

Hydrex

Nouméa, le 21 Novembre 1997

SARL au Capital de 2.000.000 F CFP
RCS Nouméa B-287094 - Ridet 287094-001
Siège social : 28, rue Einstein, Ducos
BP 411 - 98845 Noumea Cedex - Nouvelle-Calédonie
Tél: 28.26.98 Fax: (687) 27.61.27

TERRITOIRE DE NOUVELLE CALEDONIE

COMMUNE DE DUMBEA

ETUDE HYDRAULIQUE DE LA TONGHOU AVAL

HYDREX
Etudes et travaux d'hydraulique

SOMMAIRE

1. OBJET DE L'ETUDE	1
2. HYDROLOGIE	1
2.1 Introduction	1
2.2 Estimations de la distribution des débits:	4
3. CONDITIONS D'ECOULEMENT ACTUELLES	10
3.1 Introduction	10
3.2 Observations sur les crues	11
3.3 Cotes d'inondation	11
3.4 Conditions d'écoulement actuelles	16
4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	21
4.1 LES OUVRAGES D'ART	21
4.2 LE TRONCON AVAL : P1P / P6P	21
4.3 LE TRONCON EN AVAL DE P1P	23
4.4 LE TRONCON AMONT : P6P / P13P	23
4.5 CONCLUSION	30

1. OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre du plan de composition urbaine du futur centre urbain de Koutio - Auteuil, la Commune de Dumbéa nous a confié la réalisation d'une étude hydraulique sur la rivière Tonghoué.

Les données disponibles ne permettant pas d'établir une délimitation de zones inondables associées à des crues d'importance croissante (ce qui aurait permis d'aménager en fonction de ces limites), il a été suggéré de concevoir des aménagements hydrauliques permettant de confiner la Tonghoué dans une zone limitée lors de la crue de projet, c'est à dire la crue dont on veut se protéger.

L'étude consiste donc à déterminer une distribution de débits de crues, à décrire les conditions d'écoulement actuelles et à proposer des aménagements permettant à la Tonghoué d'évacuer la crue de projet sans déversement en lit majeur.

2. HYDROLOGIE

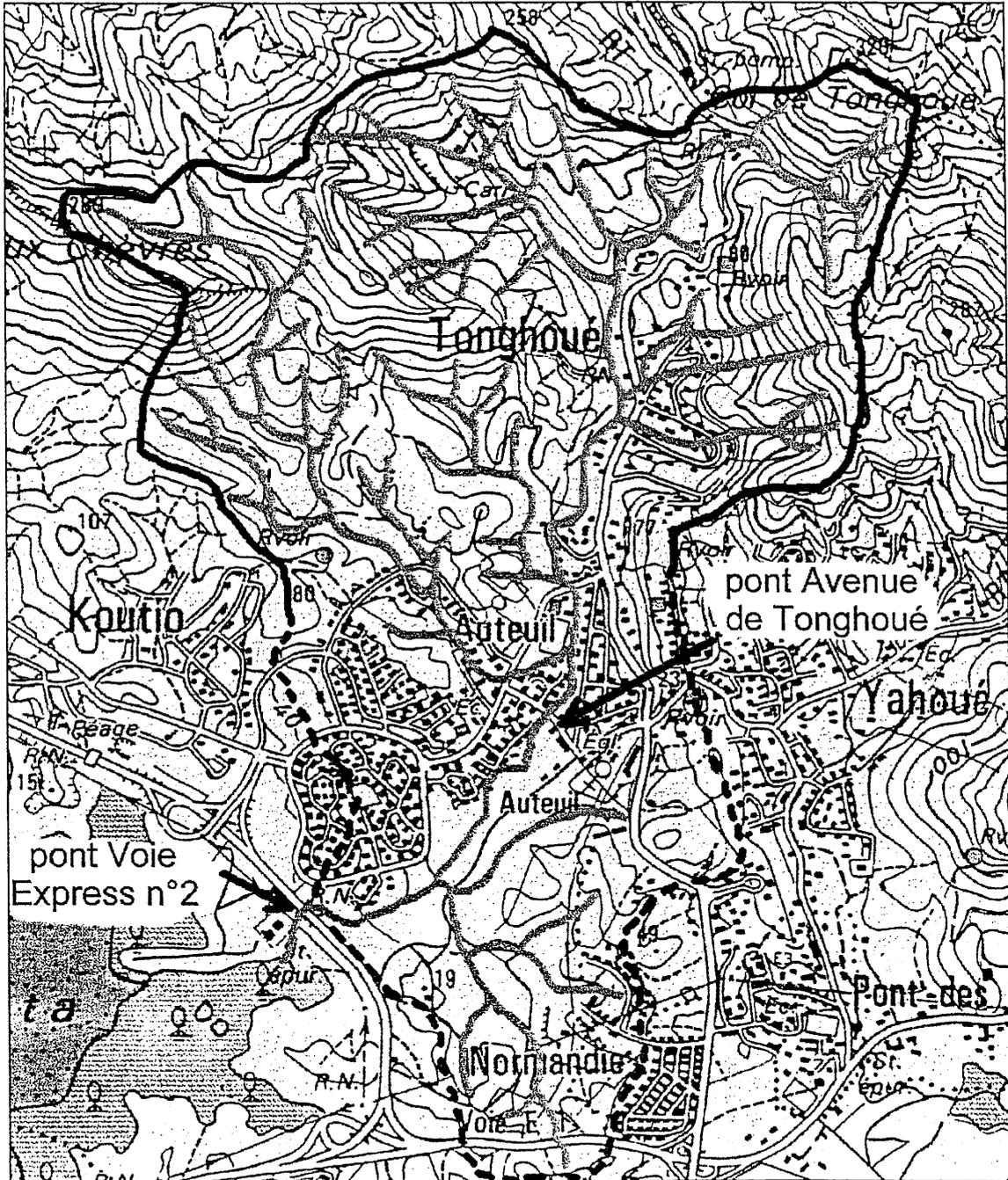
2.1 Introduction

L'étude hydrologique a pour but d'évaluer une distribution des débits de crues, c'est à dire les débits de crues associés à différentes périodes de retour, notées T, parmi lesquelles, la crue biennale (T=2 ans), quinquennale (T=5 ans), décennale (T=10 ans), vicennale ou vingtennale (T=20 ans), cinquantiennale (T=50 ans) et « approximativement » centennale (T=100 ans).

La période de retour, définie comme l'inverse de la probabilité annuelle de dépassement, est une notion délicate à interpréter. La façon la plus simple de l'explicitier (en prenant comme exemple la crue décennale) est de dire que sur une très longue période d'observation (plusieurs séries de 10 années), on observera la crue décennale en moyenne une fois tous les dix ans.

En pratique, les probabilités de ne pas observer la crue décennale sur une période donnée de 10 années, ou inversement de l'observer plusieurs fois sur le même laps de temps, ne sont pas nulles.

Le bassin versant à caractériser est représenté sur l'extrait de carte au 1/25000ème donné ci-dessous.

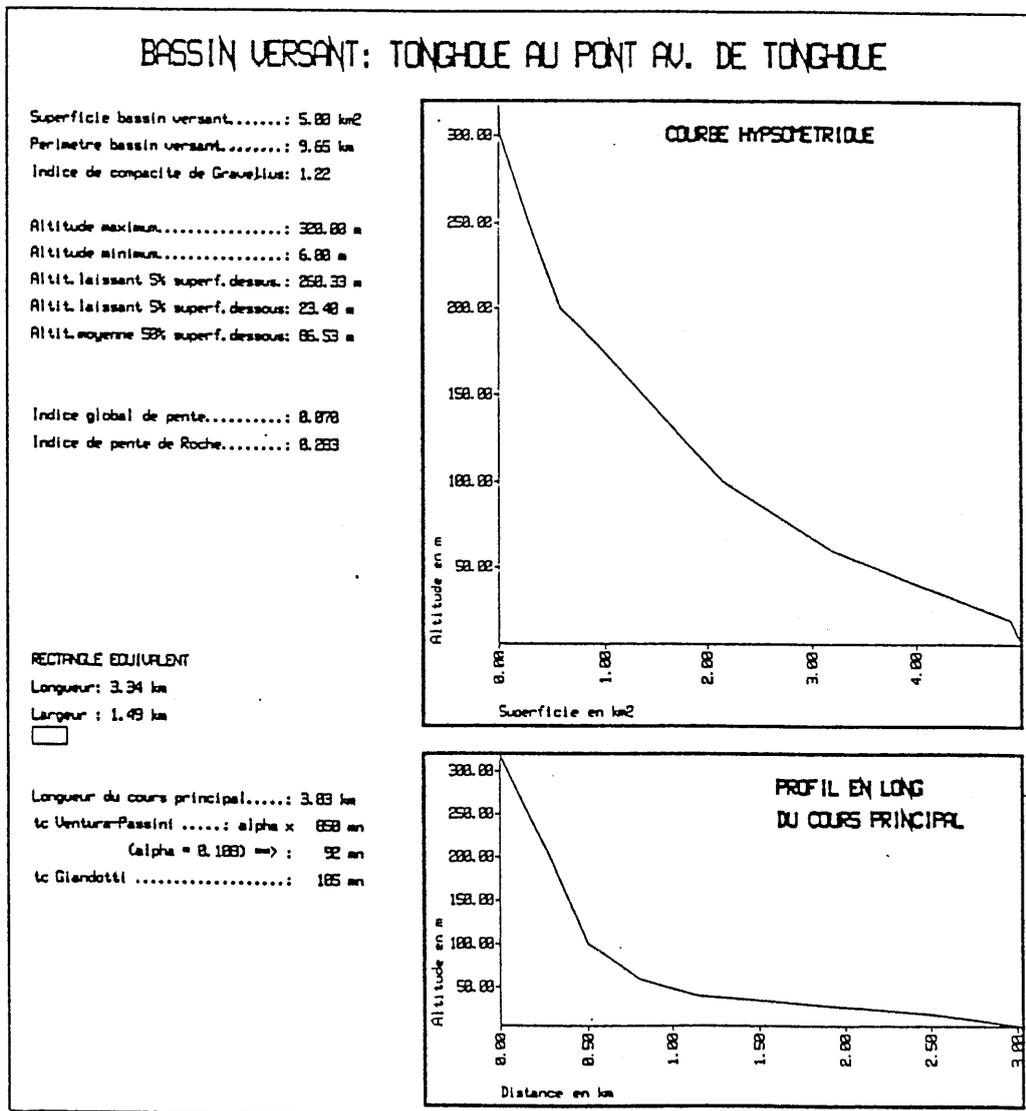


Le graphique suivant expose les principales caractéristiques physiques du bassin à l'amont de la zone à étudier (au pont de l'Avenue de Tonghoué). En ce point, la superficie du bassin versant est de 5 km². En aval de la zone à étudier (au pont de la Voie Express n°2), elle atteint environ 6,5 km².

Des caractéristiques du bassin amont, on retiendra notamment:

- que son coefficient d'allongement est relativement important malgré sa forme ramassée, ce qui minimise les débits de pointe par effet de laminage..
- que son altitude est faible, ce qui minimise les pluies, donc les débits.
- qu'à l'échelle du bassin, la partie urbanisée est négligeable.

En outre, sa géologie (« formation à charbons », peu perméable) permet de prédire que les capacités d'infiltration et d'emménagement de l'eau sont médiocres, c'est à dire que les pointes de crues sont peu écrêtées.



2.2 Estimations de la distribution des débits:

Signalons en premier lieu que l'on ne dispose pas de mesures directes de débits sur la Tonghoué et que l'on ne peut donc pas procéder à une étude statistique directe de ses débits.

Il s'avère également hasardeux de transposer les distributions établies sur des rivières voisines ayant fait l'objet de mesures continues pendant un nombre d'années suffisant car d'une part la géologie de ces rivières est très différente (par exemple : péridotites très perméables pour les sous-bassins de la Dumbéa) et d'autre part la taille du bassin versant de la Tonghoué est beaucoup plus faible.

Comme l'on dispose de longues séries de données pluviométriques et pluviographiques sur le secteur, il est par contre possible d'utiliser des méthodes de transformation des pluies en débits. Nous utiliserons ainsi la méthode rationnelle et celle du « Soil Conservation Service ».

Enfin, nous utiliserons les quelques rares observations de crues sur le bassin de la Tonghoué pour valider les résultats obtenus.

La méthode rationnelle revient à déterminer un volume d'eau ruisselé et à calculer la valeur du débit de pointe lui correspondant en supposant un hydrogramme de crue (courbe du débit en fonction du temps) triangulaire dont le temps de base est constitué d'un temps de montée et d'un temps de descente de même durée, supposée égale au temps de concentration du bassin (temps mis par une goutte d'eau tombée sur le point le plus reculé du bassin pour atteindre l'exutoire). Le volume d'eau ruisselé est, quant à lui, déduit du volume d'eau tombé pendant une durée égale au temps de concentration, transformé en volume effectivement écoulé par l'emploi d'un coefficient d'écoulement. Il s'agit donc du modèle de transformation de pluie en débit le plus primitif.

Les courbes « Intensité-Durée-Fréquence », qui permettent de déterminer la quantité de pluie tombée pendant le temps de concentration pour une période de retour donnée, sont disponibles sur deux stations qui encadrent le creek à étudier: La Tontouta et Nouméa. Cette dernière fournissant des intensités légèrement plus défavorables, et étant plus proche du creek à étudier, c'est celle que nous retiendrons.

Le temps de concentration étant grossièrement évalué, à partir des caractéristiques physiques du bassin, à 90 mn, nous retiendrons en particulier les résultats relatifs à la pluie de même durée:

Période de retour (ans)	1	2	5	10	20	50
Intensité mm/h	22	28	40	48	58	68
Pluie en 90 mn (mm)	33	41	60	72	86	102

En ce qui concerne le coefficient d'écoulement, nous utilisons habituellement la distribution suivante, basée sur quelques observations mais qui demeure très subjective:

Période de retour (ans)	1	2	5	10	20	50
Coeff. d'écoulement (%)	40	50	60	70	80	90

Le volume écoulé peut donc s'exprimer de la façon suivante:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = P \text{ (mm)} * 10 * S \text{ (ha)} * \text{Coeff.écoult}$$

ce qui permet de dresser le tableau suivant:

Période de retour (ans)	1	2	5	10	20	50
Volume écoulé (m ³)	66000	102500	180000	252000	344000	459000

dont on peut déduire les débits de pointe sachant que l'hydrogramme est un triangle isocèle de base 2 fois le temps de concentration, c'est à dire que l'on a la relation:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = (Q_p \text{ (m}^3\text{/s)} * 2t_c \text{ (s)})/2:$$

Période de retour (ans)	1	2	5	10	20	50
Débit (m ³ /s)	12.3	19	33.3	47	64	85

La méthode du « Soil Conservation Service », établie aux U.S.A. à partir de très nombreuses observations sur le terrain, est basée sur la notion d'hydrogramme unitaire. Un hiétoqramme (courbe de l'intensité de pluie en fonction du temps) arbitraire à pas de temps fixe est transformé en hydrogramme de crue par composition des hydrogrammes unitaires engendrés à chaque pas de temps. Nous nous contenterons en fait d'une méthode simplifiée qui ne permet d'estimer que le débit de pointe et non l'hydrogramme complet, lequel ne nous intéresse pas dans le cadre de cette étude.

Cette méthode nécessite également les courbes Intensité/Durée/Fréquence du lieu, mais exprimées sous la forme de Montana:-

$$I = a t^{-b}$$

Si I est en mm/h et t en h, les coefficients de cette formule, toujours pour la station pluviographique de Nouméa, sont les suivants:

Période de retour (ans)	1	2	5	10	20	50
coefficient a	26.85	33.38	48.43	57.45	68.89	81.35
coefficient b	-0.49	-0.48	-0.47	-0.47	-0.46	-0.45

Elle nécessite aussi la connaissance d'un coefficient d'«infiltration», noté Si, exprimé en mm et dont la détermination est basée sur des tables. Nous avons retenu une

fourchette de 20 à 15 mm (pour une période de retour grossièrement décennale ; ce coefficient devrait en réalité être une fonction de la période de retour). Dans cette fourchette, le débit résultant demeure peu variable, nous avons donc retenu la valeur 15, légèrement plus défavorable et correspondant à un bassin moins perméable, ce qui est le cas ici.

Les calculs étant basés sur des abaques, nous donnons directement les résultats obtenus :

Période de retour (ans)	1	2	5	10	20	50
Débit (m ³ /s)	19	25	37.5	49	65	80

Le bassin versant de la Tonghoué peut être comparé à d'autres bassins versants, dits « représentatifs » car ils décrivent une gamme de caractéristiques physiques et géologiques parmi les plus courantes sur la côte Ouest du Territoire. Ces bassins sont gérés par la D.A.F. (Direction de l'Agriculture - section hydrologie).

Six bassins ont ainsi été suivis entre 1983 et 1986, il s'agit de:

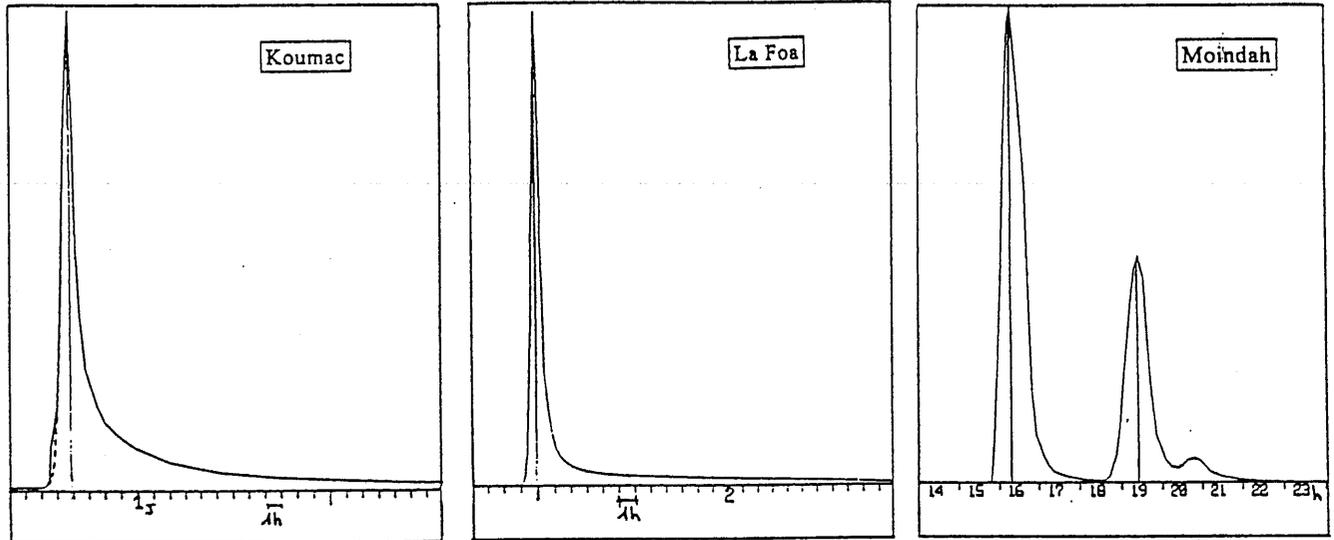
BVR	Superficie (km ²)	Pente
Koumac	3.44	0.08
Népou	4.43	0.07
La Foa	1.93	0.20
Moindah	1.35	0.07
Ouaco	1.32	0.03
Tamoa	2.02	0.21

La durée d'observation utile sur les BVR couvre les années 1983 à 1986 incluses. Ces années, pour la plupart à déficit pluviométrique, n'ont en outre pas connu d'événements météorologiques très exceptionnels. Il n'est donc pas possible d'établir une distribution de crues sur ces bassins et de la transposer aux bassins étudiés, après sélection d'un BVR représentatif d'après un maximum de caractéristiques physiques communes.

Par contre, un certain nombre d'hydrogrammes de crues ont pu être relevés. Certains des plus simples d'entre eux peuvent être assimilés à des hydrogrammes unitaires. La sélection d'un BVR de caractéristiques proches de celles des bassins étudiés permet ainsi d'avoir une idée de la forme de leurs hydrogrammes.

Du point de vue de la géologie, qui influe notamment sur la capacité d'infiltration et par conséquent sur le régime des crues, le BVR le plus ressemblant au bassin de la Tonghoué est celui de La Foa. Tous deux sont en effet sur la « formation à charbons » qui présente de faibles capacités d'infiltration en surface et d'emmagasinement en profondeur.

Les figures suivantes présentent des hydrogrammes « types » de Koumac, La Foa et Moindah. Des différences sensibles de régimes de crue peuvent être décelées, notamment sur la phase de décrue. On notera cependant que dans chaque cas, l'hypothèse de l'hydrogramme unitaire de la méthode du S.C.S. est confirmée (le temps de montée dure approximativement un tiers du temps de base).



Par conséquent, même si les données relatives aux bassins versant représentatifs ne sont pas directement utilisables en raison de l'insuffisance des observations, elles permettent au moins de confirmer l'allure de l'hydrogramme unitaire utilisé dans la méthode précédente, dont le temps de montée est d'environ le tiers du temps de base.

Enfin, les résultats obtenus avec toutes ces différentes méthodes peuvent être modifiés en fonction des résultats d'observations directes sur les deux creeks. Il s'agit, après modélisation du creek, d'estimer ses débits à l'aide de cotes d'inondations qui ont pu être relevées le long de son lit, lors de différentes crues dont on connaît approximativement la période de retour grâce aux longues séries d'observations hydropluviométriques voisines dont on dispose.

Les modèles d'écoulements et les laisses de crues qui ont été utilisés pour ce travail sont présentés dans le chapitre suivant, mais les résultats obtenus sont donnés ici afin de permettre sans attendre une synthèse des différentes approches:

Sur la Tonghoué:

- crue du 07/04/1992 : débit estimé à 75 m³/s, plus ou moins 5 m³/s.
- crue du 07/07/1997 : débit estimé à 20 m³/s environ.

Il reste cependant à affecter des périodes de retour à ces deux crues. On utilisera pour cela les stations de mesures limnigraphiques de Dumbéa (Dumbéa Nord et Dumbéa Est, du nom de chaque affluent mesuré) sur lesquelles on dispose d'un historique de plusieurs dizaines d'années.

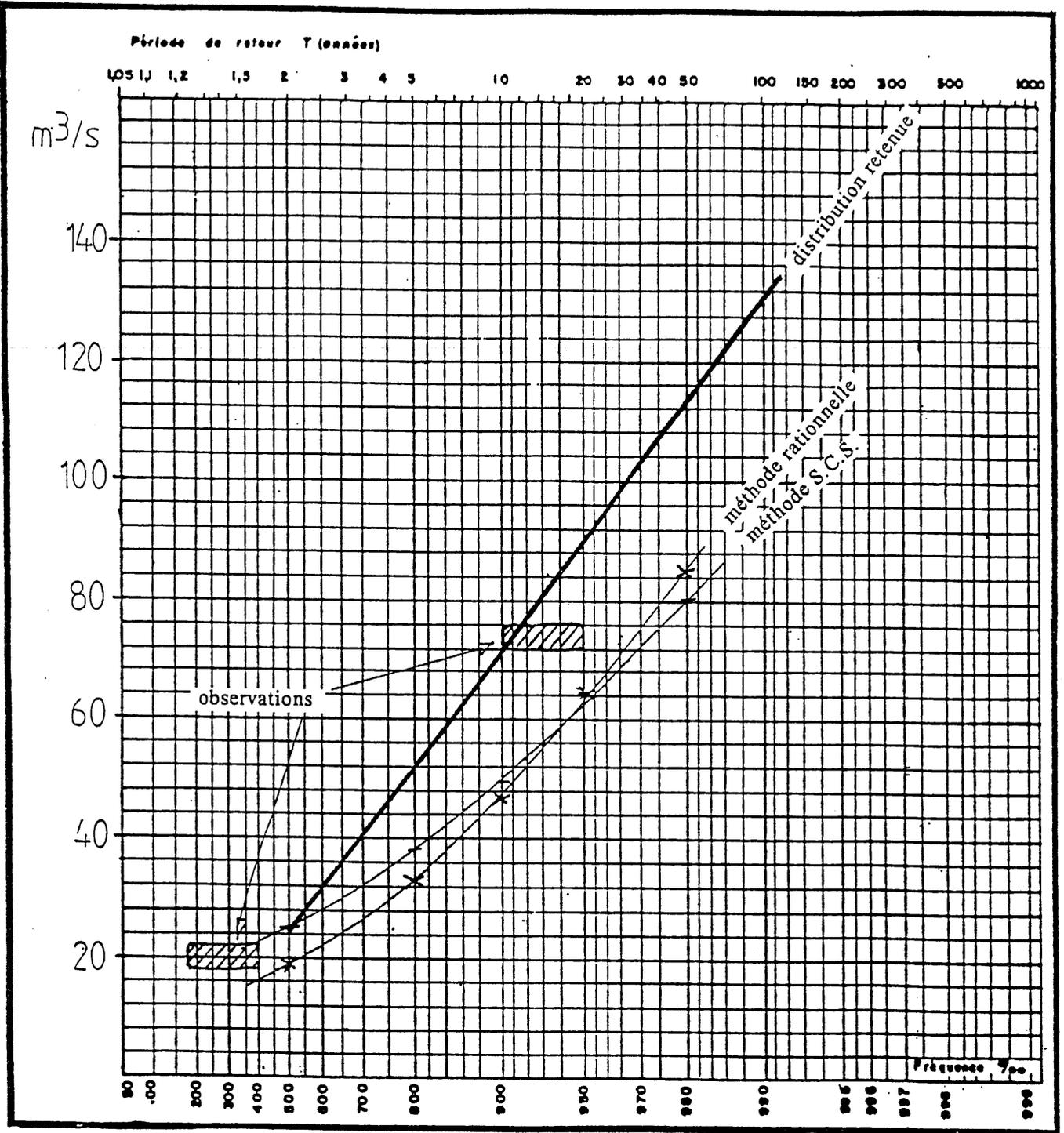
En ce qui concerne la crue du 07/04/92, la Dumbéa Nord a généré un débit de 760 m³/s, auquel on peut affecter une période de retour de 10 ans environ et la Dumbéa Est (plus au sud du précédent) a généré un débit de 900 m³/s, auquel on peut affecter une période de retour de 15 ans environ. En pratique, cette dépression, venue de l'Ouest, a davantage concerne la zone côtière que la chaîne centrale. L'évolution des périodes de retour en fonction de la situation géographique des sous-bassins de la Dumbéa le confirme, ainsi que les observations faites sur les creeks du Mont Dore et à la Coulée (sur cette dernière rivière, la période de retour de la crue du 07/04/92 a pu être estimée à 15 à 20 ans). On a donc la quasi certitude que la crue du 07/04/92, de 75 m³/s, correspond à une période de retour comprise entre 10 et 20 ans.

En ce qui concerne la crue du 07/07/1997, on ne dispose que des données de la Dumbéa Nord, où la même crue a atteint un débit de 110 m³/s, ce qui correspond à une période de retour de 1,4 ans. Plus prudemment, on pourra dire que la période de retour de la crue du 07/07/97 a été comprise entre 1 et 2 ans sur la Dumbéa Nord. Là encore, nous attribuerons la même période de retour à la crue observée sur la Tonghoué bien que cela soit moins justifié dans le cas des faibles crues, qui peuvent s'avérer beaucoup plus localisées que les dépressions importantes.

Il reste à faire la synthèse de toutes les informations obtenues ci-dessus.

Etant donné que toutes les distributions de débits de crues que nous avons pu établir en Nouvelle Calédonie sur la base d'informations suffisantes suivent une loi de Gumbel, nous partirons de l'hypothèse que la distribution à déterminer suivra cette même loi (même si aucune des distributions étudiées n'a concerné un bassin versant d'aussi petite taille que celui de la Tonghoué).

Les différents résultats qui précèdent sont donc reportés sur un graphique de Gumbel (page suivante) et la distribution résultante est tracée. On pourra observer que cette distribution est positionnée au dessus des deux estimations par transformation de pluies en débits et que la pente de la droite de distribution est choisie de façon à passer par l'extrémité la plus défavorable de la zone correspondant à l'estimation de la crue du 07/04/92. La distribution finale est ainsi censée se trouver « du côté de la sécurité ». Pourtant, en termes de débit spécifique (débit rapporté à 1 km² de bassin versant), le débit vingtennal n'est que de 18 m³/s/km², ce qui correspond à la moyenne des débits de même période de retour observés sur plusieurs autres bassins versants néo-calédoniens qui ont pu être étudiés en profondeur (il s'agit de bassins de taille plus importante, donc qui devraient donner des débits spécifiques moindres, mais aussi d'altitude et de pente plus importantes, donc qui devraient donner des débits spécifiques plus importants).



On obtient donc finalement:

Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Débit Tonghoué (m3/s)	24	52	72	90	113	130

Remarque: compte tenu de la méthode employée pour établir cette distribution, les débits de périodes de retour 50 et 100 ne ne doivent être considérés que comme de grossières estimations. Elles seront cependant utiles pour étudier le comportement des aménagements au delà de la crue de projet.

3. CONDITIONS D'ÉCOULEMENT ACTUELLES

3.1 Introduction

Afin de déterminer les hauteurs d'eau engendrées par un débit donné, nous avons utilisé un modèle mathématique d'écoulement. Schématiquement, un tel modèle permet de représenter une rivière à partir du relevé topographique de coupes successives le long de son lit (lit mineur + lit majeur). Le modèle permet alors de calculer en chaque coupe (ou « section ») les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement pour un débit donné.

Les sections utilisées sur la Tonghoué, sont indiquées sur le plan au 1/2000ème donné en annexe 1.

En toute rigueur, un tel modèle nécessite une phase de calage qui permet de régler certains paramètres, notamment les coefficients de frottement (coefficients de Strickler) afin de lui faire représenter au mieux un écoulement donné, connu à la fois par son débit et par sa ligne d'eau (c'est à dire les niveaux d'eau que ce débit a engendré le long du cours d'eau).

En pratique, dans le cas de la Tonghoué, les débits ne sont pas connus (ils n'ont fait l'objet d'aucune mesure, *a fortiori* en crue). Seules deux lignes d'eau ont pu être sommairement évaluées à l'aide d'observations directes (relevé de cotes d'inondation) ou d'enquêtes. Cependant, l'expérience du calage d'autres rivières de mêmes caractéristiques en Nouvelle Calédonie permet d'estimer les paramètres de calage avec une précision suffisante pour considérer le modèle comme représentatif des écoulements.

Lors de la phase de construction du modèle, nous avons privilégié les conditions d'écoulement relatives aux crues débordantes puisqu'elles sont l'objet principal de l'étude.

Pour en terminer avec le calage, on peut signaler que les coefficients de Strickler retenus varient de 22 à 24 pour le lit mineur et de 14 à 8 pour les lits majeurs.

Le modèle utilisé est « ECOPERM », créé par la SOGREAH (Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques), et concédé au Territoire (D.A.F.) qui l'a mis à notre disposition dans le cadre de cette étude. Il s'agit d'un modèle d'écoulement permanent.

3.2 Observations sur les crues

Comme indiqué plus haut, on ne dispose que d'observations très fragmentaires sur les crues ayant intéressé la Tonghoué par le passé. Elles se résument à deux lignes d'eau partielles.

La première ligne d'eau, obtenue par enquête et limitée à la zone amont du modèle (P13P à P12), concerne vraisemblablement la crue du 7 Avril 1992, événement à la fois rare et récent, donc le plus susceptible d'être resté en mémoire.

La seconde, intéressant le tronçon P9 - P6P, concerne la crue du 7 Juillet 1997. Elle a été relevée par nos soins et nivelée à l'occasion du levé des sections du modèle. Cette crue n'a pas débordé du lit mineur (on pourra objecter que l'intersection Avenue Victor Hugo / Avenue de la Vallée / VU 128 était submergée lors de cette crue, mais cela était dû au réseau d'eau pluviales bouché et non au débordement de la Tonghoué).

La comparaison de ces lignes d'eau à celles générées par le modèle pour différents débits permet d'évaluer le débit qui leur correspond.

On obtient ainsi un débit de 20 m³/s environ pour la crue du 07/07/1997 et de 70 à 80 m³/s pour celle du 07/04/1992.

Malgré les incertitudes associées à ces évaluations, ces valeurs, seules observations sur le terrain concernant la Tonghoué, ont été utilisées dans le chapitre hydrologie pour la détermination de la distribution des crues de cette rivière.

3.3 Cotes d'inondation

Le modèle et la gamme de débits de la distribution retenue permettent de simuler les écoulements relatifs à chaque crue, c'est à dire de déterminer la ligne d'eau et les vitesses de chaque crue.

Les résultats correspondants sont rassemblés dans les tableaux suivants, qui indiquent, pour chaque section du modèle, la cote NGNC atteinte par l'eau et les vitesses moyennes dans le lit mineur et les lits majeurs. Les positions kilométriques des coupes sont également données. Ces distances sont évaluées le long du lit mineur.

Crue T=2 ans

Section	PK (km)	Débit (m3/s)	Cote NGNC (m)	Vitesse moyenne (m/s)		
				R.G.	mineur	R.D.
P13P	1.378	24	7.80	-	2.10	-
P12	1.344	24	7.35	-	2.10	-
P11	1.308	24	6.10	-	1.50	-
P10	1.054	24	5.50	-	2.05	-
P9	0.950	24	4.35	-	1.75	-
P8	0.890	24	3.60	-	2.05	-
P7	0.864	24	2.95	-	1.75	-
P6P	0.742	24	2.25	-	1.35	-
P5	0.662	24	2.15	-	1.40	-
P4	0.520	24	2.00	-	0.75	-
P3	0.360	24	1.90	0.20	1.25	-
P2	0.212	24	1.45	0.20	1.25	-
P1P	0.054	24	1.35	-	0.80	-
P0	0.000	24	1.30	0.10	0.85	-

Crue T=5 ans

Section	PK (km)	Débit (m3/s)	Cote NGNC (m)	Vitesse moyenne (m/s)		
				R.G.	mineur	R.D.
P13P	1.378	52	8.70	-	2.75	-
P12	1.344	52	8.20	-	2.65	-
P11	1.308	52	6.90	-	1.80	-
P10	1.054	52	6.40	-	2.70	-
P9	0.950	52	5.20	-	2.20	-
P8	0.890	52	4.45	0.30	2.60	-
P7	0.864	52	3.75	-	2.20	-
P6P	0.742	52	3.05	-	2.05	-
P5	0.662	52	2.95	-	1.90	-
P4	0.520	52	2.65	-	1.10	0.15
P3	0.360	52	2.55	0.40	1.80	-
P2	0.212	52	1.90	0.35	1.80	0.05
P1P	0.054	52	1.75	-	1.30	-
P0	0.000	52	1.65	0.20	1.45	-

Crue T=10 ans

Section	PK (km)	Débit (m ³ /s)	Cote NGNC (m)	Vitesse moyenne (m/s)		
				R.G.	mineur	R.D.
P13P	1.378	72	9.10	-	3.15	-
P12	1.344	72	8.65	-	2.95	0.35
P11	1.308	72	7.35	0.05	1.90	0.15
P10	1.054	72	6.85	-	3.05	-
P9	0.950	72	5.65	-	2.45	-
P8	0.890	72	4.80	0.50	2.45	0.10
P7	0.864	72	4.20	-	2.40	-
P6P	0.742	72	3.50	-	2.50	0.10
P5	0.662	72	3.35	-	2.20	0.05
P4	0.520	72	3.05	0.05	1.25	0.25
P3	0.360	72	2.90	0.50	2.05	-
P2	0.212	72	2.10	0.40	1.90	0.15
P1P	0.054	72	2.00	-	1.50	-
P0	0.000	72	1.90	0.25	1.50	-

Crue T=20 ans

Section	PK (km)	Débit (m ³ /s)	Cote NGNC (m)	Vitesse moyenne (m/s)		
				R.G.	mineur	R.D.
P13P	1.378	90	9.50	-	3.50	-
P12	1.344	90	8.95	0.30	3.25	0.45
P11	1.308	90	7.50	0.05	2.05	0.15
P10	1.054	90	7.00	0.10	3.05	-
P9	0.950	90	5.95	0.20	2.65	-
P8	0.890	90	5.05	0.45	2.45	0.20
P7	0.864	90	4.55	-	2.55	-
P6P	0.742	90	3.90	-	2.65	0.35
P5	0.662	90	3.70	0.25	2.35	0.20
P4	0.520	90	3.35	0.15	1.35	0.30
P3	0.360	90	3.25	0.35	2.30	-
P2	0.212	90	2.40	0.35	1.90	0.20
P1P	0.054	90	2.30	-	1.55	-
P0	0.000	90	2.15	0.30	1.50	-

Crue T=50 ans

Section	PK (km)	Débit (m ³ /s)	Cote NGNC (m)	Vitesse moyenne (m/s)		
				R.G.	mineur	R.D.
P13P	1.378	113	9.90	0.20	4.00	0.15
P12	1.344	113	9.20	0.45	3.45	0.65
P11	1.308	113	7.60	0.10	2.20	0.20
P10	1.054	113	7.00	0.25	2.00	-
P9	0.950	113	6.15	0.35	2.80	-
P8	0.890	113	5.25	0.45	2.35	0.30
P7	0.864	113	4.85	0.05	2.75	-
P6P	0.742	113	4.15	-	2.80	0.45
P5	0.662	113	4.00	0.25	2.55	0.25
P4	0.520	113	3.65	0.20	1.40	0.35
P3	0.360	113	3.55	0.35	2.45	0.10
P2	0.212	113	2.60	0.35	1.95	0.25
P1P	0.054	113	2.50	-	1.75	-
P0	0.000	113	2.35	0.35	1.55	-

Crue T=100 ans

Section	PK (km)	Débit (m ³ /s)	Cote NGNC (m)	Vitesse moyenne (m/s)		
				R.G.	mineur	R.D.
P13P	1.378	130	10.15	0.45	4.20	0.30
P12	1.344	130	9.35	0.55	3.55	0.75
P11	1.308	130	7.60	0.15	2.05	0.20
P10	1.054	130	7.15	0.25	2.10	-
P9	0.950	130	6.30	0.45	2.85	-
P8	0.890	130	5.40	0.50	2.30	0.30
P7	0.864	130	5.05	0.10	2.85	0.05
P6P	0.742	130	4.30	-	2.90	0.55
P5	0.662	130	4.10	0.40	2.60	0.30
P4	0.520	130	3.80	0.25	1.50	0.40
P3	0.360	130	3.65	0.40	2.45	0.25
P2	0.212	130	2.80	0.35	1.80	0.25
P1P	0.054	130	2.70	-	1.85	-
P0	0.000	130	2.55	0.35	1.55	-

Cotes d'inondation

Compte tenu des incertitudes sur la distribution des débits, du manque de précision du fond de plan et, nous le verrons plus loin, du régime des débordements susceptible d'entraîner des remplissages et vidanges de lits majeurs différents selon les crues, il a été jugé inopportun de tracer les limites de zones inondables associées à chaque débit de la distribution.

Toutefois, les cotes NGNC données dans les tableaux précédents permettent de juger de l'inondabilité d'un site particulier, par simple comparaison de sa cote NGNC à celle fournie dans les tableaux.

On précise qu'entre deux coupes successives, la cote d'inondation d'une crue de période de retour donnée peut être interpolée linéairement.

On peut ajouter que les cotes données dans les tableaux sont des valeurs intermédiaires entre niveaux et charges. Dans un écoulement, la charge s'ajoute, dans certaines conditions, au niveau d'eau. La charge étant proportionnelle au carré de la vitesse, elle demeure négligeable lorsque celle-ci demeure limitée (elle vaut 5 cm lorsque la vitesse vaut 1m/s) mais peut devenir importante (elle vaut 20 cm pour 2 m/s et 45 cm pour 3 m/s). Pour que la charge puisse apparaître, il faut qu'un obstacle annule la vitesse. Par exemple, une partie de la charge peut être observée à l'intérieur d'une maison placée dans un courant : l'eau sera plus haute à l'intérieur qu'à l'extérieur. Toutefois, en pratique, il est exceptionnel que la charge puisse être entièrement mobilisée. C'est pourquoi nous nous sommes limités à majorer certains des niveaux calculés pour tenir compte d'une éventuelle mobilisation partielle de la charge, au droit des sections soumises aux plus fortes vitesses.

Par ailleurs, ces cotes ont une précision absolue d'environ plus ou moins 20 cm. Par contre les dénivelées entre deux crues de périodes de retour différentes sont précises puisque les imperfections du modèle sont sensiblement les mêmes pour chaque calcul.

Vitesses d'écoulement

Le modèle permet d'évaluer les vitesses d'écoulement dans le lit mineur et les lits majeurs rive droite et rive gauche. Il s'agit de vitesses moyennes.

La vitesse maximale observée sur la zone s'élève à 4,20 m/s, pour la crue centennale, sous le pont P13P. En dehors des sections P13P et P12 (qui correspondent à la partie la plus pentue du profil en long, les vitesses en lit mineur, sans être négligeables, ne sont pas susceptibles de provoquer des dégradations très importantes.

Les vitesses en lit majeur sont faibles. Toutefois, le lit majeur étant par endroits très large, les vitesses peuvent être localement plus élevées, notamment dans les points bas. En outre, ces vitesses ne doivent pas être considérées comme constantes : elles varient en fonction du remplissage et de la vidange des lits majeurs.

3.4 Conditions d'écoulement actuelles

Les résultats qui précèdent vont nous permettre de décrire les conditions d'écoulement actuelles. Celles-ci sont intéressantes, à la fois pour évaluer les risques d'inondations dans l'état actuel et pour mieux adapter ensuite les aménagements aux particularités de ces conditions d'écoulement.

La double page suivante représente le profil en long des écoulements dans les conditions actuelles. Les lignes d'eau relatives aux crues de période de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans y sont représentées (on rappellera que la crue centennale n'est qu'une grossière estimation). Le profil en long indique également le fond et les berges rive droite et rive gauche du lit mineur.

Il est aisé, par comparaison de la ligne d'eau et des cotes de berges, de déterminer si une crue est débordante ou non.

On constate ainsi que le lit mineur est capable de transiter la crue biennale sans aucun déversement (si l'on excepte la partie la plus aval, P2, sur laquelle on reviendra ultérieurement). La quinquennale est elle-même très peu débordante: en P12 et en P4 (débordement très limité en rive droite) et en P8 (débordement limité en rive gauche). Ce résultat est relativement exceptionnel: on constate généralement (en Nouvelle Calédonie et, il est vrai, sur des rivières plus importantes), que la capacité du lit mineur est de l'ordre de la crue annuelle. Cette capacité importante s'explique, à notre avis, par les nombreux curages dont la Tonghoué a déjà fait l'objet du fait de sa présence dans une zone urbanisée. Le lit apparaît en effet bien entretenu et largement dimensionné pour une rivière de cette taille.

Les assertions qui précèdent sont fausses sur la partie la plus aval du modèle, aux alentours de P2, où la capacité du lit mineur est un peu plus faible. Cela est logique si l'on considère qu'entre P6P et P0 la pente longitudinale diminue fortement, au fur et à mesure que l'on se rapproche de la zone de mangrove où la pente est quasiment nulle.

On remarquera également, entre P3 et P2, une zone de sédimentation, avant une chute importante au droit du pont de la Voie Express n°2. On en déduira que les déversements plus fréquents et la pente plus faible entre P6P et P2 provoquent une sédimentation plus importante, mais que les vitesses sont accrues sous l'ouvrage de la Voie Express n°2, ce qui entretient sa section.

Sachant que le tronçon aval (P6P - P2) déverse le plus fréquemment, intéressons nous maintenant à l'amont de P6P.

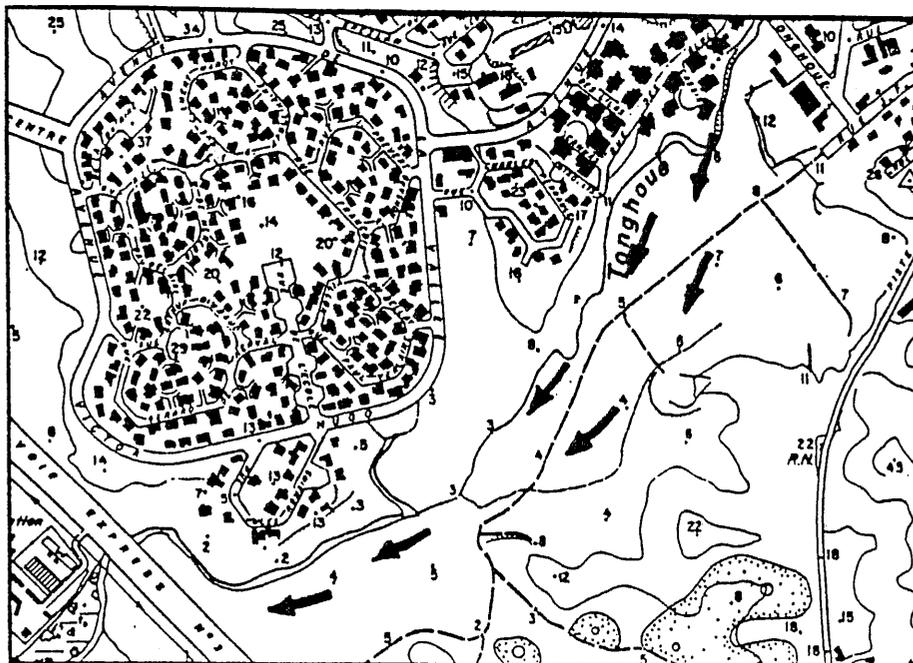
Si la crue quinquennale représente le début des déversements en certains points localisés, on peut par contre considérer que la crue décennale représente un déversement généralisé suffisamment important pour remplir les lits majeurs.

Il faut remarquer en effet que, comme beaucoup de rivières du Territoire, la Tonghoué présente un profil en travers de son lit majeur « en toit », c'est à dire que les berges sont plus élevées que les points les plus éloignés du lit majeur. Pour fixer les idées, en P8 par exemple, le point le plus haut de la berge rive gauche est à la cote 5,30 NGNC et le point bas du lit majeur rive gauche est à la cote 3,80 NGNC, soit 1,5 mètre de dénivelée ; en P10, cette dénivelée est de 1 mètre environ. En rive gauche, toutes les sections entre P12 et P2 sont concernées par ce type de profil à l'exception de P6P, le profil de la route (réalisée en remblais) annulant ce phénomène naturel. Le profil en toit est accentué du fait de la présence d'un affluent quasiment parallèle à la Tonghoué. Lors des crues débordantes, la Tonghoué déverse donc dans son lit majeur rive gauche jusqu'à rejoindre son affluent qui retourne ce débit déversé à la Tonghoué au droit de P6P. Ce



phénomène sera d'autant plus marqué que la crue sera faiblement débordante. En effet, pour la crue décennale, limite du déversement généralisé, il est très possible d'observer un écoulement perpendiculaire à l'axe de la rivière, conduisant à remplir directement le lit majeur (voir schéma ci-contre).

De même, en début de déversement, la Tonghoué remonte son affluent par l'aval. Par contre, pour la crue centennale, présentant des cotes et des volumes plus élevés, il est probable que l'on observera un écoulement d'ensemble (lit mineur + lit majeur) parallèle au lit mineur (voir schéma ci-dessous). Autrement dit, le champ des vitesses



d'écoulement risque de varier avec l'importance de la crue (ce phénomène, qui se produit à la limite du déversement, existe sur toutes les rivières mais comme cette limite de déversement concerne alors une crue beaucoup plus faible, il est généralement négligé).

En rive droite (toujours en amont de P6P), compte tenu de l'étroitesse du lit majeur d'une part et de la présence des remblais du lycée d'autre part, seule P6P présente encore un profil en toit (en rive droite, le profil de la route suit le terrain naturel). En outre, la présence de constructions à l'amont et à l'aval immédiat de P6P limite les possibilités de remplissage et vidange de ce lit majeur. Il est clair que ces aménagements ont très fortement limité la capacité du lit majeur à cet endroit, à tel point qu'il est maintenant envisageable de le supprimer totalement (ce qui permet de signaler que les conditions d'écoulement actuelles ne reflètent plus, depuis longtemps, les conditions d'écoulement « au naturel »).

Il est intéressant de connaître les capacités maximales des trois ouvrages d'art du tronçon étudié (P13P, P6P et P1P) puisqu'elles représentent des limites aux aménagements. Nous définirons cette capacité comme le débit pouvant passer sous le seul ouvrage (à l'exclusion des lits majeurs) avec une hauteur d'eau maximale (c'est à dire sans tirant d'air vis-à-vis de la cote sous-poutre de l'ouvrage mais avant mise en charge).

Le pont P13P (biais, de section droite $10 \times 3 = 30 \text{ m}^2$, sous-poutre à 9,05 NGNC) peut transiter la crue décennale avant mise en charge. Il s'agit d'un pont cadre dont on ne voit pas le radier bas. Il est possible que sa capacité puisse être augmentée soit par curage, soit automatiquement, par auto-curage au cours des fortes crues.

Le pont P6P (de section $9,30 \times 4 = 37,2 \text{ m}^2$, sous-poutre à 4,10 NGNC) peut transiter la crue vingtennale dans les mêmes conditions.

Le pont de la Voie Express n°2, P1P (pont à poutre, sur culées et 2 piles, de 35 m de long, sous-poutre à 2,35 NGNC) peut transiter la crue cinquantennale.

En pratique, la mise en charge des ouvrages leur permet d'évacuer une crue encore supérieure, de l'ordre de la crue de période de retour immédiatement supérieure. Le seul ouvrage susceptible de véritablement déverser dès la crue cinquantennale est P13P, les deux autres peuvent transiter la crue « centennale » en passant en charge et avant débordement. La capacité maximale est offerte par P1P qui, rappelons-le, draine un bassin versant total un peu plus grand que les autres (6,5 km²).

Le dimensionnement de ces ouvrages est donc généreux. Cela peut s'expliquer par les curages fréquents dont a fait l'objet la Tonghoué : la présence d'un lit mineur important invite à dimensionner les ouvrages en conséquence. Par ailleurs les formules hydrologiques utilisées par les aménageurs pour déterminer les débits servant de base au dimensionnement de ces ouvrages sont proches de celles que nous avons utilisées. On remarquera cependant que nous avons évalué des capacités à la limite de la mise en charge, voire en charge, alors que les aménageurs de routes considèrent plutôt la capacité avec un tirant d'air conséquent (de l'ordre du mètre, afin d'éviter les dégradations de tabliers). Compte tenu de l'expérience, il s'avère que les ouvrages cadres, comme ceux en P6P et P13P sont aptes à travailler en charge. Par contre, s'agissant de doubles cadres (avec, par conséquent, une pile centrale), il est vrai que des

embâcles d'arbres peuvent se produire, ce qui limite temporairement la section utile des ouvrages. Un entretien des ouvrages est fortement recommandé, après chaque crue ayant déposé un embâcle contre la pile.

L'incidence de la marée étant souvent invoquée par les riverains des cours d'eau à proximité de leurs embouchures, on peut préciser que les résultats présentés plus haut ont été établis en supposant une marée haute, cas évidemment le plus défavorable pour ce qui concerne les cotes d'inondation.

Toutefois, l'influence de la marée s'avère très limitée. En termes d'espace tout d'abord puisqu'en comparant les lignes d'eau de crues lors d'une marée basse et lors d'une marée haute, on constate qu'elles ne diffèrent qu'en aval de P6P. En termes de hauteurs d'eau également puisque, pour la crue la plus forte et en P2, la cote d'inondation ne varie que de 0,50 m environ en fonction de la marée.

La faible incidence de la marée est due à deux raisons: la première est que P0 est déjà relativement éloigné de l'embouchure proprement dite (et par conséquent les conditions physiques de l'écoulement prévalent sur les conditions aux limites aval) ; la deuxième c'est que la pente longitudinale de l'écoulement présente une forte augmentation en amont de P6P.

En résumé, dans l'état actuel:

La capacité du lit majeur permet le transit quasiment sans déversement de la crue quinquennale entre P13P et P6P.

En aval de P6P la capacité du lit mineur est plus faible et difficile à améliorer compte tenu de la diminution de la pente d'écoulement.

En amont de P6P, le déversement en rive gauche est généralisé dès la crue décennale, mais le champ de vitesses en lit majeur demeure aléatoire tant que la crue n'est pas véritablement exceptionnelle.

Le déversement en rive droite, limité aux environs de P6P, s'il existe dès la crue vingtennale d'après les calculs, ne pourra que difficilement être efficace en raison de la présence de bâtiments et remblais.

Les ouvrages d'art P1P, P6P et P13P sont correctement dimensionnés.

4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

Les propositions d'aménagements qui suivent découlent de l'analyse des conditions d'écoulement actuelles à laquelle nous venons de procéder.

On admettra que la crue de projet (c'est à dire la crue qui ne provoquera aucun désagrément) est la crue de période de retour 20 ans (crue vicennale, ou encore vingtennale).

4.1 LES OUVRAGES D'ART

Il est inutile de modifier les ouvrages d'art existants en P1P, P6P et P13P, leur capacité étant suffisante pour transiter la crue de projet et même davantage.

Tout au plus peut-on suggérer, pour P13P, de le curer afin de rétablir sa pleine section et de traiter son entonnement et sa restitution de façon à améliorer l'auto-curage. Il n'est cependant pas certain que cela soit nécessaire, cet auto-curage ayant probablement lieu naturellement en crue.

Par ailleurs il est utile de rappeler que les ouvrages d'art peuvent nécessiter un nettoyage en fin de crue (enlèvement des embâcles d'arbres, surtout sur P13P et P6P).

4.2 LE TRONCON AVAL : P1P / P6P

Entre les deux ponts P1P et P6P, il est illusoire d'atteindre une protection contre la crue vingtennale.

Même s'il était possible de donner à la rivière la section adéquate pour passer ce débit, il y a tout lieu de penser qu'une sédimentation rapide réduirait ces efforts à néant. Quelques calculs sur ce tronçon ont par ailleurs montré que les travaux qui permettraient d'obtenir une baisse des cotes d'inondations seraient importants. Par exemple, pour éviter que la crue décennale ne déborde en P2 et P4, il faudrait élargir le lit mineur à une trentaine de mètres, ce qui nécessiterait l'évacuation de 20.000 m³ de remblais (il ne s'agit que d'ordres de grandeur).

Toujours dans cette zone P1P / P6P, il faut signaler la présence d'un autre talweg, en extrémité de lit majeur rive gauche, correspondant à un affluent rive gauche en provenance de l'hypermarché. La route d'accès rive gauche au pont P6P (Voie Urbaine n° 128), qui est parallèle au fond du talweg de ce creek, sépare ses eaux en deux

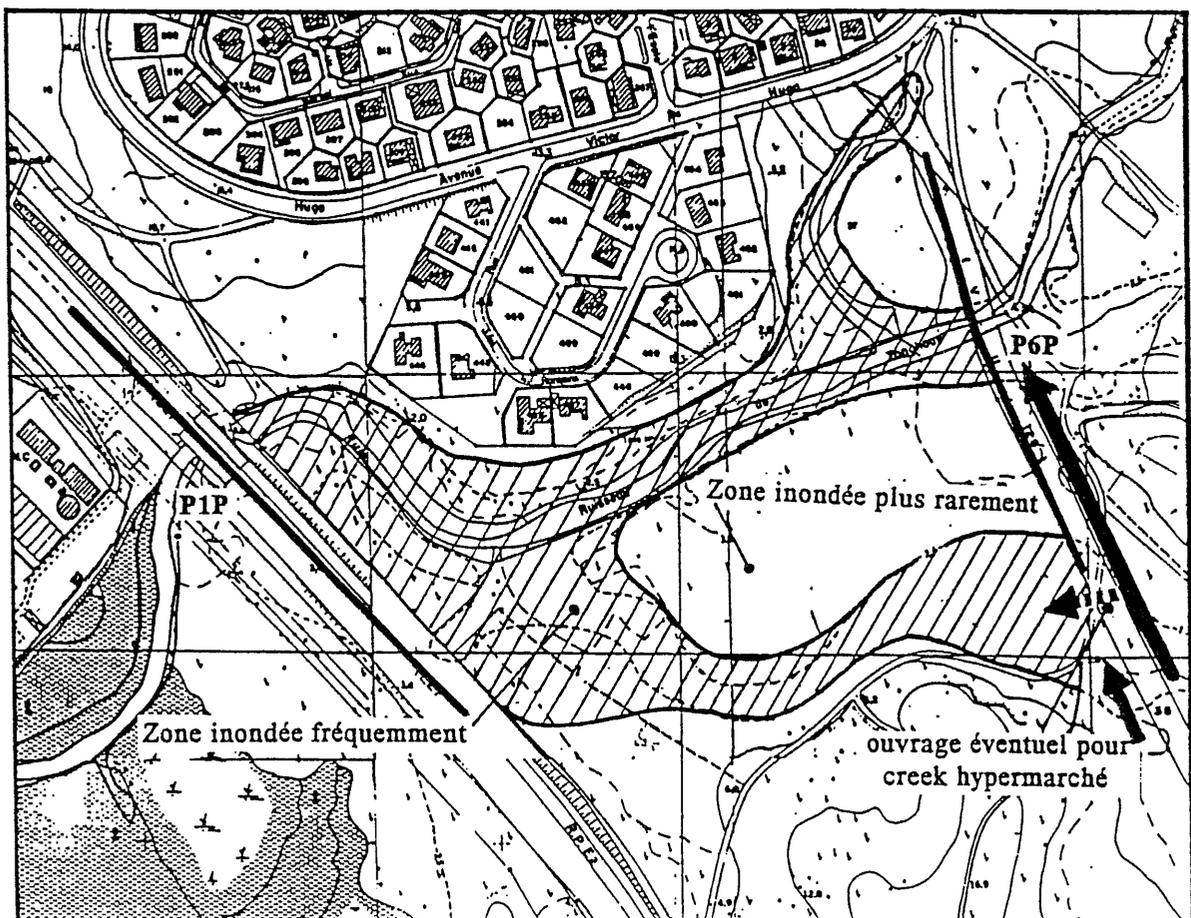
parties, chacune suivant un fossé de la route. Une partie de ces eaux rejoint donc la Tonghoué en amont du pont P6P.

Nous pensons que ce talweg doit être conservé, ne serait-ce que pour évacuer les eaux provenant du caniveau Ouest de la VU n° 128.

Si des crédits s'avèrent disponibles pour cela, il ne paraît pas inutile de rejeter dans son talweg d'origine, la partie des eaux de cet affluent qui rejoint la Tonghoué en amont de P6P, en créant un passage sous la VU 128. On soulagerait ainsi le pont P6P, un peu moins généreusement dimensionné que P1P. En outre la position actuelle de cette confluence perturbe l'écoulement à l'amont immédiat du pont P6P. La section à donner à ce cadre dépend de la part de débit qui suit chaque caniveau de la route. D'après la forme du bassin versant, ce caniveau reçoit environ les 2/3 du débit. Pour qu'il représente une capacité équivalente à celle des autres ouvrages, il faudrait lui donner une section de 3 à 4 m².

Ne pas améliorer les conditions d'écoulement dans la zone P1P / P6P ne signifie pas pour autant ne pas l'utiliser. Les parties les plus basses, inondées très fréquemment, peuvent être transformées en parc, dans la mesure où un curage léger peut permettre de créer des plans d'eau par le jeu des marées. La partie la plus haute, descendant entre les deux talwegs, de P6P jusqu'en amont de P2, qui n'est inondable qu'à partir de la crue quinquennale (voire décennale selon les endroits), peut être utilisée pour des aménagements peu sensibles aux inondations (équipements sportifs, parkings, etc.).

Ces dispositions sont représentées sur le plan ci-dessous, à l'échelle approximative du 1/4000ème.



4.3 LE TRONCON EN AVAL DE P1P

En aval du pont de la Voie Express n°2, la Tonghoué traverse, jusqu'à son embouchure, une zone de mangrove dense qui a tendance à se refermer sur son chenal.

A l'heure actuelle, la capacité d'écoulement semble correcte mais à terme, un entretien de cette zone peut s'avérer souhaitable.

Pour permettre l'accès des engins de curage, il sera alors nécessaire de mettre en place une diguette longitudinale, de préférence en rive droite, où elle existe déjà partiellement et où l'étendue de la mangrove est plus limitée. La hauteur de cette diguette, constituée de matériaux porteurs mis en place sur la vase, ne dépassera pas la cote des marées les plus hautes, soit 1,10 NGNC.

4.4 LE TRONCON AMONT : P6P / P13P

En amont de P6P et en rive droite, la Tonghoué est adossée à des reliefs naturels ou artificiels (remblais du lycée). Le lit majeur est peu étendu. Les débordement dans ce lit majeur sont peu préjudiciables, hormis en P6P où nous avons vu qu'il était envisageable de le supprimer.

En amont de P6P et en rive gauche, le déversement se produit en direction du talweg parallèle à la Tonghoué. Il intéresse ainsi une large zone aussitôt qu'il commence à se produire. Il est donc très préjudiciable, d'autant plus que les hauteurs d'eau au fond de ce deuxième talweg sont importantes dès les premières crues déversantes (par exemple, au point le plus bas du lit majeur rive gauche de P8, si la crue « centennale » atteint 1,60 mètre d'épaisseur d'eau, la crue vicennale atteint déjà 1,20 mètre).

A priori, les aménagements sur ce tronçon devront donc avoir pour objectif de limiter les débordements et leurs conséquences en lit majeur rive gauche.

Pour ce qui concerne la limitation des débordements, il suffit de donner au lit mineur la capacité correspondant à la crue de projet. Si un tel objectif s'avère souvent trop ambitieux sur les autres rivières du Territoire parce que leur capacité initiale est bien moindre que celle de ce tronçon de la Tonghoué, il est par contre relativement aisé à atteindre ici.

Pour ce qui concerne la limitation des conséquences des déversements en lit majeur (qui se produisent toujours : au delà de la crue de projet), on peut imaginer plusieurs solutions:

- les déclarer acceptables.
- intervenir sur le profil en travers du lit majeur.
- mettre en place une digue sur la berge rive gauche.
- dévier la Tonghoué

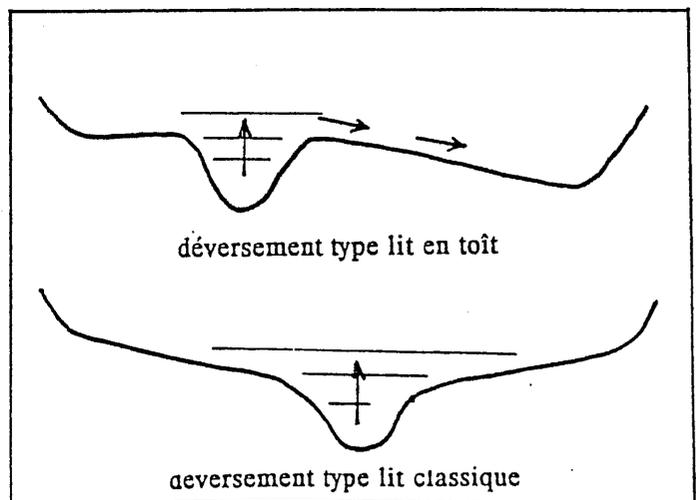
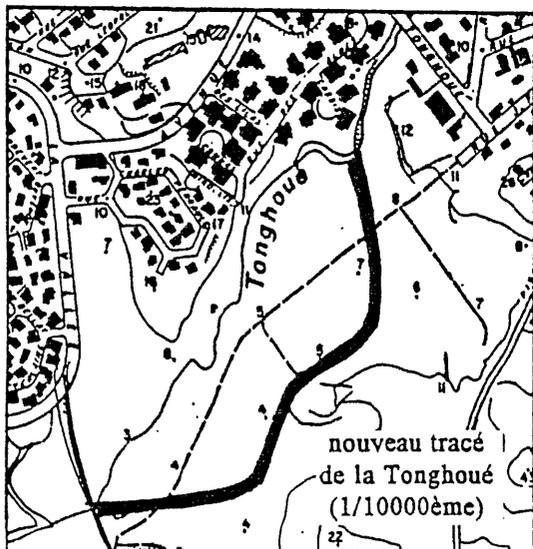
Détaillons chacune de ces possibilités :

Pour déclarer les dégâts acceptables au delà de la crue de projet, il faut qu'ils demeurent relativement limités et uniquement matériels. Il va de soi qu'il faudra alors exclure la construction de bâtiments dans les zones les plus basses du talweg parallèle à la Tonghoué puisque l'on y observe des niveaux d'eau trop élevés. Parc de loisirs, équipements sportifs, voiries pourront par contre occuper ces zones, mais les constructions devront être limitées aux parties les plus hautes, y compris à proximité de la Tonghoué (puisque le déversement, à proximité des berges, se fait sous une hauteur d'eau bien moindre).

Intervenir sur le profil en travers du lit mineur est habituellement inconcevable compte tenu des volumes de matériaux à mettre en oeuvre. Pourtant, dans le cas présent, il existe sur place de très importantes quantités de scories qui pourraient être étalées dans le lit majeur de façon à lui redonner une pente vers le lit mineur de la Tonghoué (en conservant, naturellement, le talweg évacuant l'affluent parallèle à la Tonghoué, c'est à dire en créant un point haut entre les deux talwegs).

Mettre en place une digue longitudinale sur la berge rive gauche a pour objectif de supprimer le déversement en surélevant la berge pour contenir le débit dans le lit mineur. Ce procédé a deux inconvénients : le premier, c'est que cette digue risque toujours de subir un déversement (si la crue centennale ne déverse pas, la crue immédiatement plus rare déversera) ; le second c'est que les dégâts occasionnés en cas de rupture sont plus importants que s'il n'y avait pas eu de digue (puisque l'on doit faire face à une onde de rupture, à partir de niveaux plus élevés). Nous sommes généralement hostiles à la solution digue en Nouvelle Calédonie mais il faut reconnaître que ce tronçon de la Tonghoué s'y prête relativement bien : *a priori*, une digue ne dépassant pas environ 1 mètre de hauteur (donc facile à rendre sûre) pourrait contenir la crue centennale et en outre la zone endiguée peut être facilement drainée grâce au talweg de l'affluent.

Enfin, dévier la Tonghoué consisterait à lui faire emprunter un tracé qui l'amène directement au fond du talweg de son affluent, en ouvrant un chenal entre la Tonghoué en P11 et le talweg en P10 et en le prolongeant ensuite jusqu'à la confluence avec la Tonghoué, soit P6P. Ce chenal devrait lui-même avoir une section lui permettant de transiter la crue de projet. Ainsi, lors des déversements, l'eau monterait progressivement dans son lit majeur au lieu d'être précipitée dans une pente (voir croquis ci-dessous).



Cette dernière solution ne paraît cependant pas très réaliste puisque, la section du chenal étant comparable à celle que nous établirons plus loin pour la Tonghoué, soit environ 40 à 50 m³/ml, il faudrait ainsi déplacer de l'ordre de 30 à 40.000 m³ de matériaux pour le créer. En outre, le point de dérivation de la Tonghoué devrait être particulièrement protégé pour éviter que celle-ci ne reprenne son ancien lit au cours d'une crue. Que faire de cet ancien lit ? Le conserver dans son état actuel entraînerait la perte d'un foncier important ; le combler coûterait cher. Par ailleurs, la modification du tracé du cours pourrait entraîner l'obligation de créer un ouvrage supplémentaire pour la voirie. Enfin, les réseaux d'assainissement aboutissant à l'actuelle Tonghoué devraient être collectés.

La solution consistant à dévier la Tonghoué nous paraissant devoir être écartée, la solution concrète qui sera mise en place sur le site représentera probablement un mélange des autres possibilités décrites ci-dessus. Par exemple, la voirie, si elle est proche du lit mineur et réalisée en remblais, peut être utilisée comme digue puisque son revêtement et son importante largeur la rendent plus résistante qu'une simple digue en terre. Ou encore, on peut utiliser les importants remblais disponibles sur le site pour créer une longue et large plate-forme parallèle à la Tonghoué, avec une légère pente en direction de son lit mineur, ce qui revient à recréer un lit majeur correctement penté mais sur une largeur relativement limitée, qui offre pourtant une sécurité au déversement bien supérieure à une digue étroite. Enfin, même si la digue est écartée, le redimensionnement du lit mineur imposera cependant de la créer sur certains tronçons où la berge est trop basse : il s'agit alors plutôt d'une reconstitution de berge, à partir des déblais provenant du curage, qui peut être faite sur une largeur suffisamment importante pour qu'il n'y ait pas de risque de rupture de cette « digue ».

Quelle que soit la solution de détail qui sera retenue par l'aménageur, nous allons maintenant nous attacher à lui fournir les éléments de son dimensionnement. Différentes sections de lit mineur ont été testées pour aboutir à une section type donnant satisfaction.

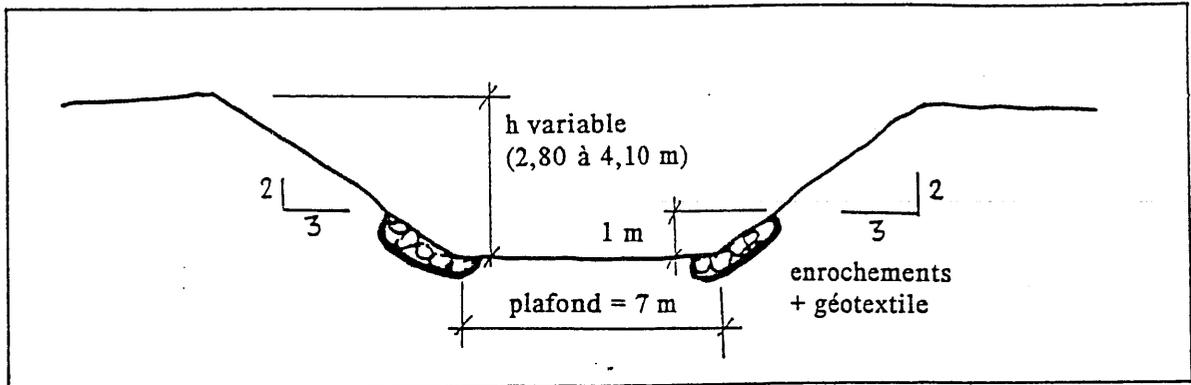
Ces calculs ont été réalisés à partir d'un modèle dit « aménagé » qui présente les caractéristiques suivantes :

- le tronçon P0 / P5 est inchangé.
- en P6P, le lit majeur rive droite est neutralisé par l'emploi de coefficients de remplissage très limitatifs.
- en amont de P6P les lits majeurs sont neutralisés jusqu'à la crue de projet, puisque cette-ci doit passer entièrement dans le lit mineur. De même, lors de l'étude du cas avec endigage, la totalité des lits majeurs rive gauche est neutralisée.
- le lit mineur est recalibré entre P6P et P13P.

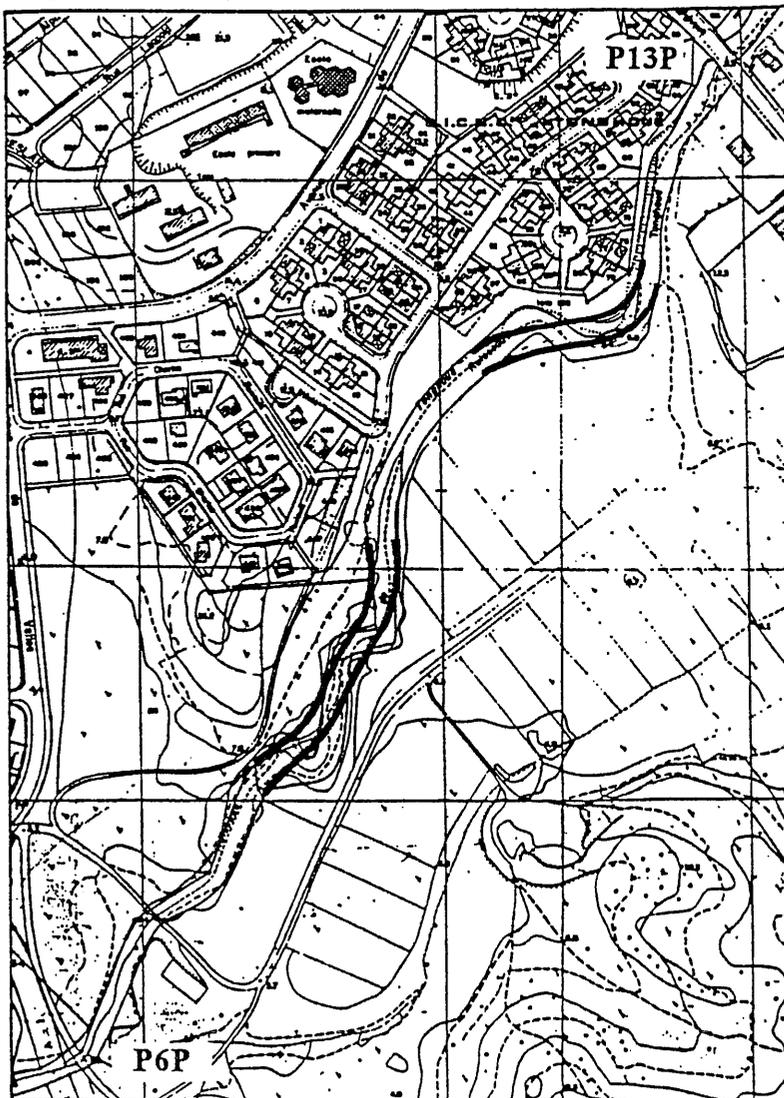
Ce nouveau lit mineur est caractérisé par une nouvelle section, une nouvelle pente et un nouveau tracé en plan.

La nouvelle section a été déterminée par essais successifs pour atteindre la capacité requise par la crue vingtennale en limitant le volume de terrassements. Elle est constituée d'un seul trapèze, de largeur au plafond 7 m et de pente de berges 2 en hauteur pour 3 en largeur (une section constituée de deux trapèzes imbriqués l'un dans l'autre a également été étudiée ; si cette disposition facilite l'auto-curage, il nous a

semblé, compte tenu des nombreux coudes que fait la rivière, qu'elle risquait de provoquer des dégâts plus importants sur les berges). Les berges sont protégées par la mise en place d'un cordon d'enrochements à la base des talus de berges, sur une hauteur de 1 m environ. Ces enrochements sont posés sur un géotextile. Le schéma suivant montre l'allure du nouveau lit mineur et ses dimensions.



La pente donnée au nouveau lit mineur n'est pas très éloignée de celle existant actuellement sur le tronçon. Elle correspond à une simplification en deux pentes uniformes, la première, de 0,01 m/m, entre P13P et P11, la seconde, de 0,006 m/m, entre P11 et P6P (en pratique, le raccordement entre ces deux pentes sera réalisé progressivement).



Le tracé en plan du lit mineur de la Tonghoué montre, notamment entre P8 et P9 et au droit de P11, des coudes un peu trop marqués, qui ont toutes les chances de se développer et accentuer la divagation de la rivière. Pour limiter ce risque, il est proposé (schéma au 1/4800ème ci-contre) de les redresser dans la mesure du possible, c'est à dire sans que cela entraîne des volumes de terrassement trop importants ni une fragilisation excessive des berges par remblaiement de portions de lit à combler. Le cas échéant, ces portions de berges devront être revégétalisées artificiellement après les travaux. Les protections par enrochements préconisées plus haut sont également là pour pallier ce problème dans le temps, en évitant de nouvelles amorces

de méandrement. Ces protections pourront être localement étendues jusqu'en tête de berge dans les extradots des courbes les plus sévères.

Les résultats obtenus, sans endigage de la rive gauche, sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Section	PK (km)	Cote fond NGNC	Cote berge R.G.	Cote crue (NGNC) (sans digue rive gauche)					
				2	5	10	20	50	100
T (ans)				2	5	10	20	50	100
Débit (m ³ /s)				24	52	72	90	113	130
P13P	1.378	6.00	9.35	7.75	860	900	935	980	1015
P12	1.344	5.46	8.31	695	780	815	850	885	900
P11	1.308	3.93	7.18	550	635	680	715	745	750
P10	1.054	3.04	6.65	465	550	600	630	670	700
P9	0.950	2.08	5.38	370	460	505	545	585	610
P8	0.890	1.23	5.30	295	380	430	470	510	535
P7	0.864	0.75	4.55	260	345	395	435	475	490
P6P	0.742	0.00	4.50	220	305	350	390	430	455

Note: les cotes fond sont déduites du profil en long recommandé.

Note: les cotes berges rive gauche sont celles existant actuellement

Note: ces cotes crues sont peu inférieures aux cotes au naturel, mais il faut se rappeler que dans le cas présent la crue vicennale passe entièrement dans le lit mineur sans déborder.

On peut constater que la crue vingtennale ne déverse plus (le dépassement de berge en P9 demeure marginal : il faut considérer que la berge sera mise à une cote suffisante du simple fait du curage de la rivière). Au delà de cette crue, les déversements en rives gauche et droite demeurent pratiquement inchangés (l'augmentation de la capacité du lit mineur est insuffisante pour diminuer sensiblement le débit déversé en lit majeur).

Ces lignes d'eau sont données sur le profil en long de la double page suivante qui montre également le positionnement de la digue qui permettrait de contenir la crue centennale sans déversement en rive gauche (mais en autorisant encore le déversement en rive droite).

Le calage de la digue en cote a été fait par essais successifs (le fait de confiner dans le lit mineur un débit qui auparavant déversait, entraîne une augmentation des cotes en lit mineur qui oblige à remonter la cote digue). Un résultat suffisamment du côté de la sécurité est obtenu avec le profil de digue retenu, qui est indiqué sur le même profil en long. La hauteur de la digue ne dépasse pas 1 mètre, elle a une pente égale à la pente du fond entre P13P et P11 (0,01 m/m), et une pente légèrement inférieure entre P11 et P6P (0,005 m/m). La marge de sécurité au déversement est plus importante en amont où les vitesses sont un peu plus importantes.

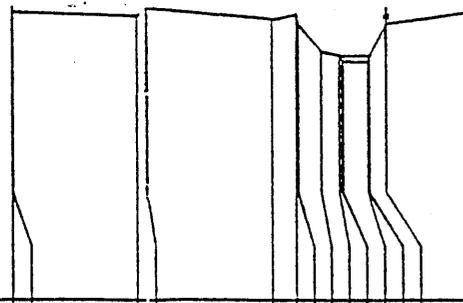
Profil 12
Le 22/07/1997

Echelle horizontale: 1: 1000

Echelle verticale: 1: 500

Plan de comparaison -10.000

Z eau 5.86



ALTITUDES TERRAIN NATUREL	8.99 8.71	8.44 8.93	8.19 8.53 7.94 8.12 8.68 5.47 5.45 5.88 7.95	8.68
NATURE DU TERRAIN		Végétation épars H 6		
DISTANCES PARTIELLES	0.05 0.05	16.55 1.37	16.53 3.29 0.33 3.17 2.43 0.51 3.36 0.21 2.22	10.65
DISTANCES CUMULEES	0.00 0.05	16.60 17.97	34.60 37.89 38.22 41.39 43.82 44.33 47.69 47.90 50.12	60.77

Profil 13

Le 22/07/1997

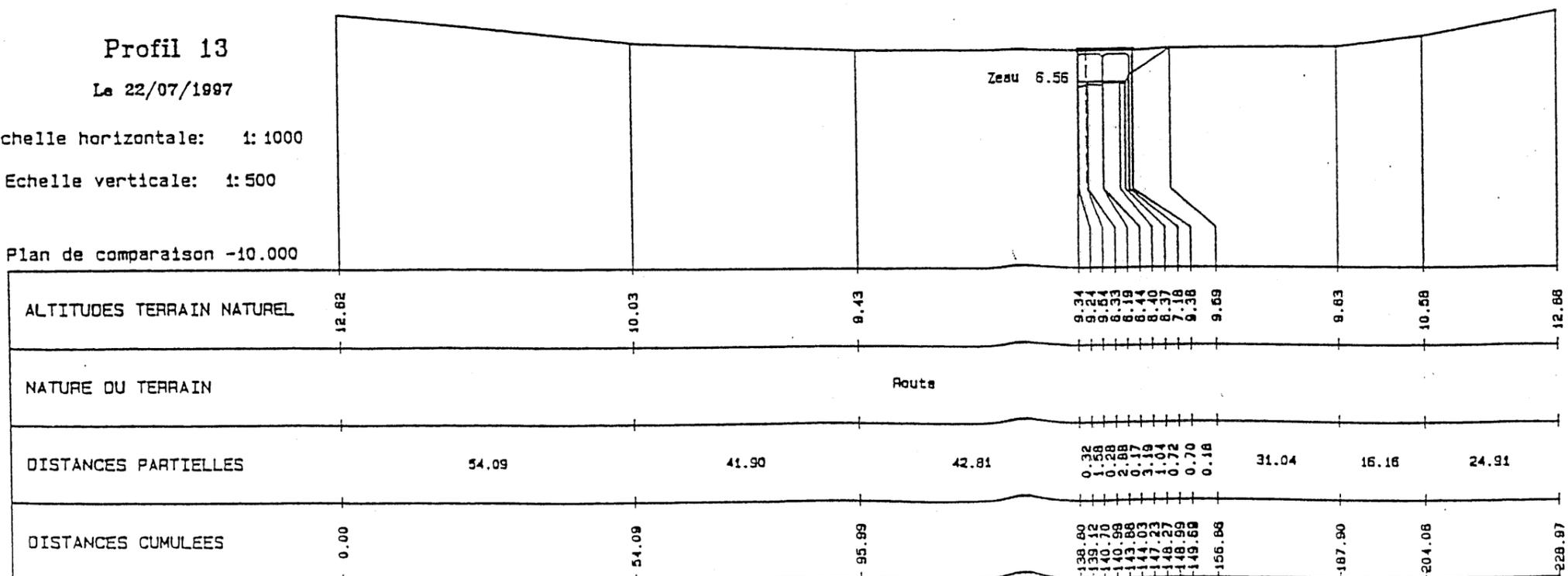
Echelle horizontale: 1:1000

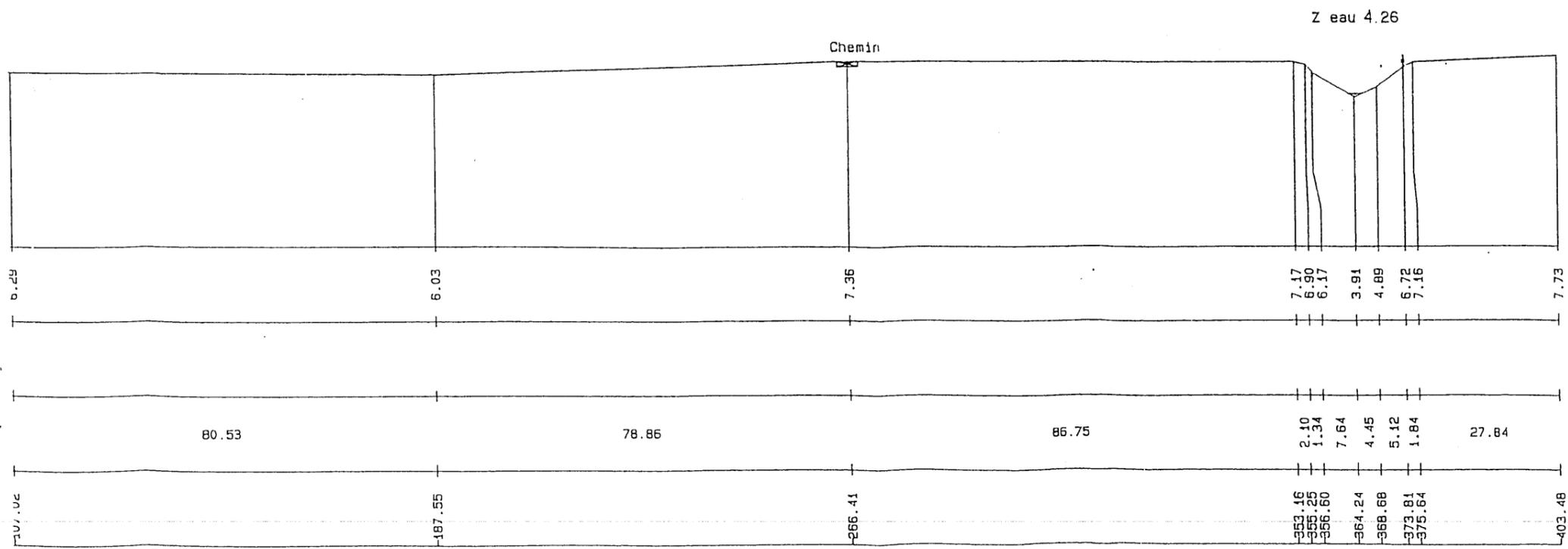
Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000

Pont

Zeau 6.55





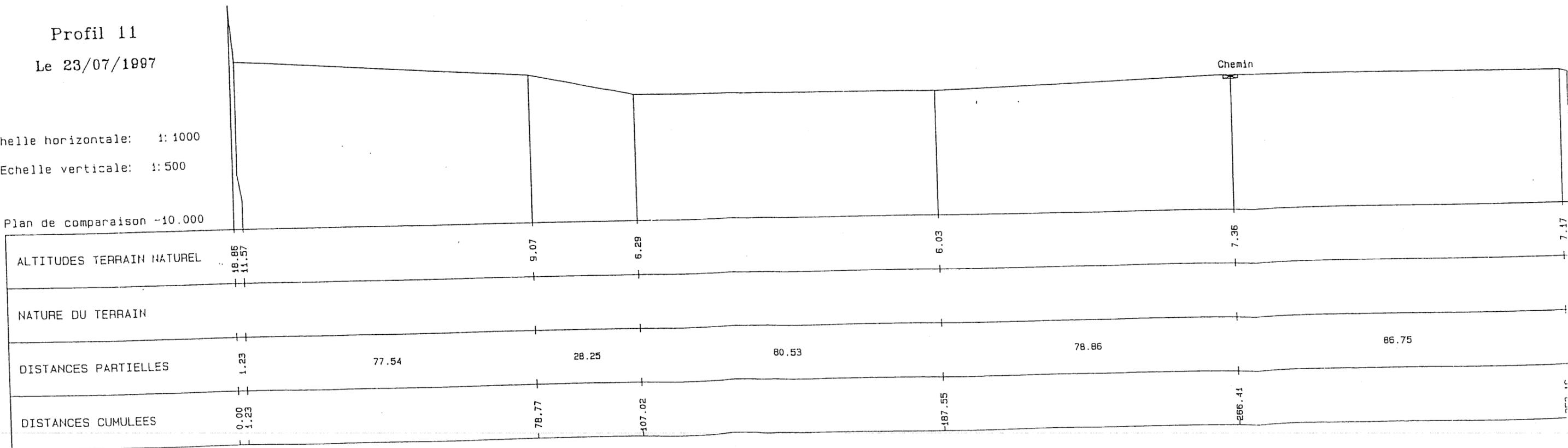
Profil 11

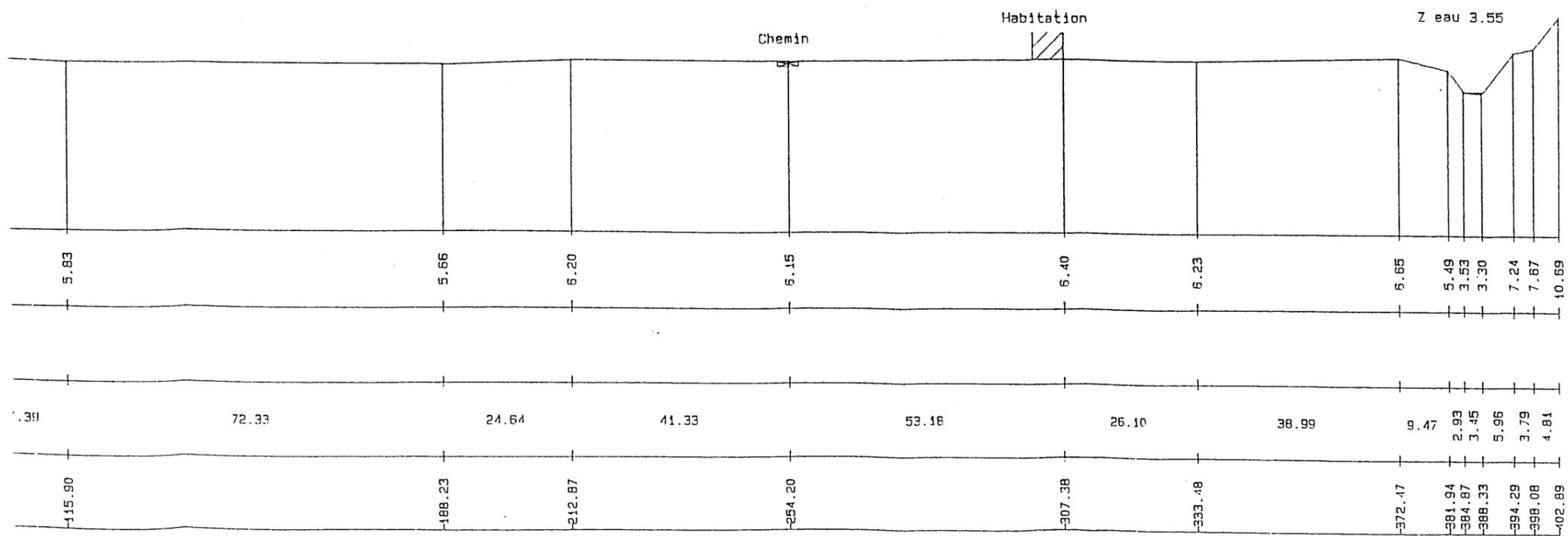
Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



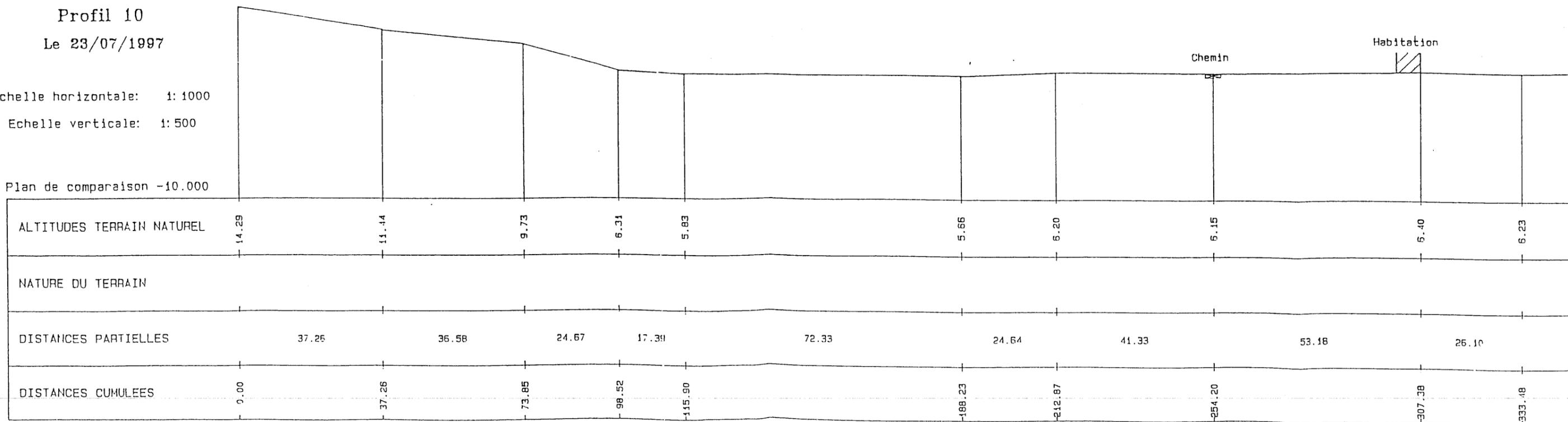


Profil 10
Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



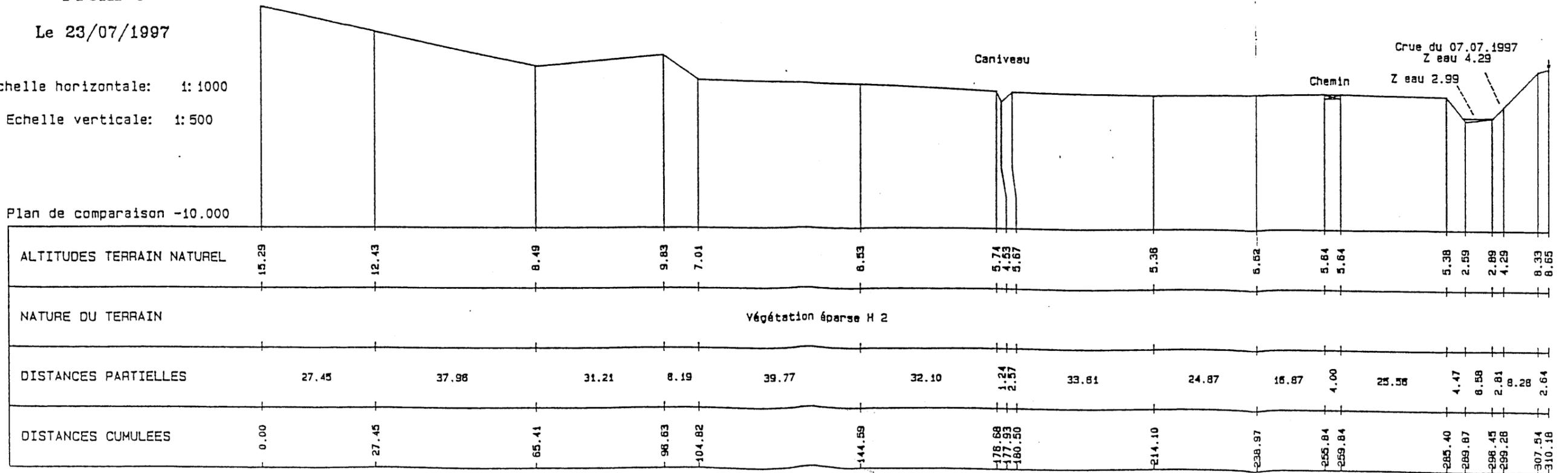
Profil 9

Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



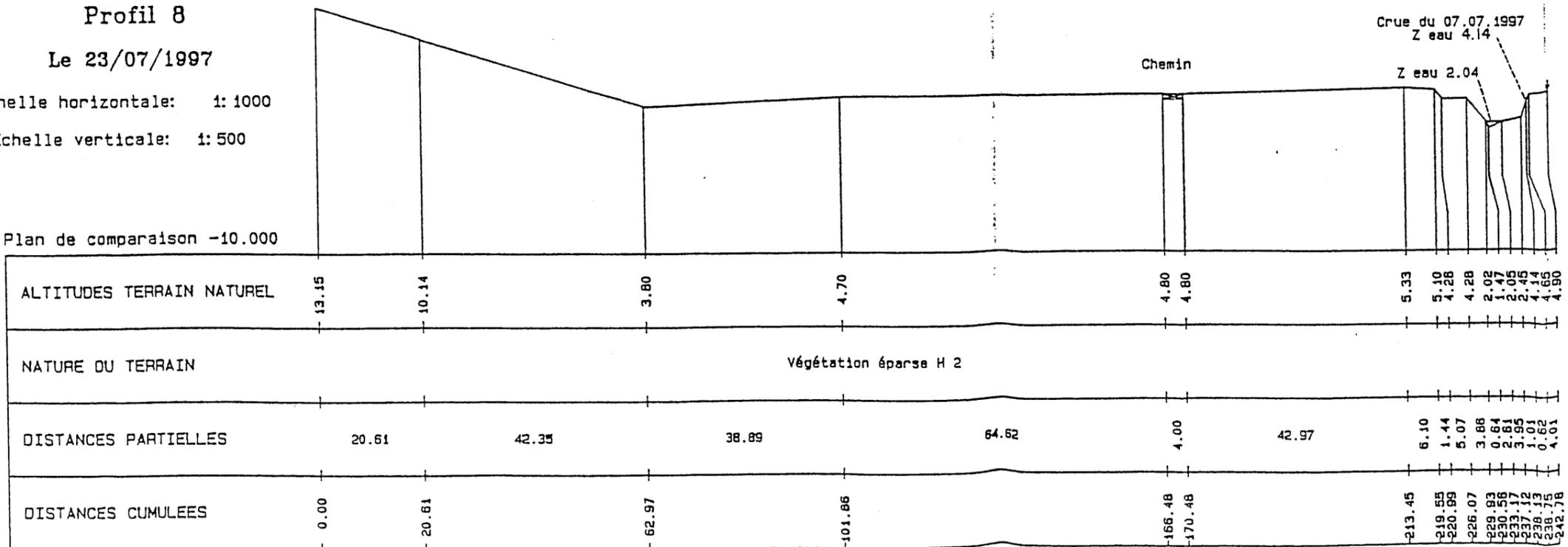
Profil 8

Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



Crue du 07.07.1997
Z eau 4.14

Chemin

Z eau 2.04

ALTITUDES TERRAIN NATUREL

NATURE DU TERRAIN

DISTANCES PARTIELLES

DISTANCES CUMULEES

Végétation éparse H 2

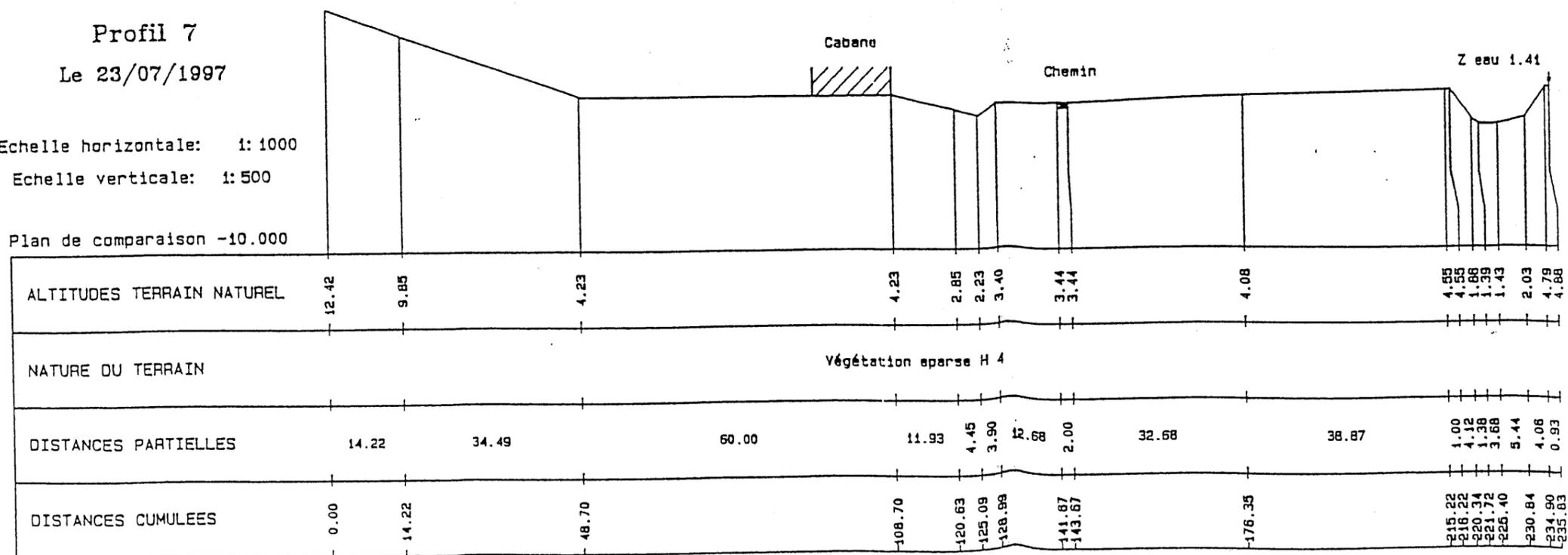
Profil 7

Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



Cabane

Chemin

Z eau 1.41

Végétation eparses H 4

ALTITUDES TERRAIN NATUREL

NATURE DU TERRAIN

DISTANCES PARTIELLES

DISTANCES CUMULEES

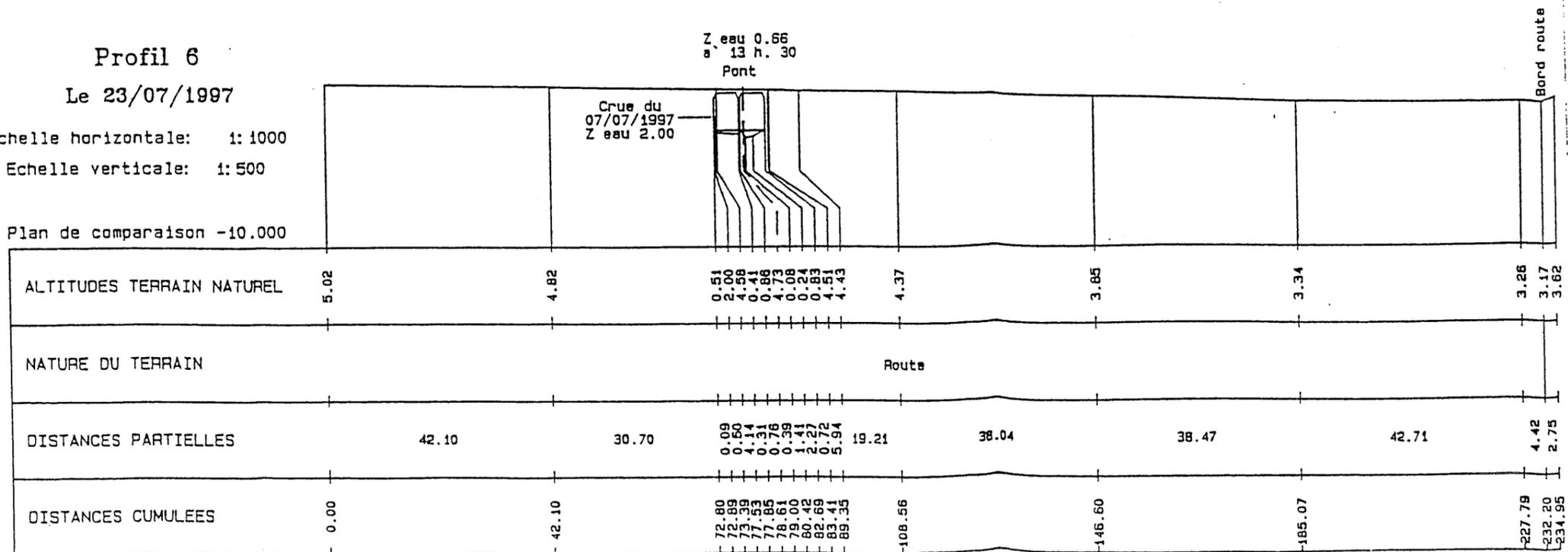
Profil 6

Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



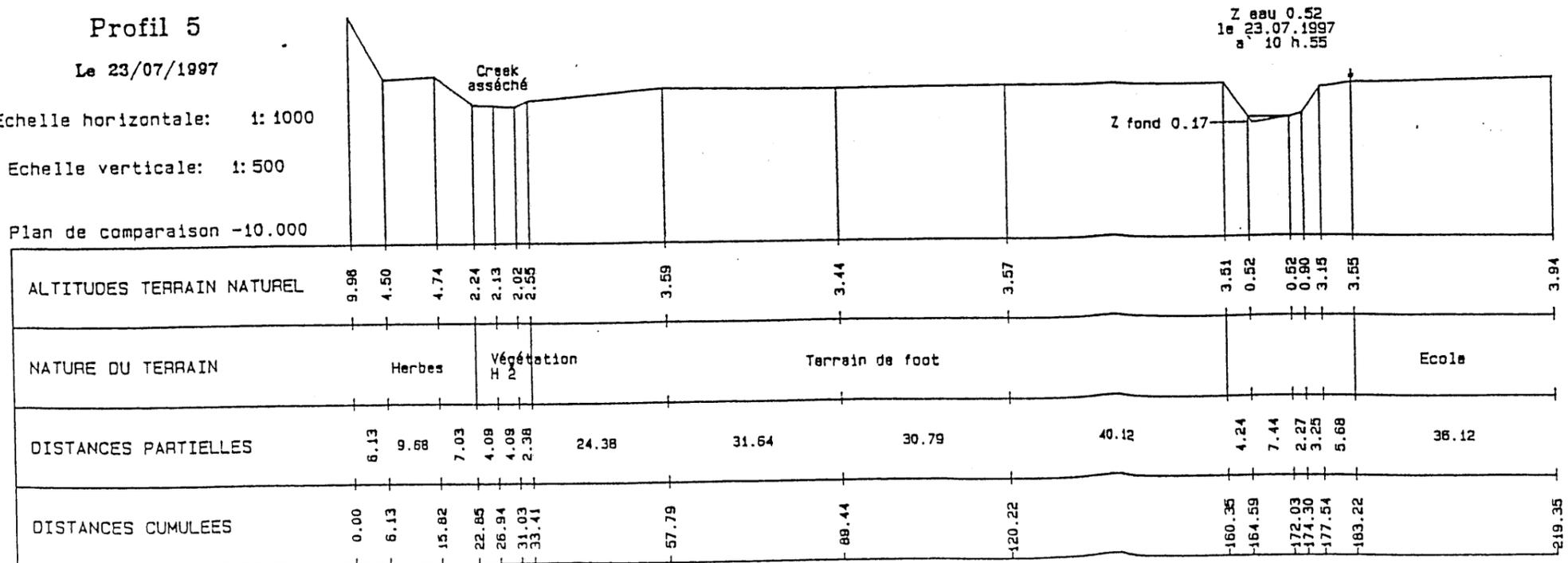
Profil 5

Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -10.000



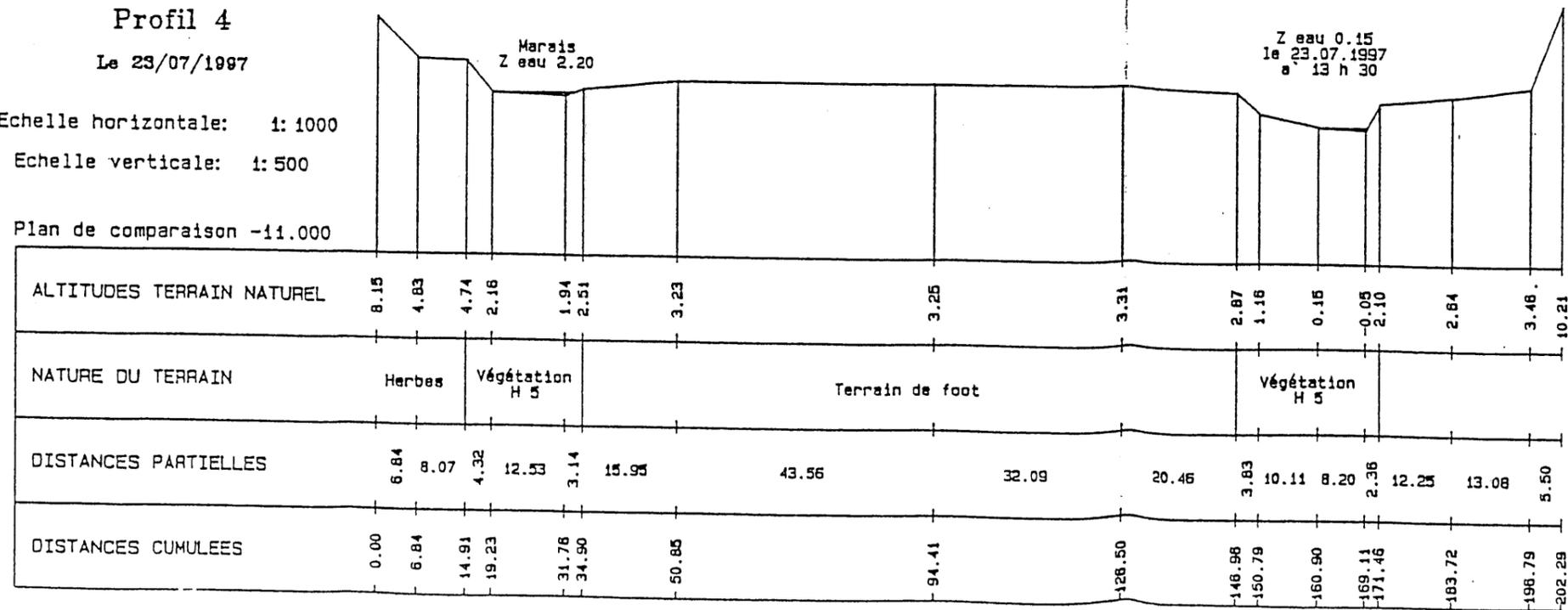
Profil 4

Le 23/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -11.000



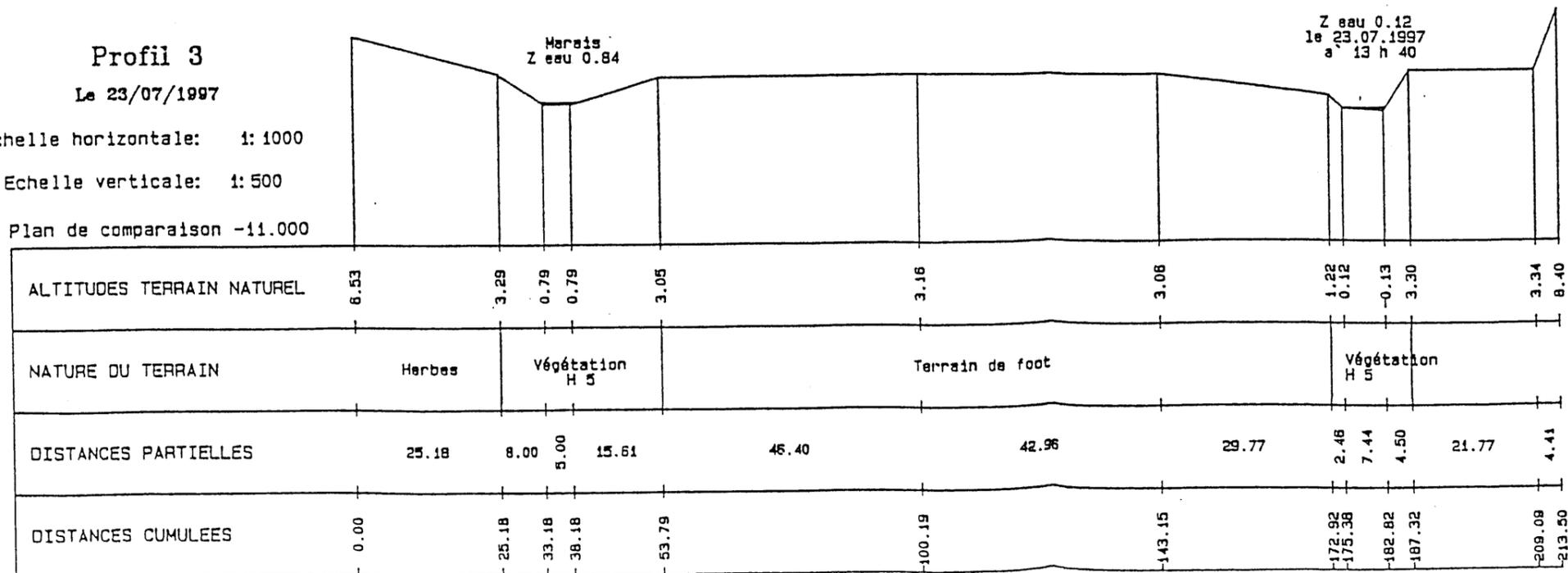
Profil 3

Le 23/07/1997

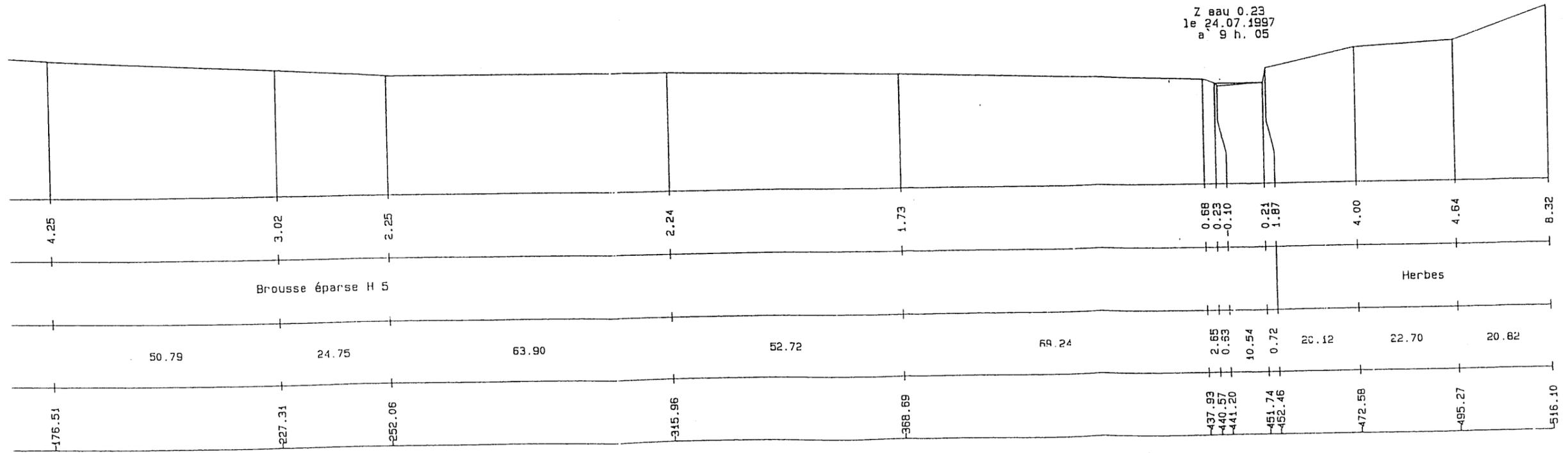
Echelle horizontale: 1:1000

Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -11.000



Z eau 0.23
1e 24.07.1997
a 9 h. 05



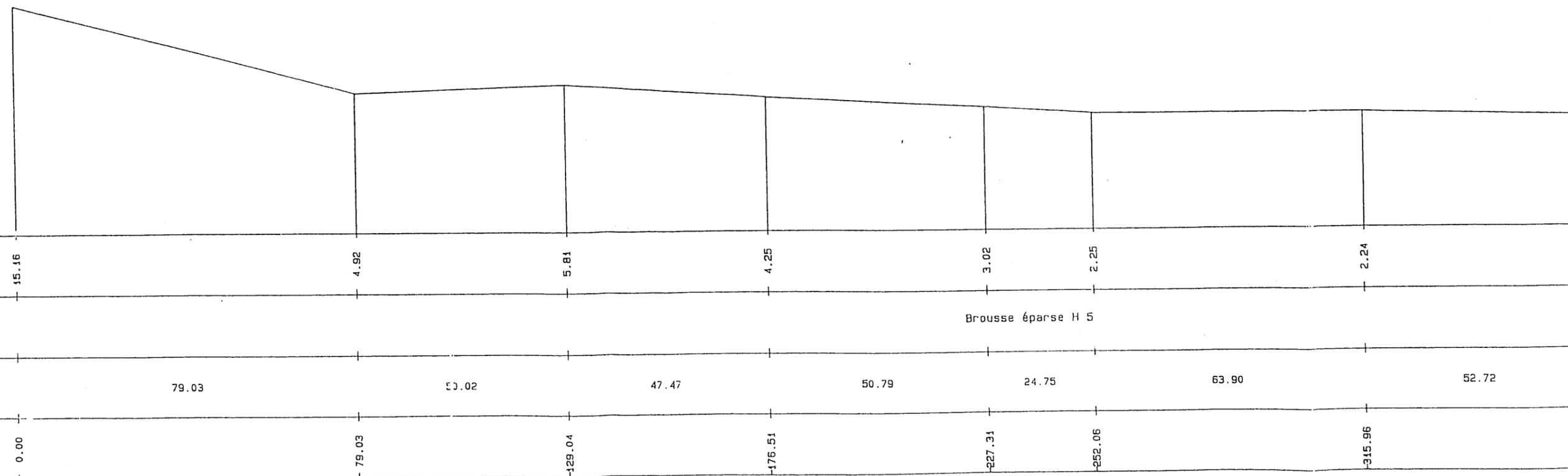
Profil 2

Le 24/07/1997

1/1e horizontale: 1:1000

1/2e verticale: 1:500

1/3e an de comparaison -11.000



1/4e ALTITUDES TERRAIN NATUREL

1/5e NATURE DU TERRAIN

1/6e DISTANCES PARTIELLES

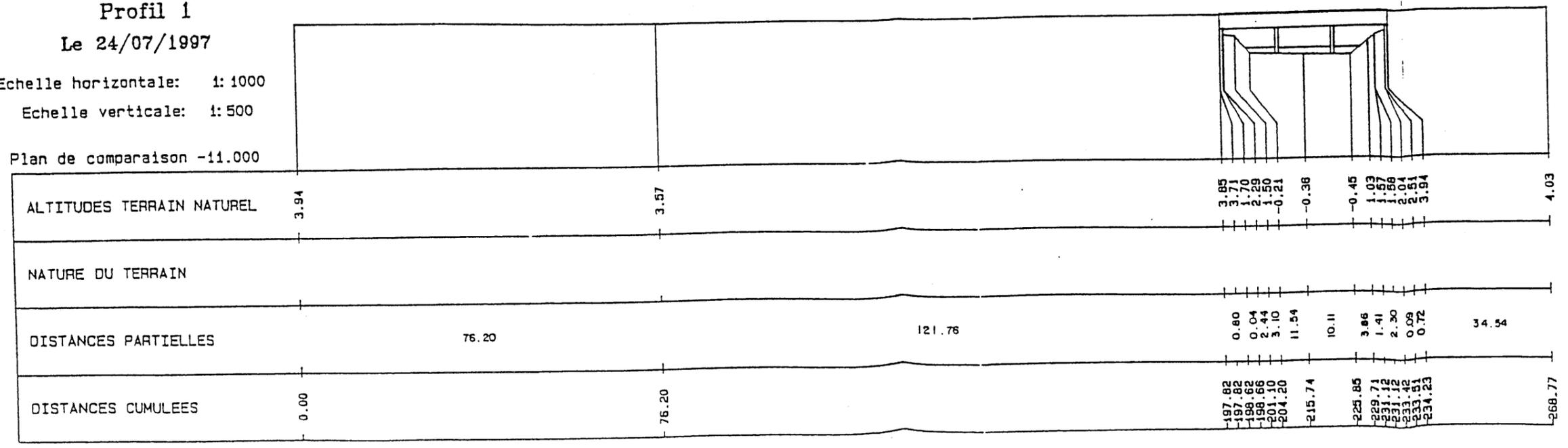
1/7e DISTANCES CUMULEES

Brousse éparses H 5

Z eau 1.36
 le 24/07/1997
 a 9 h. 45

Profil 1
 Le 24/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000
 Echelle verticale: 1:500
 Plan de comparaison -11.000

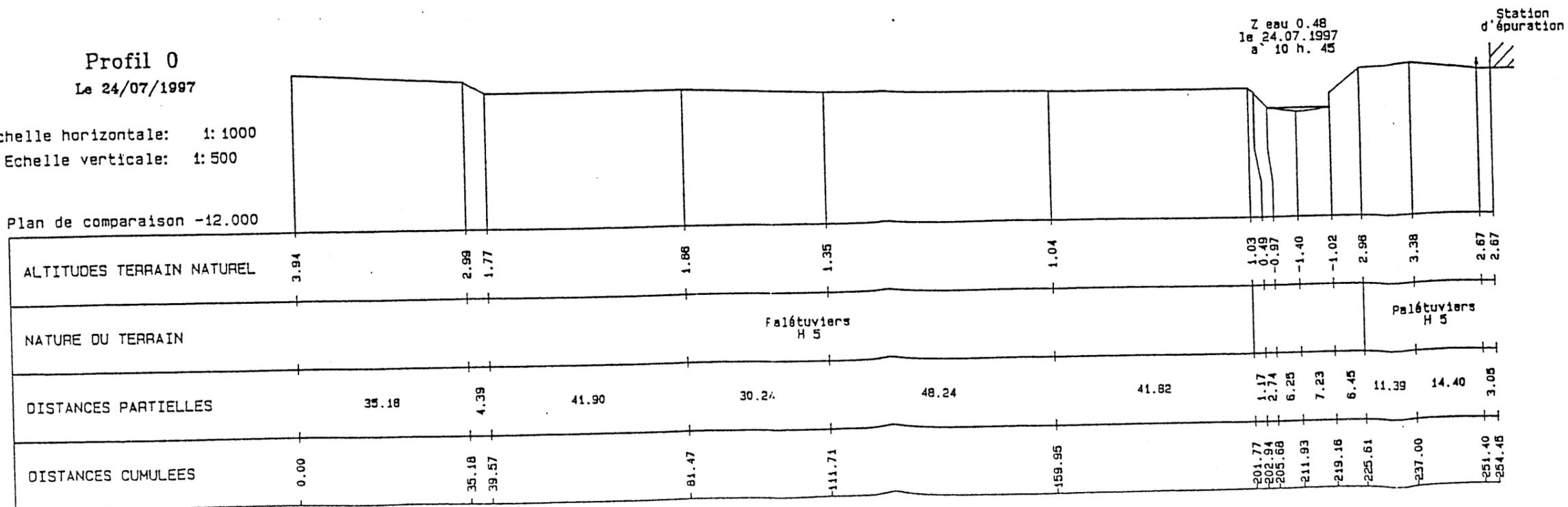


Profil 0

Le 24/07/1997

Echelle horizontale: 1:1000
 Echelle verticale: 1:500

Plan de comparaison -12.000



PROFIL EN LONG
TONGHOUE - AMÉNAGÉ

