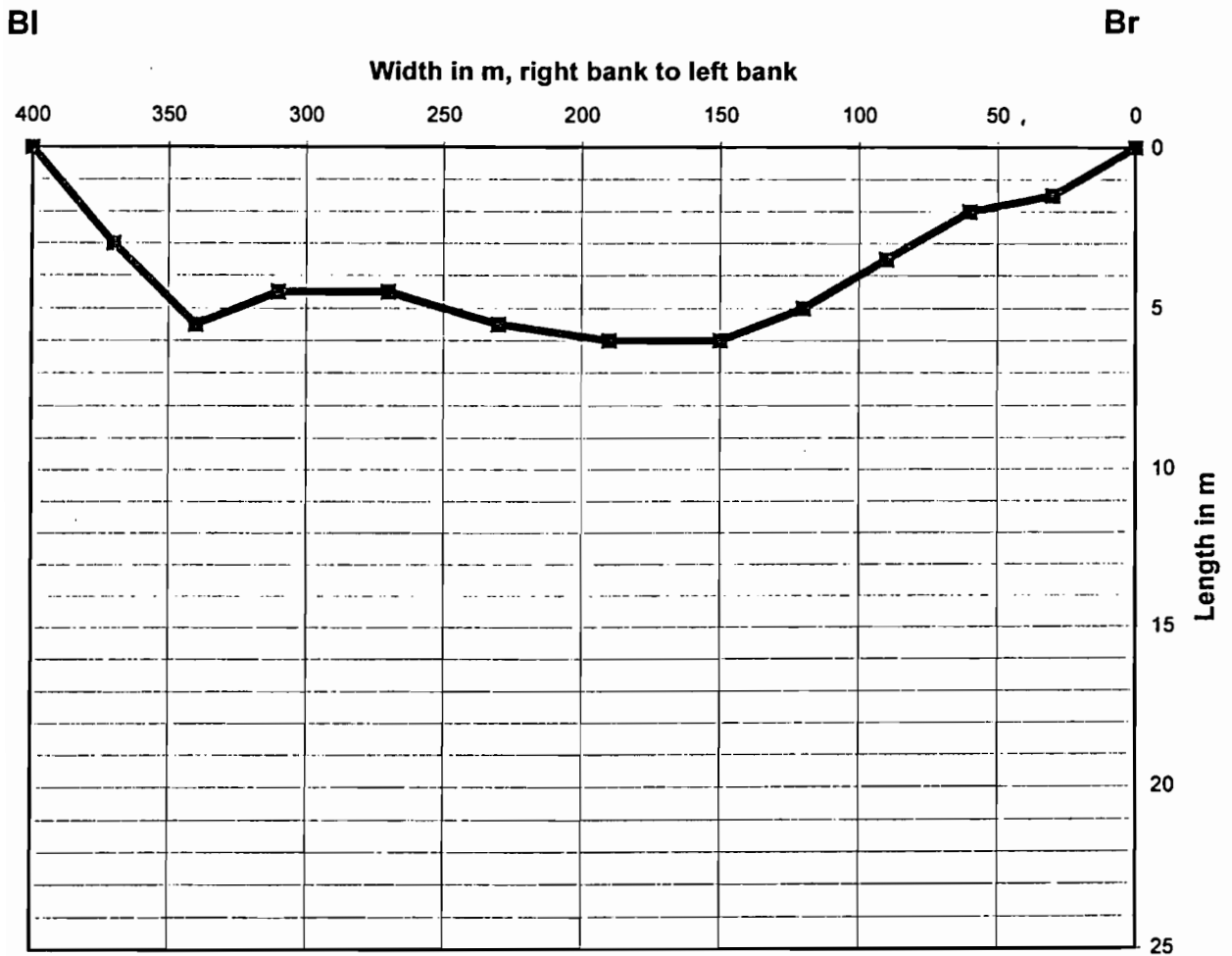


Figure 2.2-3

Cross sectional profile A2

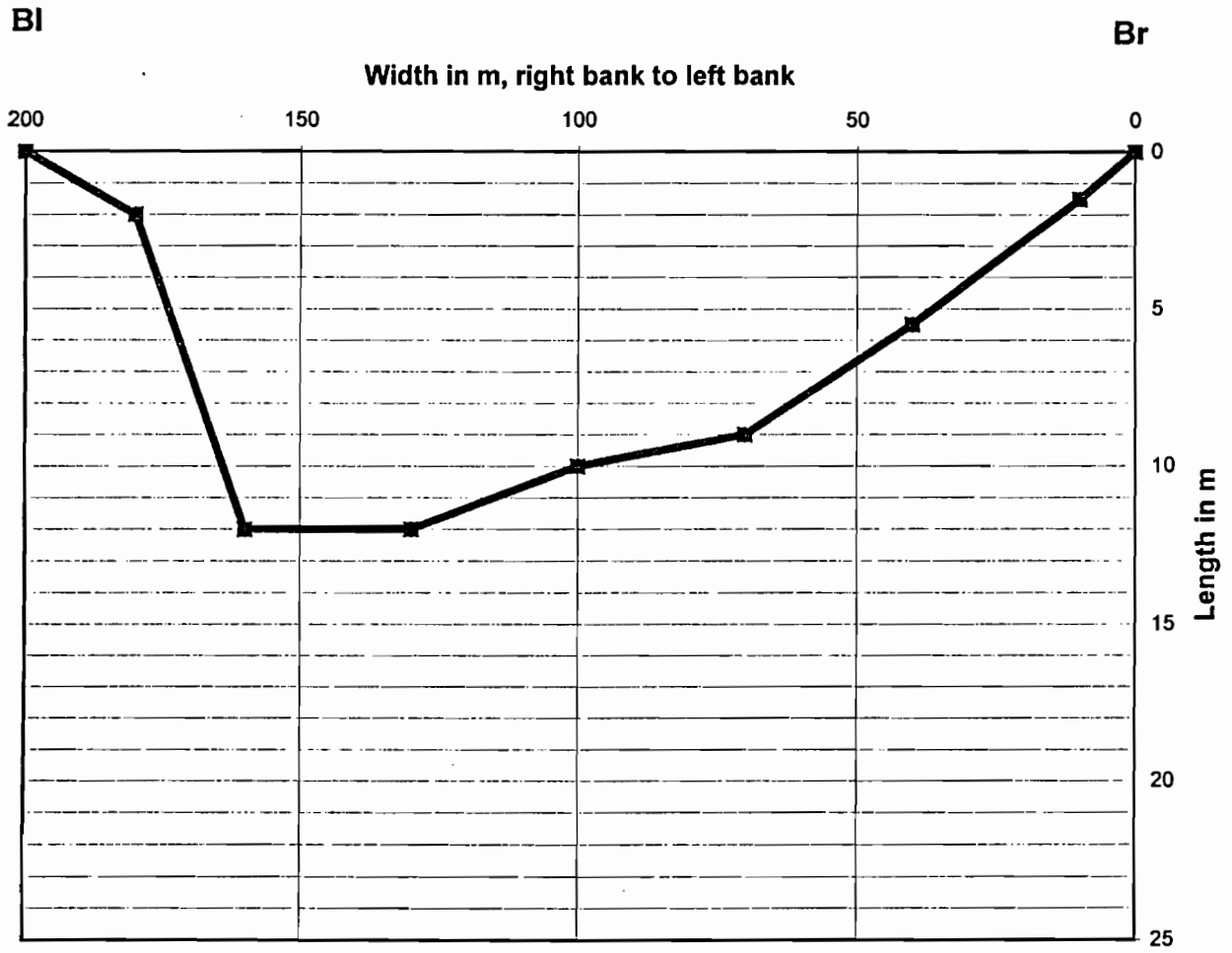


Figure 2.2-4

Cross sectional profile B1

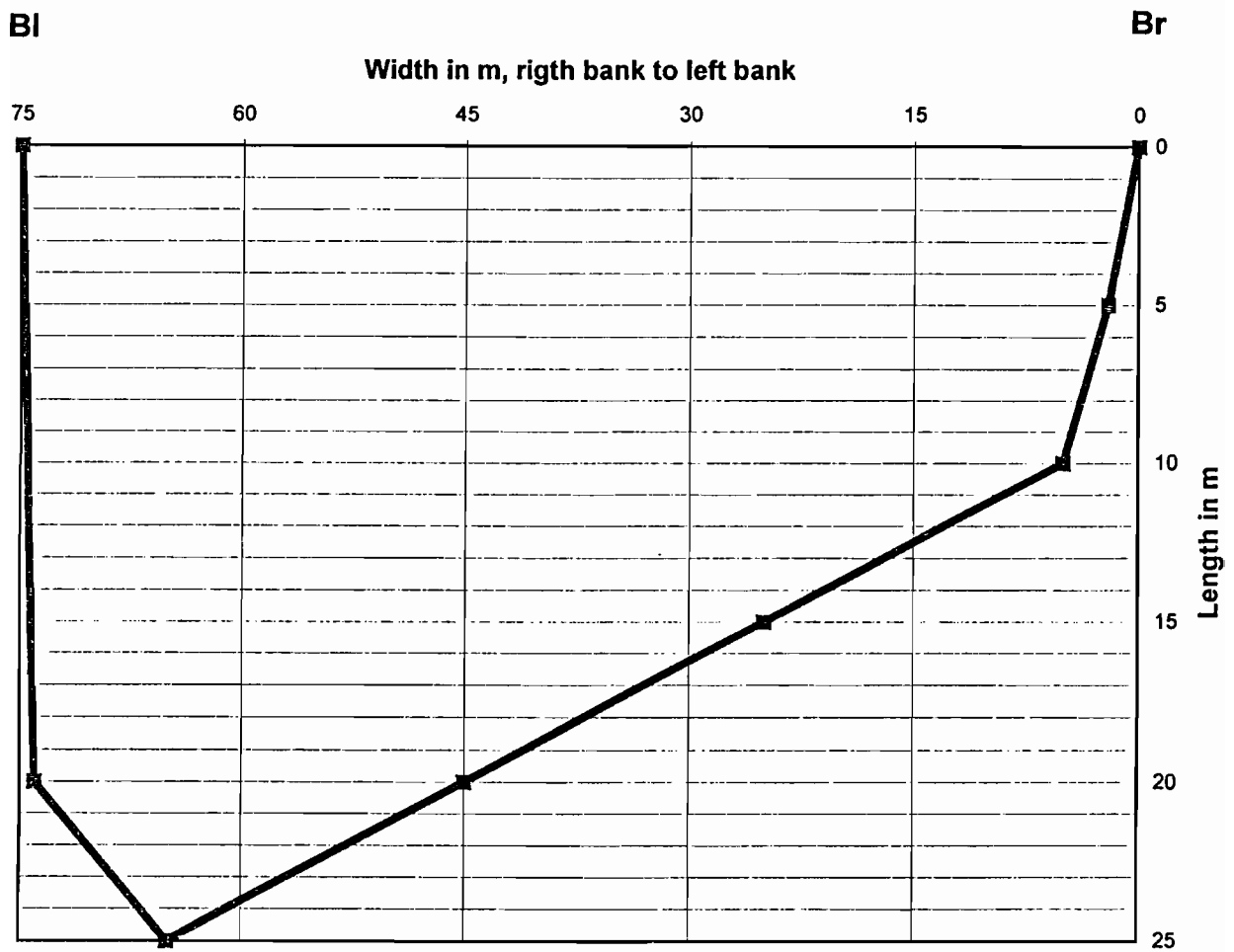


Figure 2.2-5

Cross sectional profile B2

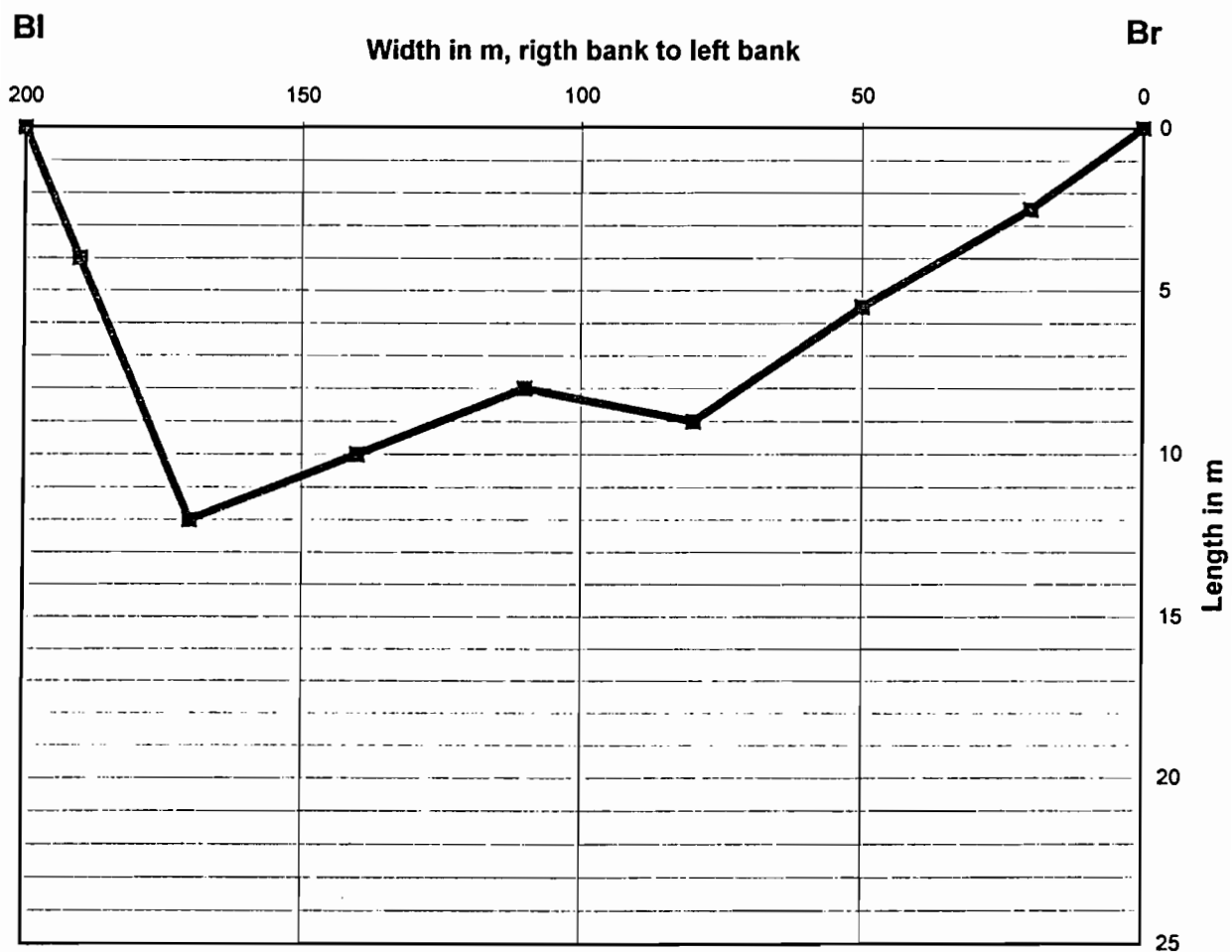


Figure 2.2-6

Cross sectional profile B3

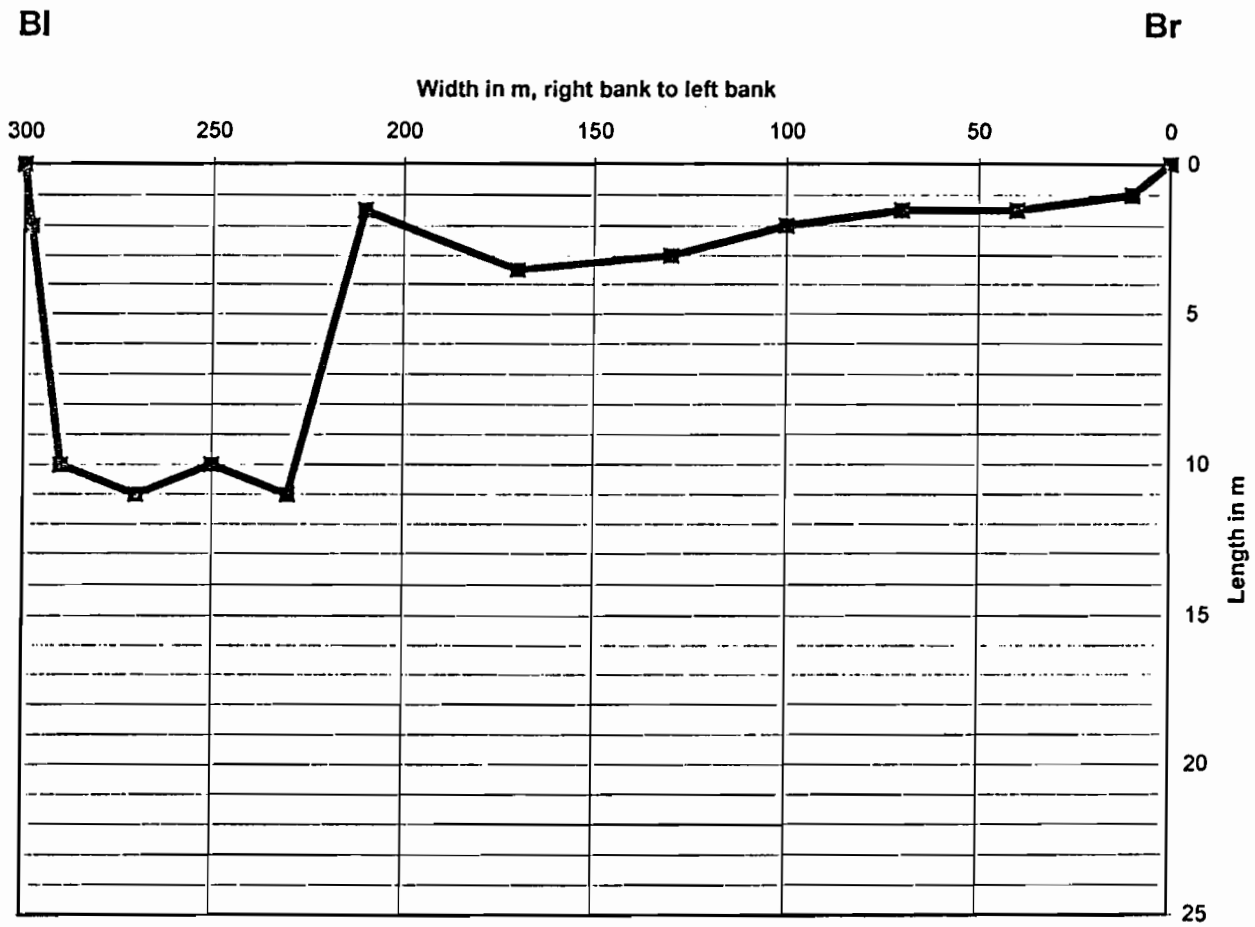


Figure 2.2-7

Cross sectional profile B4

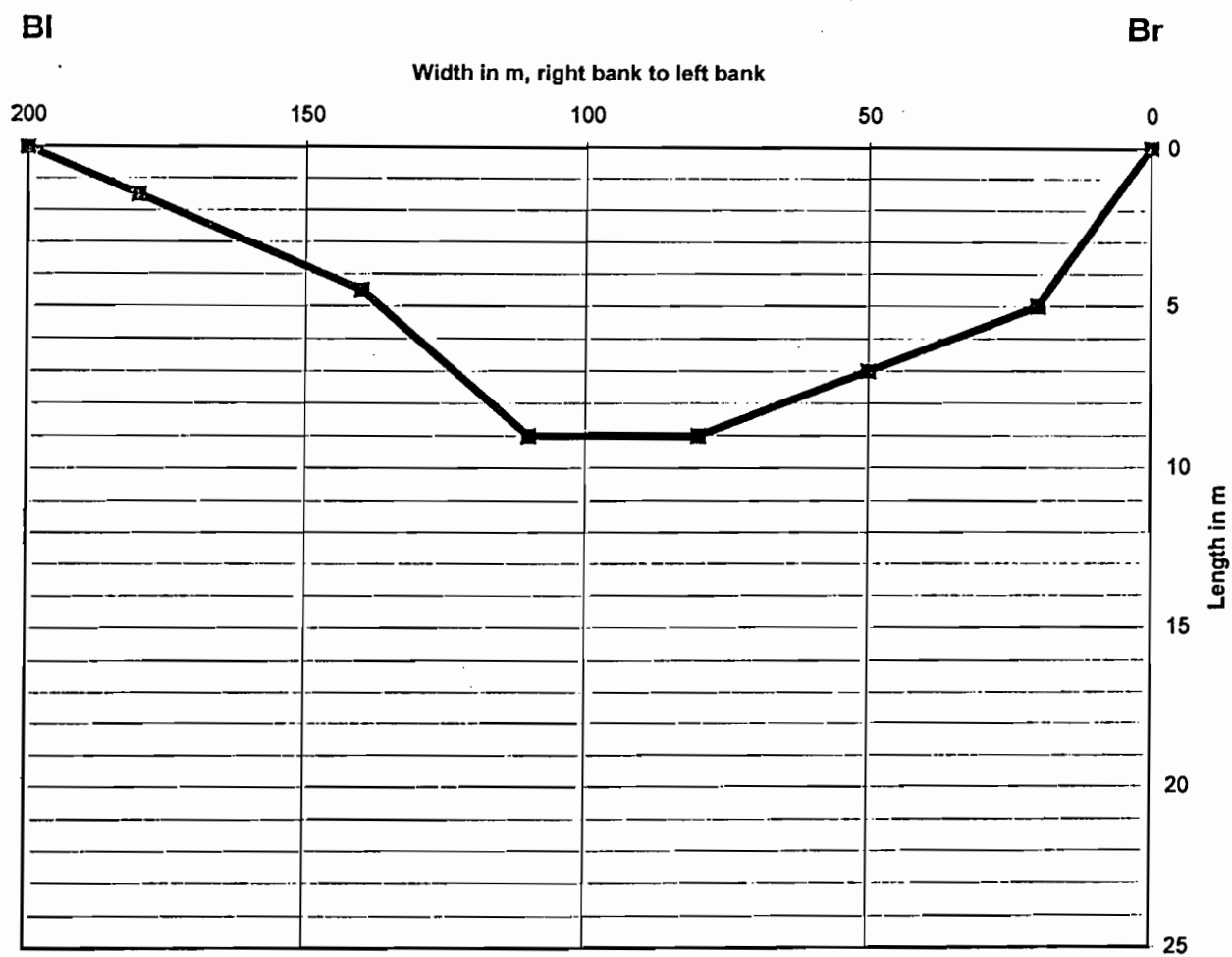


Figure 2.2-8

Cross sectional profile D1

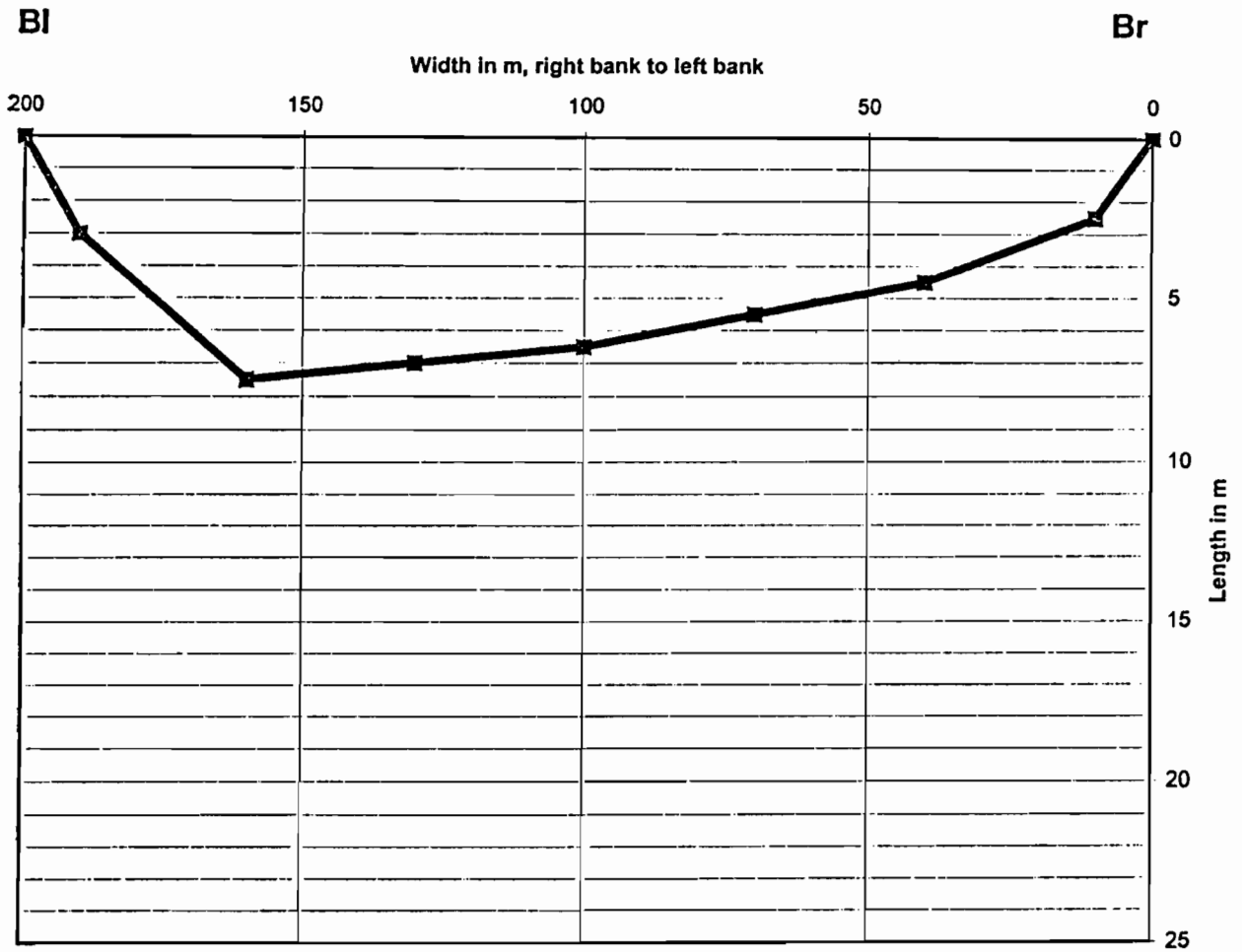


Figure 2.2-9

Cross sectional profile D2

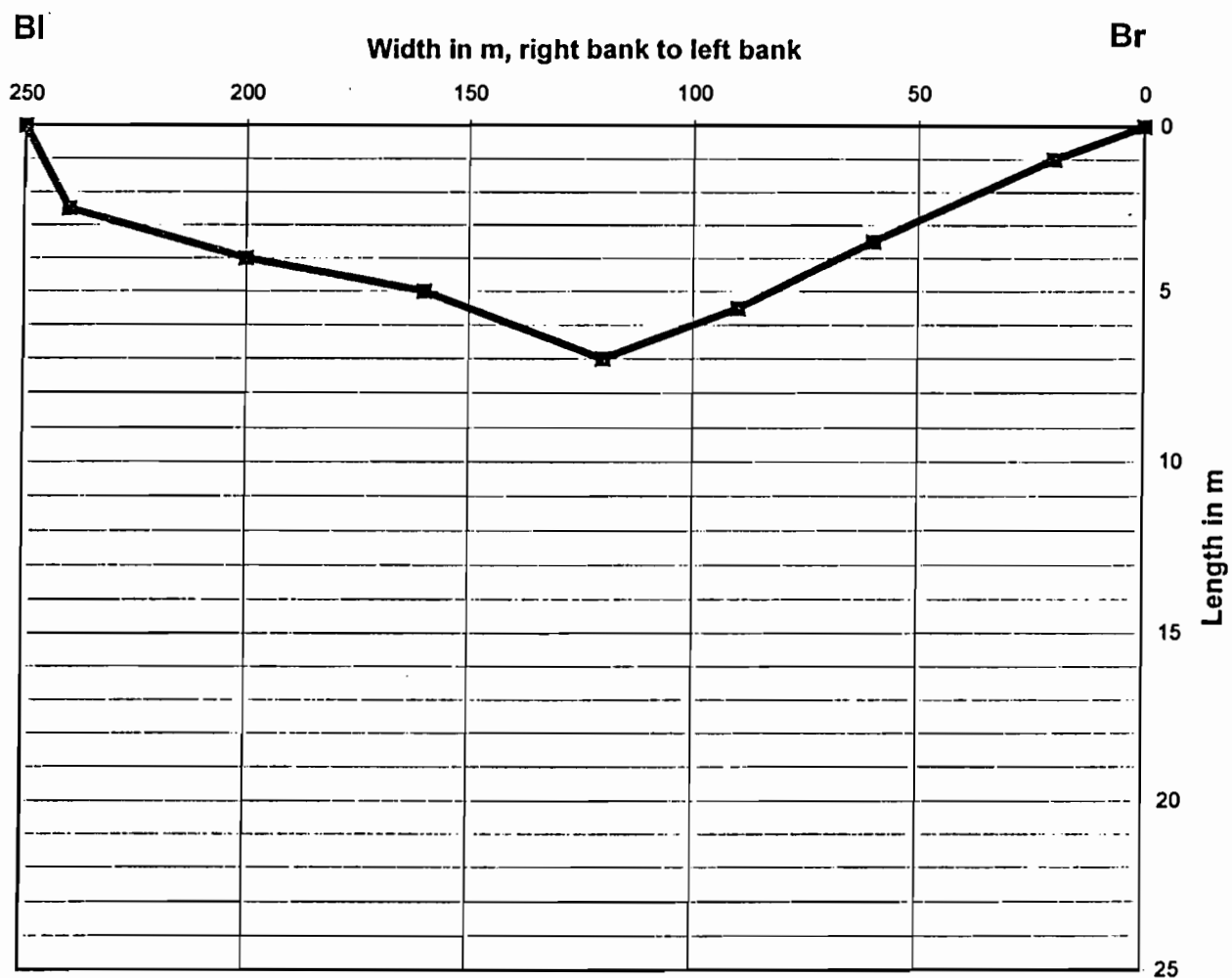


Figure 2.2-10

Cross sectional profile D3

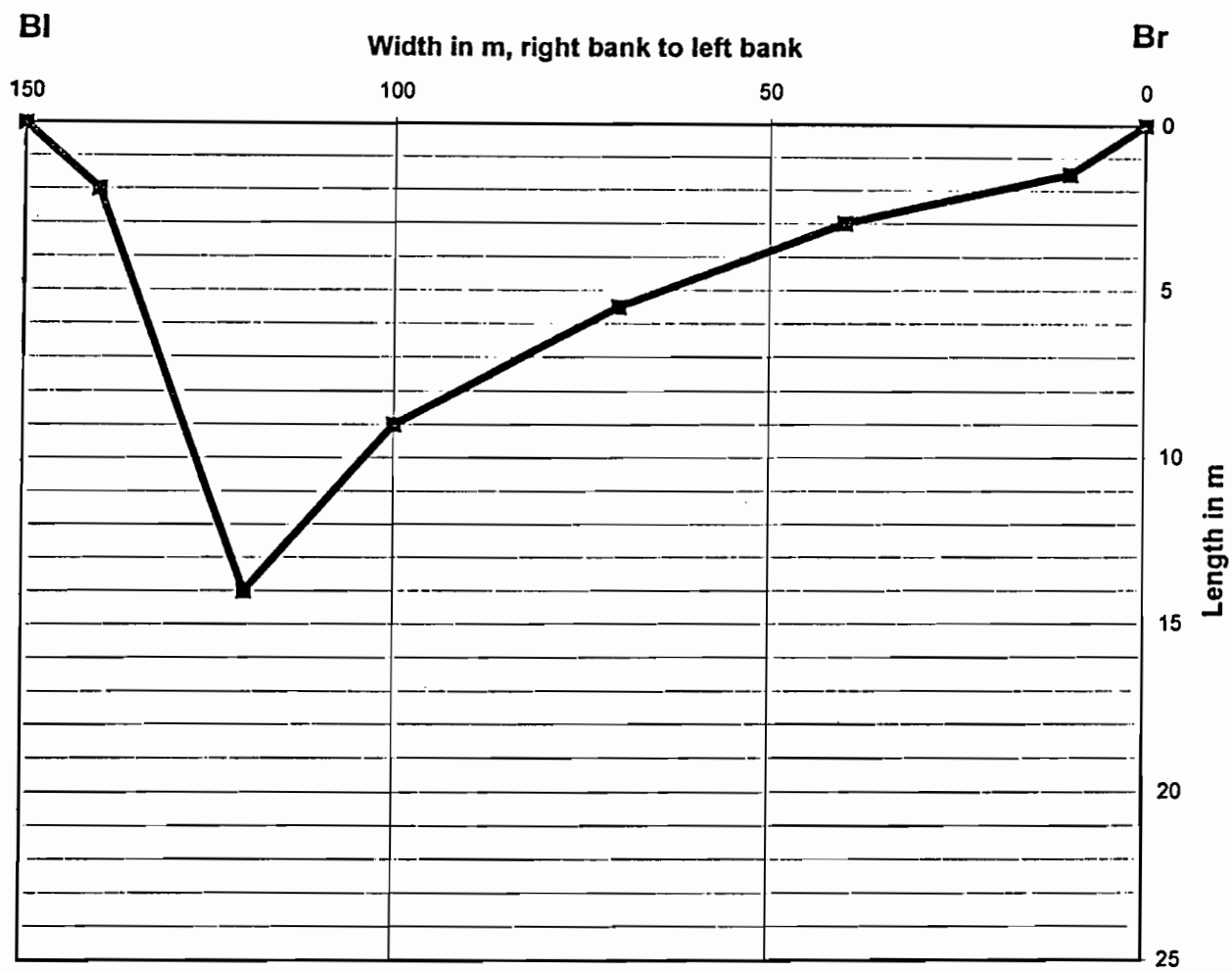


Figure 2.2-11

Cross sectional profile E2

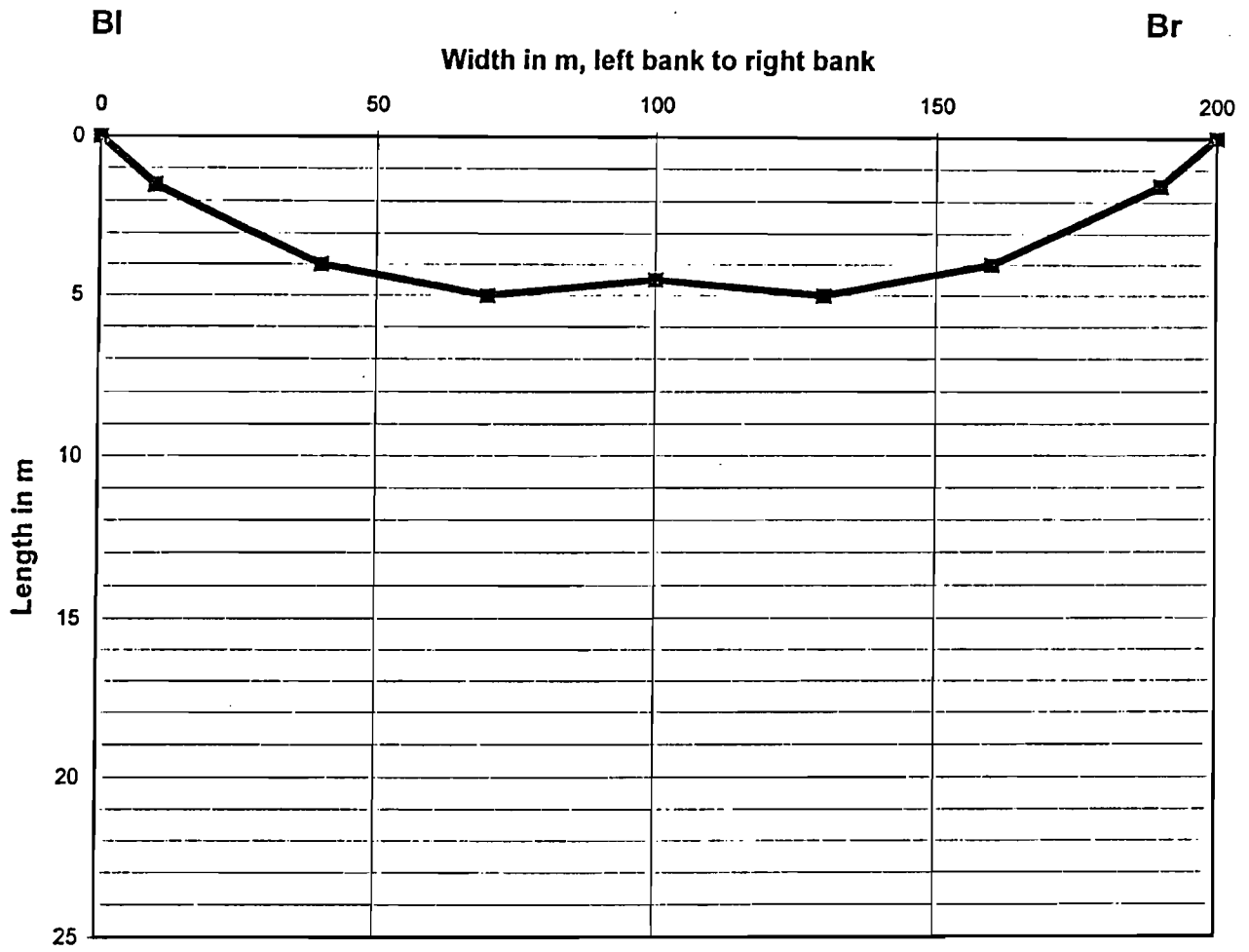


Figure 2.2-12

Cross sectional profile E3

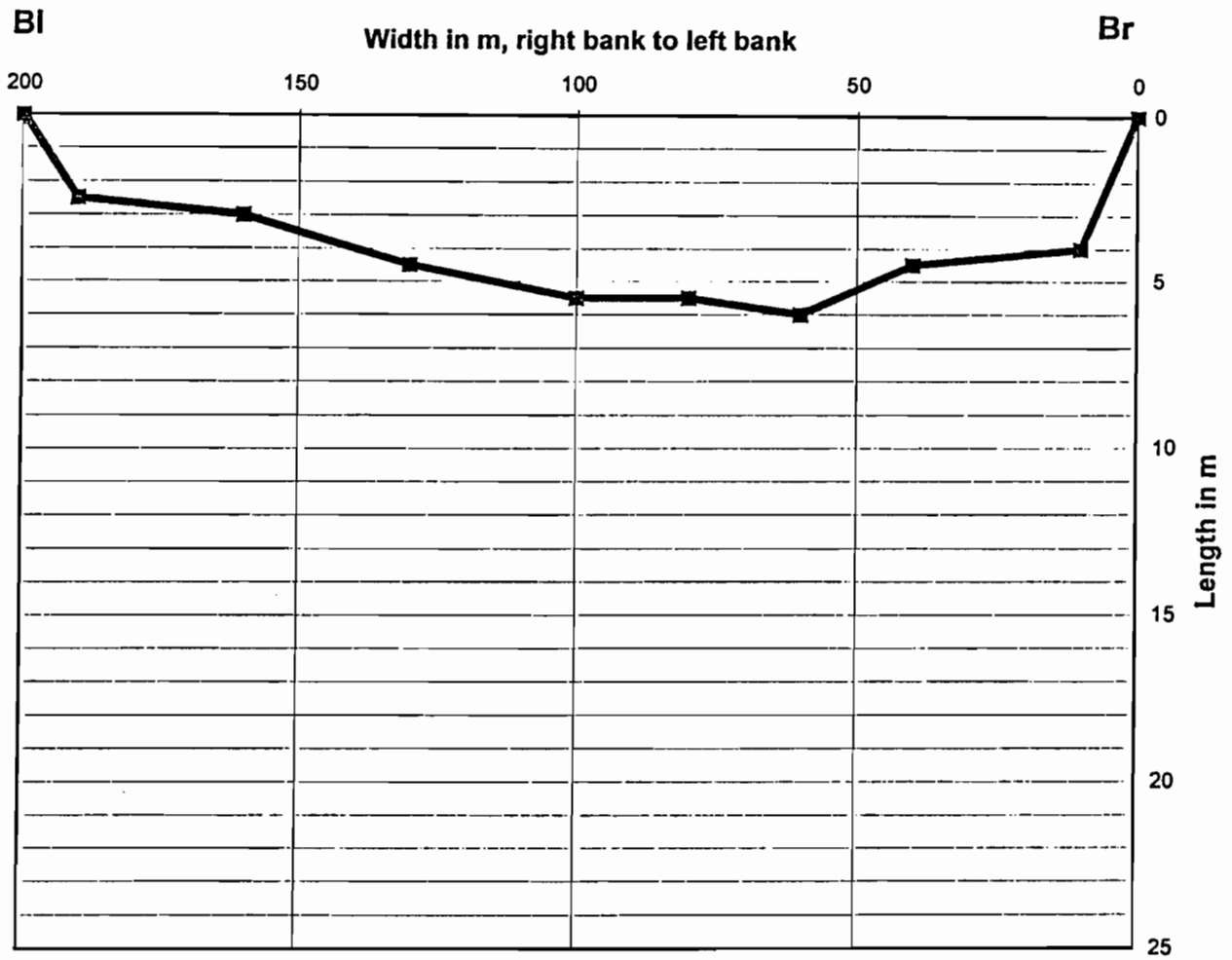


Figure 2.2-13

Cross sectional profile F1

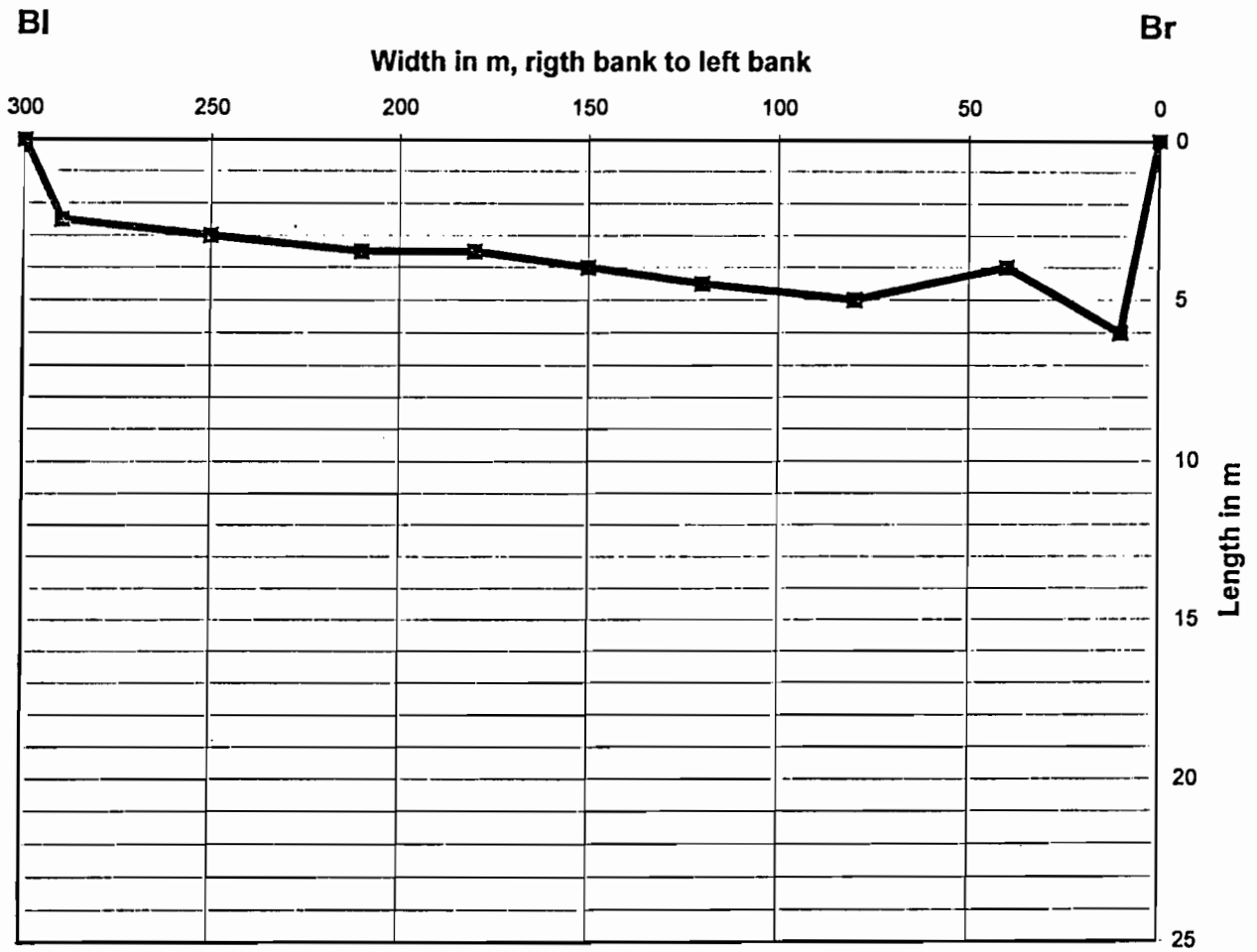


Figure 2.2-14

Cross sectional profile G1

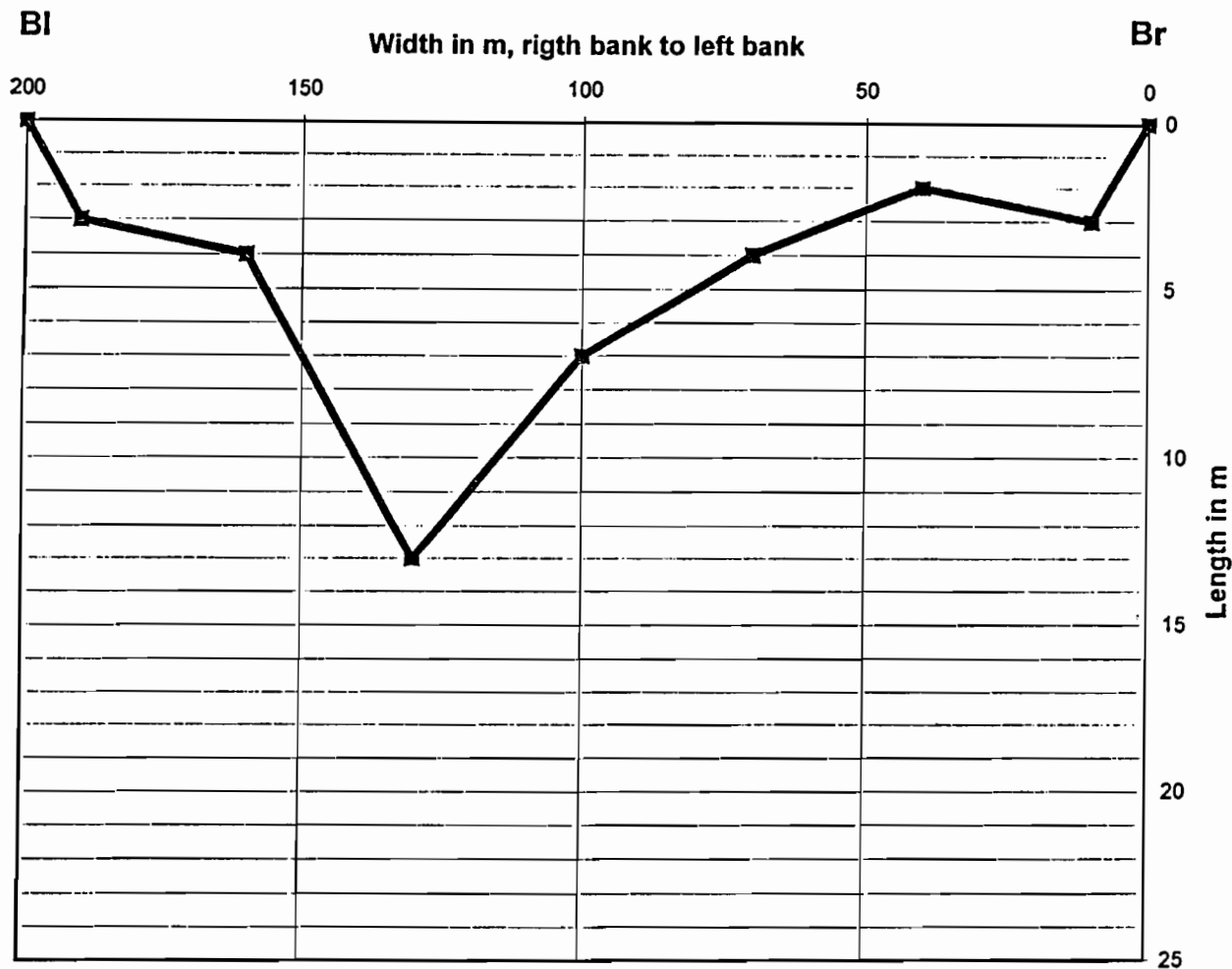


Figure 2.2-15

Cross sectional profile G2

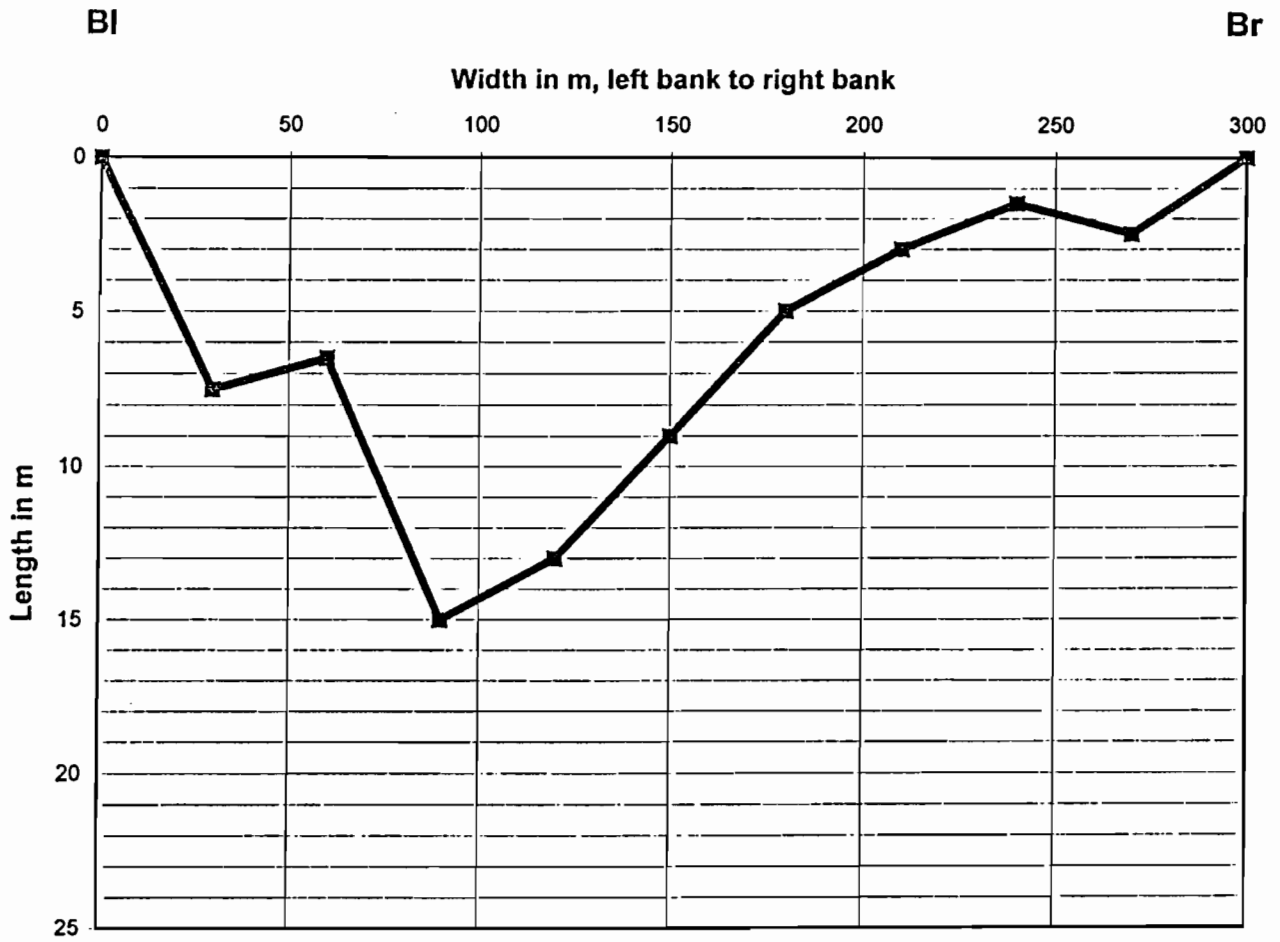


Figure 2.2-16

Cross sectional profile H1

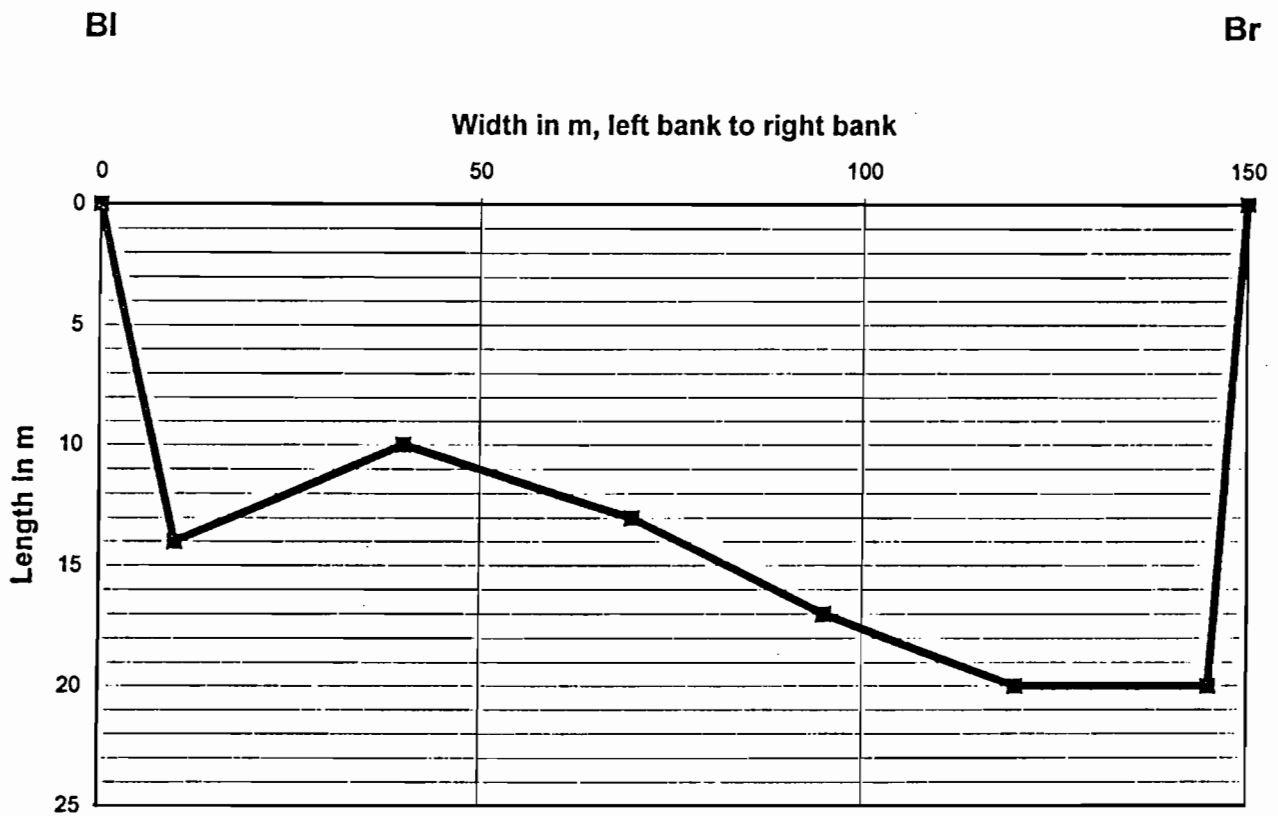


Figure 2.2-17

Cross sectional profile J1

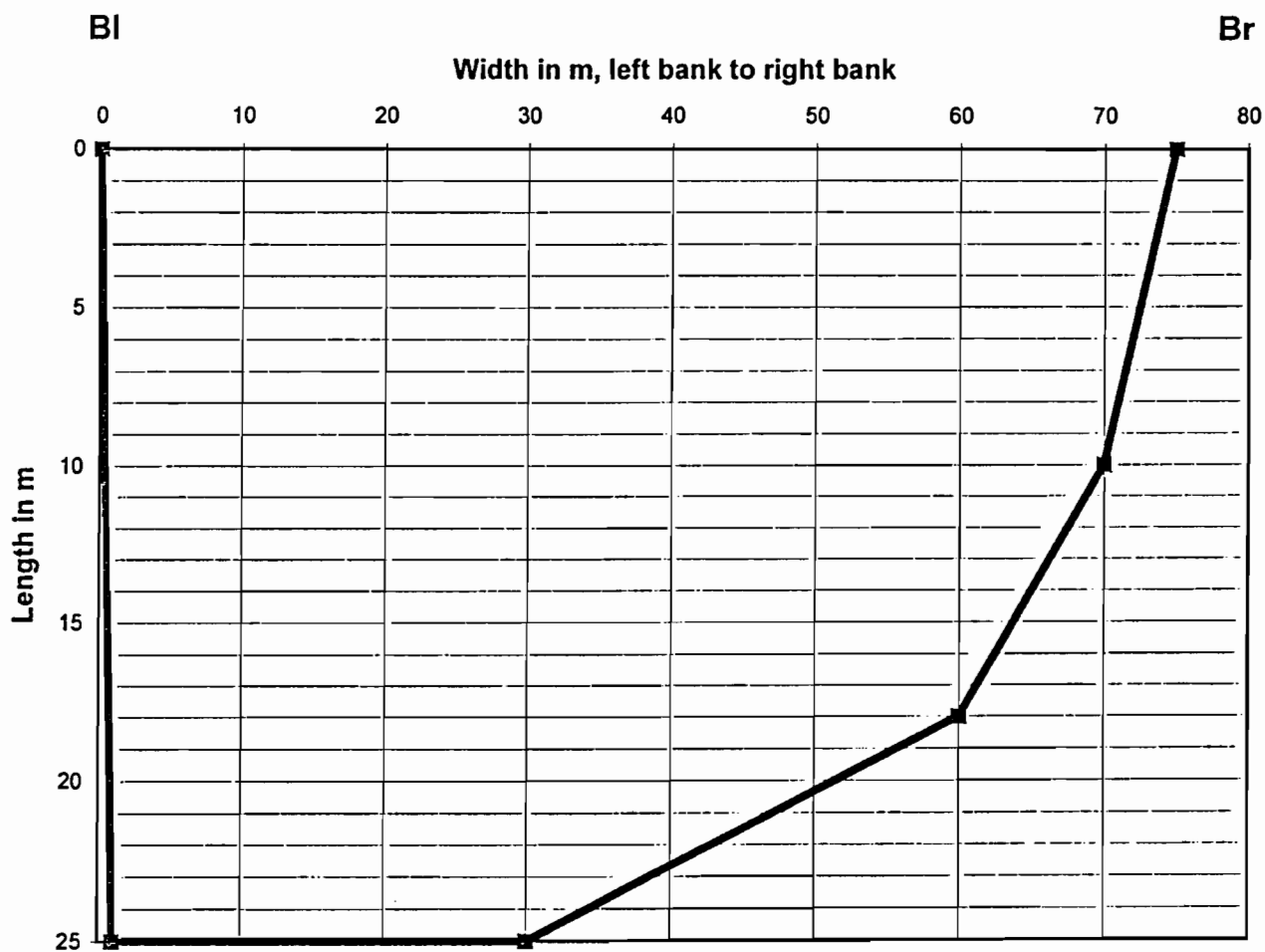


Figure 2.2-18

2.2.2 - Vitesses du courant

Nous avons vu que les conditions hydrologiques trouvées lors de notre mission ont rendues particulièrement difficile la mesure des vitesses sur le rio Beni; A toutes les sections existait pratiquement des veines d'eau dont la vitesse dépassait celle de notre Zodiac, soit près de 2.5 m/s.

2.2.2.1 - Vitesses mesurées entre le rio Tuichi et Rurrenabaque

Nous avons rassemblé dans le tableau 2.2-10 les vitesses mesurées ainsi que leur localisation grâce aux codes des sections correspondantes.

Section de mesure	Nombre de tours hélice	Durée de la mesure, en secondes	Vitesse du courant, en m/s
A1 Rd	161	30	1,34
A1 Mi	224	30	1,87
A1 Rg	> 275		> 2,29
D1 Rg	233	30	1,94
D1 MiRg	255	30	2,13
D1 Mi Rd	> 281	30	> 2,34
D1 Rd	258	30	2,15
H1 Rd	> 270	30	> 2,25
H1 Mi	> 263	30	> 2,19
H1 Rg	213	30	1,78
H1 Rd	> 262	30	> 2,18
H1 Mi	> 279	30	> 2,32
H1 Rg	> 270	30	> 2,25
L1 Mi	> 421	50	> 2,11

Tableau 2.2-10 : Vitesses mesurées en diverses sections repérées du rio Beni entre Rurrenabaque et le rio Tuichi

Ces vitesses correspondent à une cote à l'échelle de Angosto del Bala de 5,3 m.

2.2.2.2 - Vitesses du courant à Rurrenabaque et Angosto del Bala

Pour recalculer les rares vitesses que nous avons pu mesurer, il nous fallait reprendre les jaugeages déjà effectués dans le passé à Rurrenabaque et Angosto del Bala: Cela fut relativement aisé pour les jaugeages effectués à Rurrenabaque dans le cadre du programme PHICAB par l'ORSTOM entre 1986 et 1990. Les originaux de ces jaugeages, où figurent toutes les vitesses mesurées, permettent d'établir une corrélation d'assez bonne qualité entre les vitesses maximales superficielles dans les sections de jaugeage de Rurrenabaque et les cotes à l'échelle de Angosto del Bala. Le tableau 2.2-11, en page suivante, rassemble ces observations à la section de jaugeage de Rurrenabaque. La figure 2.2-20 montre les variations de ces vitesses superficielles à Rurrenabaque en fonction de la cote à Angosto del Bala.

La vitesse maximale, que nous avons pu mesurer à Rurrenabaque lors de notre mission, est reportée sur ces mêmes figures.

A titre indicatif enfin, la figure 2.2-21 montre les débits mesurés à Rurrenabaque en fonction des cotes à Angosto del Bala.

Malgré nos efforts, il ne nous a pas été possible durant la durée de cette étude de récupérer les originaux des dépouillements des jaugeages effectués par le SENAMHI à Angosto del Bala. Si les résultats de ces jaugeages sont effectivement disponibles, ils ne comportent pas d'indications sur les

vitesse maximale superficielle durant ces mêmes jaugeages. Pour retrouver ces indications, il aurait fallu avoir accès aux originaux actuellement stockés dans une réserve du SENAMHI à La Paz El Alto, qui s'est révélée très difficilement visitable.

Si d'autres mesures de terrain devaient être faites et si des compléments à la présente étude devaient être réalisés, il conviendrait de retrouver ces jaugeages originaux.

Date	Hauteur à l'échelle de Angosto del Bala	Vitesse superficielle maximale en m/s	Débit en m ³ /s	Vitesse maximale en m/s	Profondeur maximale en m	Largeur de la section en m
28/02/90	4,58	2,09	2490	2,09	10,57	317
7/07/89	2,7	0,91	702	0,91	6,7	297
12/04/89	5,7	2,55	3495	2,73	11,6	317
16/02/89	4,48	1,83	2897	2,05	12,9	379
3/11/88	3,56	1,65	1579	1,65	6,37	356
3/11/88	3,56	1,73	1444	1,73	6,74	351
3/08/88	1,84	0,52	1101	0,53	9,29	499
17/06/88	2,61	0,98	1135	0,98	9,1	275
3/02/88	5,85	2,3	3477	2,3	11,69	310
15/10/87	3,88	1,38	1371	1,38	8,02	376
12/07/87	1,92	0,5	501	0,5	6,36	325
25/02/87	4,75	1,71	2000	1,71	9,2	331
26/11/86	4,01	1,482	1714	1,56	10,23	270
2/09/86	1,97	0,4	382	0,4	8,45	237
1/07/86	3,27	1,22	1363	1,23	11,95	344
6/05/86	3,24	0,58	989	0,58	10,7	301

Tableau 2.2-11 : Vitesses maximales superficielles relevées lors des jaugeages anciens du rio Beni à Rurrenabaque

Figure 2.2-20 : Vitesses maximales à Rurrenabaque en fonction de la cote à Angosto del Bala

Rio BENI

Vitesses maximales à Rurrenabaque en fonction de la cote à Angosto del Bala

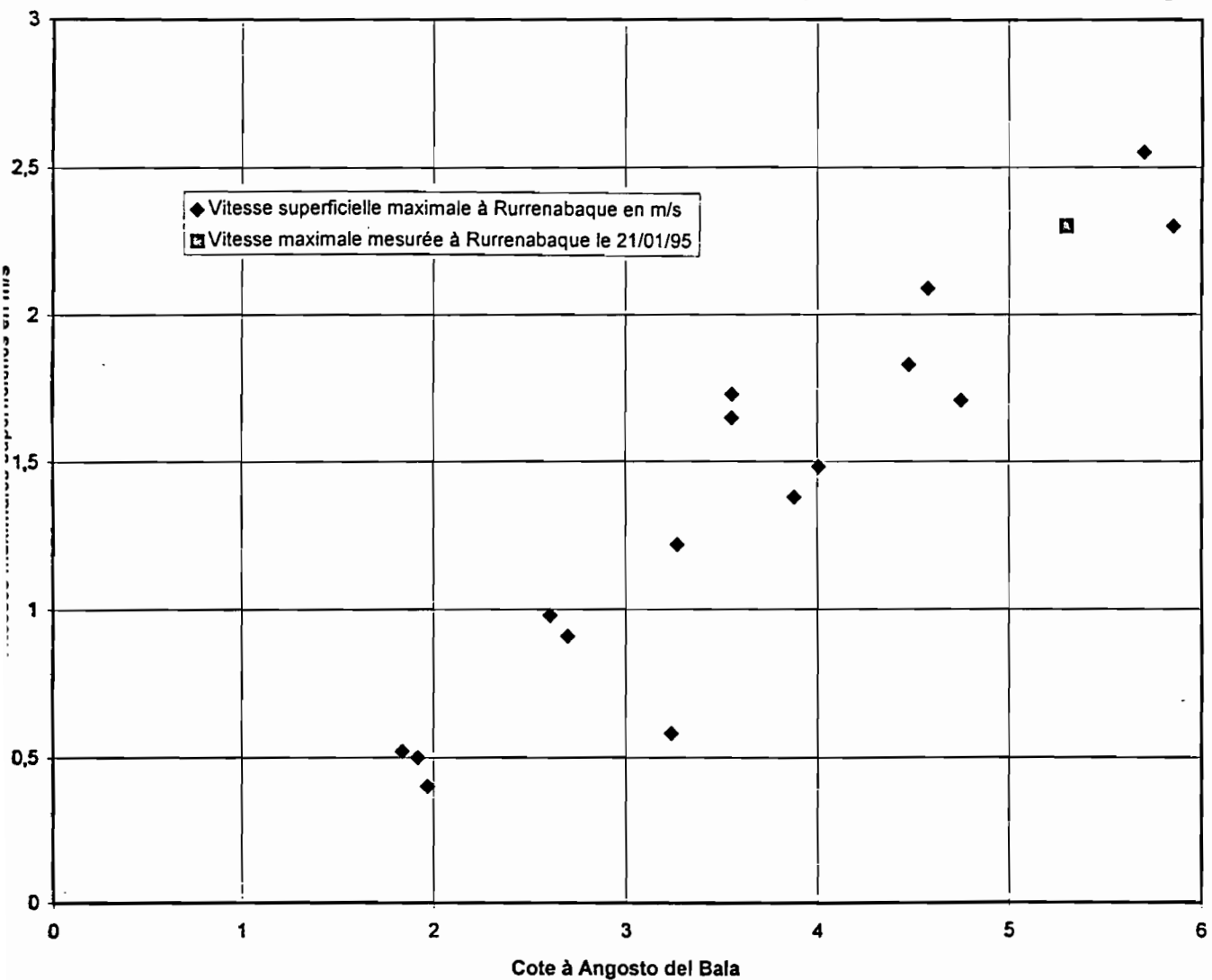
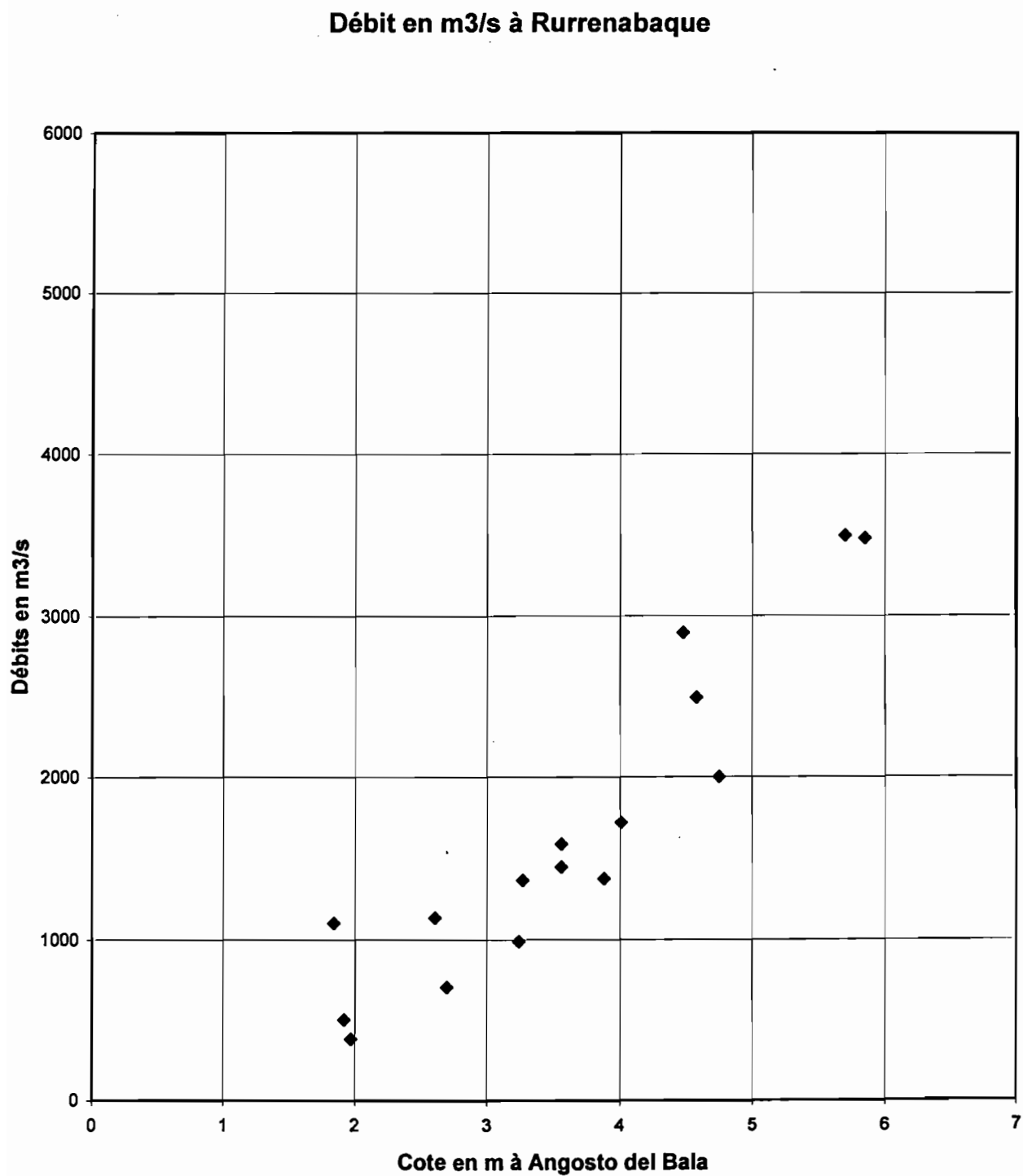


Figure 2.2-21 : Débits du Beni à Rurrenabaque en fonction de la cote à Angosto del Bala



2.3 - Estimation des profondeurs d'eau et des vitesses pour différentes probabilités sur la période septembre-octobre

Il nous faut maintenant rapprocher les indications fournies aux deux précédents chapitres, par l'étude statistique des hauteurs d'eau à Angosto del Bala et par les mesures faites sur le terrain.

2.3.1 - Profondeurs prévisibles aux différentes sections

Les 16 profils en travers réalisés pour une cote à Angosto del Bala de 5,3 m ont montré que nous n'avions pas observé le 21 et le 22 janvier 1995 de sections où il n'y ait pas de profondeurs au moins égales à 5 m. Les sections les plus difficiles, en plus de la section A1 de Rurrenabaque (6 m), sont les deux groupes de sections E2 (5 m), E3 (6 m) à F1 (5 m) et D1 (7,5 m) à D2 (7 m).

Le tableau 2.1-3 du chapitre 2.1 montre par exemple qu'en septembre il y a 99 % de chances de voir la cote 1,4 m dépassée à Angosto del Bala, et en octobre 100% de chances de voir cette même cote dépassée.

Si les lignes d'eau variaient parallèlement entre elles, une baisse du plan d'eau à Angosto del Bala de 5,3 - 1,4 = 3,9 m se répercuterait inchangée entre Angosto del Bala et Rurrenabaque. Nos observations des 21 et 22 janvier 1995 signifieraient donc qu'il n'y aurait par exemple en septembre, entre Angosto del Bala et Rurrenabaque, que 1 % de chances d'avoir une section qui n'ait pas une profondeur au moins égale à 5 - 3,9 = 1,1 m, et 0 % de chances en octobre.

Le même calcul montrerait que, si la cote 2 m est dépassée dans 63 % des cas lors de la première quinzaine de septembre, 76 % lors de la seconde, 87 % lors de la première quinzaine d'octobre et 94 % lors de la seconde, cela voudrait dire que pour les mêmes périodes, il n'y aurait que 37 % de chances lors de la première quinzaine de septembre d'avoir une section qui n'ait pas une profondeur au moins égale à 5 - 3,3 = 1,7 m, 24 % de chances dans la seconde quinzaine, 13 % lors de la première quinzaine d'octobre et 7 % lors de la seconde.

Les deux exemples précédents montrent comment utiliser les résultats du tableau 2.1-3, si l'on suppose que les lignes d'eau évoluent parallèlement elles-mêmes lors de la décrue.

Mais la réalité peut être plus favorable. En effet les lignes d'eau ne se déforment pas parallèlement à elles-mêmes, cela ne serait vrai que pour des biefs profonds à pentes d'eau sinon constantes, au moins voisines. Dans les sections "délicates" qui nous intéressent, en basses eaux, il y a apparition d'un régime torrentiel sur les radiers de graviers et galets. La largeur de la section intervient alors aussi et il devient impossible de faire des approximations aussi simplistes que celles qui précèdent.

Mais nous ne disposons pas des observations en basses et moyennes eaux qui auraient permis d'affiner la méthode.

Cependant, l'expérience de ce type de rivière montre qu'il existe toujours, pour des débits supérieurs ou égaux aux 500 m³/s que représente à peu près une cote de 1,5 m à Angosto del Bala, **un passage dans toutes les sections, y compris celles de radier, de plus de 1 m à 1,5 m et de quelques dizaines de m de largeur.**

Une telle section est suffisante pour laisser passer des pirogues qui en charge, y compris le sabot du moteur hors-bord, n'ont pas plus de 1 m de tirant d'eau. De telles pirogues, éventuellement accouplées, peuvent transporter jusqu'à 5 à 10 tonnes et sont suffisamment manoeuvrables pour emprunter ces passages. Il n'en va pas de même d'une barge, même légère, et de son pousseur.

La corrélation qui existe entre les échelles de Angosto del Bala et Rurrenabaque peut illustrer les propos précédents :

$$H_{\text{Angosto}} = 1,88 \times H_{\text{Rurrenabaque}} + 0,77$$

D'où les correspondances :

H_{Angosto}	$H_{\text{Rurrenabaque}}$
5,0	2,25
4,0	1,72
3,0	1,19
2,0	0,65
1,5	0,39

Il apparaît bien que, si la cote passe en phase de décrue de 5 m à 2 m à Angosto del Bala (soit une baisse de 3 m), la cote passe de 2,25 m à 0,65 m à Rurrenabaque, soit seulement une baisse de 1,60 m, ce qui illustre bien notre propos précédent.

Les estimations faites ci-dessus pour les deux zones de radier sont certainement très pessimistes, malheureusement dans des proportions que les conditions hydrologiques rencontrées lors de cette unique campagne d'écho-sondages, ne nous permettent pas de préciser. Toutefois, nous croyons pouvoir assurer, avec toute la prudence voulue, que le premier calcul qui, à partir d'une cote de 1,4 m à Angosto del Bala, concluait sur l'existence dans toutes les sections entre Rurrenabaque et la section J1 de profondeurs au moins égales à 1,1 m, est certainement fort pessimiste et qu'il serait plus raisonnable de tabler sur des profondeurs de plus de 1,5 m.

C'est en effet précisément en raison de cette situation très prévisible que nous avons initialement proposé des mesures de profil en travers en hautes eaux (ce qui a été fait), mais aussi en moyennes et basses eaux (ce qui resterait à faire).

En tout état de cause, notre diagnostic sur la navigabilité, pour la période visée et pour les hauteurs d'eau escomptées, repose donc plus sur une connaissance empirique de ce type de rivière que sur les seuls résultats de nos mesures très difficilement extrapolables en leur état actuel.

2.3.2 - Vitesses prévisibles aux différentes sections

Le tableau 2.2-11 et la figure 2.2-20 montrent que pour la cote de 1,5 m à Angosto del Bala (avec les probabilités de dépassement mises en évidence par le tableau 2.1-3), la vitesse maximale observée dans la section A1 de Rurrenabaque ne doit pas atteindre 0,5 m/s. Il en est probablement partout à peu près de même dans toutes les sections suffisamment profondes et/ou larges.

Dans les deux sections de radier reconnues, il est probable que la vitesse, avec le passage en écoulement turbulent, soit plus élevée, sans pour autant dépasser une vitesse de l'ordre de 1 m/s, commune pour ce type de rivière.

L'absence de mesures en moyennes et basses eaux interdit de formuler des hypothèses plus précises, mais en tout état de cause, c'est la profondeur et en aucun cas la vitesse qui peut être lors de ces périodes (septembre et octobre) le principal obstacle à la navigabilité.

Chapitre 3 - Données climatologiques de la région de Rurrenabaque

Il nous a été possible de retrouver au SENAMHI les observations climatologiques aux stations de Rurrenabaque et Angosto del Bala. La station de Rurrenabaque appartient au réseau national bolivien, tandis que la station de Angosto del Bala ne fut installée que pour satisfaire aux besoins particuliers de l'étude d'un projet de barrage sur le rio Beni au site de Angosto del Bala. La période d'observation à Rurrenabaque couvre les années 1946 à nos jours (mais seules les données jusqu'à fin 1990 sont toutes actuellement facilement accessibles), tandis que les données à Angosto del Bala ne couvrent que la période 1976 - 1984.

Les données de la station de Reyes, de trop mauvaise qualité qualitative et quantitative, n'ont pas été retenues.

3.1 - Rurrenabaque

Les tableaux 3.1-1 à 3.1-11 rassemblent toutes les données disponibles à la station de Rurrenabaque :

- Tableau 3.1-1 : Température moyenne journalière de l'air en °C
- Tableau 3.1-2 : Température maximale journalière moyenne en °C
- Tableau 3.1-3 : Température minimale journalière moyenne en °C
- Tableau 3.1-4 : Température maximale journalière extrême en °C
- Tableau 3.1-5 : Température minimale journalière extrême en °C
- Tableau 3.1-6 : Précipitation mensuelle, annuelle et interannuelle en mm
- Tableau 3.1-7 : Précipitation maximale mensuelle en 24 heures
- Tableau 3.1-8 : Nombre de jour mensuel avec précipitation
- Tableau 3.1-9 : Humidité moyenne en %
- Tableau 3.1-10 : Direction dominante et vitesse moyenne du vent (en noeuds)
- Tableau 3.1-11 : Pression barométrique moyenne en mb

3.2 - Angosto del Bala

Les tableaux 3.2-1 à 3.2-16 rassemblent toutes les données disponibles à la station de Angosto del Bala :

- Tableau 3.2-1 : Température moyenne journalière de l'air en °C
- Tableau 3.2-2 : Température maximale journalière moyenne en °C
- Tableau 3.2-3 : Température minimale journalière moyenne en °C
- Tableau 3.2-4 : Température maximale journalière extrême en °C
- Tableau 3.2-5 : Température minimale journalière extrême en °C
- Tableau 3.2-6 : Précipitation mensuelle, annuelle et interannuelle en mm
- Tableau 3.2-7 : Précipitation maximale mensuelle en 24 heures
- Tableau 3.2-8 : Nombre de jour mensuel avec précipitation
- Tableau 3.2-9 : Humidité moyenne en %
- Tableau 3.2-10 : Direction dominante et vitesse moyenne du vent (en noeuds)
- Tableau 3.2-11 : Direction dominante et vitesse maximale du vent (en noeuds)
- Tableau 3.2-12 : Evaporation mensuelle en mm
- Tableau 3.2-13 : Evaporation journalière moyenne en mm
- Tableau 3.2-14 : Insolation journalière moyenne en heures
- Tableau 3.2-15 : Insolation mensuelle et annuelle en heures
- Tableau 3.2-16 : Nébulosité moyenne journalière en octets

Ces dernières données sont certainement très représentatives du site du forage programmé.

Rurrenabaque

Température moyenne journalière de l'air en °C

ESTACION: Rurrenabaque * Provincia: Ballivian departamento: Beni

codigo: 204 tipo: S Altitud: 202 - Lat.: 14 29 - Long.: 67 33

TEMPERATURA media ambiente (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1946	26,8	27,3	26,3	25,3	24,5	24,9	22,4	25,1	26,8	27,0	27,9	26,6	25,9
1947	28,1	26,6	26,5	26,6	24,7	25,1	22,3	24,0	25,9	26,5	26,8	27,1	25,9
1948	26,7	27,8	26,9	26,5	24,5	24,1	24,1	25,1	27,5	27,4	27,4	26,8	26,2
1949	27,0	26,6	27,0	25,1	24,5	22,9	22,2	23,4		25,3	27,4	27,2	
1950	25,9	26,8	25,5	25,3	24,6	22,2	22,9	25,2	27,1	26,9	27,7	27,3	25,6
1951	26,2	25,9	26,4	25,4	25,3	22,6	23,4	22,9	25,7	27,6	27,0	27,2	25,5
1952	27,5	26,5	27,3	25,4	24,8	20,4	22,8	25,3	25,9	27,8	27,6	28,6	25,8
1953	26,5	27,3	27,1	26,1	25,0	23,3	21,2	26,7	27,4	26,3	27,8	27,3	26,0
1954	26,0	26,5	26,2	26,5	23,9	23,3	21,3	24,4	27,2	27,2	28,3	27,5	25,7
1955	27,2	26,6	26,0	25,4	24,2	23,6	19,7	25,3	27,2	26,6	28,2	27,0	25,6
1956	25,3	27,2	27,6	25,2	23,1	21,4	23,2	24,2	28,5	27,2	27,2	28,2	25,7
1957	26,6	27,3	27,7	25,4	25,7	23,3	21,5	24,2	25,7	26,9	26,6	27,6	25,7
1958	27,2	27,6	27,0	25,9	23,8	25,2	25,3	22,8	26,0	27,1	26,8	26,6	25,9
1959	26,3	27,5	26,8	26,1	24,6	24,5	24,6	24,3	27,2	28,0	27,7	21,6	25,8
1960	27,0	28,2	27,0	25,6	21,9	23,3	22,8	23,4	26,7	27,0	26,2	28,0	25,6
1961	28,0	27,2	27,0	26,4	25,8	22,3	22,3	26,8	27,3	28,1	27,5	26,8	26,3
1962	27,1	27,0	27,6	25,6	24,8	22,4	20,8	24,8	28,4	26,3	28,9	27,0	25,9
1963	26,6	26,7	26,4	26,7	24,7	23,1	24,0	26,6	27,7	28,7	27,7	28,1	26,4
1964	26,8	26,4	25,1	26,6	24,2	21,7	21,9	23,7	25,2	26,1	28,0	26,7	25,2
1965	26,3	27,3	26,3	25,4	24,6	24,6	22,0	24,7	26,0	27,3	26,8	26,0	25,6
1966	27,1	26,2	26,3	26,1	24,1	24,3	22,9	23,0	26,3	27,1	27,7	26,7	25,7
1967	27,0	27,0	26,3	27,5	26,6	21,5	22,7	25,4	27,5	27,6	27,6	27,7	26,2
1968	27,4	26,1	26,4	25,0	23,8	24,2	24,4	25,7	26,3	28,1	28,3	26,4	26,0
1969	26,6	26,6	26,7	26,8	25,9	27,8	22,2	24,9	27,6	27,2	27,1	27,3	26,4
1970	27,2	27,0	25,7	26,9	24,7	23,2	22,6	24,5	26,8	27,6	26,9	26,1	25,8
1971	25,4	24,8	26,8	23,9	20,9	21,1	22,5	23,6	26,9	25,5	27,1	26,5	24,6
1972	25,8	26,6	26,8	25,8	26,1	24,7	22,4	21,9	24,9	26,1	27,0	26,9	25,4
1973	27,9	27,5	27,8	28,1	24,0	23,5	21,6	22,4	26,4	28,6	27,4	27,2	26,0
1974	26,2	26,3	27,3	26,1	26,1	22,7	23,0	24,4	26,6	26,8	28,4	28,2	26,0
1975	27,0	27,4	26,7	27,0	24,2	24,2	22,8	23,8	26,9	29,0	27,0	27,2	26,1
1976	26,6	26,8	26,6	26,4	24,5	22,7	23,7	24,3	24,3	27,7	27,2	27,4	25,7
1977	27,4	25,5	26,8	26,0	24,0	23,8	24,8	24,0	26,8	27,5	27,0	27,5	25,9
1978	26,8	26,5	27,8	27,1	24,4	23,6	25,6	23,9	27,1	28,6	28,2	27,4	26,4
1979	26,9	27,3	26,4	26,0	24,7	22,8	23,8	27,2	25,6	28,8	28,4	28,0	26,3
1980	27,3	26,6	27,3	26,7	25,5	23,0	23,6	24,6	25,6	27,6	27,2	27,9	26,1
1981	26,6	26,1	26,9	26,2	25,6	22,0	22,1	24,8	24,6	26,5	27,1	26,7	25,4
1982	27,2	26,3	25,7	26,4	24,2	23,4	25,0	25,2	26,7	27,4	26,6	27,9	26,0
1983	28,8	28,3	27,8	27,2	26,4	19,4	23,5	24,9	25,8	21,6	26,7	27,3	25,6
1984	26,3	25,7	22,4	25,5	25,7	22,9	24,8	24,7	27,3	27,8	26,7	27,3	25,6
1985	26,7	27,3	26,9	21,2	26,0	23,6	23,9	23,6	25,4	27,9	27,4	28,1	25,7
1986	27,6	26,5	26,7	26,4	25,2	24,8	23,4	25,7	25,1	27,4	28,2	27,8	26,2
1987	27,0	27,6	27,8	27,0	23,5	22,6	25,8	24,4	26,4	28,6	29,0	27,9	26,5
1988	28,3	27,9	27,7	26,3	23,3	23,2	22,0	26,8	26,9	28,9	29,4	27,4	26,5
1989	27,4	27,2	27,1	27,0	25,5	24,6	23,9	26,8	25,6	27,8	28,1	27,5	26,5
1990	26,6	26,8	27,1	26,0	24,0	21,7	21,3	24,0	24,7	26,7	27,0	26,8	25,2
	26,9	26,8	26,7	26,0	24,6	23,2	23,0	24,6	25,9	27,2	27,5	27,2	25,8

Tableau 3.1-1

Rurrenabaque

Température maximale journalière moyenne en °C

ESTACION: Rurrenabaque * Provincia: Ballivian departamento: Beni

codigo: 204 tipo: S Altitud: 202 - Lat.: 14 29 - Long.: 67 33

TEMPERATURA maxima media (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1957									30,5	31,2	30,4	31,9
1958	31,3	32,3	31,3	30,2	27,8	30,6	30,1	27,5	31,3	32,1	31,3	30,6
1959	31,6	31,6	30,6	30,8	29,6	29,4	29,4	28,2	32,9	34,6	33,1	31,6
1960	32,4	32,8	33,0	31,3	28,5	28,7	28,2	29,0	32,7	31,7	30,5	32,6
1961	32,4	31,7	32,3	31,4	31,0	27,5	28,5	33,6	32,7	33,1	31,7	31,3
1962	31,5	31,5	32,0	29,7	29,2	27,8	25,1	30,9	34,6	30,8	34,4	32,1
1963	30,7	31,0	30,4	31,2	29,4	28,9	29,6	32,6	33,1	33,8	31,7	32,4
1964	30,6	30,4	30,2	31,4	30,1	27,4	27,8	30,4	30,9	31,7	32,0	31,5
1965	31,1	31,4	31,2	30,1	29,2	30,2	27,2	30,7	31,3	32,1	31,1	29,7
1966	31,5	30,1	31,1	30,8	28,6	29,4	28,2	28,7	31,7	31,3	32,8	30,3
1967	31,1	31,2	30,4	32,3	31,5	26,0	27,2	30,7	33,4	33,2	32,4	31,2
1968	31,2	30,1	31,3	29,4	29,0	28,8	29,9	31,0	31,5	33,1	33,3	31,1
1969	31,5	30,6	30,8	31,3	30,3	26,9	28,4	30,2	33,7	33,1	31,3	32,4
1970	31,1	31,7	30,5	31,5	30,2	28,4	27,5	30,1	32,4	33,1	32,2	32,4
1971	30,0	30,7	32,3	31,8	31,0	25,7	27,8	30,1	32,7	31,4	33,2	32,3
1972	31,3	32,2	32,0	32,0	32,0	31,3	28,0	28,6	32,6	31,0	32,5	32,7
1973	32,0	31,4	32,6	31,9	28,0	28,2	25,8	27,1	32,4	33,6	31,2	30,7
1974	31,1	30,5	32,1	31,1	32,3	27,8	28,8	30,8	32,5	32,1	34,2	33,5
1975	32,7	32,7	32,5	32,4	28,9	29,3	29,1	32,1	33,1	34,2	31,3	32,4
1976	31,7	32,2	31,9	31,8	29,3	27,0	29,7	29,8	29,1	32,2	31,6	32,2
1977	32,4	30,0	31,7	30,6	28,5	29,4	29,5	29,0	31,9	32,2	30,9	31,1
1978	30,8	30,5	32,7	32,5	28,4	28,0	30,1	29,9	32,3	33,6	32,5	31,3
1979	30,3	30,6	30,3	30,2	28,5	27,8	28,4	32,5	30,2	33,6	32,5	32,2
1980	31,0	31,0	31,2	30,6	29,7	26,8	28,8	29,5	30,5	31,7	31,8	33,2
1981	29,6	29,7	30,3	30,6	30,1	24,9	26,9	29,7	29,7	30,7	30,8	30,3
1982	31,4	29,6	29,3	30,1	28,6	27,5	29,1	30,3	31,7	31,9	30,9	32,3
1983	32,8	32,3	31,8	31,2	29,5	21,8	26,8	30,3	30,1	31,8	30,9	31,3
1984	30,5	30,2	30,5	29,4	30,8	26,6	29,4	29,6	32,8	33,1	30,9	32,0
1985	31,9	32,1	32,4	30,0	30,8	28,3	29,0	29,3	30,3	32,4	31,7	32,5
1986	31,3	30,4	30,5	31,3	29,1	29,3	28,6	29,9	30,0	31,5	32,2	31,9
1987	30,2	31,7	32,0	30,9	27,3	27,4	30,7	29,4	31,4	33,3	33,1	31,9
1988	32,6	32,3	31,1	30,4	27,0	28,0	27,2	32,5	32,1	33,7	31,5	31,3
1989	31,7	31,5	31,5	31,9	31,6	29,4	31,3	32,6	30,4	32,6	32,4	31,3
1990	31,3	31,9	32,8	31,4	29,0	26,8	26,9	31,2	31,2	32,6	32,1	31,9
	31,4	31,2	31,4	31,0	29,5	27,9	28,5	30,2	31,8	32,5	32,0	31,7

Tableau 3.1-2

Rurrenabaque

Température minimale journalière moyenne en °C

ESTACION: Rurrenabaque * Provincia: Ballivian departamento: Beni

codigo: 204 tipo: S Altitud: 202 - Lat.: 14 29 - Long.: 67 33

TEMPERATURA minima media (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1958	21,6	21,0	20,8	20,8	18,8	17,1	18,3	14,1	17,7	19,9	20,1	21,5
1959	21,9	21,9	20,7	20,1	16,6	16,3	17,5	15,1	17,6	19,2	20,4	26,6
1960	21,4	21,1	20,8	19,4	15,7	17,3	14,6	15,7	17,6	20,4	20,3	21,6
1961	22,4	21,4	20,9	21,2	19,0	15,1	16,3	16,1	17,6	20,0	20,9	21,3
1962	20,9	21,5	20,2	18,4	17,1	12,8	12,9	14,9	18,2	19,3	19,7	21,6
1963	21,9	21,7	20,9	20,2	18,2	16,5	16,3	17,6	19,4	19,9	20,1	21,2
1964	22,8	22,3	21,2	20,6	19,2	16,4	14,8	16,4	18,1	20,1	20,1	21,2
1965	20,7	21,9	20,9	19,5	18,8	17,7	16,7	16,7	17,7	20,3	20,6	22,0
1966	21,8	22,4	20,6	20,5	18,4	18,2	15,6	14,2	17,7	20,6	20,7	21,3
1967	21,7	21,7	21,6	20,2	20,0	15,5	17,1	17,1	17,8	20,1	20,0	21,4
1968	21,7	21,9	20,2	18,3	14,1	17,2	16,6	17,7	17,3	20,3	21,1	22,0
1969	22,1	22,0	21,7	21,0	20,0	17,4	14,7	15,8	18,4	19,3	21,4	21,5
1970	22,1	21,8	21,0	21,7	18,2	17,5	16,3	16,2	18,8	20,5	20,4	21,4
1971	21,9	21,1	21,7	19,7	18,0	16,2	15,5	15,5	19,5	20,0	21,5	21,4
1972	22,0	22,0	22,2	19,9	20,3	18,7	16,8	17,9	19,4	20,1	21,5	22,0
1973	22,5	22,8	22,5	21,7	18,4	18,3	16,7	16,7	17,3	19,9	20,7	21,2
1974	21,4	21,0	20,9	20,0	17,2	17,0	14,8	15,6	16,9	18,8	18,7	20,0
1975	20,2	20,8	19,7	19,3	17,2	16,6	12,8	13,4	17,1	18,1	19,1	18,8
1976	19,8	19,2	18,7	16,9	16,4	14,3	11,8	13,9	14,9	17,3	17,9	19,3
1977	20,0	19,2	18,9	17,0	15,1	14,0	15,3	14,2	15,6	16,9	19,8	20,0
1978	19,2	20,2	18,9	17,2	15,9	14,8	15,8	11,2	12,8	17,2	18,7	19,2
1979	19,6	19,4	19,0	17,1	16,8	12,4	13,6	16,1	15,2	17,6	18,7	19,0
1980	19,1	19,4	19,3	18,0	16,4	15,0	13,2	14,4	14,5	17,7	16,6	18,0
1981	19,4	18,7	18,9	17,6	17,2	14,6	11,8	14,4	14,3	17,0	20,2	22,4
1982	22,4	22,2	21,5	21,2	19,1	18,3	18,9	17,6	19,8	20,8	22,1	22,2
1983	23,0	22,5	22,2	22,1	21,3	16,3	19,1	17,4	18,3	20,4	21,3	21,7
1984	22,3	22,0	26,5	20,6	20,3	18,1	18,1	17,8	19,0	21,5	22,4	22,3
1985	21,7	22,4	22,7	25,6	19,1	17,7	15,5	19,2	18,4	19,6	21,4	22,8
1986	22,6	22,2	22,0	20,8	21,1	17,7	15,5	19,2	18,4	19,6	21,4	23,8
1987	22,3	21,5	21,4	21,8	18,7	16,8	19,0	16,4	18,7	21,1	22,8	23,8
1988	23,4	22,6	23,0	21,6	18,9	16,3	14,3	17,6	19,3	20,9	21,3	22,1
1989	22,3	21,9	21,3	20,0	17,9	19,3	14,8	14,5	18,0	19,8	21,3	22,0
1990	21,8	21,7	21,3	20,6	18,9	16,6	15,7	16,7	18,1	20,8	21,9	21,7
	21,5	21,4	21,0	20,0	18,1	16,5	15,7	16,0	17,6	19,5	20,5	21,5

Tableau 3.1-3

Rurrenabaque

Température maximale journalière extrême en °C

ESTACION : RURRENABAQUE

PROVINCIA : BALLIVIAN TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1958	35,8	36,0	35,5	33,4	33,0	34,8	33,8	34,2	36,2	36,0	36,0	34,3	36,2
1959	35,4	35,0	34,2	34,2	34,1	33,0	33,2	35,2	38,4	38,5	38,0		38,5
1960	37,0	35,6	36,0	34,2	33,4	33,8	32,8	33,7	36,4	37,4	33,0	36,6	37,4
1961	35,0	34,5	36,4	35,2	34,1	33,2	32,6	36,7	37,4	36,4	35,1	34,7	37,4
1962	34,7	34,1	34,2	32,8	33,2	32,4	31,7	36,4	38,4	35,9	38,8	38,0	38,8
1963	33,8	34,4	35,0	33,4	32,7	33,0	33,0	37,0	38,0	38,2	35,2	37,2	38,2
1964	35,5	33,0	33,2	34,8	33,4	31,8	31,8	33,4	35,8	35,2	35,0	35,0	35,8
1965	34,2	35,0	33,6	33,0	32,5	32,8	30,4	35,0	36,8	36,0	35,0	33,0	36,8
1966	35,0	34,0	34,2	34,2	32,0	32,0	32,0	34,3	37,0	36,0	36,0	34,0	37,0
1967	34,7	35,0	33,0	35,0	34,0	32,0	31,0	34,0	37,2	36,0	36,0	36,0	37,2
1968	35,0		35,8	33,7	33,0	32,0	33,0	34,9	37,0	36,2	36,0	34,0	37,0
1969	36,0	36,0	35,0	35,0	33,0	32,2	33,2	34,0	37,0	36,0	34,8	36,0	37,0
1970	34,3	35,5	34,2	34,2	33,0	32,0	31,5	33,2	35,5	36,0			36,0
1971	33,7		35,0			32,0		35,0	37,0	35,0	36,2	36,0	37,0
1972	3,5	36,0	34,2	35,3	34,8	33,5	32,8			36,0	35,0	35,0	36,0
1973	35,7		34,8	35,4	32,7	32,0	31,6	33,0	37,4	37,4	35,0	36,0	37,4
1974	34,5	35,0	37,0	36,0	35,4	34,0	34,2	36,8	39,0	37,2	40,0	39,8	40,0
1975	38,0	35,4	35,5	36,1	35,0	33,0	34,4	36,5	36,8	38,2	36,5	36,4	38,2
1976	35,2	36,5	35,5	35,5	34,4	33,4	34,2	34,2	36,0	37,0	37,0	36,7	37,0
1977	35,2	33,7	35,5	35,0	32,0	33,5	32,6	34,0	36,0	37,4	35,5	35,7	37,4
1978	34,6	35,8	36,4	35,4	34,6	33,0	33,2	35,0	36,3	38,0	35,4	34,4	38,0
1979	34,0	34,5	34,6	34,4	33,4	32,0	34,4	35,6	37,0	37,6	37,4	38,4	38,4
1980	35,0	34,4	34,0	34,8	33,4	31,5	33,0	33,5	36,0	36,2		37,1	37,1
1981	33,4	35,0	33,4	35,0	33,0	30,4	32,5	35,0	36,0	35,0	36,0	34,0	36,0
1982	36,0	34,2	34,4	35,0	32,4	32,4	34,0	35,5	35,5	35,5	36,4	36,5	36,5
1983	36,5	36,5	35,7	34,5	33,5	31,5	31,5	34,5	37,0	36,0	35,5	37,0	37,0
1984	35,0	32,0		34,4	34,6	32,0	33,5	35,0	35,8	37,4	34,0	34,5	37,4
1985	34,4	35,4	34,4		33,0	33,0	32,6	35,2	36,0	35,8	36,4	36,0	36,4
1986	34,0	33,6	33,6	34,0	33,3	32,0	33,5	34,6	34,6	35,4	36,0	36,4	36,4
1987	34,2	35,8	35,5	34,6	33,0	32,4	33,8	36,0	36,8	38,0	36,0	35,2	38,0
1988	35,4	36,2	35,6	34,2	33,8	32,6	34,6	35,2	37,4	37,4	38,0	36,6	38,0
1989	34,0	35,4	27,6	35,8	35,8	33,6	37,4	35,8	15,4	38,3	36,6	34,2	38,3
1990	34,6	34,8	35,7	34,2	33,2	31,5	32,8	34,6	35,6	35,6	35,6	35,4	35,7
1991	34,6	36,0	33,6	34,2	34,4	32,6	31,5	33,2	36,0	35,6	35,6	33,4	36,0
1992	35,4	34,5	34,0	33,6	33,0	31,6	32,6	34,4					35,4
1993	33,6	35,0	34,6	33,4	34,0	32,5	32,6	35,2	35,8	36,0	35,4	35,4	36,0
	38,0	36,5	37,0	36,1	35,8	34,8	37,4	37,0	39,0	38,5	40,0	39,8	40,0

Tableau 3.1-4

Rurrenabaque

Température minimale journalière extrême en °C

ESTACION : RURRENABAQUE

PROVINCIA : BALLIVIAN TEMPERATURA MINIMA EXTREMA

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1958	17,5	16,0	17,9	16,0	10,0	9,4	13,5	10,2	13,0	17,0	16,7	18,0	9,4
1959	18,6	18,6	15,0	15,0	12,0	9,5	12,2	10,7	13,0	13,4	18,1		9,5
1960	19,0	20,0	17,0	13,4	9,0	8,0	8,8	10,0	14,8	18,0	15,0	15,0	8,0
1961	18,7	18,8	14,2	18,7	15,7	9,0	10,5	9,0	13,8	15,6	19,0	19,8	9,0
1962	17,0	18,0	15,7	9,1	9,6	7,1	8,0	7,5	14,2	15,2	15,8	20,0	7,1
1963	20,1	20,0	14,2	16,7	13,0	10,0	9,0	9,3	15,5	13,5	16,5	11,3	9,0
1964	20,4	18,4	16,4	18,0	12,0	9,2	8,2	11,0	12,8	15,0	18,6	15,4	8,2
1965	16,0	20,0	17,0	12,6	14,2	15,0	10,8	7,8	14,0	15,0	16,0	18,0	7,8
1966	19,0	20,5	15,0	14,8	12,0	12,0	7,8	8,8	9,0	18,0	16,0	19,0	7,8
1967	20,0	19,0	19,0	13,0	18,0	10,0	11,0	13,0	14,0	16,0	14,7	19,1	10,0
1968	19,0	20,0	16,2	13,0	7,8	12,4	13,0	13,0	14,2	16,0	18,0	19,0	7,8
1969	20,0	17,2	17,2	17,0	10,0	10,0	6,0	9,0	12,0	12,0	18,5	18,8	6,0
1970	18,8	16,0	16,0	19,2	10,0	11,0	11,0	8,0	13,2	17,2	15,2	19,0	8,0
1971	19,2	16,0	17,2	10,3	11,0	11,0	12,0	10,0	17,0	16,0	18,0	16,0	10,0
1972	17,1	20,0	20,0	14,0	15,0	13,0	11,2	10,0	15,0	16,0	16,0	18,0	10,0
1973	20,0	20,0	20,5	19,0	13,0	10,2	11,3	11,0	10,5	16,0	17,0	16,0	10,2
1974	19,5	18,4	17,6	16,0	10,0	13,0	9,0	10,7	10,0	14,0	13,4	17,0	9,0
1975	17,5	16,5	17,0	14,0	14,0	10,3	1,0	9,5	13,4	12,8	15,0	12,5	1,0
1976	17,5	14,4	13,5	11,0	12,3	9,5	4,0	6,4	9,5	10,0	13,0	16,0	4,0
1977	16,0	18,0	15,0	12,2	6,0	7,8	10,0	9,0	11,5	12,0	15,0	17,7	6,0
1978	13,6	18,0	15,2	14,4	11,0	8,0	13,6	3,0	8,1	14,4	15,0	16,0	3,0
1979	18,0	16,0	16,5	11,5	10,5	8,0	8,5	13,5	8,5	13,5	14,0	15,2	8,0
1980	14,0	17,5	17,5	13,5	10,5	9,0	7,0	7,5	8,0	12,5	12,0	15,5	7,0
1981	17,5	17,0	16,5	14,0	14,0	10,4	4,0	10,0	9,5	8,5	16,5	19,0	4,0
1982	20,0	19,0	17,2	19,0	14,0	12,0	12,5	12,0	17,0	17,5	17,0	18,5	12,0
1983	19,0	19,0	16,5	18,5	15,0	11,0	13,5	11,5	13,0	16,0	17,5	18,0	11,0
1984	21,0	20,0		14,0	15,0	13,6	12,0	10,2	13,0	18,0	20,0	18,0	10,2
1985	17,6	21,0	21,4		14,8	7,0	9,2	8,0	13,4	19,0	18,2	18,6	7,0
1986	19,0	20,5	20,0	14,7	15,7	9,4	9,3	14,0	13,6	16,0	15,6	21,3	9,3
1987	21,0	16,0	16,0	18,2	13,0	12,2	13,6	9,6	13,0	17,0	20,4	21,6	9,6
1988	21,4	19,0	21,0	18,8	14,0	10,0	7,0	12,0	14,0	16,8	18,4	20,2	7,0
1989	20,2	19,4	18,6	16,0	9,4	14,4	5,4	10,6	11,6	14,6	16,0	13,6	5,4
1990	16,4	19,6	18,0	12,8	9,0	8,8	7,6	8,0	12,0	15,6	19,0	17,0	7,6
1991	17,4	17,2	18,6	17,0	16,0	11,4	9,0	10,2	10,6	13,6	19,0	20,4	9,0
1992	4,0	19,0	17,4	16,8	13,6	14,8	7,6	9,8					4,0
1993	19,0	17,8	20,0	17,6	12,4	9,4	11,4	8,4	13,0	15,3	18,4	20,0	8,4
	4,0	14,4	13,5	9,1	6,0	7,0	1,0	3,0	8,0	8,5	12,0	11,3	1,0

Tableau 3.1-5

Rurrenabaque

Précipitation mensuelle

ESTACION: Rurrenabaque * Provincia: Ballivian departamento: Beni

codigo: 204 tipo: S Altitud: 202 - Lat.: 14 29 - Long.: 67 33

PRECIPITACION (mm)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1946	180,0	104,4	282,3	23,4	83,0	83,0	43,0	88,6	63,6	156,9	364,8	219,0	1692,0
1947	151,5	267,7	220,4	76,4	125,4	133,5	200,6	56,8	98,6	126,2	225,2	166,7	1849,0
1948	375,4	285,1	130,3	169,7	23,4	166,9	117,9	39,0	75,7	174,8	347,0	720,5	2625,7
1949	339,5	352,1	314,1	139,3	142,0	111,6	29,1	54,0	79,5	155,3	313,3	159,4	2189,2
1950	260,2	154,7	255,4	229,4	70,9	340,6	33,8	10,5	68,8	279,0	83,9	104,8	1892,0
1951	393,1	242,9	216,3	17,8	32,1	157,0	45,2	198,4	133,5	108,7	118,7	178,4	1842,1
1952	177,6	292,6	166,9	53,6	59,2	211,4	21,2	78,7	68,8	28,8	86,7	148,7	1394,2
1953	228,5	110,3	214,8	83,8	184,0	85,3	51,7	62,4	183,6	59,9	239,8	267,1	1771,2
1954	387,7	253,5	181,7	160,6	205,8	116,3	160,2	50,4	70,2	118,6	114,0	124,2	1943,2
1955	244,1	227,0	374,1	134,0	135,2	55,7	158,8	21,3	16,2	167,3	84,7	284,8	1903,2
1956	495,5	236,3	144,1	83,3	72,7	87,7	84,9	30,2	59,1	122,8	140,3	104,8	1661,7
1957	300,7	156,1	220,5	126,5	105,6	199,6	133,4	97,6	154,9	208,7	202,7	175,1	2081,4
1958	330,5	182,6	243,9	104,4	97,7	13,8	112,7	34,0	102,3	121,2	125,2	297,7	1766,0
1959	406,6	170,1	206,3	209,0	99,9	70,8	97,4	30,7	79,2	50,1	229,8	191,5	1841,4
1960	219,9	302,9	175,2	107,7	61,9	157,0	165,8	169,9	8,4	155,5	163,2	119,9	1807,3
1961	83,5	444,9	95,5	108,6	42,9	167,6	145,8	7,2	55,2	78,2	220,4	215,6	1665,4
1962	127,3	330,2	161,8	77,3	101,3	71,0	8,4	35,7	48,7	117,8	40,3	170,5	1290,3
1963	364,8	385,2	211,3	110,3	27,0	38,3	47,1	4,1	96,7	63,6	111,0	291,4	1750,8
1964	243,7	209,1	344,3	38,2	93,7	52,4	66,0	89,5	52,8	147,5	104,2	444,1	1885,5
1965	246,8	71,4	213,3	283,1	95,6	26,2	113,0	18,7	15,0	124,2	227,8	365,2	1800,3
1966	283,0	121,8	153,2	163,5	168,0	217,6	29,2	5,2	112,0	198,2	156,0	142,0	1749,7
1967	179,0	432,2	202,2	47,0	71,7	125,6	176,3	30,0	35,3	63,0	184,0	230,4	1776,7
1968	204,0	594,8	129,0	52,0	22,7	38,0	96,5	12,8	33,7	138,0	87,0	441,0	1849,5
1969	304,0	509,0	226,5	65,1	111,6	182,2	40,0	43,0	11,0	72,0	229,4	167,6	1961,4
1970	278,2	314,4	235,6	186,7	292,6	322,6	98,2	91,7	117,4	196,2	121,6	162,7	2417,9
1971	224,0	405,5	107,5	245,6	89,8	117,6	38,9	90,0	62,4	174,8	404,6	177,8	2138,5
1972	202,0	365,8	235,4	262,0	60,3	93,6	172,0	257,5	75,4	75,3	171,7	293,6	2264,6
1973	560,0	410,1	156,8	140,3	229,3	80,4	135,1	147,1	29,2	128,0	373,3	451,1	2840,7
1974	436,0	378,3	199,1	311,0	0,0	97,0	133,9	142,9	110,0	402,2	150,7	374,3	2735,4
1975	491,5	211,9	288,2	195,7	107,7	136,8	78,9	42,7	165,7	163,1	352,0	427,6	2661,8
1976	732,1	591,6	385,4	170,7	341,3	89,0	0,0	119,0	49,5	159,7	382,9	359,6	3380,8
1977	422,8	567,6	285,5	329,9	282,3	112,2	126,9	343,7	118,1	153,8	241,1	249,7	3233,6
1978	313,4	618,5	378,8	89,5	159,1	142,0	43,9	35,3	30,0	45,4	237,0	413,0	2505,9
1979	378,0	260,0	386,0	101,0	152,0	1,0	130,0	55,0	60,0	84,5	126,0	236,0	1969,5
1980	625,0	415,0	366,0	276,0	116,0	108,0	25,0	221,0	64,0	235,0	122,0	340,0	2913,0
1981	320,0	377,0	397,0	187,0	133,0	171,0	89,0	147,0	101,0	114,0	212,0	321,0	2569,0
1982	227,0	430,0	509,0	222,0	138,0	248,0	98,0	15,0	25,7	86,0	374,0	267,0	2639,7
1983	199,0	408,0	168,0	243,0	404,0	198,0	249,0	24,0	78,0	236,0	166,0	164,6	2537,6
1984	347,4	468,0	310,0	296,0	91,8	170,0	46,0	117,0	28,0	124,0	276,0	505,0	2779,2
1985	331,0	268,0	106,0	178,0	104,0	42,2	294,0	112,0	37,0	143,0	190,0	212,0	2017,2
1986	367,0	199,6	199,0	198,0	187,0	235,0	42,0	79,0	122,8	125,4	299,0	356,0	2409,8
1987	367,0	199,6	199,0	198,0	187,0	235,0	42,0	79,0	122,8	125,4	299,0	356,0	2409,8
1988	112,2	323,6	513,0	599,4	82,1	7,2	53,0	19,0	57,6	175,0	189,0	503,0	2634,1
1989	218,0	271,0	312,0	66,4	164,0	190,0	20,0	47,0	158,4	200,0	84,8	244,2	1975,8
1990	454,0	366,0	217,4	113,1	254,5	163,5	163,0	165,0	108,0	175,0	281,0	358,2	2818,7
	314,1	317,5	245,3	161,6	129,1	130,4	94,6	80,4	76,5	141,3	205,6	277,8	2174,3

Tableau 3.1-6

Rurrenabaque

Précipitation maximale mensuelle en 24 heures

ESTACION : RURRENABAQUE

PROVINCIA : BALLIVIAN PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HRS

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1946	72,0	37,2	68,0	13,1	21,0	32,0	16,0	39,2	24,5	56,5	135,0	57,2	135,0
1947	35,0	48,5	55,4	45,0	52,0	26,4	71,2	39,3	44,2	47,2	48,2	82,6	82,6
1948	59,6	82,3	43,0	53,0	9,8	54,0	60,0	23,0	38,0	57,0	79,4	102,0	102,0
1949	112,0	82,0	91,7	52,0	120,0	43,3	7,1	24,0		52,1	118,0	50,0	120,0
1950	65,5	35,6	100,0	69,5	26,0	85,0	19,5	8,2	27,0	162,0	27,0	26,0	162,0
1951	88,6	69,4	47,6	13,7	19,0	65,2	28,5	74,7	54,0	78,7	42,7	56,5	88,6
1952	79,2	75,0	63,0	29,6	39,0	60,3	15,0	64,0	42,2	14,0	30,9	60,0	79,2
1953	56,2	79,3	106,0	25,4	67,9	38,0	46,3	22,3	78,0	20,0	80,0	61,2	106,0
1954	92,2	94,7	45,7	34,8	76,0	79,0	127,5	24,0	51,0	36,1	32,3	47,3	127,5
1955	37,0	73,0	78,2	33,0	33,4	13,5	49,7	11,8	9,4	62,4	29,0	82,3	82,3
1956	84,5	34,2	45,0	24,4	17,4	23,9	25,4	10,4	18,6	31,2	42,0	25,5	84,5
1957	119,3	55,0	74,7	38,2	69,6	85,5	38,0	25,8	59,2	78,0	38,0	60,2	119,3
1958	114,8	40,8	85,7	45,4	17,0	7,8	33,6	15,0	41,0	42,0	26,5	78,7	114,8
1959	87,0	45,0	92,2	65,8	36,2	43,0	43,0	15,2	48,0	15,3	77,6		92,2
1960	88,4	59,8	41,6	27,4	40,8	76,6	47,5	61,7	5,0	65,3	48,5	28,8	88,4
1961	21,1	110,0	28,2	32,4	14,1	53,7	33,7	7,2	25,2	37,0	58,4	42,2	110,0
1962	43,0	87,3	52,0	18,5	40,0	39,5	8,4	11,6	40,6	97,5	23,2	47,2	97,5
1963	71,7	67,4	48,9	43,2	17,0	11,2	20,0	2,5	30,6	54,0	31,2	98,0	98,0
1964	130,6	57,2	63,0	13,2	52,0	27,1	35,6	32,2	11,8	54,4	32,0	130,0	130,6
1965	40,3	19,4	49,0	153,0	23,0	6,2	38,0	7,2	5,0	42,0	89,0	100,0	153,0
1966	102,0	35,0	58,0	47,0	40,0	57,2	15,0	5,2	75,0	48,0	72,0	30,0	102,0
1967	43,0	217,0	58,0	33,0	33,0	28,0	50,0	27,0	32,0	30,0	60,0	107,0	217,0
1968	41,0	152,0	22,0	32,0	14,0	10,0	29,5	5,0	22,0	45,0	60,0	52,0	152,0
1969	76,0	120,0	70,0	18,0	50,0	47,0	13,0	18,0	10,0	19,0	35,2	37,0	120,0
1970	103,8	113,0	76,0	47,7	68,0	89,0	56,0	45,0	81,0	48,8	56,2	43,7	113,0
1971	46,2	48,2	69,0	107,0	28,0	34,0	15,5	36,6	25,2	72,0	70,2	60,3	107,0
1972	39,2	83,2	46,0	82,0	31,2	41,8	62,0	72,0	23,0	53,7	47,0	63,3	83,2
1973	160,0	142,0	31,8	48,0	72,0	20,8	35,2	59,0	7,3	60,0	82,5	112,0	160,0
1974	91,2	104,7	99,9	119,2	0,0	70,0	51,4	30,0	51,0	120,0	52,0	103,0	120,0
1975	83,0	49,2	54,0	45,2	53,0	42,0	38,0	26,0	39,0	66,8	82,0	100,0	100,0
1976	148,0	132,0	97,2	70,0	72,0	51,3	0,0	28,5	28,2	36,2	115,2	158,2	158,2
1977	160,0	70,0	67,8	130,2	102,0	66,2	46,2	96,0	64,2	46,2	77,0	61,6	160,0
1978	114,0	95,0	197,0	42,5	43,0	51,0	24,8	21,3	11,0	24,0	70,0	117,0	197,0
1979	65,0	58,0	74,0	30,0	31,0	1,0	53,0	30,0	19,0	41,0	51,0	70,0	74,0
1980	280,0	110,0	65,0	86,0	28,0	34,0	12,0	80,0	21,0	88,0	55,0	210,0	280,0
1981	80,0	78,0	89,0	72,0	46,0	50,0	38,0	70,0	50,0	36,0	45,0	84,0	89,0
1982	60,0	125,0	66,0	12,0	38,0	56,0	32,0	9,0	10,0	28,0	65,0	87,0	125,0
1983	87,0	82,0	41,0	70,0	100,0	42,0	58,0	18,0	32,0	91,0	68,0	57,0	100,0
1984	69,0	105,0		114,0	30,0	76,0	39,0	47,0	24,0	30,0	56,0	165,0	165,0
1985	109,0	90,0	30,0		83,0	24,0	85,0	86,0	18,0	62,0	31,5	62,0	109,0
1986	81,0	74,0	81,0	32,5	86,0	43,0	31,4	26,0	19,8	40,0	55,0	63,0	86,0
1987	45,0	100,0	130,0	83,0	47,0	103,0	26,0	26,0	30,0	30,0	88,0	93,0	130,0
1988	16,0	74,0	70,0	204,0	18,0	5,0	22,0	14,0	12,0	68,0	98,0	132,0	204,0
1989	46,0	58,0	139,0	27,0	110,0	71,0	10,0	40,0	50,0	70,0	29,0	90,0	139,0
1990	82,0	168,0	49,0	60,0	75,0	65,0	60,0	45,0	76,0	94,0	55,0	80,2	168,0
1991	70,0	37,2	22,0	17,0	20,3	105,0	32,0	40,0	35,0	56,0	62,0	26,0	105,0
1992	37,0	42,0	100,0	45,0	106,5	88,0	32,4	57,0					106,5
1993	54,0	78,0	77,0	21,6	32,0	22,0	29,0	20,0	85,0	34,9	15,5	59,2	85,0
	280,0	217,0	197,0	204,0	120,0	105,0	127,5	96,0	85,0	162,0	135,0	210,0	280,0

Tableau 3.1-7

Rurrenabaque

Nombre de jours avec précipitation

ESTACION : RURRENABAQUE

Lat. S. : 14° 29'

PROVINCIA : BALLIVIAN

Long. W.: 67° 33'

DEPTO : BENI

Altura : 202 msnm.

DIAS CON PRECIPITACION

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1946	11	10	14	3	12	7	6	6	6	7	14	14	14
1947	8	16	10	4	9	11	10	5	7	8	11	6	16
1948	17	14	9	8	3	11	6	3	4	9	10	16	17
1949	13	11	11	7	5	8	6	3		12	10	10	13
1950	14	10	16	8	12	14	4	2	6	9	10	10	16
1951	18	13	12	3	4	7	5	5	8	10	10	9	18
1952	12	16	13	7	9	17	3	3	6	6	11	10	17
1953	18	13	9	11	10	4	2	5	7	12	8	9	18
1954	18	10	10	13	10	9	7	4	6	7	5	7	18
1955	15	13	17	10	9	11	13	2	4	9	6	15	17
1956	24	14	11	11	12	9	8	9	6	11	11	8	24
1957	9	8	10	8	10	8	12	12	8	10	13	11	13
1958	14	11	11	8	9	2	11	7	8	8	9	15	15
1959	17	16	12	13	7	7	8	7	5	6	11		17
1960	11	16	11	7	5	10	10	9	4	6	16	9	16
1961	10	15	10	10	5	10	7	1	3	6	10	13	15
1962	11	14	8	7	6	5	1	6	2	4	4	15	15
1963	15	15	15	7	3	7	7	2	5	3	7	9	15
1964	10	12	15	7	7	5	5	8	7	9	8	8	15
1965	12	7	13	8	9	6	7	6	5	8	8	19	19
1966	12	13	8	10	9	12	4	1	3	6	9	13	13
1967	12	8	16	6	9	10	8	3	2	3	8	11	16
1968	12	22	12	5	2	7	6	3	3	10	6	13	22
1969	17	12	12	8	9	8	5	4	2	5	11	10	17
1970	13	11	12	14	13	12	4	5	3	7	6	10	14
1971	14	18	9	10	8	10	5	4	6	12	14	8	18
1972	14	13	13	9	4	6	8	16	5	6	7	14	16
1973	14	14	14	7	10	7	11	8	4	5	14	15	15
1974	9	14	9	9	0	9	5	8	4	12	8	15	15
1975	19	12	18	12	7	15	5	3	7	4	11	16	19
1976	21	17	13	7	14	6	0	9	5	8	9	13	21
1977	14	23	18	8	10	2	8	6	5	5	15	10	23
1978	12	19	11	9	13	6	4	3	5	9	6	10	19
1979	20	11	20	9	9	1	5	5	5	6	8	14	20
1980	15	17	15	9	9	7	3	7	6	5	4	8	17
1981	20	20	13	10	9	10	5	6	4	9	13	14	20
1982	13	13	15	13	10	15	8	2	3	7	13	12	15
1983	9	15	15	11	13	14	15	2	5	6	9	14	15
1984	26	18		8	11	13	4	5	3	10	17	11	26
1985	13	10	10		8	6	10	4	4	7	12	15	15
1986	13	16	17	8	10	6	4	8	7	4	10	13	17
1987	24	14	10	8	14	10	3	6	8	11	17	18	24
1988	16	15	21	13	14	4	5	3	10	8	6	14	21
1989	15	11	8	7	4	14	3	3	10	8	8	10	15
1990	13	12	12	10	13	9	7	6	4	13	13	13	13
1991	16	14	16	8	11	15	6	4	6	9	15	13	16
1992	17	21	16	19	17	15	6	8					21
1993	18	18	15	11	7	4	11	4	8	11	12	16	18
	26	23	21	19	17	17	15	16	10	13	17	19	26

Tableau 3.1-8

Rurrenabaque

Humidité moyenne en %

ESTACION: Rurrenabaque * Provincia: Ballivian departamento: Beni
 codigo: 204 tipo: S Altitud: 202 - Lat.: 14 29 - Long.: 67 33

HUMEDAD RELATIVA media (%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1946	85,0	88,0	86,0	81,0	72,0	84,0	80,0	73,0	78,0	69,0	76,0	84,0	79,7
1947	83,0	87,0	87,0	87,0	80,0			81,0	71,0	74,0	77,0	77,0	
1948	83,0	80,0	80,0	84,0	82,0	87,0	82,0	77,0	73,0	72,0	78,0	81,0	79,9
1949	84,0	83,0	83,0	75,0	77,0	86,0	82,0	75,0	72,0	79,0	77,0	84,0	79,8
1950	85,0	85,0	83,0	82,0	85,0	91,0	81,0	71,0	73,0	73,0	81,0	80,0	80,8
1951	84,0	87,0	85,0	76,0	79,0	86,0	79,0	74,0	73,0	75,0	81,0	79,0	79,8
1952	82,0	84,0	81,0	73,0	78,0	84,0	77,0	75,0	68,0	68,0	73,0	73,0	76,3
1953	83,0	81,0	83,0	79,0	82,0	85,0	77,0	73,0	78,0	82,0	81,0	81,0	80,4
1954	85,0	83,0	83,0	84,0	83,0	84,0	83,0	72,0	73,0	72,0	75,0	74,0	79,3
1955	79,0	82,0	85,0	81,0	80,0	83,0	84,0	72,0	71,0	71,0	68,0	77,0	77,8
1956	87,0	74,0	78,0	82,0	82,0	83,0	81,0	73,0	68,0	75,0	76,0	76,0	77,9
1957	85,0	87,0	77,0	83,0	86,0	82,0	83,0	82,0	78,0	80,0	80,0	82,0	82,1
1958	82,0	82,0	78,0	82,0	82,0	78,0	80,0	79,0	77,0	78,0	81,0	85,0	80,3
1959	87,0	83,0	79,0	81,0	76,0	79,0	81,0	75,0	64,0	73,0	75,0	82,0	77,9
1960	80,0	77,0	80,0	81,0	87,0	81,0	79,0	80,0	72,0	75,0	81,0	81,0	79,5
1961	77,0	82,0	81,0	84,0	81,0	84,0	88,0	77,0	73,0	77,0	80,0	83,0	80,6
1962	81,0	87,0	78,0	74,0	79,0	77,0	72,0	79,0	64,0	73,0	66,0	78,0	75,7
1963	84,0	83,0	83,0	83,0	83,0	84,0	81,0	70,0	75,0	73,0	78,0	74,0	79,3
1964	84,0	85,0	86,0	80,0	82,0	84,0	73,0	79,0	76,0	74,0	78,0	80,0	80,1
1965	83,0	87,0	84,0	84,0	85,0	84,0	85,0	77,0	72,0	75,0	79,0	86,0	81,8
1966	84,0	88,0	83,0	83,0	83,0	84,0	79,0	69,0	68,0	79,0	78,0	81,0	79,9
1967	83,0	82,0	84,0	74,0	82,0	88,0	86,0	76,0	68,0	75,0	78,0	80,0	79,7
1968	82,0	86,0	82,0	80,0	76,0	81,0	80,0	78,0	68,0	73,0	80,0	86,0	79,3
1969	86,0	85,0	85,0	84,0	84,0	85,0	82,0	75,0	73,0	73,0	81,0	82,0	81,3
1970	75,0	85,0	88,0	86,0	84,0	88,0	85,0	78,0	77,0	79,0	78,0	86,0	82,4
1971	88,0	89,0	86,0	88,0	92,0	89,0	84,0	81,0	80,0	81,0	83,0	84,0	85,4
1972	84,0	82,0	86,0	84,0	86,0	84,0	84,0	89,0	83,0	81,0	83,0	87,0	84,4
1973	82,0	84,0	86,0	80,0	85,0	88,0	87,0	83,0	74,0	75,0	84,0	87,0	82,9
1974	90,0	90,0	84,0	86,0	83,0	91,0	89,0	85,0	79,0	84,0	80,0	83,0	85,3
1975	86,0	86,0	87,0	86,0	89,0	89,0	85,0	84,0	78,0	73,0	80,0	80,0	83,6
1976	87,0	83,0	82,0	80,0	83,0	85,0	73,0	72,0	74,0	68,0	72,0	77,0	78,0
1977	79,0	89,0	80,0	76,0	77,0	79,0	80,0	75,0	72,0	71,0	78,0	79,0	77,9
1978	78,0	84,0	75,0	73,0	80,0	82,0	80,0	66,0	67,0	68,0	72,0	80,0	75,4
1979	83,0	81,0	84,0	79,0	83,0	76,0	79,0	74,0	68,0	68,0	73,0	75,0	76,9
1980	80,0	87,0	84,0	81,0	81,0	83,0	76,0	78,0	70,0	74,0	76,0	78,0	79,0
1981	84,0	86,0	81,0	82,0	84,0	86,0	74,0	74,0	71,0	74,0	81,0	81,0	79,8
1982	82,0	84,0	86,0	77,0	79,0	84,0	79,0	72,0	72,0	71,0	83,0	78,0	78,9
1983	79,0	80,0	78,0	83,0	85,0	89,0	84,0	71,0	68,0	73,0	78,0	79,0	78,9
1984	84,0	86,0	79,0	81,0	80,0	85,0	76,0	69,0	66,0	74,0	82,0	78,0	78,3
1985	80,0	81,0	81,0	69,0	79,0	76,0	75,0	73,0	77,0	75,0	73,0	75,0	76,2
1986	79,0	83,0	83,0	80,0	83,0	80,0	74,0	83,0	80,0	70,0	74,0	79,0	79,0
1987	83,0	74,0	74,0	79,0	81,0	80,0	76,0	67,0	68,0	70,0	75,0	79,0	75,5
1988	80,0	78,0	82,0	83,0	83,0	78,0	69,0	70,0	68,0	62,0	66,0	79,0	74,8
1989	81,0	80,0	79,0	77,0	78,0	84,0	73,0	57,0	67,0	70,0	72,0	78,0	74,7
1990	79,0	78,0	77,0	79,0	82,0	82,0	71,0	73,0	69,0	76,0	79,0	79,0	77,0
	82,7	83,5	82,1	80,6	81,8	83,7	79,7	75,2	72,3	73,9	77,3	80,2	79,4

Tableau 3.1-9

Rurrenabaque

Direction dominante et vitesse moyenne du vent (en noeuds)

ESTACION: RURRENABAQUE

PROVINCIA: BALLIVIAN

LATITUD S: 14° 29'

DEPARTAMENTO: BENI

LONGITUD W 67° 33'

ALTITUD 202 msnm

DIRECCION Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (nudos)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1946	NW 2	N 1	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0
1947	N 1	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	N 1	N 1
1948	N 1	N 1	C 0	C 0	C 0	C 0	N 1	NW 1	N 2	N 2	C 0	C 0
1949	C 0	C 0	C 0	SE 3	N 2	N 3	NW 1	N 2	****	NW 2	NW 2	NW 3
1950	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	N 2	NW 2	NW 2	NW 4	NW 3	NW 2	NW 3
1951	NW 4	NW 2	NW 2	S 3	N 2	N 2	N 2	N 3	N 4	N 3	N 3	N 2
1952	N 2	N 2	N 6	E 5	NW 4	SE 2	NW 1	SE 1	SE 3	NW 3	NW 3	SE 2
1953	NW 2	SE 1	NW 2	SE 2	NW 1	NW 1	SE 3	NW 2	N 3	N 2	N 2	NW 2
1954	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	SE 2	N 2	NW 3	NW 2	NW 5	NW 4	NW 2	NW 4
1955	NW 3	NW 3	NW 3	NW 2	NW 1	NW 2	SE 3	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	NW 2
1956	NW 1	SE 2	N 2	N 3	SE 3	SE 2	NW 2	NW 2	NW 3	N 1	N 1	N 2
1957	NW 3	NW 2	NW 1	SE 2	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2
1958	NW 2	NW 2	NW 1	SE 3	NW 2	NW 1	NW 1	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2
1959	NW 1	NW 1	NW 3	NW 2	NW 2	NW 2	NW 1	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	****
1960	NW 2	NW 2	NW 1	NE 2	SE 2	NW 2	NW 2	NW 1	NW 3	NW 3	NW 2	NW 2
1961	NW 4	NW 2	NW 2	NW 1	NW 1	SE 2	NW 1	NW 2	NW 3	NW 3	NW 2	NW 2
1962	NW 3	NW 2	NW 2	N 1	SE 1	NW 2	SE 2	NW 2	N 3	N 3	NW 4	NW 2
1963	NW 2	NW 1	NW 2	SE 1	N 1	N 1	NW 2	N 2	N 2	N 2	N 3	N 2
1964	N 2	NW 1	N 2	C 0	SE 1	N 1	N 1	N 2	N 3	N 2	N 3	N 2
1965	N 1	NW 2	C 0	N 1	N 1	N 1	N 2	N 3	N 2	NW 3	NW 2	NW 3
1966	NW 2	NW 3	NW 2	NW 2	SE 2	NW 2	NW 2	NW 4	NW 4	NW 4	NW 2	NW 4
1967	NW 4	NW 2	NW 2	C 0	NW 1	NW 2	NW 2	NW 3	NW 5	NW 4	NW 1	NW 2
1968	NW 3	NW 2	NW 1	SE 5	NW 2	C 0	NW 1	NW 2	W 4	NW 4	NW 2	NW 2
1969	NW 2	NW 2	NW 1	NW 2	C 0	NW 1	C 0	C 0	NW 2	NW 3	NW 4	NW 2
1970	NW 2	NW 1	C 0	C 0	C 0	NW 1	C 0	C 0	NW 3	NW 3	NW 3	NW 3
1971	NW 3	NW 3	NW 2	SE 3	SE 2	NW 2	NE 1	NW 2	NW 2	S 2	NW 2	NW 3
1972	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	NW 1	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	NW 4	NW 3	NW 3
1973	NW 3	NW 3	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	NW 2	NW 2	C 0	NW 3
1974	NW 2	C 0	NW 1	C 0	C 0	C 0	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	NW 2	NW 3
1975	NW 2	NW 2	NW 1	NW 2	C 0	NW 1	NW 2	NW 2	NW 2	NW 3	NW 3	NW 2
1976	NW 3	NW 3	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 3	NW 3	NW 3
1977	NW 3	NW 1	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 3	NW 3	NW 2
1978	NW 2	C 0	NW 1	C 0	C 0	C 0	NW 2	NW 3	NW 3	NW 2	NW 2	NW 1
1979	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2	NW 1	NW 1	C 0	NW 2	NW 3	NW 3	NW 3	NW 3
1980	NW 2	NW 2	NW 2	NW 4	NW 3	NW 3	NW 2	NW 2	NW 3	NW 4	NW 3	NW 2
1981	NW 2	NW 1	NW 1	NW 1	NW 1	C 0	NW 2	NW 1	NW 2	NW 2	NW 1	NW 1
1982	NW 1	NW 1	NW 2	NW 2	NE 2	NW 2	NW 2	NW 3	NW 3	NW 3	NW 2	NW 3
1983	NW 4	NW 3	NW 3	NW 2	NW 2	****	NW 2	NW 2	NW 3	NW 3	NW 3	NW 2
1984	NW 1	NW 2	****	SE 2	NW 1	SE 2	NW 2	SE 2	NW 3	NW 2	NW 1	NW 2
1985	NW 2	NW 2	NW 2	****	C 0	NW 2	NW 2	SE 2	NW 2	NW 2	SE 1	NW 1
1986	C 0	NW 1	C 0	C 0	C 0	C 0	C 0	NW 2	NW 1	NW 2	NW 2	NW 1
1987	NW 1	NW 2	NW 2	NW 1	SE 1	NW 2	NW 2	NW 3	NW 2	NW 3	NW 2	NW 2
1988	NW 3	NW 2	NW 1	NW 3	SE 3	SE 1	SE 3	NW 3	N 4	N 4	NW 4	NW 2
1989	NW 3	NW 4	NW 1	C 0	SE 2	NW 2	NE 3	N 3	SE 4	NW 4	N 3	NW 3
1990	NW 3	NW 2	NW 2	N 4	NW 3	SE 2	NW 4	NW 3	N 4	N 4	N 4	N 4

Tableau 3.1-10

Rurrenabaque

Pression barométrique moyenne en mb

ESTACION: RURRENABAQUE

PROVINCIA: BALLIVIAN

DEPARTAMENTO: BENI

codigo: 204 tipo: S Altitud: 202 - Lat.: 14 29 - Long.: 67 33

PRESION BAROMETRICA media (milibares)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1946						991,5	991,3	989,5	987,2	986,6	983,6	984,2	
1947	983,7	985,1	986,7	987,8	988,4	989,2	991,9	991,3	989,2	987,0	985,7	984,7	987,6
1948	985,1	983,4	983,6	988,9	989,4	990,6	990,5	991,7	986,8	986,6	984,6	983,5	987,1
1949	984,2	984,2	985,0	989,9	988,9	990,0	991,6	989,7	987,3	987,7	983,5	982,4	987,0
1950	984,2	985,0	985,8	986,1	987,1	988,8	990,5	988,7	987,8	985,6	982,8	984,0	986,4
1951	984,8	985,2	984,1	989,6	988,2	989,8	990,8	990,3	988,2	985,9	984,9	984,8	987,2
1952	984,9	984,9	984,0	988,7	989,5	992,0	991,6	989,3	989,0	986,0	983,1	984,5	987,3
1953	986,7	985,7	985,4	988,2	987,9	991,1	992,6	988,4	984,9	985,5	984,8	981,7	986,9
1954	984,8	985,3	986,6	986,7	988,0	988,9	990,7	989,8	986,6	987,5	988,7	983,7	987,3
1955	984,3	984,3	984,4	986,2	988,4	988,2	991,2	988,9	987,6	986,0	984,7	981,1	986,3
1956	982,6	984,9	985,4	986,3	988,2	990,8	990,0	990,6	986,5	986,9	983,6	984,0	986,7
1957	985,6	984,4	984,4	988,2	988,0	990,1	990,4	988,6	987,4	986,7	985,5	984,3	987,0
1958	985,0	985,2	985,0	986,6	982,1	988,8	988,3	989,1	986,2	985,0	984,4	984,6	985,9
1959	983,5	985,4	986,2	985,3	988,6	988,7	989,7	988,0	987,2	985,7	984,6	984,8	986,5
1960	984,1	985,1	985,4	988,0	990,3	990,0	989,7	989,8	988,5	986,4	985,5	985,1	987,3
1961	984,3	985,4	986,0	986,7	989,2	990,9	990,8	988,2	986,9	985,1	985,1	984,9	987,0
1962	985,1	985,7	986,2	988,5	989,7	990,5	994,1	989,4	987,5	987,4	984,7	984,5	987,8
1963	984,9	985,4	987,8	987,2	990,4	990,8	990,2	988,2	987,1	986,8	985,4	985,8	987,5
1964	985,8	985,0	987,0	987,4	989,9	990,2	991,5	989,9	988,6	986,9	986,1	983,9	987,7
1965	984,5	983,7	987,3	987,6	987,9	990,6	990,4	988,3	987,5	986,3	985,8	984,3	987,0
1966	984,9	984,4	985,6	987,3	989,4	988,9	990,1	990,2	989,2	985,6	952,5	983,3	984,3
1967	984,6	985,2	985,6	987,9	987,6	990,1	989,8	988,6	987,3	985,9	984,1	984,9	986,8
1968	985,1	984,8	983,6	988,8	990,8	990,8	990,9	988,8	988,8	985,3	984,5	984,6	987,2
1969	984,1	984,0	986,2	986,8	988,0	990,4	991,0	989,2	986,0	986,0	988,9		
1970													
1971													
1972													
1973									988,2	984,0	985,9	984,9	
1974	985,3	985,7	985,4	988,7	989,6	989,8	991,4	989,9	989,3	986,9	985,1	985,0	987,7
1975	986,4	986,4	987,6	986,6	989,6	990,5	991,7	989,8	988,1	986,2	985,3	985,4	987,8
1976	985,9	985,3	986,5	988,8	989,7	990,4	990,9	989,5	989,0	985,5	985,3	984,1	987,6
1977	985,0	987,6	986,9	988,1	990,1	990,4	988,5	989,3	988,5	987,2	985,7	985,5	987,7
1978	987,0	986,0	986,4	988,3	988,7	990,5	988,8	1006,6	989,2	986,2	971,0	975,9	987,1
1979	982,1	985,8	987,7	988,6	989,3	993,5	993,1	998,0	989,7	988,2	986,5	986,8	989,1
1980	987,5	985,9	988,2	988,0	990,3	992,5	992,3	991,4	990,2	989,0	987,5	986,1	989,1
1981	986,8	987,8	987,4	989,0	989,6	992,4	994,0	990,3	991,3	987,4	984,0	984,9	988,7
1982	984,8	985,2	985,2	987,7	989,4	988,8	989,0	989,8	988,0	985,3	984,3	984,6	986,8
1983	983,5	985,2	984,9	985,5	986,9	990,9	988,7	991,0	988,3	987,0	987,1	985,6	987,1
1984	985,2	985,4	984,9	987,5	986,7	990,8	989,0	988,2	984,7	982,2	981,2	977,3	985,3
1985	978,1	981,5	985,0	986,0	988,6	988,6	987,8	988,8	986,4	983,3	984,3	983,2	985,1
1986	983,4	983,6	984,4	984,8	984,6	986,5	988,9	983,9	985,4	984,1	981,1	981,8	984,4
1987	981,9	983,6	982,0	983,9	985,0	987,9	985,1	987,3	985,8	983,7	982,9	983,1	984,4
1988	983,6	983,1	983,0	984,6	987,6	988,3	989,9	985,8	984,9	982,3	983,3	981,7	984,8
1989	982,5	983,6	983,2	982,7	986,9	987,8	989,0	987,2	986,3	982,3	984,1	981,7	984,8
1990	982,7	987,0	987,5	986,8	988,7	991,8	992,7	990,0	988,0	985,8	985,4	985,0	987,6
	984,5	985,0	985,6	987,3	988,4	990,1	990,5	989,8	987,6	985,9	983,7	983,8	986,8

Tableau 3.1-11

Angosto del Bala

Température moyenne journalière de l'air en °C

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN

DEPTO : BENI

TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1975	26,8	27,1	26,6	26,1	24,0	24,2	22,0	24,2	25,8	26,8	26,0	26,6	25,5
1976	26,2	25,8	26,0	24,8	23,8	22,0	22,4	23,2	23,6	26,5	26,4	27,0	24,8
1977	27,2	26,1	26,6	25,4	23,8	24,4	24,6	23,6	25,7	26,7	26,6	27,4	25,7
1978	26,5	26,5	26,9	25,8	24,2	22,8	25,0	22,9	26,1	27,8	27,9	26,7	25,8
1979	26,6	27,1	26,0	25,6	24,5	22,1	22,9	26,1	25,4	27,9	28,2	27,5	25,8
1980	26,8	27,0	26,8	25,9	25,1			24,0	24,3	26,7	26,0	28,3	
1981	26,4	26,2	26,6	26,0	25,8	22,0	21,6	24,6	24,0	25,8	27,2	26,9	25,3
1982									25,2				
1983					25,5	19,4	22,8	24,0	24,2	26,4	26,5	27,4	
1984	26,4												
	26,6	26,5	26,5	25,7	24,6	22,4	23,0	24,1	24,9	26,8	26,9	27,2	25,4

Tableau 3.2-1

Angosto del Bala

Température maximale journalière moyenne en °C

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN TEMPERATURA MAXIMA MEDIA

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1975	31,8	31,4	31,0	30,8	28,2	29,0	28,1	30,7	31,7	32,9	30,3	31,5
1976	30,4	30,4	30,6	29,5	27,8	25,5	28,9	28,8	28,6	32,2	31,6	31,3
1977	31,4	29,8	30,9	30,0	28,6	30,1	29,1	28,6	31,5	33,0	31,0	32,1
1978	30,9	30,1	31,8	30,6	28,4	26,3	29,5	29,7	32,5	34,2	33,7	31,0
1979	30,2	31,2	29,5	30,2	28,4	27,7	27,7	32,1	31,8	34,7	33,8	32,6
1980	31,3	31,2	30,9	30,0	29,6			29,3	30,0	32,0	31,0	33,2
1981	29,8	30,0	30,7	30,5	30,0	25,4	26,9	30,6	29,8	31,0	31,7	31,3
1982									30,9			
1983					29,6	32,0	26,8	29,8	39,5	32,0	31,0	32,2
1984	30,1											
	30,7	30,6	30,8	30,2	28,8	28,0	28,1	30,0	31,8	32,8	31,8	31,9

Tableau 3.2-2

Angosto del Bala

Température minimale journalière moyenne en °C

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN TEMPERATURA MINIMA MEDIA

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1975	21,8	22,8	22,1	21,4	19,9	19,5	15,9	17,6	19,8	20,7	21,8	21,7
1976	22,1	21,3	21,4	20,2	19,8	18,4	16,0	17,5	18,7	20,8		22,6
1977	22,9	22,4	22,3	20,7	19,1	18,6	20,1	18,7	19,9	20,4	22,2	22,8
1978	22,1	22,9	22,0	20,9	20,0	19,2	20,4	16,1	19,7	21,3	22,1	22,4
1979	22,9	23,0	22,5	21,0	20,6	16,5	18,1	20,1	18,9	21,1	22,5	22,4
1980	22,4	22,9	22,8	21,8	20,6			18,8	18,6	21,4	21,0	23,4
1981	23,0	22,4	22,5	21,5	21,5	18,5	16,3	18,5	18,1	20,5	22,7	22,5
1982							20,1	19,3	19,6			
1983					21,4	16,2	18,9	18,2	19,0	20,7	22,0	22,5
1984	22,6											
	22,5	22,5	22,2	21,1	20,4	18,1	18,2	18,3	19,1	20,9	19,3	22,5

Tableau 3.2-3

Angosto del Bala

Température maximale journalière extrême en °C

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1975	34,3	35,0	35,0	35,0	34,5	34,0	33,0	35,0	35,5	36,5	34,5	35,5	36,5
1976	34,0	35,5	36,5	33,5	32,5	32,0	34,5	34,0	36,5	37,5	39,5	35,0	39,5
1977	35,0	33,5	34,5	34,5	32,0	33,5	33,0	33,0	35,5	37,0	35,5	35,5	37,0
1978	34,5	37,0	35,0	34,0	34,0	30,0	32,5	35,5	40,5	38,5	39,5	35,5	40,5
1979	35,0	35,0	34,5	33,0	34,0	36,0	33,5	35,0	36,5	38,0	37,0	39,0	39,0
1980	35,5	36,0	34,0	34,0	33,0			33,5	34,5	37,0	35,0	38,5	38,5
1981	33,5	34,0	34,0	34,5	33,0	30,0	32,0	35,5	35,5	35,0	35,0	35,5	35,5
1982									37,6				37,6
1983					33,0	32,0	31,5	34,0	37,4	36,0	34,5	36,7	37,4
1984	35,5												35,5
	35,5	37,0	36,5	35,0	34,5	36,0	34,5	35,5	40,5	38,5	39,5	39,0	40,5

Tableau 3.2-4

Angosto del Bala

Température minimales journalière extrême en °C

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN TEMPERATURA MINIMA EXTREMA

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1975	19,5	22,0	18,5	16,0	16,5	15,0	7,5	13,0	16,5	15,0	18,0	17,0	7,5
1976	20,5	17,5	16,5	15,5	16,5	12,5	8,5	11,0	13,0	14,0	17,0	19,5	8,5
1977	18,5	21,0	20,5	16,5	11,5	14,5	14,5	13,5	15,0	16,0	20,0	19,5	11,5
1978	19,0	21,5	19,0	18,0	14,0	13,5	16,5	8,0	13,0	12,9	19,5	17,0	8,0
1979	21,0	19,5	20,0	16,0	14,0	12,5	13,0	18,0	12,5	16,5	18,0	19,5	12,5
1980	17,0	21,0	21,0	17,5	14,0			12,5	12,0	16,0	15,5	20,0	12,0
1981	21,5	21,0	19,5	18,0	19,5	14,5	8,0	14,0	13,0	12,0	18,5	19,5	8,0
1982							15,0	15,2	16,2				15,0
1983					17,0	10,5	13,0	11,4	13,5	16,5	19,0	20,0	10,5
1984	27,5												27,5
	17,0	17,5	16,5	15,5	11,5	10,5	7,5	8,0	12,0	12,0	15,5	17,0	7,5

Tableau 3.2-5

Angosto del Bala

Pluviometrie mensuelle

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1967							92,9	30,0	29,0	44,8	239,5	279,0	
1968	292,2	667,4	161,0	34,8	14,4	43,4	82,3	65,5	63,3	138,1	104,9	380,5	2047,8
1969	190,6	382,1	203,6	268,6	122,5	224,4	88,4	4,0	40,1	92,5	190,8	209,0	2016,6
1970	256,7	284,3	342,9	201,5	158,2	142,1	73,0	108,4	98,7	161,6	157,2	209,0	2193,6
1971	288,2	367,0	155,3	286,1	114,3	106,0	33,5	106,0	32,5	125,0	346,0	163,0	2122,9
1972	140,0	305,5	254,0	174,0	49,5	72,5	141,3	285,5	57,6	66,7	144,9	269,8	1961,3
1973	404,7	327,7	221,7	232,3	136,4	88,8	131,2	169,1	96,0	58,2	295,9	313,6	2475,6
1974	536,2	481,6	457,4		38,9								
1975	699,0	203,4	571,7	280,9	39,2	213,2	109,4	93,5	208,7	232,7	354,8	502,3	3508,8
1976	868,8	591,3	292,2	129,2	185,8	39,8	1,7	160,4	35,3	133,2	480,5	131,6	3049,8
1977	271,8	518,2	134,2	282,1	144,7	139,0	63,5	188,2	129,4	167,1	225,8	208,9	2472,9
1978	270,3	540,5	244,5	148,3	156,7	295,6	76,8	23,4	42,8	80,4	301,1	220,7	2401,1
1979	324,9	187,0	350,8	106,9	142,4	2,2	123,0	66,9	62,0	115,8	141,6	283,7	1907,2
1980	492,7	358,2	377,4	235,2	229,7			167,1	91,4	212,2	87,9	105,1	
1981	322,5	406,9	456,2	189,5	121,0	120,3	30,5	109,2	82,6	161,5	262,4	331,2	2593,8
1982	195,9	665,9	70,1	219,5	111,1	130,3	77,6	33,5	74,3	111,4	235,7	217,4	2142,7
1983	195,2	349,8	265,1	240,2	353,2	192,1	217,1	40,5	94,8	221,8	286,7	243,4	2699,9
	359,4	414,8	284,9	201,9	132,4	129,3	89,5	103,2	77,4	132,7	241,0	254,3	2420,6

Tableau 3.2-6

Angosto del Bala

Précipitation maximale mensuelle en 24 heures

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN PRECIPITACION EN 24 HRS

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1975	213,6	63,8	115,4	56,7	11,3	44,4	58,7	51,3	54,5	85,8	77,0	102,7	213,6
1976	314,7	91,7	58,0	34,8	55,7	10,3	1,2	75,7	10,1	34,6	111,4	39,5	314,7
1977	139,1	79,0	29,6	112,7	54,6	104,3	15,0	101,2	68,4	45,1	56,0	42,6	139,1
1978	68,5	153,0	78,4	65,5	33,5	171,4	37,4	18,4	22,5	23,5	96,0	24,4	171,4
1979	86,5	75,0	67,6	46,0	45,2	1,5	78,7	53,9	47,7	50,5	38,3	67,6	86,5
1980	190,5	54,7	47,4	85,0	42,3			67,1	33,8	68,1	39,3	50,2	190,5
1981		80,7	136,0	50,7	49,6	32,4	12,2	51,3	36,5	47,6	95,2	100,0	136,0
1982	94,5	165,3	34,5	78,0	28,8	29,4	22,2	25,7	28,3	60,4	98,3	31,7	165,3
1983	51,7	90,5	45,7	57,0	76,5	48,2	45,0	14,9	37,0	96,3	105,6	51,6	105,6
1984	72,5												72,5
	314,7	165,3	136,0	112,7	76,5	171,4	78,7	101,2	68,4	96,3	111,4	102,7	314,7

Tableau 3.2-7

Angosto del Bala

Nombre de jours avec précipitation

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

PROVINCIA : BALLIVIAN DIAS CON PRECIPITACION

DEPTO : BENI

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Année
1975	20	10	14	18	10	19	10	9	12	6	19	18	20
1976	27	21	14	11	11	11	2	14	9	11	13	14	27
1977	18	23	22	15	15	4	14	9	6	7	20	17	23
1978	21	24	14	12	16	10	7	2	10	11	10	19	24
1979	25	14	21	11	14	3	9	6	7	6	9	17	25
1980	22	19	26	16	15			10	12	10	8	12	26
1981	19	21	19	14	15	14	9	9	7	16	17	19	21
1982	14	21	9	13	11	20	11	6	10	12	13	21	21
1983	17	17	20	21	20	22	23	9	8	9	17	16	23
1984	23												23
	27	24	26	21	20	22	23	14	12	16	20	21	27

Tableau 3.2-8

Angosto del Bala

Humidité moyenne en %

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

LAT. S : 14° 33'

PROV. : BALLIVIAN

LONG. W.: 67° 33'

DEPTO. : LA PAZ

ALTURA: 284

HUMEDAD RELATIVA

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1975	83,0	82,0	85,0	84,0	85,0	87,0							
1976	85,0	84,0	80,0	80,0	84,0	84,0	73,0	74,0	74,0	69,0	75,0	82,0	78,7
1977	80,0	87,0	83,0	81,0	85,0	83,0	84,0	80,0	76,0	73,0	82,0	79,0	81,1
1978	80,0	86,0	80,0	78,0	83,0	85,0	82,0	70,0	69,0	70,0	76,0	81,0	78,3
1979	82,0	85,0	87,0	84,0	87,0	80,0	83,0	78,0	72,0	71,0	81,0	85,0	81,3
1980	83,0	87,0	86,0	86,0	85,0			87,0	76,0	80,0	78,0	78,0	
1981	84,0	86,0	84,0	81,0	84,0	87,0	80,0	76,0	76,0	77,0	82,0	78,0	81,3
1982	80,0	85,0	82,0	84,0	84,0	89,0	86,0	82,0	80,0	78,0	83,0	82,0	82,9
1983	82,0	85,0	86,0	86,0	88,0	91,0	89,0	82,0	77,0	76,0	80,0	79,0	83,4
1984	86,0												
	82,5	85,2	83,7	82,7	76,5	85,8	82,4	78,6	75,0	74,3	79,6	80,5	80,6

Tableau 3.2-9

Angosto del Bala

Direction dominante et vitesse moyenne du vent (en noeuds)

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA LAT. S : 14
 PROV. : BALLIVIAN DIRECCION PREVALENTE Y VELOCIDAD LONG. W.:
 DEPTO. : LA PAZ MEDIA DEL VIENTO (NUDOS) ALTURA: 2

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1977	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O
1978	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O
1979	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O
1980	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O			C-O	C-O	C-O	N-2	C-O
1981	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O
1982	C-O	C-O	C-O	S-2	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O
1983	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O	C-O

Tableau 3.2-10

Angosto del Bala

Direction dominante et vitesse maximale du vent (en noeuds)

ANGOSTO DEL BALA
 PROV. : BALLIVIAN
 DEPTO. : LA PAZ

LAT. S : 14° 33'
 LONG. W.: 67° 33'
 ALTURA: 284

DIRECCION PREVALENTE Y VELOCIDAD
 MAXIMA DEL VIENTO (NUDOS)

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1977	NE-5	NW-3	NE-5	N-3	W-3	W-3	E-5	E-5	NE-5	W-16	E-7	E-5
1978	E-6	NE-4	E-5	N-5	N-5	E-5	E-6	NE-6	W-6	W-11	E-5	NE-4
1979	N-5	E-8	S-8	E-5	W-6	SW-6	S-3	S-4	S-3	S-4	S-3	E-3
1980	N-4	E-4	E-4	S-6	E-6			N-6	SW-6	E-6	NE-5	SW-8
1981	NE-6	N-5	NE-5	W-6	W-5	S-5	S-6	W-8	E-8	NE-10	S-6	N-10
1982	N-10	NW-10	SW-6	S-10	N-9	S-10	NW-15	N-10	NE-10	W-14	S-8	SE-15
1983	N-11	S-5	NE-7	S-5	E-5	W-4	N-15	S-15	SW-12	S-14	SW-15	S-15
1984	S-10											

Tableau 3.2-11

Angosto del Bala

Evaporation mensuelle en mm

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

LAT. S : 14° 33'

PROV. : BALLIVIAN

LONG. W.: 67° 33'

DEPTO. : LA PAZ

EVAPORACION TOTAL (mm)

ALTURA: 284

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1975	95,6	93,8		138,8	80,7	121,7	96,7	122,8	145,4	167,2	135,0	100,4	
1976													
1977	103,5	89,8	94,2	118,4	79,7	75,6	72,1	86,4	106,8	141,6	102,4	116,6	1187,1
1978	103,4	82,6	120,1	105,3	68,2	55,4	86,6	111,3	130,1	149,6	146,3	97,4	1256,3
1979	89,4	83,5	82,9	94,7	52,5	68,5	70,6	108,7	95,8	138,2	122,7	117,1	1124,6
1980	109,1	106,5	109,3	87,7	102,3			91,0					
1981		60,9	103,3	96,7	90,0	42,3	62,7	105,7	83,6	109,3	116,2	81,6	
1982	116,0	74,5	67,4	96,7	89,9	78,3	106,9	112,1	107,9	144,5	113,4	120,1	1227,7
1983	130,3	78,8	114,3	100,9	109,6	190,2	74,5	84,6	104,4	123,6	128,8		
	106,8	83,8	98,8	104,9	84,1	90,3	81,4	102,8	110,6	139,1	123,5	105,5	1231,7

Tableau 3.2-12

Angosto del Bala

Evaporation journalière moyenne en mm

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

LAT. S : 14° 33'

PROV. : BALLIVIAN

LONG. W.: 67° 33'

DEPTO. : LA PAZ

EVAPORACION MEDIA (m.m.)

ALTURA: 284

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1975	5,0	5,9		5,0	2,6	4,2	3,3	4,1	5,2	5,8	5,4	4,4	
1976													
1977	3,4	3,3	3,0	4,2	2,6	2,9	2,3	2,9	4,0	4,6	3,4	3,8	3,4
1978	3,7	3,3	4,0	3,5	2,4	2,0	3,2	3,6	4,3	4,8	5,0	3,6	3,6
1979	3,2	3,5	3,1	3,2	1,9	2,3	2,4	3,6	3,5	4,8	4,2	4,0	3,3
1980	4,0	4,1	3,8	3,0	3,5			3,1					
1981		2,8	3,7	3,3	3,0	1,5	2,2	3,8	3,5	4,4	4,2	3,5	
1982	4,8	4,1	3,4	3,7	3,0	3,0	3,6	3,9	3,7	5,2	4,7	5,0	4,0
1983	4,6	4,4	4,6	3,7	4,6	3,5	3,0	2,9	3,7	4,3	5,0		
	4,1	3,9	3,7	3,7	3,0	2,8	2,9	3,5	4,0	4,8	4,6	4,1	3,7

Tableau 3.2-13

Angosto del Bala

Insolation journalière moyenne en heures

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

LAT. S : 14° 33'

PROV. : BALLIVIAN

LONG. W.: 67° 33'

DEPTO. : LA PAZ HORAS SOL MEDIA

ALTURA: 284

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1975	4,5	3,5	4,2	5,0	3,2	4,6	6,6	7,5	6,7	5,4	4,9	4,9	5,1
1976	3,8	3,7	5,2	5,2	4,2	3,7	7,5	6,2	5,1	7,3		5,0	
1977	5,5	3,8	4,8	5,9	5,7	6,4	5,3	5,8	5,5	6,8	4,2	3,9	5,3
1978	4,8	3,3	5,8	5,3	4,2	3,7	6,0	7,6	6,8	6,8	6,8	3,8	5,4
1979	3,4	4,1	2,8	4,9	3,3	5,1	4,6	7,3	5,8	6,2	5,4	4,2	4,8
1980	4,6	4,1	4,2	4,9	5,8			5,6	5,8	6,0	6,4	6,1	
1981	3,2	3,5		4,7	4,9	2,4	4,9	7,4	5,5	5,9	4,5	4,3	
1982	5,6	3,2	4,9	4,9		4,0	5,6	6,4	5,7	6,6	4,7	5,3	
	4,4	3,7	4,6	5,1	4,5	4,3	5,8	6,7	5,9	6,4	5,3	4,7	5,1

Tableau 3.2-14

Angosto del Bala

Insolation mensuelle en heures

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

LAT. S : 14° 33'

PROV. : BALLIVIAN

LONG. W.: 67° 33'

DEPTO. : LA PAZ

HORAS DE SOL TOTAL

ALTURA: 284

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1975	130,1	56,2	75,6	150,6	100,2	138,1	204,2	232,3	199,5	161,3	146,2	153,4	1747,7
1976	117,8	106,5	162,7	154,7	128,7	111,5	231,8	191,6	151,8	226,3		153,7	
1977	170,9	106,2	145,7	176,1	164,3	193,0	164,4	180,3	165,8	210,4	125,1	120,2	1922,4
1978	148,9	91,8	179,1	159,2	129,5	110,2	176,7	237,4	203,8	212,5	205,3	119,2	1973,6
1979	104,5	114,5	87,0	147,3	102,6	153,6	144,2	227,2	173,8	190,9	161,6	131,3	1738,5
1980	142,5	119,4	126,8	146,5	179,3			175,3	174,8	185,1	193,3	189,6	
1981	95,2	97,2		141,2	153,1	71,0	147,6	214,8	138,3	136,7	131,3	121,6	
1982	163,5	90,8	112,3	147,4		121,7	172,6	197,6	171,0	192,4	141,2	158,7	
	134,2	97,8	127,0	152,9	136,8	128,4	177,4	207,1	172,4	189,5	157,7	143,5	1824,6

Tableau 3.2-15

Angosto del Bala

Nébulosité moyenne journalière en octets

ESTACION : ANGOSTO DEL BALA

LAT. S : 14° 33'

PROV. : BALLIVIAN

LONG. W.: 67° 33'

DEPTO. : LA PAZ

ALTURA: 284

NUBOSIDAD MEDIA EN OCTAVOS

ANO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
1975	5	5	5	5	6	4	3	4	4	4	5	4	4,5
1976	4	5	5	5	6	6	3	4	5	4	5		
1977	6	6	6	5	4	3	5	4	4	4	6	5	4,8
1978	5	6	5	5	2	6	4	3	4	5	5	7	4,8
1979	6	5	5	4	4	4	5	3	4	5	6	6	4,8
1980	6	6	6	6	4			5	4	5	5	5	
1981	7	6	6	5	6	7	5	3	5	5	6	6	5,6
1982	6	7	6	6	6	6	5	4	4	4	5	5	5,3
1983	5	5	5	5	6	7	6	4	4	4	6	5	5,2
1984	6												
	5,9	5,9	5,6	5,1	4,6	5,5	5,0	3,7	4,1	4,6	5,6	5,6	5,1

Tableau 3.2-16

Chapitre 4 - Données physico-chimiques des rios Beni et Tuichi

Nous avons pu tirer de l'étude de Jean Loup Guyot « Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne » un certain nombre d'informations sur les matières en suspension (MES) et les matières dissoutes (géochimie) du rio Beni à Angosto et Rurrenabaque et du rio Tuichi. Ces données, amassées dans le cadre du programme PHICAB, correspondent à la période 1983-1989. Elles ont été parfois complétées par des données du SENAMHI plus anciennes.

4.1 - Rio Beni à Rurrenabaque

4.1.1 - Matières en suspension (MES)

Les caractéristiques granulométriques des MES du rio Beni à Angosto del Bala sont les suivantes :

Nb échant.	d50 (μm)	d90 (μm)	d10 (μm)	argiles %	limons %	sables %
4	11.0	3.4	39.8	15.8	81.8	2.4

La minéralogie des matières en suspension est la suivante :

Nb Echant	MES mg/l	Quar. %	Feld. %	Arg. %	Illite %	Chl. %	Kaol. %	Sme. %	Ver. %
17	4360	24	12	65	66	23	8	2	0

La géochimie des matières en suspension est la suivante, exprimée en % :

Nb Ech.	MES	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P.Feu	R
16	4360	58.2	20.1	8.0	0.08	0.93	0.30	0.98	3.65	0.78	0.20	6.6	2.1

Les éléments traces présents dans ces MES, exprimés en $\mu\text{g/g}$, sont les suivants :

Nb Ech.	MES	As	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	Ni	Pb	Rb	Sn	Sr	Zn	Zr
16	4360	11	645	18	81	40	29	42	35	216	1	222	124	126

Sur 17 échantillons prélevés à Angosto del Bala, correspondant à un MES de 2730 mg/l, le carbone organique particulaire représente 15.1 mg/l.

Sur la période 1969-1989, c'est à dire à partir d'informations fournies par le programme PHICAB et le SENAMHI, pour un débit interannuel moyen de 2170 m³/s et 456 échantillons collectés et analysés, on observe les résultats moyens suivants à Angosto del Bala :

MES : teneur moyenne en matières en suspension = 1610 mg/l
 MESp : teneur moyenne en matières en suspension pondérée par le débit = 3200 mg/l
 QS : flux moyen annuel de matières en suspension = 219000 10³ tonnes/an
 JFM : poids des mois de janvier, février et mars sur le volume annuel exporté = 83 %

Sur la période 1983-1989 du programme PHICAB, pour un débit interannuel moyen de 2050 m³/s et 107 échantillons collectés et analysés, les données correspondantes sont les suivantes :

MES : teneur moyenne en matières en suspension = 1420 mg/l
 MESp : teneur moyenne en matières en suspension pondérée par le débit = 2550 mg/l
 QS : flux moyen annuel de matières en suspension = 165000 10³ tonnes/an
 JFM : poids des mois de janvier, février et mars sur le volume annuel exporté = 81 %

4.1.2 - Matières dissoutes

La physico-chimie des rios andins de l'Amazonie bolivienne est bien connue depuis le programme PHICAB. Les résultats suivants sont toujours issus de la même étude de Jean Loup Guyot sur la période 1983-1989. Nous avons rassemblé dans le tableau suivant les valeurs moyennes annuelles des principaux paramètres physico-chimique pour le rio Beni à Angosto del Bala.

Nb Ech	Temp °C	pH	Cond $\mu\text{S/cm}$	Coul un. Pt/Co	Turb FTU	MES	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	Fe	SiO ₂	MD	% SiO ₂
79	23.5	6.2	144	57	1025	203 7	40.2	2.4	12.3	12.4	5.2	4.2	1.4	0.3	7.3	86	9

Dans ce tableau les teneurs élémentaires sont exprimées en mg/l, et MD représente la quantité totale de matières dissoutes.

Les éléments traces en solution à Angosto del Bala sont fournis dans le tableau suivant:

Nb. Echant.	MD mg/l	Fe $\mu\text{g/l}$	Mn $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$	Ni $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$	Sr $\mu\text{g/l}$
1	81	580	20	61	12	5	64

Pour 17 échantillons, correspondant à un MD total de 87 mg/l, le COD (carbone organique dissous) à Angosto del Bala s'élève à 2.8 mg/l.

Enfin, sur la période 1983-1989 de durée du programme PHICAB, pour un débit interannuel moyen de 2050 m³/s et 79 échantillons collectés et analysés, les données d'exportation de matières dissoutes à Angosto del Bala sont les suivantes :

MD : matières dissoutes = 80 mg/l

QD : flux moyen annuel de matières dissoutes = 5200 10³ tonnes/an

JFM : poids des mois de janvier, février et mars sur le volume annuel exporté = 55 %

La variation saisonnière de ces flux, avec un CV de 0.8, est équivalente à celle des débit liquides, mais est sensiblement deux fois plus faible que celle des flux de matières en suspension.

4.2 - Rio Tuichi à l'amont du confluent avec le rio Beni

Nous avons beaucoup moins d'informations sur le rio Tuichi, pour lequel nous ne disposons que de quelques indications sur la physico-chimie.

Ces informations moyennes sont rassemblées dans le tableau suivant :

Nb Ech	Temp °C	pH	Cond $\mu\text{S/cm}$	Coul un. Pt/Co	Turb FTU	ME S	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	Fe	SiO ₂	MD	% SiO ₂
6	22.9	7.3	117	78	138	266	33.6	1.9	10.3	8.0	3.1	2.2	1.0	0.5	9.2	70	13

Nous avons pu retrouver ces 6 analyses qui sont rassemblées dans le tableau 4.2-1, où l'on remarque que le troisième échantillon est complètement atypique. Il semble bien que le prélèvement ait été fait en fait dans un petit rio, affluent rive gauche du rio Beni, situé quelques kilomètres en aval du rio Tuichi lui-même.

Rio BENI

Caractéristique géo-chimiques du rio TUICHI

Date	Auteur	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	pH	Turbidité (FTU)	Couleur (Pt/Co)	MES (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Fe (mg/l)	SiO2 (mg/l)	Code Analyse
25/05/1982	MAR	20.5	129					58.6	1.1	14.9	15.0	3.9	2.8	2.7	1.6		
14/05/1987	JLG	23.5	121	7.1	66	35	83	34.2	1.1	7.7	11.0	3.9	3.0	0.8	0.3	11.9	
10/08/1987	DW	22.0	4	6.5				3.5	1.1	0.0	0.1	0.6	0.2	0.1	0.2	12.0	
30/08/1987	JLG	26.3	156	7.7	6	15	13	41.5	1.4	7.5	10.7	4.9	3.5	0.7	0.0	9.9	
08/07/1989	JLG	19.7	102	7.7	80	80	101	30.5	3.1	8.6	7.5	3.1	2.2	0.6	0.2	7.0	52-53
28/03/1990	JLG	25.3	77	7.5	400	180	866	33.3	3.6	23.3	3.7	2.2	1.6	0.9	0.7	5.3	17-A17

Conclusion

Malgré les conditions climatiques défavorables, il nous a donc été finalement possible de remplir pratiquement toutes les prestations du cahier des charges du contrat, à l'exception des mesures de vitesses superficielles, beaucoup plus sommaires que ce que nous aurions souhaité.

Il faut insister surtout sur les difficultés de l'extrapolation des conditions de navigabilité, qui ne s'appuie que sur une seule campagne (qui plus est de très hautes eaux), alors que des campagnes de moyennes et hautes eaux auraient été indispensables pour appliquer une méthode plus satisfaisante.

Quoi qu'il en soit les mesures et les extrapolations faites montrent, sur la base de la période 1967 - 1990 de connaissance des hauteurs d'eau, que la probabilité de dépassement d'une cote donnée à Angosto del Bala évolue d'un mois à l'autre de la façon décrite dans le tableau 2.1-3 :

Tableau 2.1-3 : Probabilité de dépassement d'une cote donnée à Angosto del Bala (%)

cote (cm)	mai	juin	juillet	août	sept. 1/15	sept.16/30	oct. 1/15	oct. 16/31
140	100	100	100	96	99	99	100	100
170	100	100	98	80	87	92	97	99
200	100	99	76	55	63	76	87	94
230	100	81	41	32	39	54	69	82
260	93	50	18	17	22	35	48	66
290	73	25	8	10	12	21	32	50
320	46	12	3	6	6	13	20	35
350	25	7	1	3	3	8	13	23
400	10	3	0	1	1	3	6	11

Même si nos extrapolations restent hasardeuses, le chapitre 2.3 permet pratiquement d'utiliser ce tableau en y ajoutant deux colonnes indiquant les profondeurs minimales certainement dépassées entre Rurrenabaque et la section J1 (amont de la dernière barrière rocheuse du rio Beni) selon certaines hypothèse d'extrapolation :

- Dans la première colonne, nous avons fait figurer la profondeur minimale obtenue à partir des profils en travers et en long effectués, en supposant une évolution des lignes d'eau parallèles à elles-mêmes entre la cote lors de notre passage (5,3 m) et les cotes de référence du tableau 2.1-3.
- Dans la seconde colonne, nous avons "corrigé" sur des bases empiriques l'estimation de la première colonne, de façon à indiquer une profondeur minimale plus vraisemblable.

Tableau 5 : Probabilité de dépassement (en %) d'une profondeur minimale donnée dans toutes les sections entre Rurrenabaque et la section J1

Cote minimale : hypothèse 1 (cm)	Cote minimale : hypothèse 2 (cm)	cote (cm)	mai	juin	sept. 1/15	sept.16/30	oct. 1/15	oct. 16/31
110	130	140	100	100	99	99	100	100
140	150	170	100	100	87	92	97	99
170	180	200	100	99	63	76	87	94
200	200	230	100	81	39	54	69	82

Malgré l'imperfection évidente de ces évaluations, nous ne voyons pas comment les affiner avec les données de l'unique campagne de mesures existante.

Nous ne connaissons pas non plus le tirant d'eau des barges que compte utiliser TOTAL, mais un tirant d'eau de 1,5 m de ces barges paraît un minimum, ce qui suppose des profondeurs minimales, compte tenu des remous du pousseur, de l'ordre de 2 m. On voit donc que si l'entreprise est "jouable" en mai (100%), juin (81%) et sans doute la deuxième quinzaine d'octobre (82%), elle serait beaucoup plus risquée en septembre et début octobre.

Par contre le passage de pirogues accouplées, susceptibles de transporter une dizaine de tonnes, avec un tirant d'eau de l'ordre de 1 m, paraît possible en mai, juin, septembre et octobre.

L'exploitant aurait donc tout intérêt à prévoir de passer son matériel lourd en barge avant la mi juin jusqu'à la section J1 où débiterait une route conduisant au Tuichi, et d'utiliser des pirogues plus tard, avec une reprise du transport par barge dès que possible en septembre ou octobre selon l'état de la crue. La section J1 et sa berge rive gauche se prêtent fort bien à la construction d'un débarcadère, la section J1 étant suffisamment profonde et de vastes dimension pour permettre les manoeuvres de barges ou pirogues.

Il nous semble difficile d'avoir des conclusions plus précises dans l'état actuel des mesures.

En tout état de cause, vu que les zones de radier à "risques" sont de longueurs réduites et de plus dans des zones peu montagneuses à rives franches, il serait toujours possible de construire de petites déviations routières sur les berges, ce qui obligerait bien sûr à une rupture de charge supplémentaire.

Pour ce qui est des vitesses, nous avons vu qu'en basses eaux elles sont faibles (moins de 0,5 m/s) en dehors de ces zones de radier où elles ne doivent pas dépasser 1 m/s. Ces vitesses ne doivent donc en aucun cas constituer un obstacle.

Enfin les données climatologiques obtenues à Rurrenabaque et Angosto del Bala correspondent parfaitement aux termes du cahier des charges, ainsi que les renseignements fournis sur la géochimie des rios Tuichi et Beni.

Nous ne saurions terminer ce rapport sans vivement insister sur la nécessité de mesures complémentaires en moyennes et basses eaux si l'hypothèse d'un transport par voie d'eau devait être retenue de préférence aux autres alternatives.