



DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

=====

ROCADE SUD DE STRASBOURG
DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES
DE FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

=====

5 Octobre 1989

Jean-Pierre VANÇON

R 30016 ALS 4S 89

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

ROCADE SUD DE STRASBOURG

DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES
DE FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

5 Octobre 1989

R É S U M É

Dans le cadre de l'avant-projet de la rocade Sud de Strasbourg qui doit relier l'autoroute A 35 au Rhin, le Service Géologique Régional Alsace a réalisé une première étude qui portait sur la détermination des cotes des hautes eaux de la nappe phréatique au droit du tracé et l'impact éventuel sur la qualité des eaux souterraines. Afin de dimensionner avec précision l'ensemble du projet (cote du remblai, ouverture et cote sous poutre des ouvrages de franchissement, ouvrages hydrauliques à prévoir, etc...), la Direction Départementale de l'Equipement a demandé au B.R.G.M. Alsace de déterminer les conditions d'écoulement lors des crues de fréquence vingtennale et centennale pour les principaux cours d'eau et d'une façon générale sur l'ensemble du tracé routier.

Ce rapport présente les résultats obtenus en ce qui concerne les rivières Schwarzwasser et Rhin Tortu. Le débit de ces deux cours d'eau est régulé artificiellement. En période de hautes eaux, la remontée de la nappe phréatique au-dessus du niveau du sol provoque une augmentation de débit importante. On atteint une montée du niveau des eaux au droit de la rocade qui atteint 142,14 m pour le Schwarzwasser et 142,79 m pour le Rhin Tortu, ce qui entraîne pour ce dernier, un débordement sur une largeur d'une cinquantaine de mètres.

Ces résultats impliquent une bonne maîtrise des ouvrages de prise et un écoulement correct dans les cours d'eau. Le Maître d'Ouvrage devra donc utiliser ces données de base avec précaution, ces dernières pouvant être modifiées par tout aménagement hydraulique de ces cours d'eau qu'il conviendra de signaler pour en évaluer éventuellement leur effet.

Etude et rapport réalisés par :

- . Cl. KIEFFER et B. CONE pour les levés de terrain et leur traitement informatique et graphique,
- . G. KREBS et J.P. VANÇON pour les calculs statistiques et la modélisation.

25 pages, 14 figures, 5 photos, 2 annexes.

R 30016 ALS 4S 89

S O M M A I R E

=====

| | PAGES |
|---|-------|
| 1. PRESENTATION DU PROJET | 1 |
| 2. CARACTERISTIQUES DES COURS D'EAU | 1 |
| 2.1. Le Rhin Tortu | 1 |
| 2.2. Le Schwarzwasser | 4 |
| 3. DEBITS DES COURS D'EAU | 4 |
| 4. CARACTERISTIQUES DU MODELE RIO | 10 |
| 5. DETERMINATION DES LIGNES D'EAU | 16 |
| 6. CONCLUSIONS | 25 |

LISTE DES FIGURES

=====

- . Figure 1 : Plan de situation.
- . Figure 2 : Plan de situation des profils sur le Rhin Tortu et le Schwarzwasser.
- . Figure 3 : Rhin Tortu : profil en long, pente de la ligne d'eau.
- . Figure 4 : Schwarzwasser : profil en long, pente de la ligne d'eau.
- . Figure 5 : Rhin Tortu : jaugeage du 13/09/1989.
- . Figure 6 : Schwarzwasser : jaugeage du 13/09/1989.
- . Figure 7 : Ajustement statistique des hautes eaux de nappe : piézomètre 272-7-16.
- . Figure 8 : Modèle nappe-rivières.
- . Figure 9 : Rhin Tortu : calage sur la situation mesurée.
- . Figure 10 : Schwarzwasser : calage sur la situation mesurée.
- . Figure 11 : Schwarzwasser : calcul de la ligne d'eau en crue (situation actuelle au droit de la Rocade).
- . Figure 12 : Schwarzwasser : profil de la dérivation au droit de la Rocade.
- . Figure 13 : Schwartzwasser : profil en long détaillé de part et d'autre de la Rocade.
- . Figure 14 : Rhin Tortu : calcul de la ligne d'eau en crue (situation actuelle au droit de la Rocade).

LISTE DES PHOTOS

=====

- Photo 1 - Prises d'alimentation du Rhin Tortu, à partir du bassin de compensation de Plobsheim : vue de l'aval.
- Photo 2 - Le Rhin Tortu : vue prise à hauteur du profil 18 en direction de l'aval.
- Photo 3 - Prise d'alimentation du Schwarzwasser, à partir du Rhin Tortu, que l'on observe à l'arrière plan.
- Photo 4 - Le Schwarzwasser : vue prise à hauteur du profil 14.
- Photo 5 - Le Schwarzwasser sur son tronçon rectifié : vue prise à hauteur du profil 17.

LISTE DES ANNEXES

=====

- Annexe 1 - Profils en travers des cours d'eau.
- Annexe 2 - Jaugeages réalisés.

1. PRESENTATION DU PROJET.

Le projet de la rocade Sud contourne l'agglomération de Strasbourg en suivant une direction générale Ouest-Est. La figure 1 (plan de situation) présente le tracé retenu. Il débute dans le prolongement de la desserte de l'aéroport d'Entzheim (CD 400), et relie l'autoroute A 35 (au niveau de l'échangeur d'Entzheim) au secteur situé au Sud de Fort Hoche, en bordure du Rhin, où il est envisagé de construire un ouvrage de franchissement du fleuve.

Le tracé est orienté perpendiculairement à tous les écoulements. Il recoupe d'Ouest en Est :

- l'Ehn et l'Ergelsenbach légèrement en amont de leur confluent,
- l'Ill,
- une zone de gravières au Nord d'Eschau,
- le canal du Rhône au Rhin,
- le Schwarzwasser,
- le Rhin Tortu,
- le Weisswasser à proximité du Fort Hoche,
- le Rhin, point d'aboutissement du tracé.

Il est nécessaire de dimensionner les ouvrages de franchissement afin qu'ils permettent le libre écoulement des eaux même dans les périodes les plus critiques, c'est-à-dire lors des hautes eaux et des crues exceptionnelles. C'est pourquoi il est indispensable de calculer les conditions d'écoulement en crue dans les cours d'eau et dans les dépressions susceptibles d'évacuer les volumes accumulés par la remontée des eaux souterraines.

Cette étude confiée au Service Géologique Régional Alsace par la Direction Départementale de l'Equipement est condensée dans le présent rapport.

2. CARACTERISTIQUES DES COURS D'EAU.

2.1. Le Rhin Tortu.

L'alimentation du Rhin Tortu est régulée par plusieurs prises d'eau sur le bassin de compensation de Plobsheim (cf. photo 1) et sur le contre-canal de drainage. Son débit moyen d'alimentation est de 9 m³/s et peut varier de ± 10 %, c'est-à-dire approximativement entre 8 et 10 m³/s (renseignements fournis par la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Bas-Rhin).

La rivière a un cours large et régulier. L'écoulement est tranquille. La photo 2 présente un aspect caractéristique du Rhin Tortu, photographié à 1,150 km en amont du passage de la rocade.

Figure 1

PLAN DE SITUATION

Echelle : 1/50000

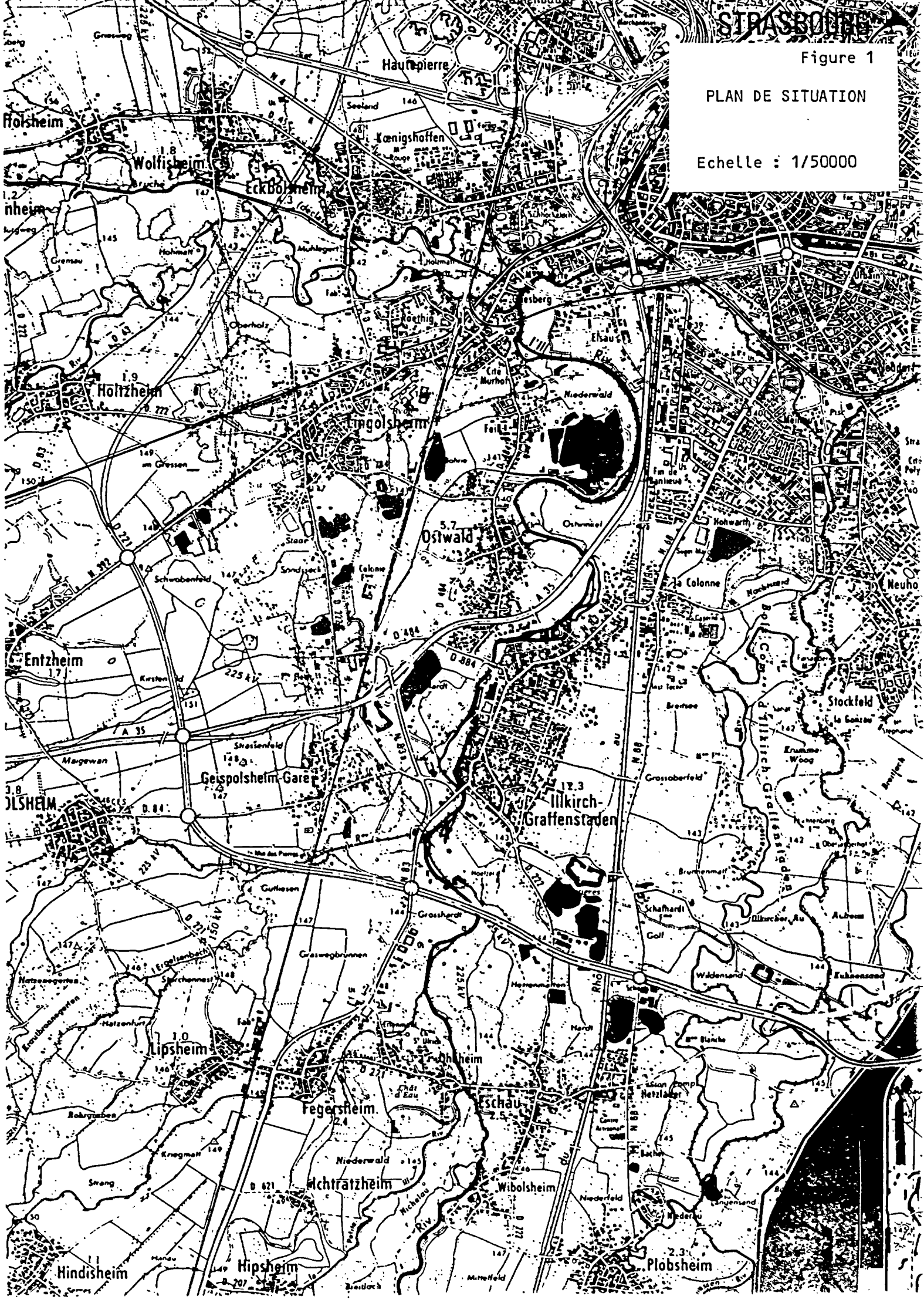


Photo 1



Prises d'alimentation du Rhin Tortu , à partir du bassin de compensation de Plobsheim : vue de l'aval .

Photo 2



Le Rhin Tortu : vue prise à hauteur du profil 18 en direction de l'aval .

L'équipe de topographie a réalisé cinq profils sur le Rhin Tortu, l'un approximativement au droit du passage de la rocade (profil 19), deux autres en amont et deux autres en aval (cf. figure 2). La figure 3 présente le profil en long de la ligne d'eau obtenu à partir de ces mesures condensées dans l'annexe 1. On observe que le niveau d'eau atteint presque les rives et qu'en conséquence une augmentation de débit relativement faible provoquerait un débordement des eaux sur le lit majeur.

N.B. : Toutes les altitudes sont exprimées en NGF 65 orthométrique. Les résultats chiffrés de l'ensemble des mesures topographiques sont fournis en annexe 1.

2.2. Le Schwarzwasser.

Le Schwarzwasser est alimenté à partir d'une prise d'eau sur le Rhin Tortu (cf. photo 3). Son débit peut varier de 200 l/s (débit sanitaire minimum) à 800 l/s (renseignements D.D.A. du Bas-Rhin).

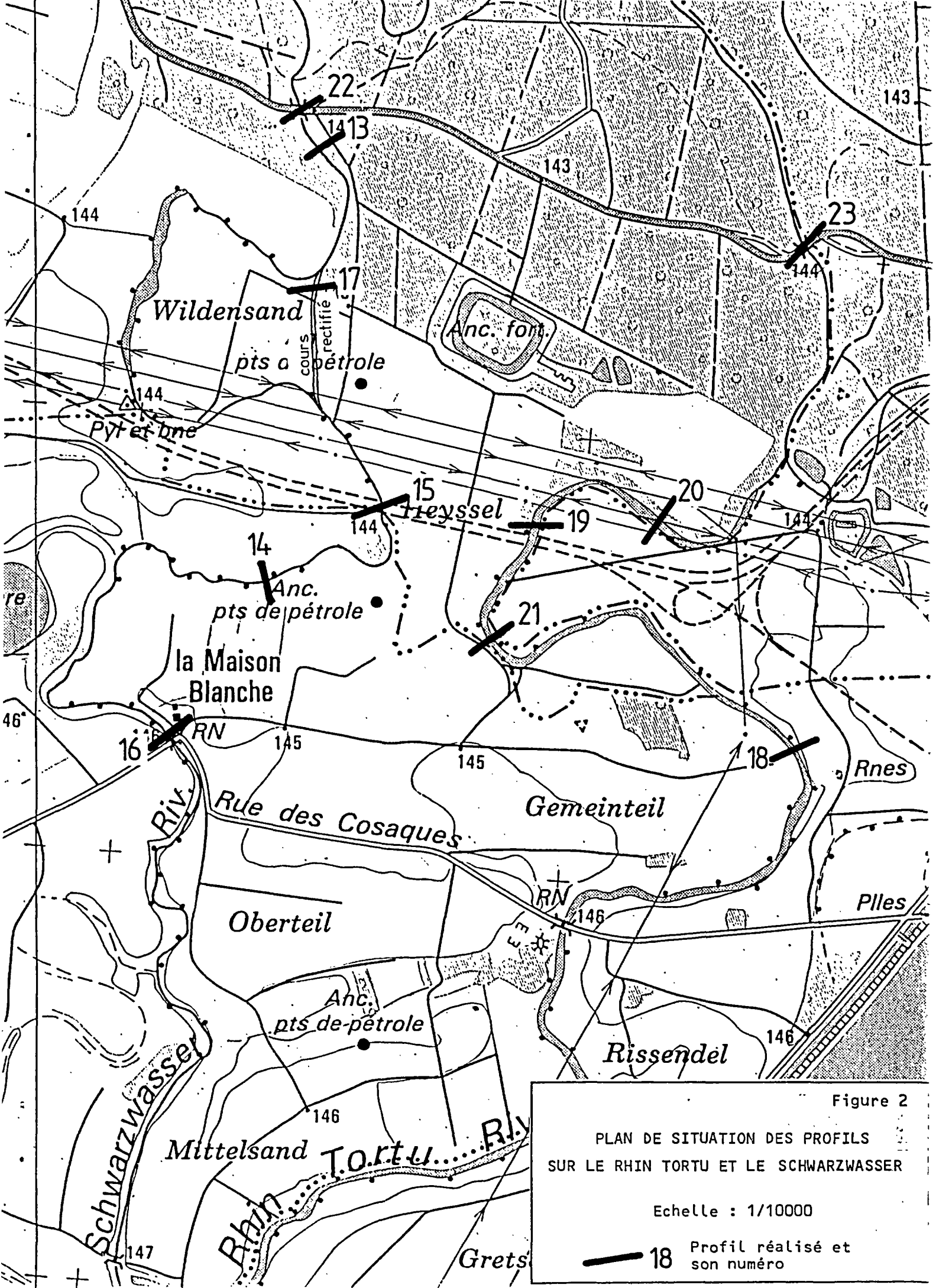
Il s'agit d'un petit ruisseau étouffé par endroits par une végétation abondante (cf. photo 4). En aval du passage de la Rocade, son cours a été dévié sur 300 mètres environ, pour court-circuiter un vaste méandre. Ce tronçon rectifié présente un profil élargi avec des berges en pente douce ; la pente naturelle n'a pratiquement pas été modifiée ; la végétation aquatique a fortement envahi le lit sur ce tronçon, constituant un certain obstacle à l'écoulement (cf. photo 5).

Six profils en travers ont été réalisés, dont l'un au droit du passage de la rocade (profil 15). La figure 4 présente le profil en long de la ligne d'eau. Les six profils en travers réalisés sont condensés dans l'annexe 1.

3. DEBITS DES COURS D'EAU.

Lors de la campagne de terrain, les deux cours d'eau ont été jaugés. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

| Rivière | Date | Vitesses mesurées | Vitesse moyenne | Section mouillée | Débit |
|---------------|---------|--------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Rhin Tortu | 13/9/89 | de 0,17 à 0,85 m/s | 0,66 m/s | 12,38 m ² | 8,25 m ³ /s |
| Schwarzwasser | 13/9/89 | de 0,04 à 0,65 m/s | 0,25 m/s | 2,16 m ² | 0,535 m ³ /s |



RHIN TORTU
Pente ligne d'eau

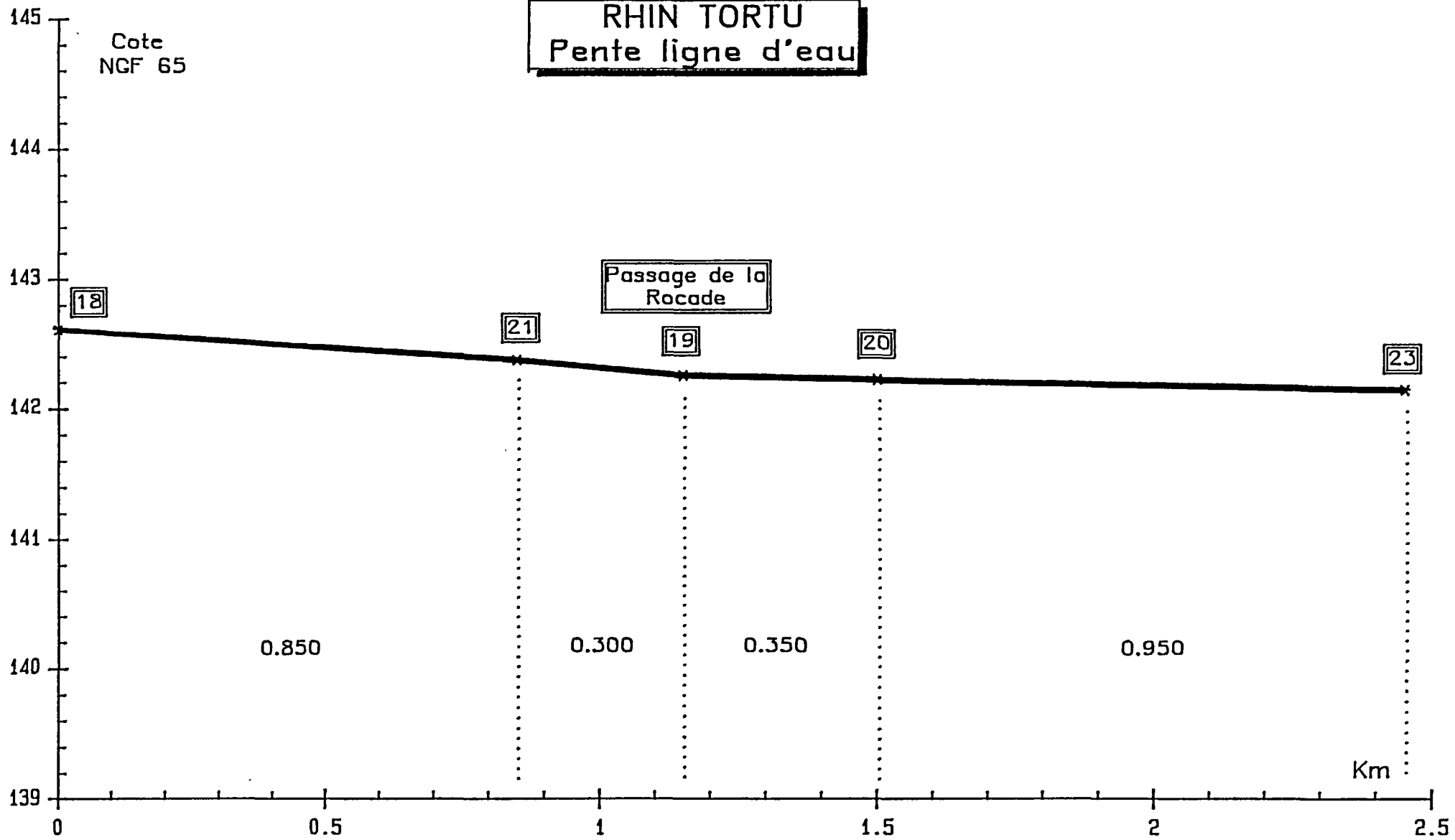
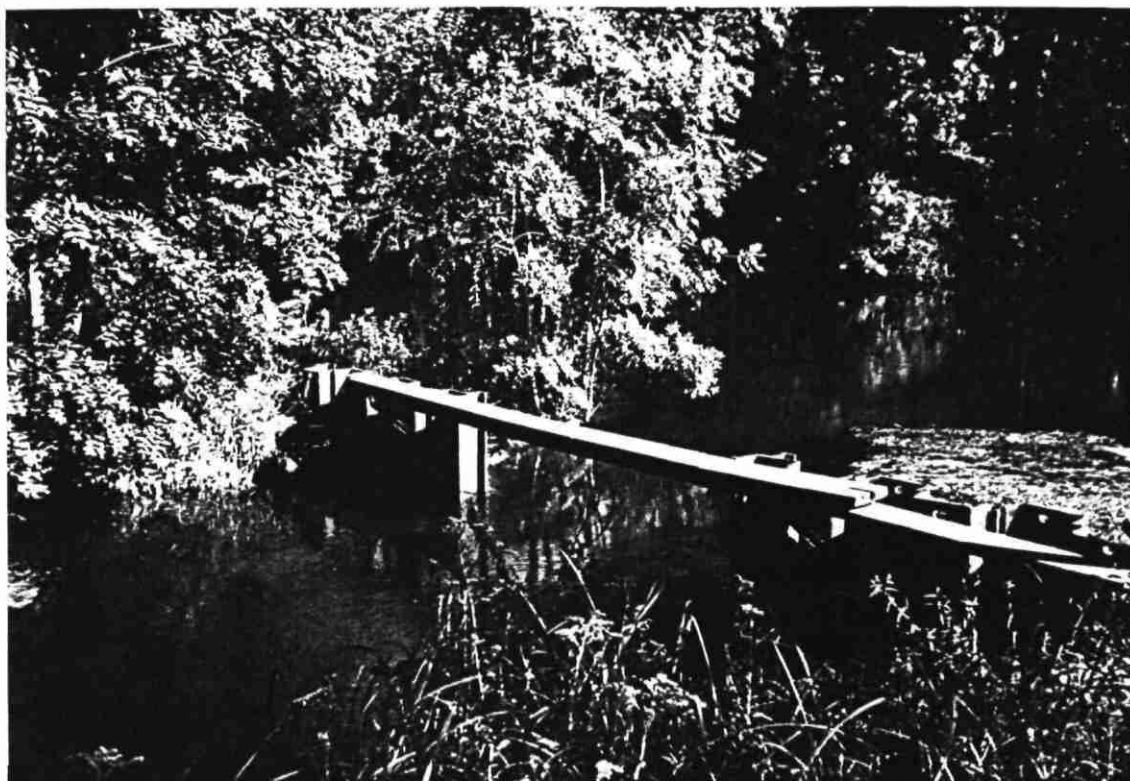


Figure 3

Photo 3



Prise d'alimentation du Schwarzwasser , à partir du Rhin Tortu , que l'on observe à l'arrière plan .

Photo 4



Le Schwarzwasser : vue prise à hauteur du profil 14 .

Photo 5



Le Schwarzwasser sur son tronçon rectifié : vue prise
à hauteur du profil 17 .

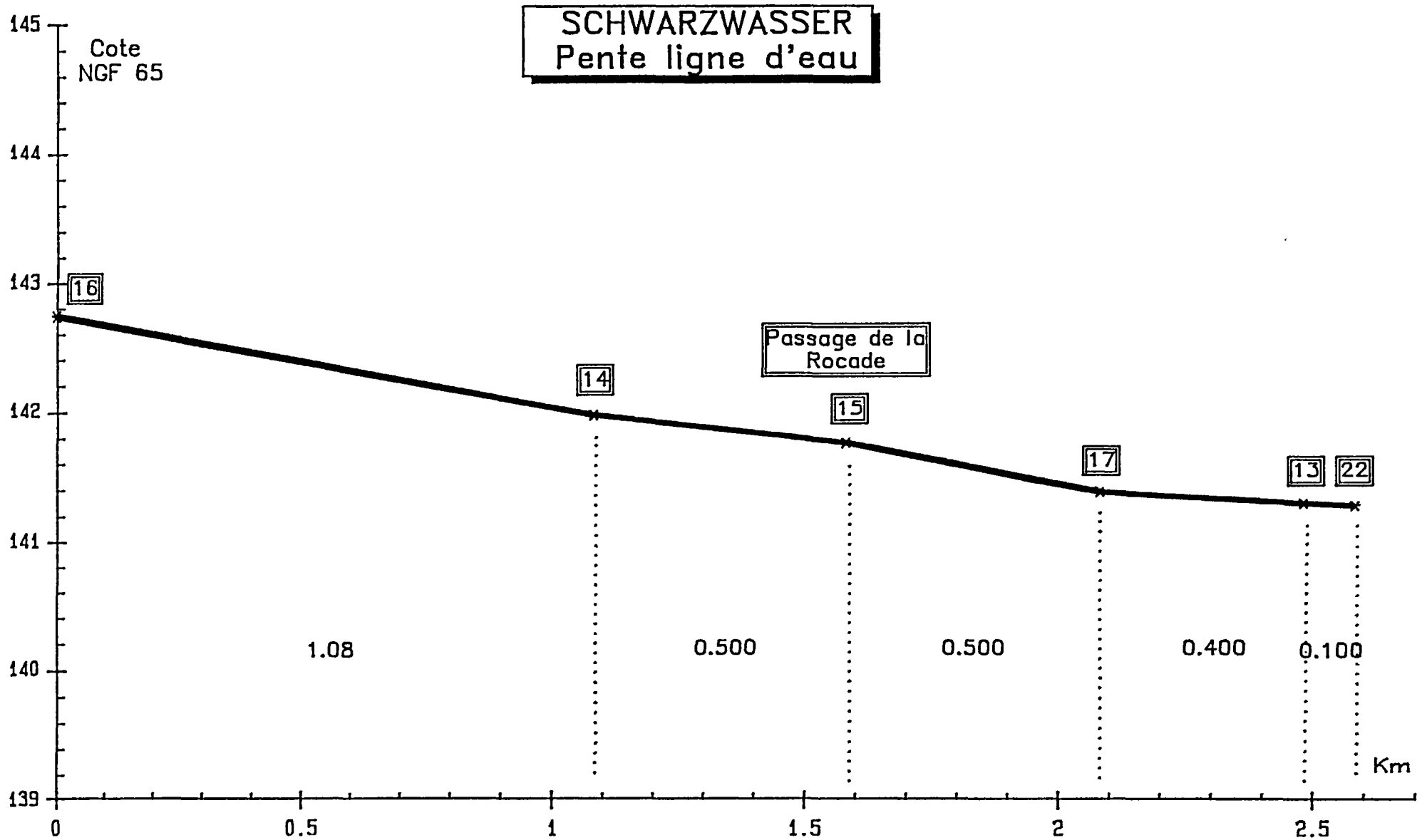


Figure 4

Les résultats détaillés font l'objet de l'annexe 2. Les figures 5 et 6 présentent la répartition des vitesses mesurées.

Ces deux cours d'eau étant entièrement régulés, une étude statistique des débits n'a pas de signification. On admettra donc comme débits "de crue" les débits maxima fixés, à savoir 10 m³/s pour le Rhin Tortu et 0,8 m³/s pour le Schwarzwasser, au niveau des prises d'eau amont. En aval, ces cours d'eau ne reçoivent par d'affluents. Par contre, en période de hautes eaux, la nappe phréatique atteint le niveau du sol et déborde, créant des accumulations d'eau qui s'évacuent vers le Rhin Tortu et le Schwarzwasser, augmentant leurs débits en amont du passage de la Rocade.

Une étude statistique des niveaux des eaux souterraines atteints lors de hautes eaux exceptionnelles a été réalisée. Le seul piézomètre représentatif de la zone directement sous influence rhénane, allant du Rhin au Canal du Rhône au Rhin (O.A.8), est le point d'observation 272-7-16, situé au Nord du Fort Hoche. L'examen des niveaux atteints au cours de la période postérieure à l'aménagement de la chute de Strasbourg (réalisé en 1970) a permis de définir approximativement les niveaux atteints par les eaux souterraines lors de hautes eaux de fréquence de retour vingtennale et centennale (cf. figure 7).

Il importe ici de noter que les lois statistiques ajustées sur une série chronologique de mesures existantes ne sont qu'une tentative pour donner un cadre mathématique aux observations passées. L'utilisation de ces lois par extrapolation pour définir la fréquence de phénomènes futurs suppose que le climat est inchangé et surtout qu'aucune intervention humaine ne modifie les facteurs qui conditionnaient le régime hydrologique pendant les observations passées.

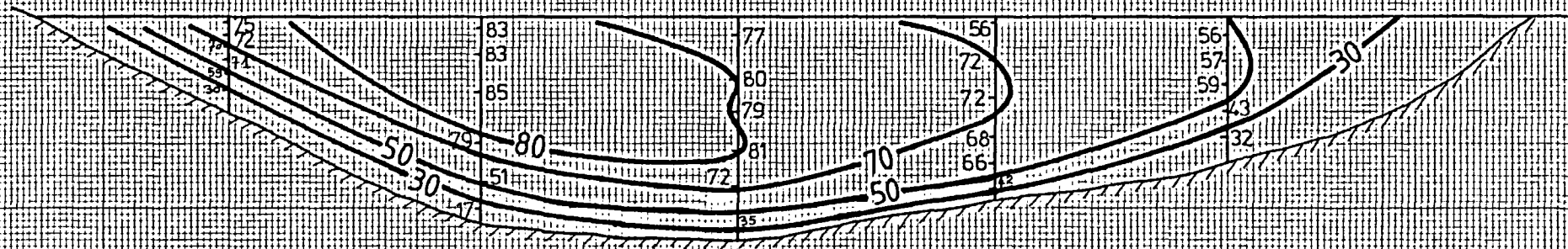
Ces données introduites sur modèle mathématique ont permis de définir les zones submergées par la remontée des eaux souterraines dans ce secteur, et d'en déduire les débits supplémentaires évacués par les cours d'eau.

4. CARACTERISTIQUES DU MODELE RIO.

Les lignes d'eau dans les cours d'eau superficiels ainsi que les niveaux atteints par les eaux souterraines sont calculées à l'aide du modèle RIO développé par le B.R.G.M. Strasbourg.

Le logiciel RIO est un modèle de calcul des lignes d'eau, des vitesses de propagation et des débits dans un cours d'eau, couplé à un calcul hydrodynamique des eaux souterraines. Le cours d'eau est considéré comme un domaine monodimensionnel, discrétisé à l'aide d'un certain nombre de sections transversales à travers le lit mineur et, le cas échéant, le lit majeur. Il est possible de prendre en compte ou non l'aquifère sous-jacent et les échanges de débit entre eux.

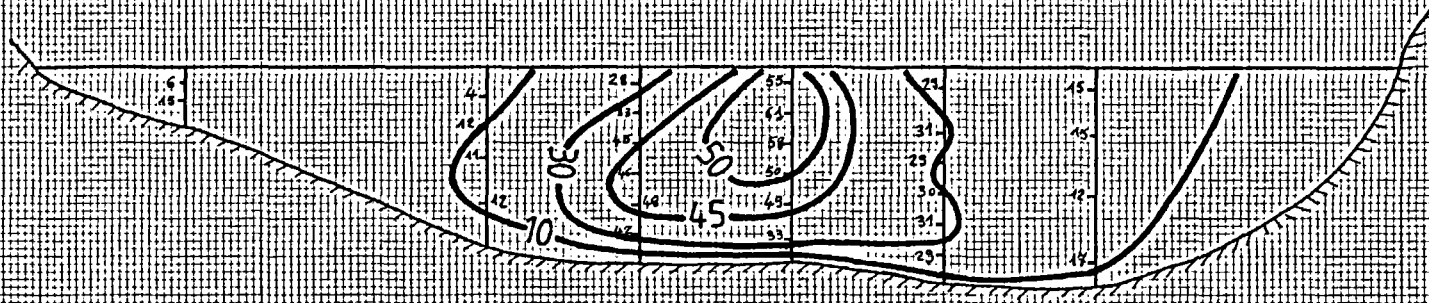
REPARTITION DES VITESSES SUR LA SECTION



Jaugeage du Rhin Tortu
(en cm/s)

Echelle 1/50

REPARTITION DES VITESSES SUR LA SECTION

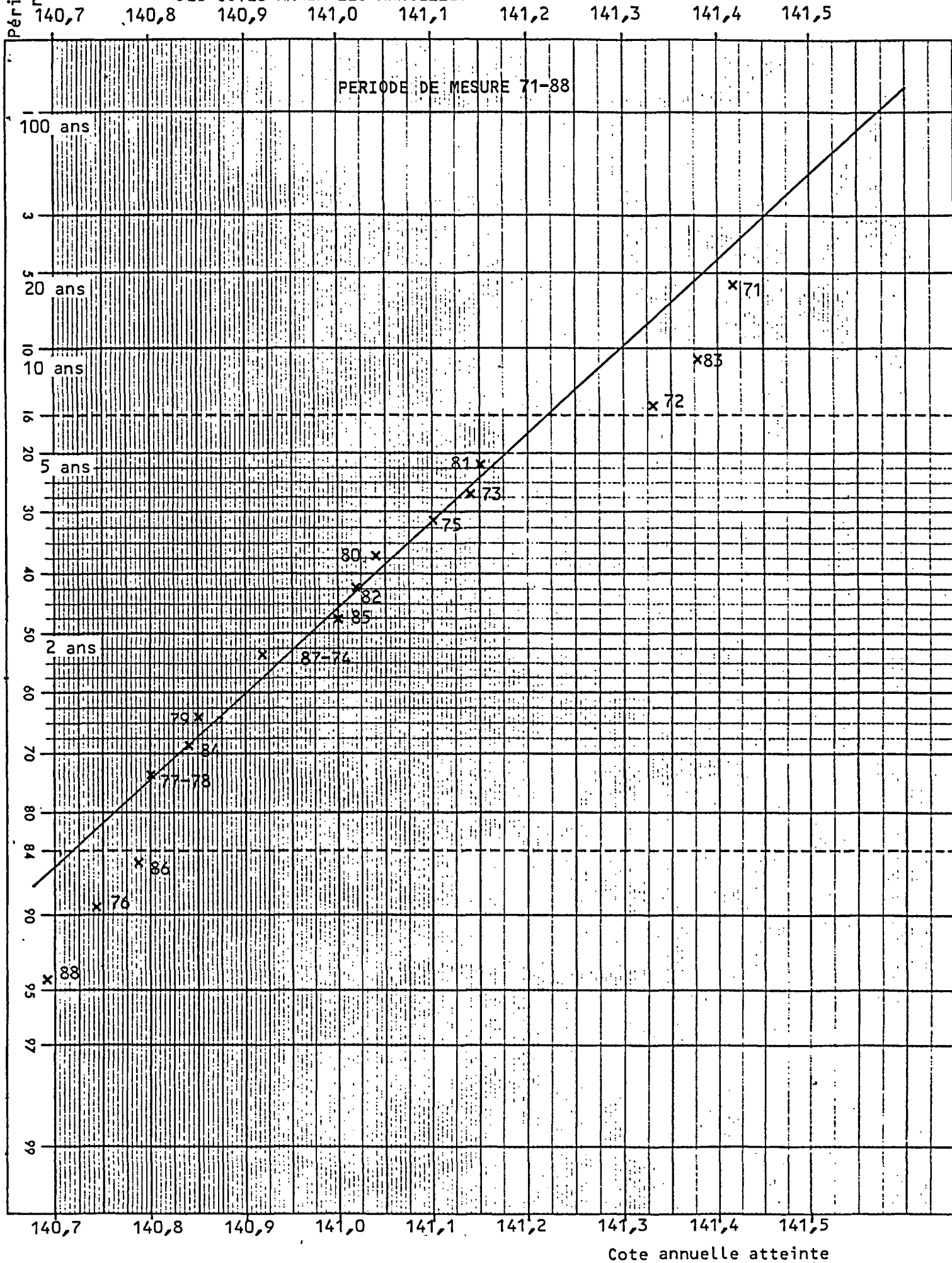


Jaugeage du Schwarzwasser
(en cm/s)

Echelle: 1/25

Figure 7

GRAPHIQUE D'AJUSTEMENT STATISTIQUE
DES COTES MAXIMALES ANNUELLES ENREGISTREES AU PZ 272-7-16



Cote annuelle atteinte

La figure 8 illustre le schéma de représentation adopté par le modèle RIO, avec le système d'interfaçage utilisé. Les débits d'échange entre la nappe et la rivière sont calculés lors de la détermination des lignes d'eau en rivière et imposés à la nappe, et les potentiels de nappe correspondants sont ensuite pris en compte dans le calcul en rivière. Ce bouclage entre les deux calculs est réalisé en régime permanent (au sein du calcul itératif) et en régime transitoire (pas de temps par pas de temps: schéma explicite).

Les principales caractéristiques du logiciel RIO sont les suivantes :

- . Résolution des équations de Saint-Venant pour les écoulements à surface libre.
- . Domaine monodimensionnel ; découpage en sections et sous-sections.
- . Calcul en régime permanent et transitoire.
- . Méthode de calcul implicite aux différences finies, schéma de Preissmann.
- . Méthode du double balayage.
- . Prise en compte de singularités : passage du régime dénoyé au régime noyé.
- . Calcul des débits d'échange nappe-rivière.

Caractéristiques du calcul en nappe :

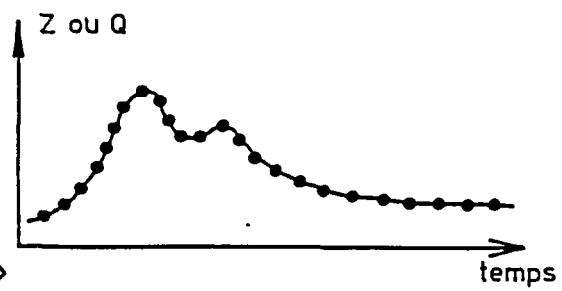
- . Résolution de l'équation de diffusivité en hydrodynamique souterraine.
- . Domaine bidimensionnel plan ; découpage selon un maillage carré régulier.
- . Calcul en régime permanent et transitoire.
- . Méthode des différences finies, calcul implicite.
- . Prise en compte d'infiltration à partir de plans d'eau à niveau imposé.

Interfaçage nappe-rivière

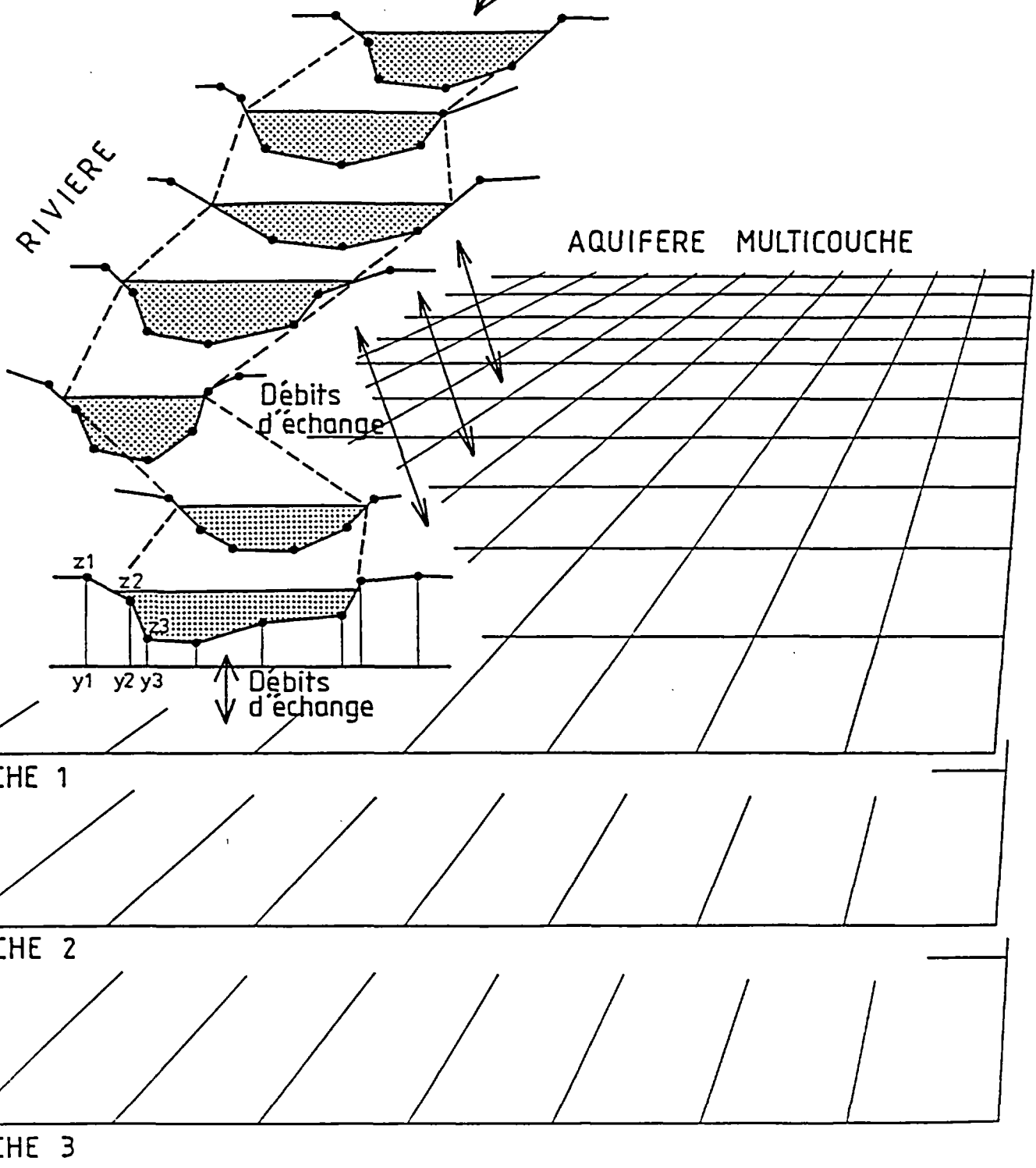
- . Imposition à la nappe (sur une ou plusieurs mailles) des débits d'échange entre une section rivière et la section amont.
- . Prise en compte par la rivière du niveau de la nappe calculé au droit de chaque section.

Figure 8

MODELE NAPPE - RIVIERES



CONDITIONS AUX LIMITES AMONT ET AVAL



- . Débit d'échange maximum en cas de rabattement important de la nappe.
- . Annulation des débits d'échange en cas d'assèchement de la rivière.

5. DETERMINATION DES LIGNES D'EAU.

La modélisation des cours d'eau à l'aide du logiciel RIO a comporté trois phases :

- la **construction** du modèle à l'aide des données des profils topographiques transversaux réalisés ;
- l'**étalonnage** destiné à reproduire par calcul les lignes d'eau observées de l'amont vers l'aval : le soin apporté à cette opération garantit la fiabilité ultérieure du modèle ;
- l'**utilisation** de cet outil pour reproduire les lignes d'eau correspondant au passage des débits de crue, avec prise en compte des aménagements liés à la rocade (rétrécissement, modification du lit).

Les figures 9 et 10 présentent les lignes d'eau calculées, correspondant à la situation observée. L'amont est à gauche et l'aval à droite. Trois courbes sont représentées :

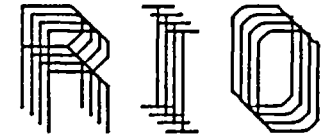
- le fond du lit (les points les plus bas mesurés dans les profils transversaux),
- la cote des berges, au-delà de laquelle les eaux débordent plus ou moins largement sur le lit majeur,
- la ligne d'eau calculée (en bleu).

Les lignes d'eau observées ont été reproduites avec un écart qui ne dépasse pas 2 à 3 cm, ce qui correspond à un étalonnage satisfaisant.

Le modèle a été ensuite utilisé pour simuler le passage des crues correspondant aux débits maxima transitant au droit de la rocade.

La simulation sur modèle des hautes eaux de nappe de fréquence de retour 20 et 100 ans, à partir de l'étude statistique des niveaux atteints dans le piézomètre 272-7-16, a permis de déterminer les débits supplémentaires à prendre en compte dans les cours d'eau. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau page suivante :

Rocade Sud de STRASBOURG - RHIN TORTU



Passage de la rocade

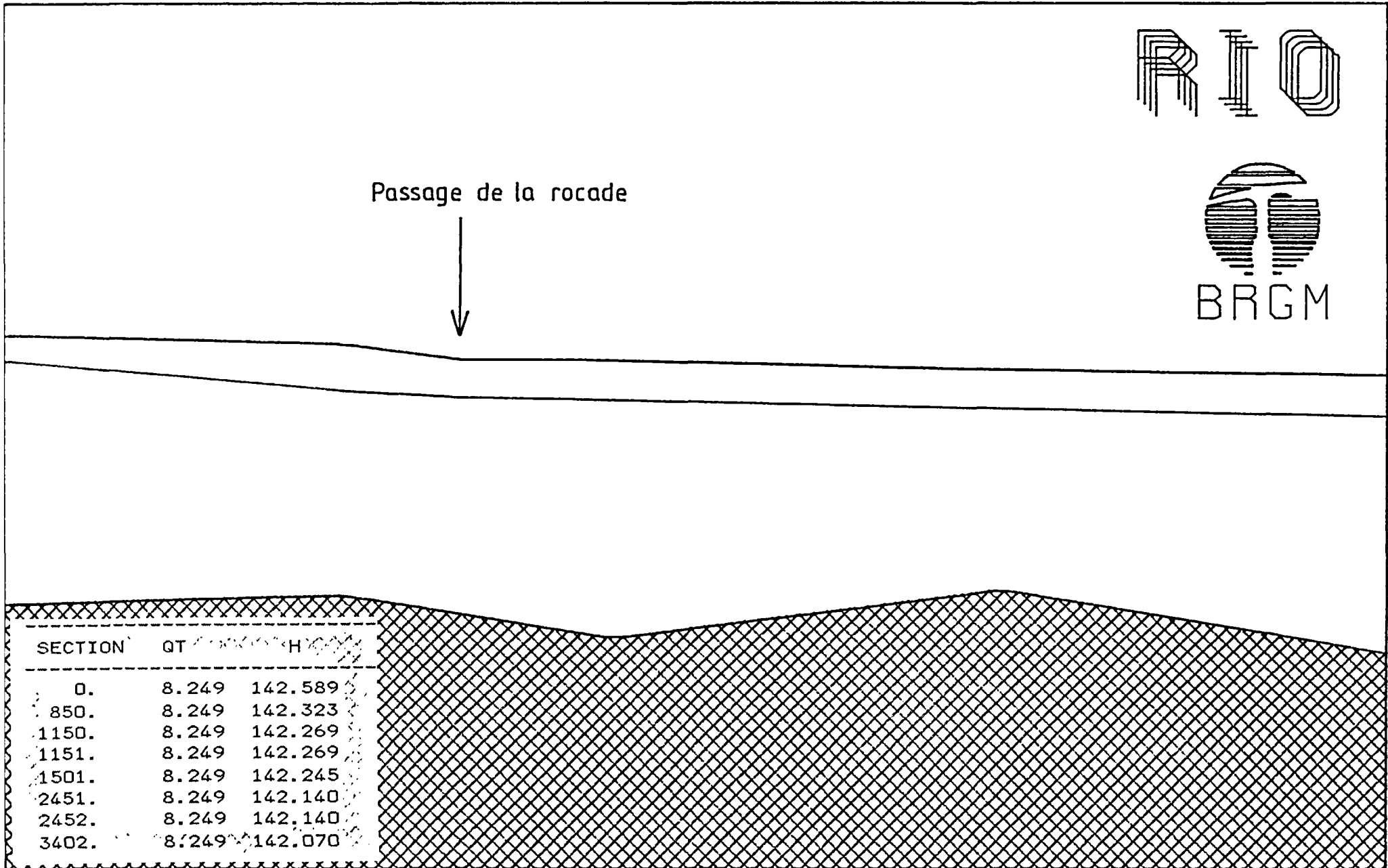
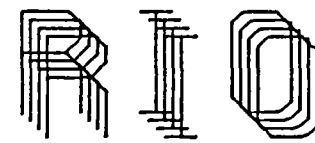


Figure 9

Rocade Sud de STRASBOURG - SCHWARTZWASSER



Passage de la rocade

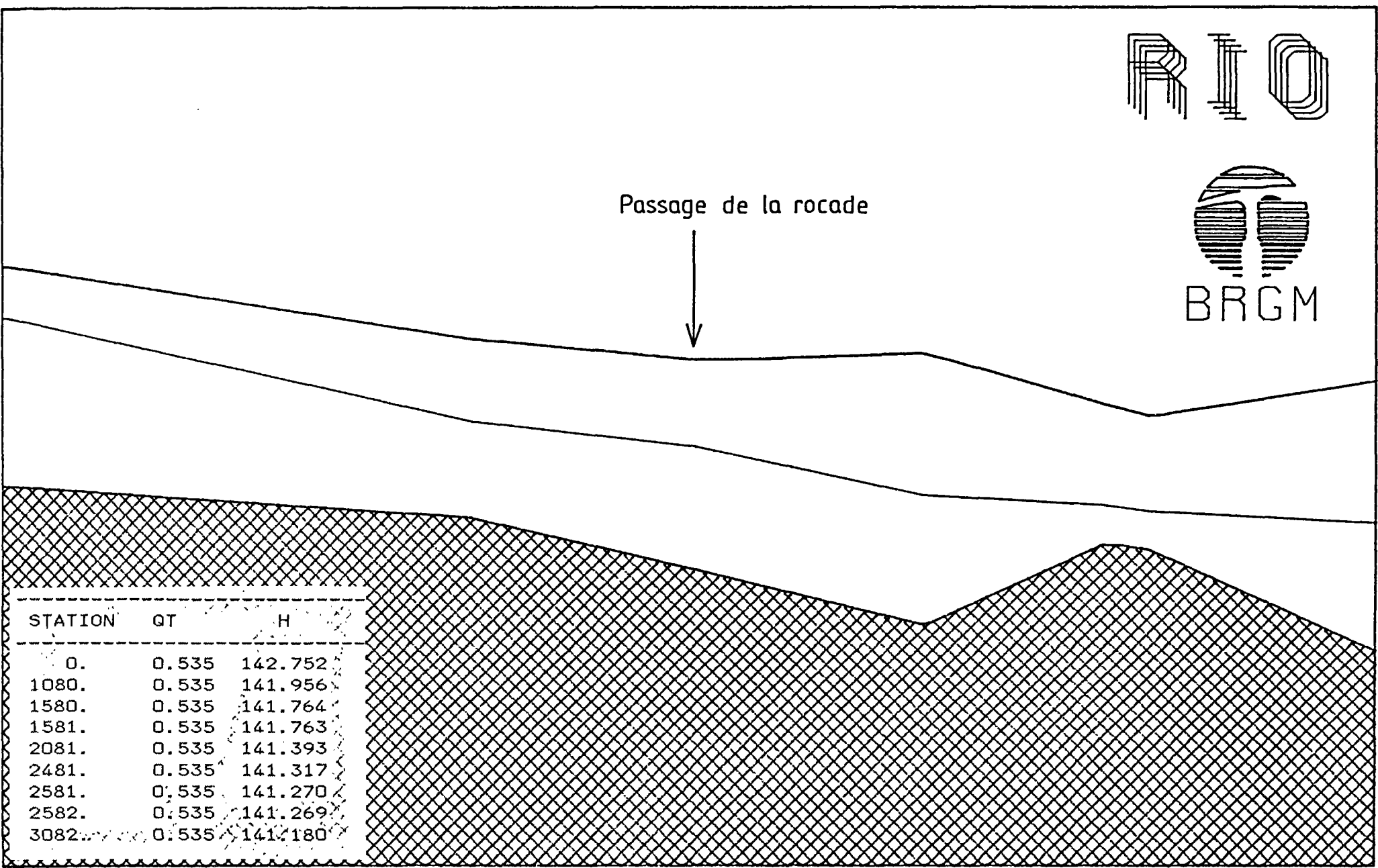


Figure 10

| | Débit de prise amont (maximum) | Apports de la nappe | | Débit au droit de la rocade | |
|---------------|--------------------------------|---------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| | | crue 20 ans | crue 100 ans | crue 20 ans | crue 100 ans |
| Rhin Tortu | 10 m3/s | 2,2 m3/s | 3 m3/s | 12,2 m3/s | 13 m3/s |
| Schwarzwasser | 0,8 m3/s | 0,3 m3/s | 0,5 m3/s | 1,1 m3/s | 1,3 m3/s |

Les lignes d'eau correspondant à ces débits ont été calculées par le modèle RIO, dans l'état actuel des cours d'eau et de leurs berges.

Au droit de la rocade, les cotes suivantes sont atteintes par les eaux :

| | étalonnage (10/1989) | crue vingtennale | crue centennale |
|---------------|----------------------|------------------|-----------------|
| Rhin Tortu | 142.27 | 142.72 | 142.81 |
| Schwarzwasser | 141.76 | 142.04 | 142.11 |

En ce qui concerne le Schwarzwasser, les cotes atteintes ne provoquent pas de débordement au droit de la rocade (cf. figure 11). Une dérivation est prévue, la largeur du lit mineur étant de 10 mètres environ entre les deux rives, sur un tronçon de 150 mètres de long (plan OP 31 128/26-B). Cette dérivation a été représentée sur le modèle, au moyen de 5 sections ayant un profil tracé sur la figure 12, avec une pente générale entre les profils de 8 cm pour 100 mètres (8×10^{-4}), se raccordant à la pente naturelle du fond. La figure 13 présente le profil du fond du lit sur 500 mètres de part et d'autre du passage de la Rcade, avec les lignes d'eau calculées correspondant au débit jaugé ($Q = 0,535 \text{ m}^3/\text{s}$) et pour la crue centennale ($Q = 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$). Les courbes pleines représentent les lignes d'eau dans la situation actuelle, les courbes en tireté les lignes d'eau après dérivation. On voit que cet aménagement apporte une très légère modification des lignes d'eau, de l'ordre de quelques centimètres.

SCHWARZWASSER
PASSAGE DE LA ROCADE

ETAT ACTUEL

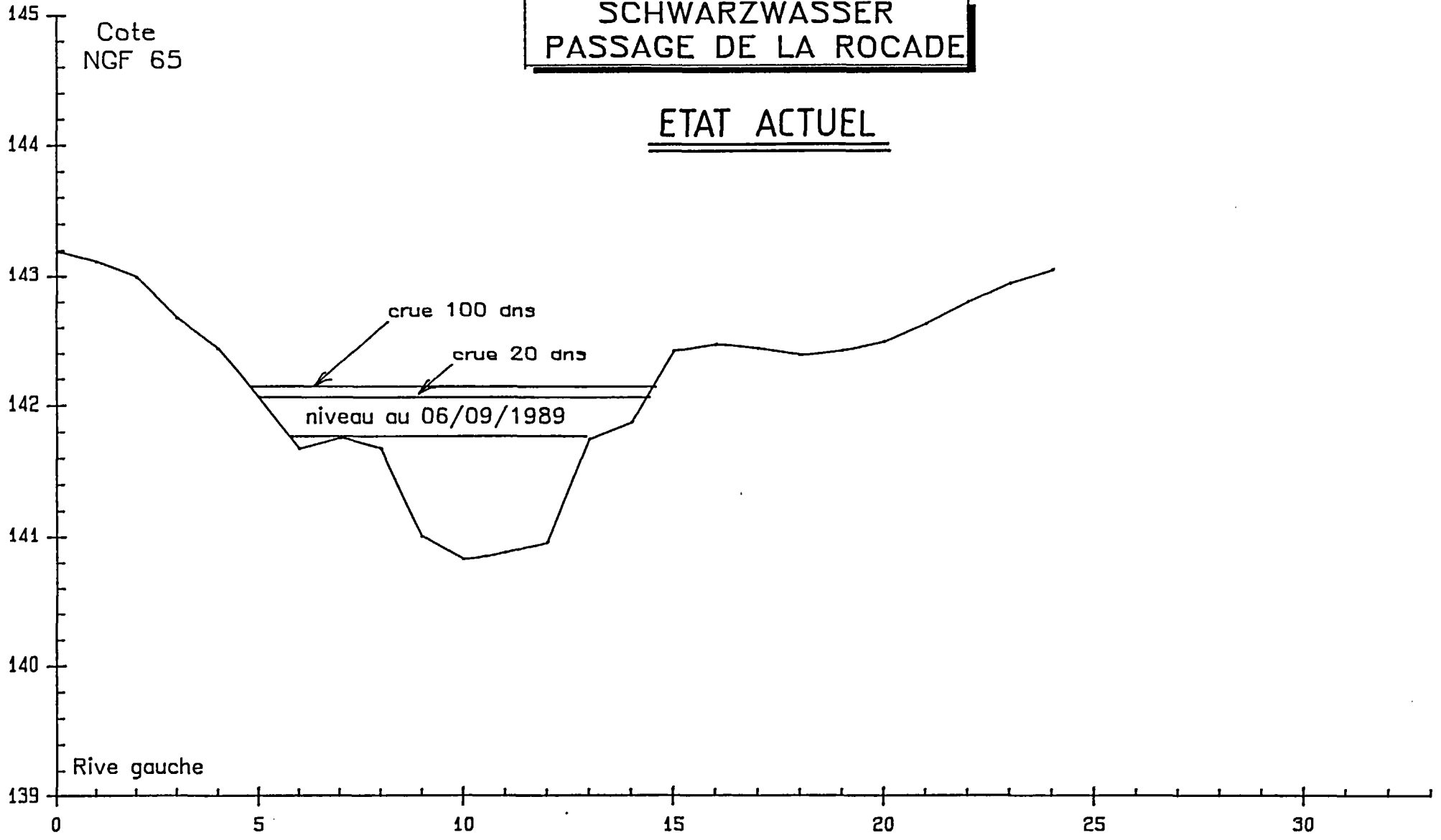


Figure 11

ALTITUDE AKE ROCADE

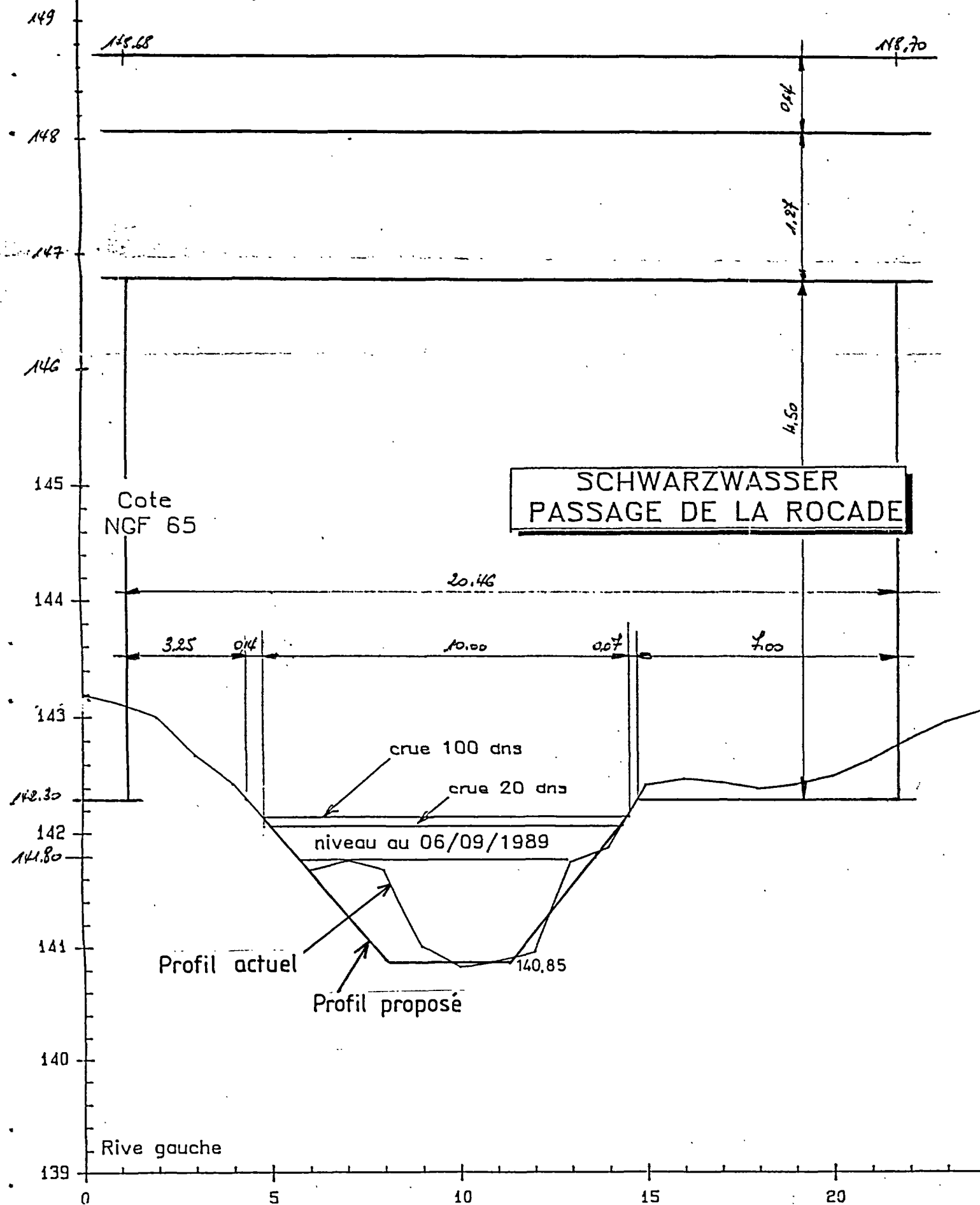
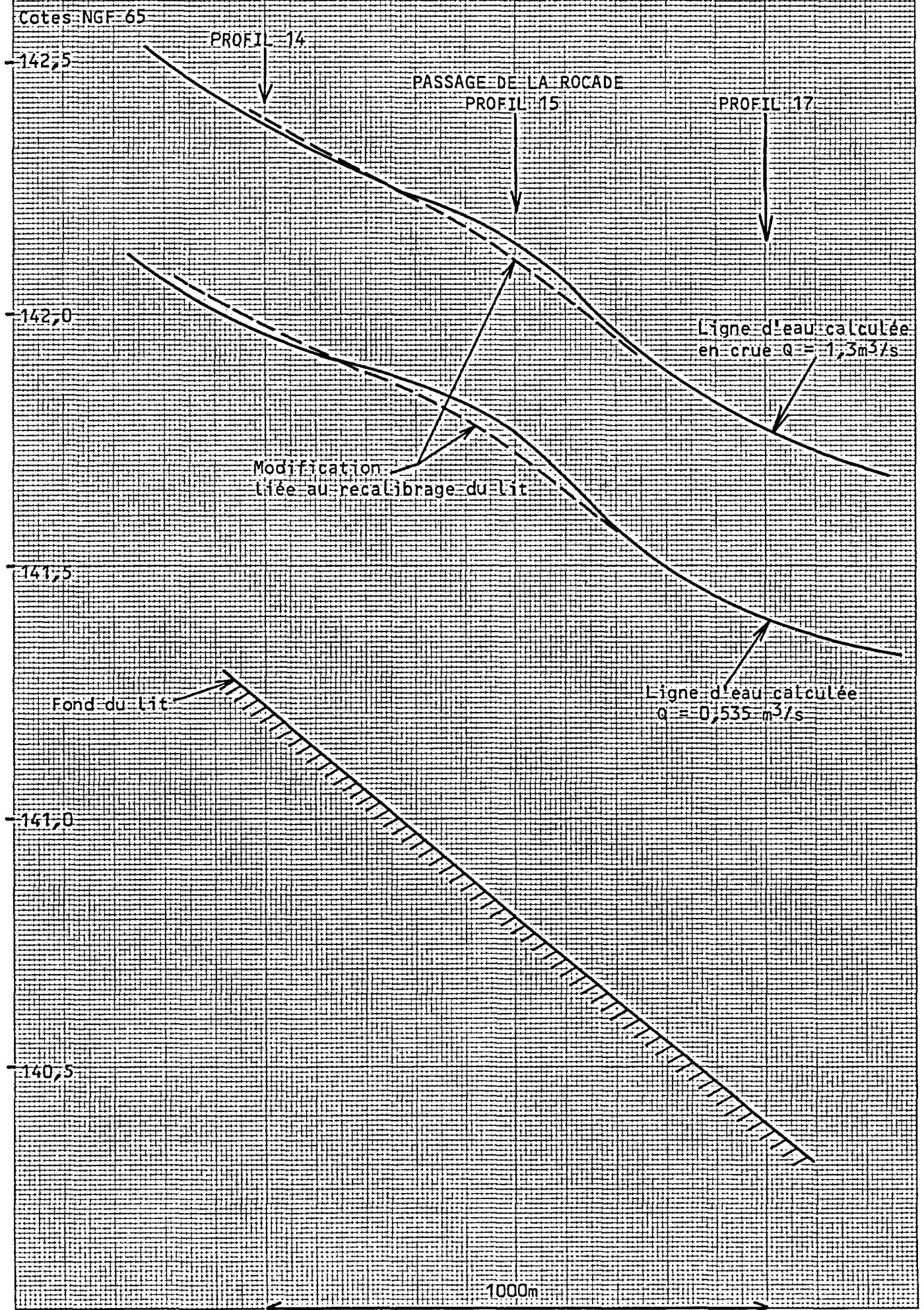


Figure 13



Dans le cas du Rhin Tortu, les cotes atteintes dépassent la rive côté Ouest, où l'on a sur une trentaine de mètres de large des altitudes voisines de 142,50 (cf. annexe 1), mais les eaux ne débordent pas au-delà, la topographie étant supérieure à la cote 143 des deux côtés (cf. figure 14). Cette zone à topographie basse en rive gauche se prolonge sur 150 mètres de long environ, de part et d'autre du passage de la Rocade. Cette morphologie a été représentée sur le modèle en ajoutant 5 sections transversales supplémentaires, pour mieux tenir compte de la forme réelle des rives. Cette modification du modèle n'apporte pas de variation sensible dans le calcul des lignes d'eau.

Les vitesses d'écoulement calculées par le modèle, pour la crue centennale, au droit de la Rocade, sont les suivantes :

| | Vitesse moyenne | Vitesse maxima atteinte localement |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| . Rhin Tortu | 45 cm/s | 60 cm/s |
| . Schwarzwasser | 20 cm/s | 70 cm/s |

En ce qui concerne le Rhin Tortu, les vitesses atteintes sur le lit majeur (zone à 142,50 m en rive gauche) sont faibles, la plus grande partie de l'écoulement se propageant dans le lit mineur. Pour le Schwarzwasser, les vitesses sont stables sur le parcours de la dérivation.

Les résultats fournis par les calculs hydrauliques sont relativement précis du point de vue mathématique. Dans la pratique, il convient de considérer pour les lignes d'eau une précision de l'ordre de 5 à 10 cm, compte tenu des approximations faites dans la représentativité des profils mesurés et dans les valeurs des coefficients de Strickler. D'autre part, ces résultats s'appuient notamment sur les deux hypothèses suivantes :

- les ouvrages de prise en amont ne laissent pas passer un débit supérieur à celui qui est indiqué ici ;
- l'écoulement au droit de la rocade et en aval n'est pas entravé par des obstacles importants (barrage provoqué par des troncs d'arbres en travers du lit, etc...).

RHIN TORTU
PASSAGE DE LA ROCADE

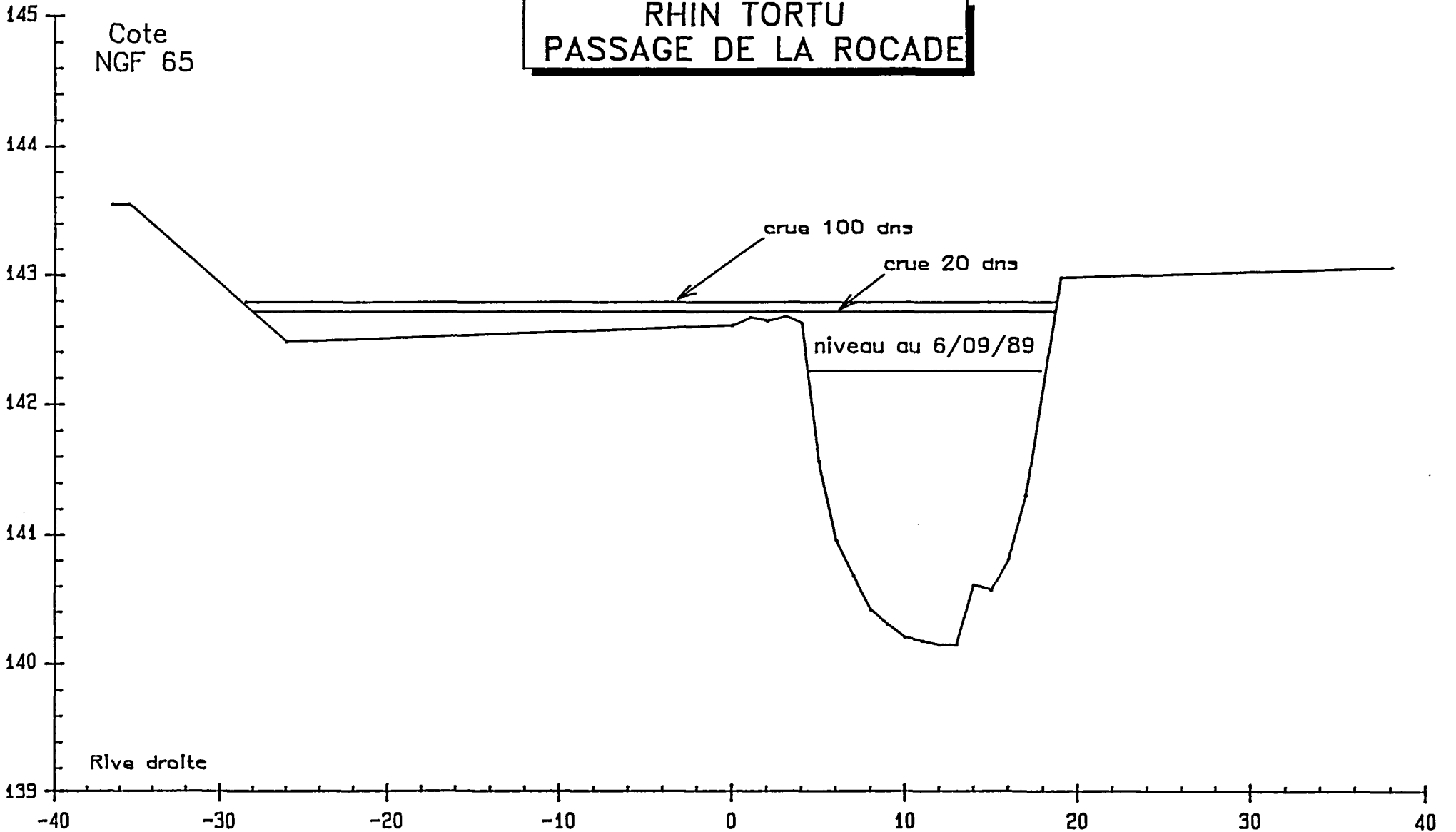


Figure 14

Le fonctionnement incorrect des ouvrages de prise ou l'apparition d'obstacles importants modifieraient profondément les conditions d'écoulement par rapport à ce qui a été calculé ici et les cotes atteintes par l'eau pourraient être beaucoup plus hautes.

6. CONCLUSIONS.

Dans le cadre du projet de rocade Sud de Strasbourg, les conditions d'écoulement en crue du Schwarzwasser et du Rhin Tortu ont été étudiées à l'aide du modèle RIO, afin de déterminer le dimensionnement des ouvrages de franchissement de ces deux rivières.

Le débit de ces deux cours d'eau est régulé artificiellement. En période de hautes eaux, la remontée de la nappe phréatique au-dessus du niveau du sol provoque une augmentation de débit importante. On atteint une montée du niveau des eaux au droit de la rocade qui atteint 142,14m pour le Schwarzwasser et 142,79 m pour le Rhin Tortu, ce qui entraîne, pour ce dernier, un débordement sur une largeur d'une cinquantaine de mètres, dans une zone où les vitesses d'écoulement seront peu importantes.

Ces résultats impliquent une bonne maîtrise des ouvrages de prise et un écoulement correct dans les cours d'eau. Le Maître d'Ouvrage devra donc utiliser ces données de base avec précaution, ces dernières pouvant être modifiées par tout aménagement hydraulique de ces cours d'eau qu'il conviendra de signaler pour en évaluer éventuellement leur effet.

L'Ingénieur chargé d'étude

Le Directeur du Service
Géologique Régional Alsace



J.P. VANÇON



J.J. RISLER



ANNEXE 1

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

=====

ROCADE SUD DE STRASBOURG

**DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES
DE FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU**

=====

CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE

=====

Rhin Tortu et Schwarzwasser

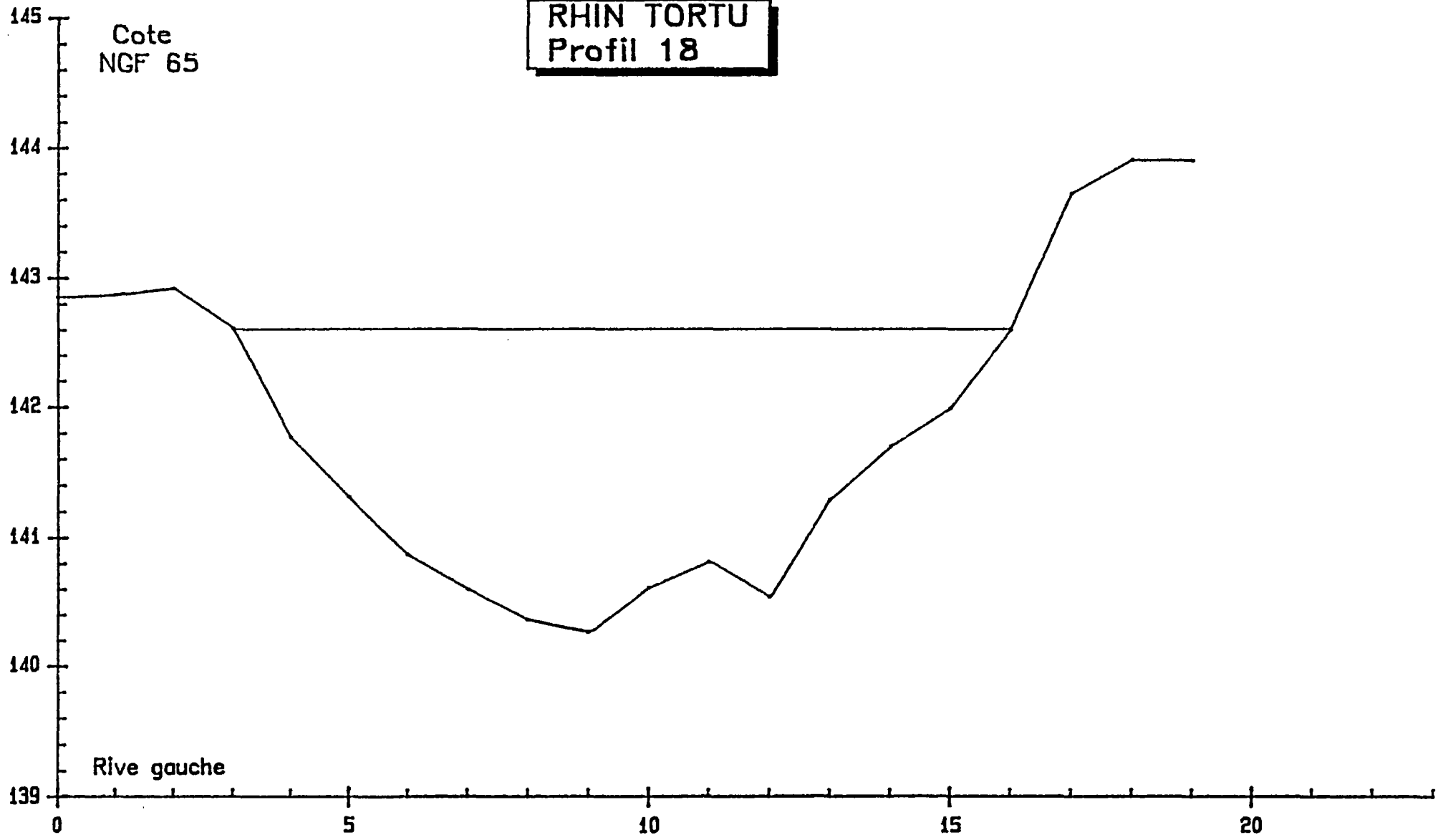
Profils en travers

=====

R 30016 ALS 4S 89

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ALSACE
204, route de Schirmeck - 67200 STRASBOURG - Tél.: 88.30.12.62

**RHIN TORTU
Profil 18**



RHIN TORTU
Profil 18
7/8/89

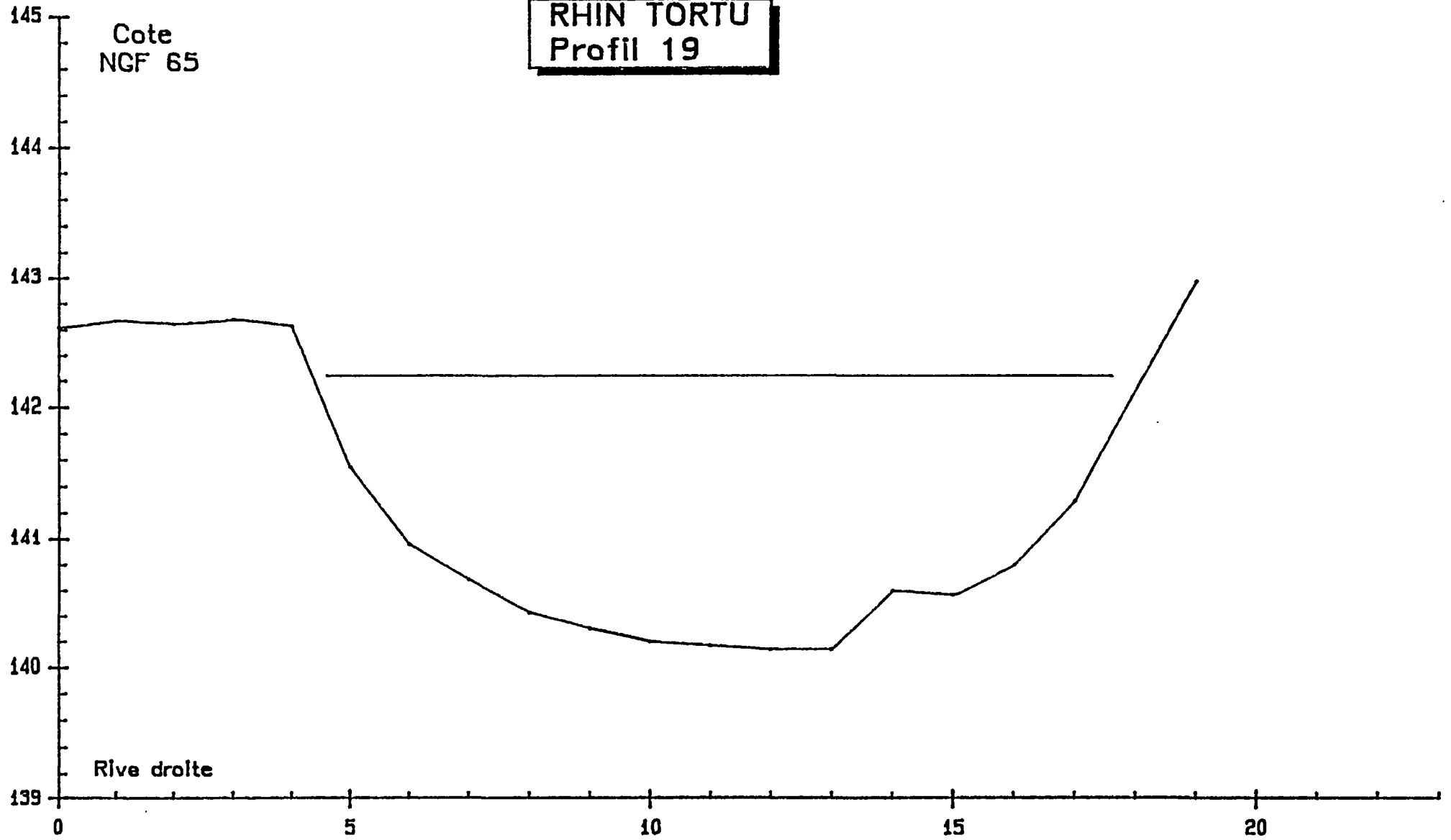
cote NGF 65

| | |
|----------|---------|
| cote sol | 143.91 |
| piquet | 145.235 |
| Z eau | 142.605 |

rive gauche

| | |
|------|---------|
| 0.0 | 142.845 |
| 1.0 | 142.875 |
| 2.0 | 142.925 |
| 3.0 | 142.605 |
| 4.0 | 141.775 |
| 5.0 | 141.315 |
| 6.0 | 140.865 |
| 7.0 | 140.595 |
| 8.0 | 140.355 |
| 9.0 | 140.255 |
| 10.0 | 140.625 |
| 11.0 | 140.825 |
| 12.0 | 140.535 |
| 13.0 | 141.295 |
| 14.0 | 141.705 |
| 15.0 | 142 |
| 16.0 | 142.605 |
| 17.0 | 143.65 |
| 18.0 | 143.91 |
| 19.0 | 143.9 |

RHIN TORTU
Profil 19



RHIN TORTU
Profil 19
7/8/89

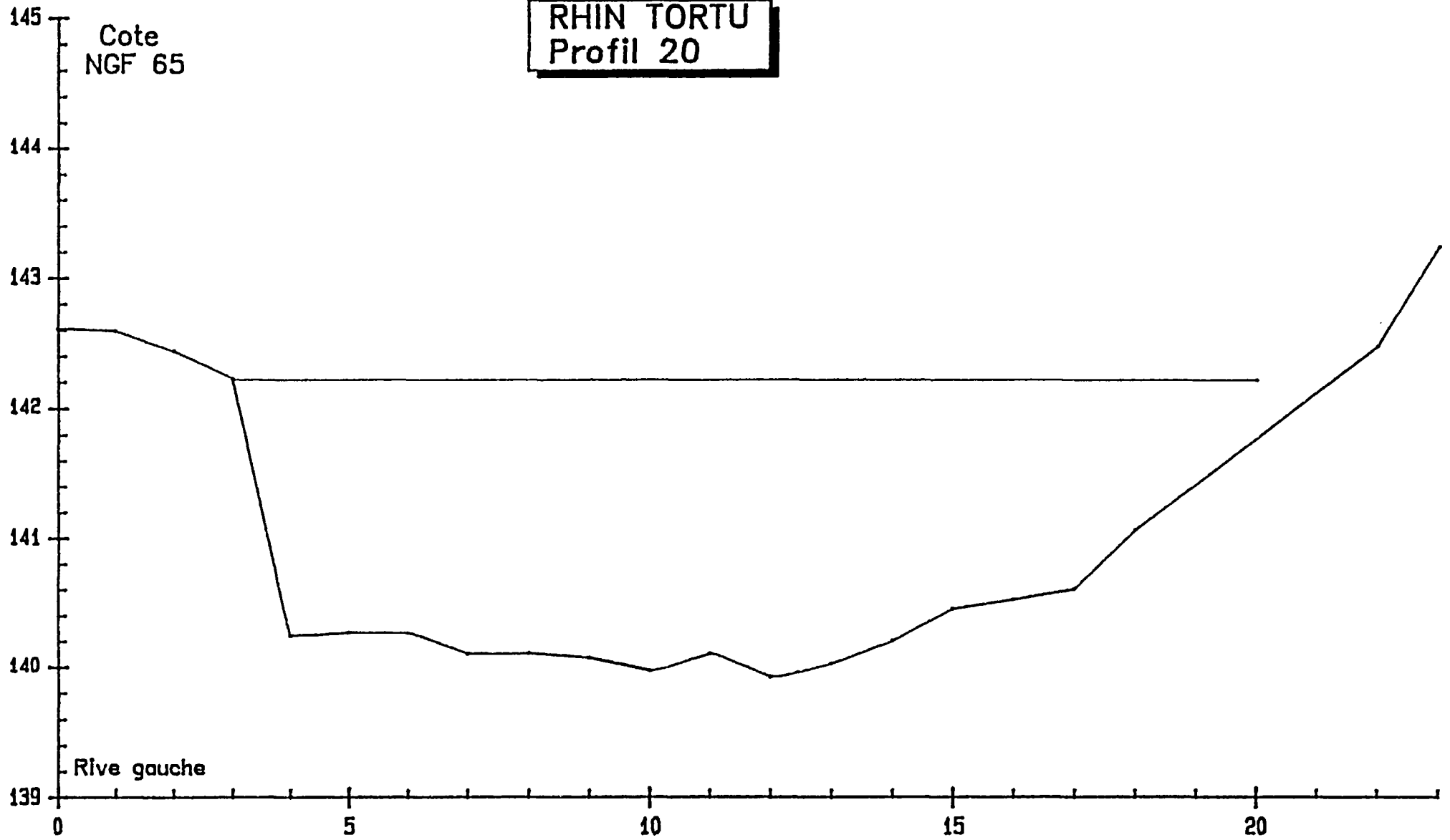
cote NGF 65

| | |
|----------|--------|
| cote sol | 142.61 |
| piquet | 144.47 |
| Z eau | 142.25 |

rive droite

| | |
|------|--------|
| 0.0 | 142.61 |
| 1.0 | 142.67 |
| 2.0 | 142.64 |
| 3.0 | 142.68 |
| 4.0 | 142.62 |
| 5.0 | 141.55 |
| 6.0 | 140.95 |
| 7.0 | 140.68 |
| 8.0 | 140.42 |
| 9.0 | 140.3 |
| 10.0 | 140.2 |
| 11.0 | 140.17 |
| 12.0 | 140.14 |
| 13.0 | 140.14 |
| 14.0 | 140.61 |
| 15.0 | 140.57 |
| 16.0 | 140.81 |
| 17.0 | 141.3 |
| 18.0 | |
| 19.0 | 142.98 |

RHIN TORTU
Profil 20



RHIN TORTU
Profil 20
7/8/89

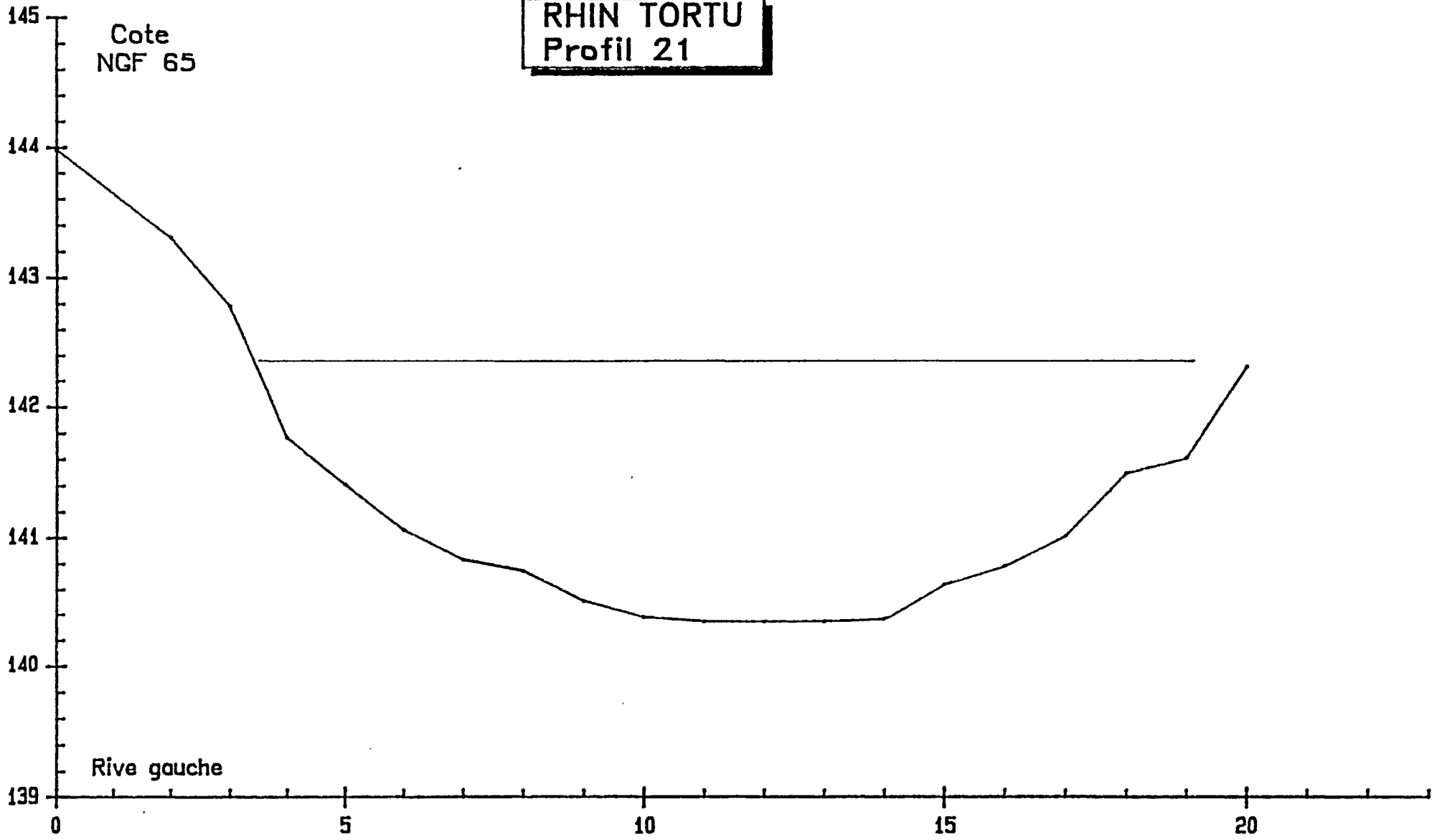
cote NGF 65

| | |
|----------|---------|
| cote sol | 143.245 |
| piquet | 144.095 |
| Z eau | 142.215 |

rive gauche

| | |
|------|---------|
| 0.0 | 142.615 |
| 1.0 | 142.595 |
| 2.0 | 142.435 |
| 3.0 | 142.215 |
| 4.0 | 140.235 |
| 5.0 | 140.275 |
| 6.0 | 140.265 |
| 7.0 | 140.095 |
| 8.0 | 140.105 |
| 9.0 | 140.065 |
| 10.0 | 139.965 |
| 11.0 | 140.115 |
| 12.0 | 139.915 |
| 13.0 | 140.035 |
| 14.0 | 140.215 |
| 15.0 | 140.465 |
| 16.0 | 140.535 |
| 17.0 | 140.615 |
| 18.0 | 141.075 |
| 19.0 | |
| 20.0 | |
| 21.0 | |
| 22.0 | 142.485 |
| 23.0 | 143.245 |

RHIN TORTU
Profil 21



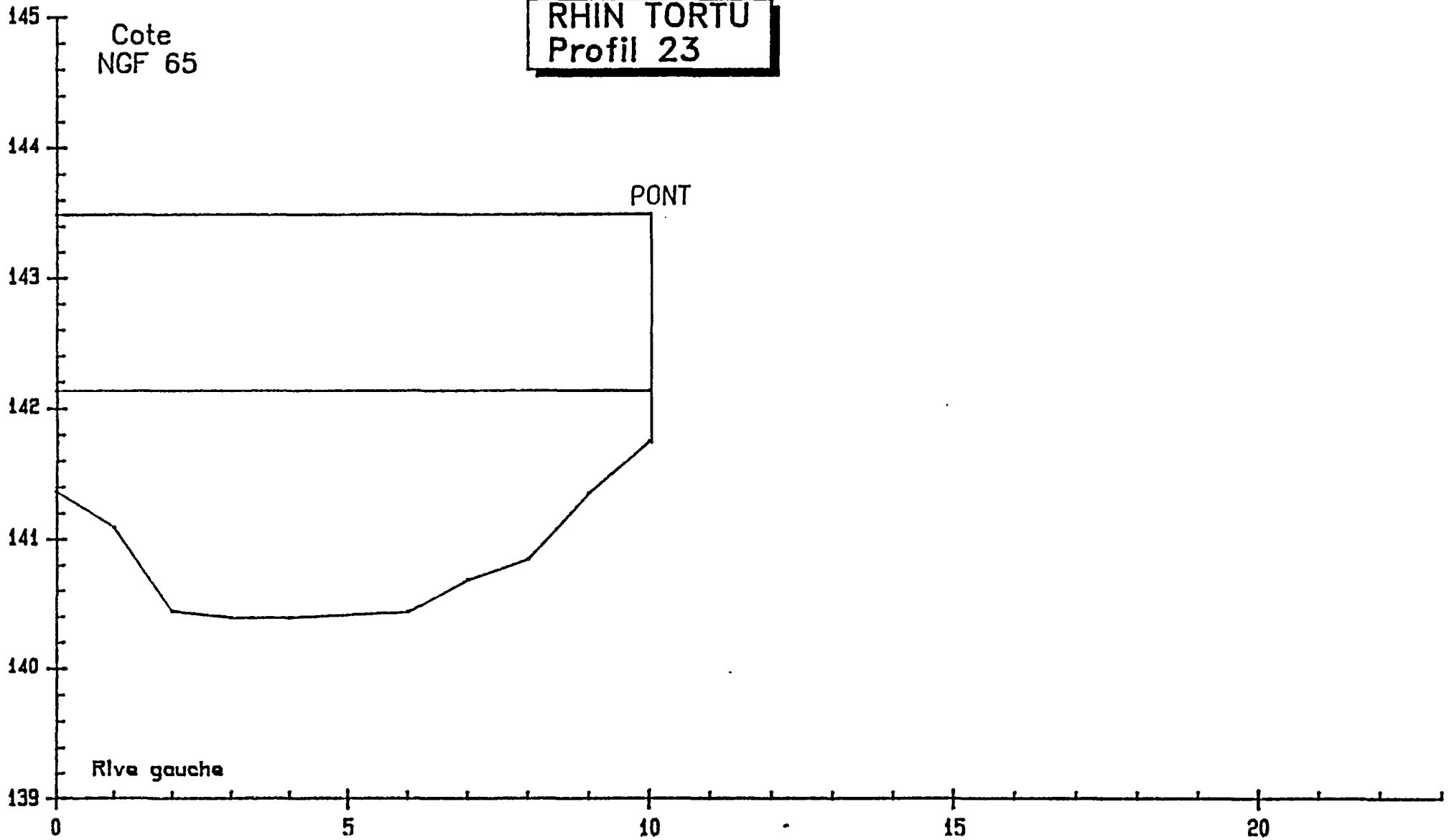
RHIN TORTU
Profil 21
7/9/89

cote NGF 65

| | |
|----------|--------|
| cote sol | 143.76 |
| piquet | 144.97 |
| Z eau | 142.37 |

| | |
|-------------|--------|
| rive gauche | |
| 0.0 | 143.98 |
| 1.0 | |
| 2.0 | 143.31 |
| 3.0 | 142.78 |
| 4.0 | 141.76 |
| 5.0 | 141.41 |
| 6.0 | 141.06 |
| 7.0 | 140.83 |
| 8.0 | 140.74 |
| 9.0 | 140.5 |
| 10.0 | 140.37 |
| 11.0 | 140.34 |
| 12.0 | 140.34 |
| 13.0 | 140.34 |
| 14.0 | 140.37 |
| 15.0 | 140.65 |
| 16.0 | 140.79 |
| 17.0 | 141.02 |
| 18.0 | 141.5 |
| 19.0 | 141.62 |
| 20.0 | 142.32 |

**RHIN TORTU
Profil 23**



Cote
NGF 65

PONT

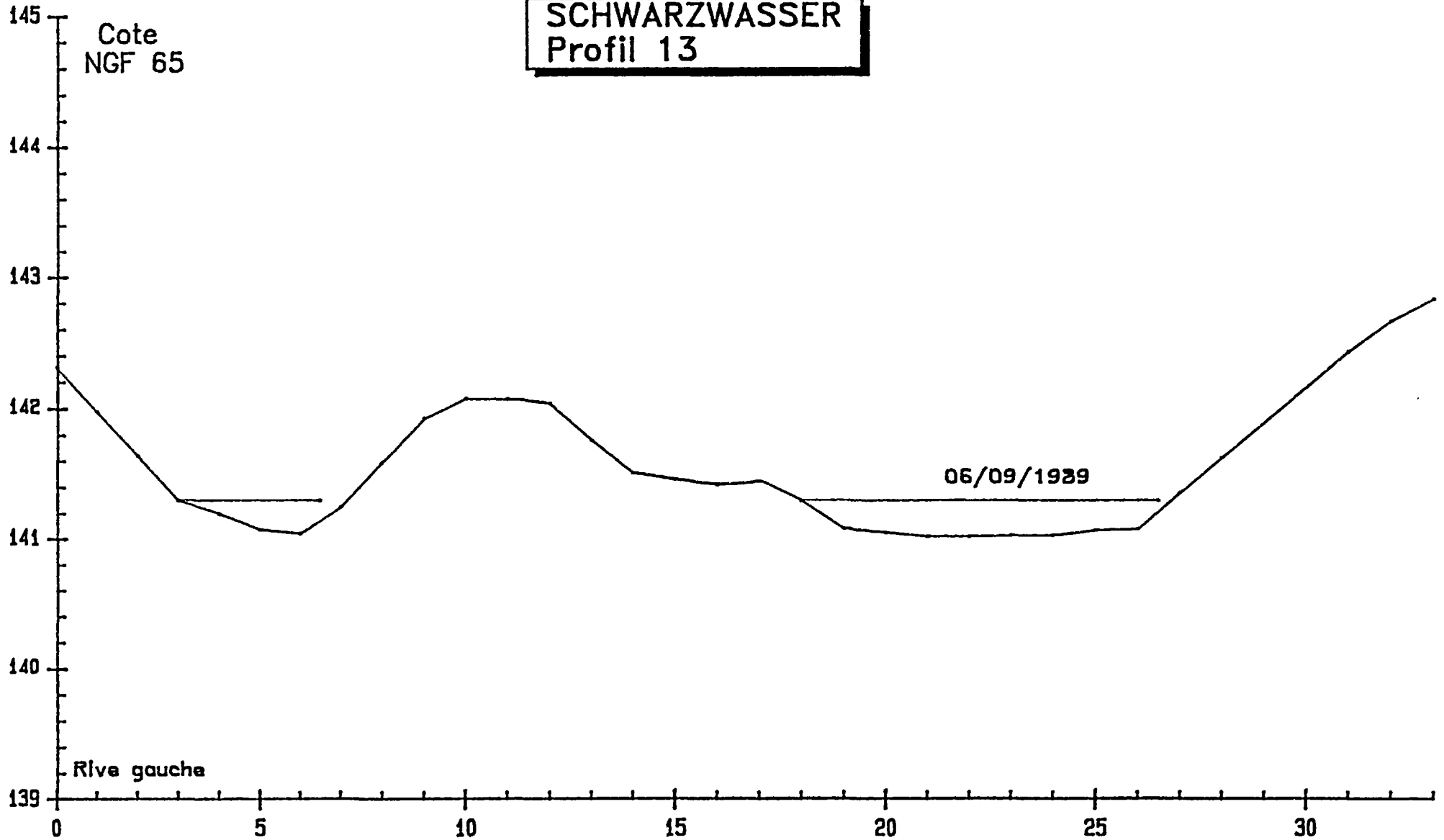
Rive gauche

RHIN TORTU
Profil 23
7/9/89
cote NGF 65

| | |
|--------------|--------|
| cote tablier | 144.24 |
| cote sous ta | 143.49 |
| Z eau | 142.14 |

| | |
|-------------|--------|
| rive droite | |
| 0.0 | 141.36 |
| 1.0 | 141.09 |
| 2.0 | 140.44 |
| 3.0 | 140.39 |
| 4.0 | 140.39 |
| 5.0 | |
| 6.0 | 140.44 |
| 7.0 | 140.69 |
| 8.0 | 140.85 |
| 9.0 | 141.36 |
| 10.0 | 141.76 |

**SCHWARZWASSER
Profil 13**



SCHWARZWASSER

Profil 13

6/9/89

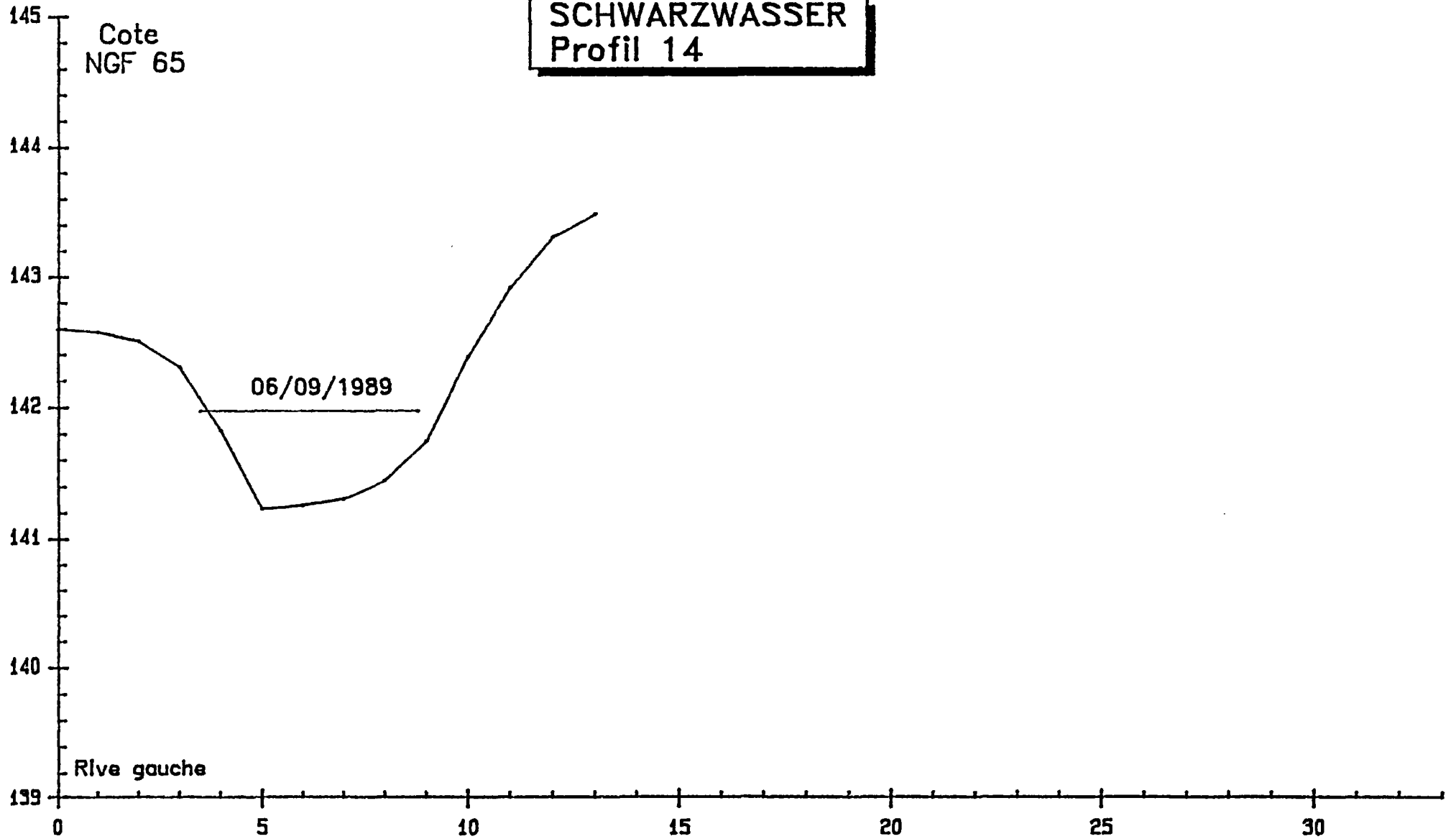
cote NGF 65

| | |
|----------|---------|
| cote sol | 142.835 |
| piquet | 143.445 |
| Z eau | 141.295 |

rive gauche

| | |
|------|---------|
| 0.0 | 142.31 |
| 1.0 | 141.97 |
| 2.0 | 141.635 |
| 3.0 | 141.295 |
| 4.0 | 141.195 |
| 5.0 | 141.075 |
| 6.0 | 141.045 |
| 7.0 | 141.255 |
| 8.0 | 141.595 |
| 9.0 | 141.935 |
| 10.0 | 142.085 |
| 11.0 | 142.085 |
| 12.0 | 142.035 |
| 13.0 | 141.755 |
| 14.0 | 141.505 |
| 15.0 | 141.455 |
| 16.0 | 141.415 |
| 17.0 | 141.455 |
| 18.0 | 141.295 |
| 19.0 | 141.085 |
| 20.0 | 141.055 |
| 21.0 | 141.025 |
| 22.0 | 141.025 |
| 23.0 | 141.035 |
| 24.0 | 141.035 |
| 25.0 | 141.075 |
| 26.0 | 141.085 |
| 27.0 | 141.365 |
| 28.0 | 141.635 |
| 29.0 | |
| 30.0 | |
| 31.0 | 142.435 |
| 32.0 | 142.665 |
| 33.0 | 142.835 |

**SCHWARZWASSER
Profil 14**



SCHWARZWASSER

Profil 14

6/9/89

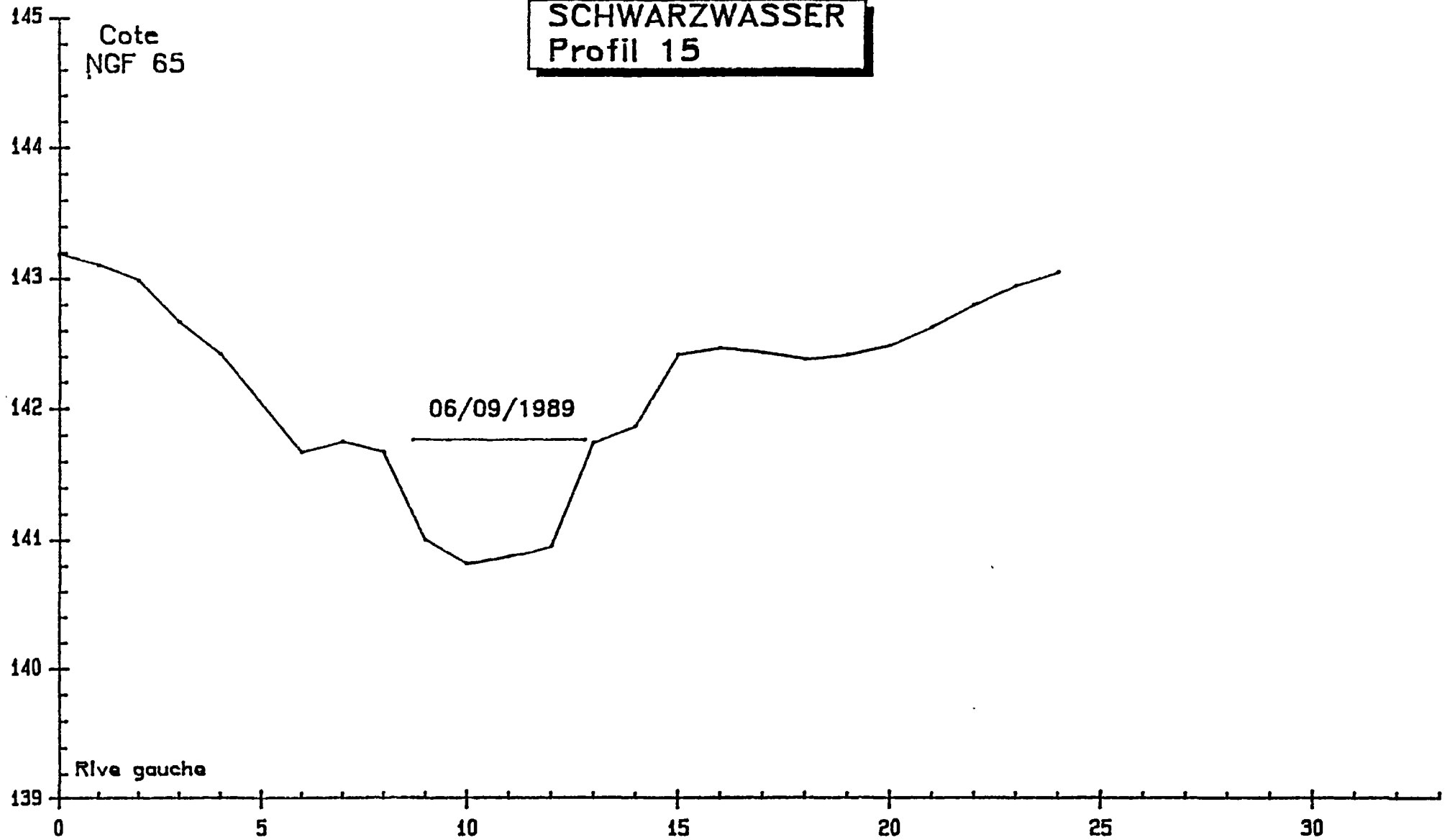
cote NGF 65

| | |
|----------|--------|
| cote sol | 142.58 |
| piquet | 144.81 |
| Z eau | 141.97 |

rive gauche

| | |
|------|---------|
| 0.0 | 142.6 |
| 1.0 | 142.58 |
| 2.0 | 142.51 |
| 3.0 | 142.31 |
| 4.0 | 141.82 |
| 5.0 | 141.22 |
| 6.0 | 141.26 |
| 7.0 | 141.31 |
| 8.0 | 141.45 |
| 9.0 | 141.755 |
| 10.0 | 142.39 |
| 11.0 | 142.92 |
| 12.0 | 143.31 |
| 13.0 | 143.49 |

**SCHWARZWASSER
Profil 15**



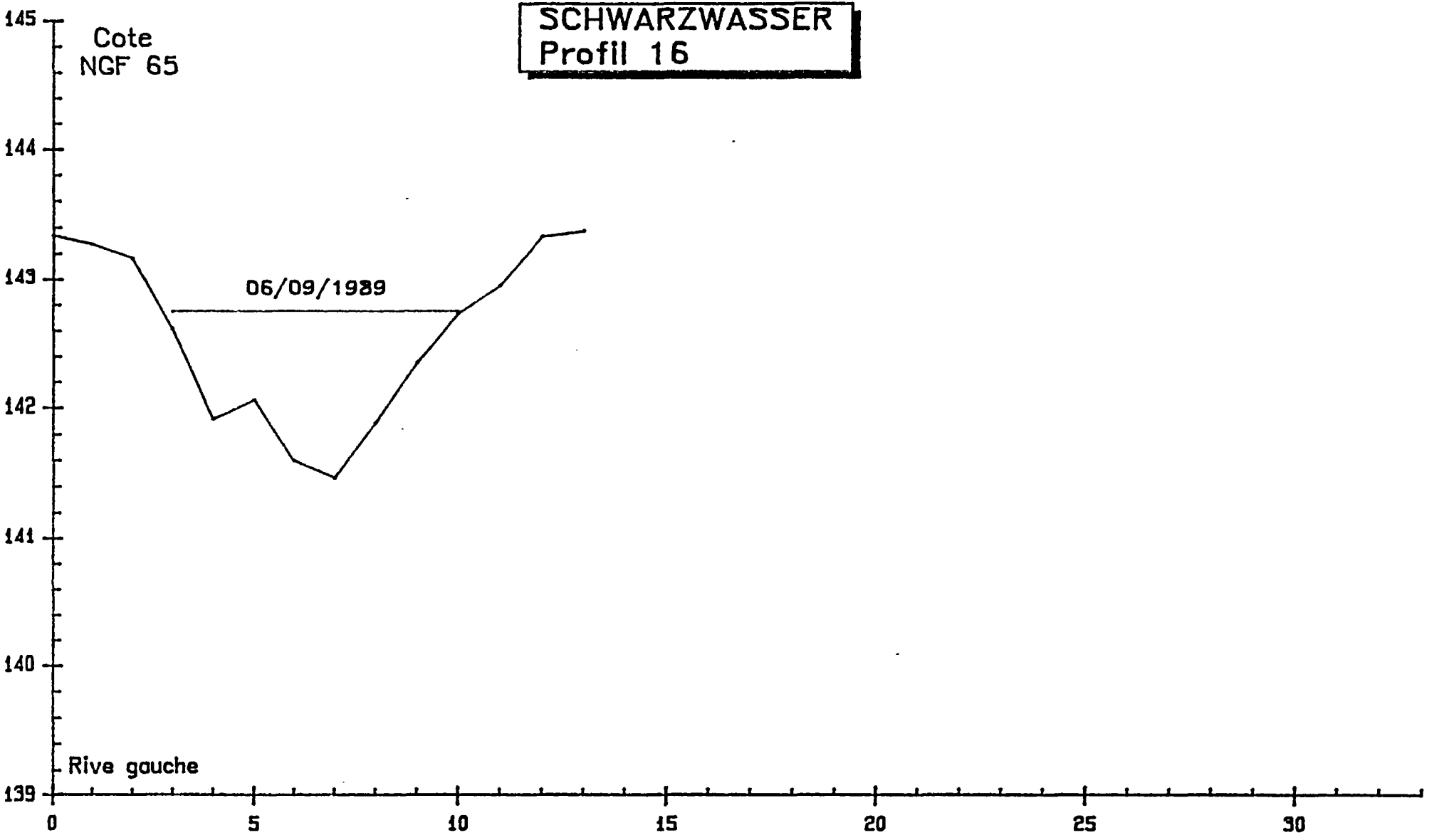
SCHWARZWASSER
Profil 15
6/9/89

cote NGF 65

| | |
|----------|---------|
| cote sol | 143.185 |
| piquet | 143.33 |
| Z eau | 141.76 |

rive gauche

| | |
|------|---------|
| 0.0 | 143.185 |
| 1.0 | 143.1 |
| 2.0 | 142.98 |
| 3.0 | 142.66 |
| 4.0 | 142.42 |
| 5.0 | |
| 6.0 | 141.67 |
| 7.0 | 141.755 |
| 8.0 | 141.67 |
| 9.0 | 140.99 |
| 10.0 | 140.81 |
| 11.0 | 140.88 |
| 12.0 | 140.96 |
| 13.0 | 141.745 |
| 14.0 | 141.87 |
| 15.0 | 142.42 |
| 16.0 | 142.47 |
| 17.0 | 142.43 |
| 18.0 | 142.38 |
| 19.0 | 142.42 |
| 20.0 | 142.49 |
| 21.0 | 142.63 |
| 22.0 | 142.8 |
| 23.0 | 142.95 |
| 24.0 | 143.05 |



SCHWARZWASSER

Profil 16

6/9/89

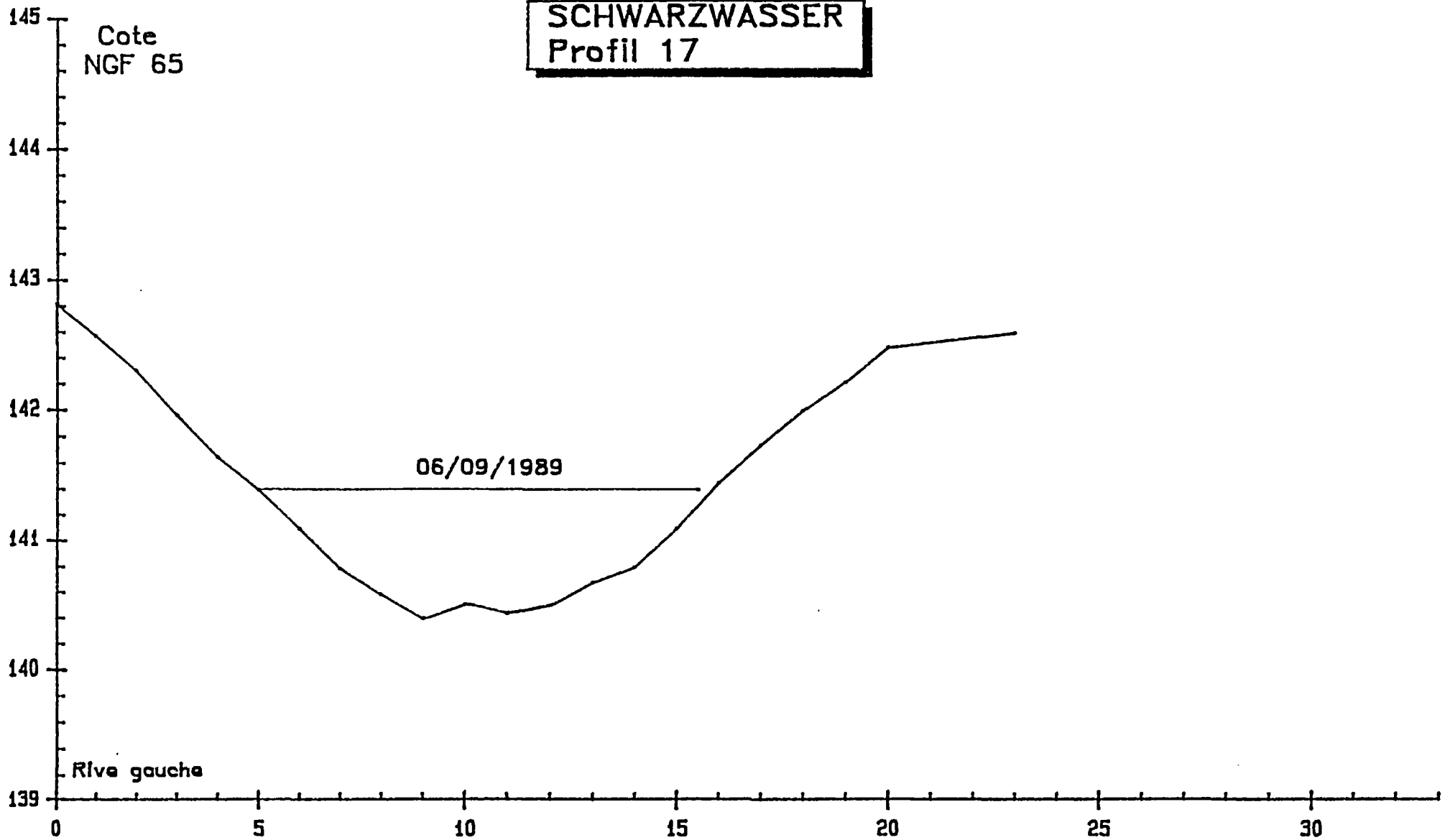
cote NGF 65

| | |
|----------|--------|
| cote sol | 143.87 |
| piquet | 144.77 |
| Z eau | 142.74 |

rive gauche

| | |
|------|--------|
| 0.0 | 143.34 |
| 1.0 | 143.27 |
| 2.0 | 143.16 |
| 3.0 | 142.61 |
| 4.0 | 141.92 |
| 5.0 | 142.07 |
| 6.0 | 141.6 |
| 7.0 | 141.47 |
| 8.0 | 141.89 |
| 9.0 | 142.36 |
| 10.0 | 142.74 |
| 11.0 | 142.96 |
| 12.0 | 143.34 |
| 13.0 | 143.38 |

**SCHWARZWASSER
Profil 17**



Cote
NGF 65

06/09/1989

Rive gauche

SCHWARZWASSER

Profil 17

6/9/89

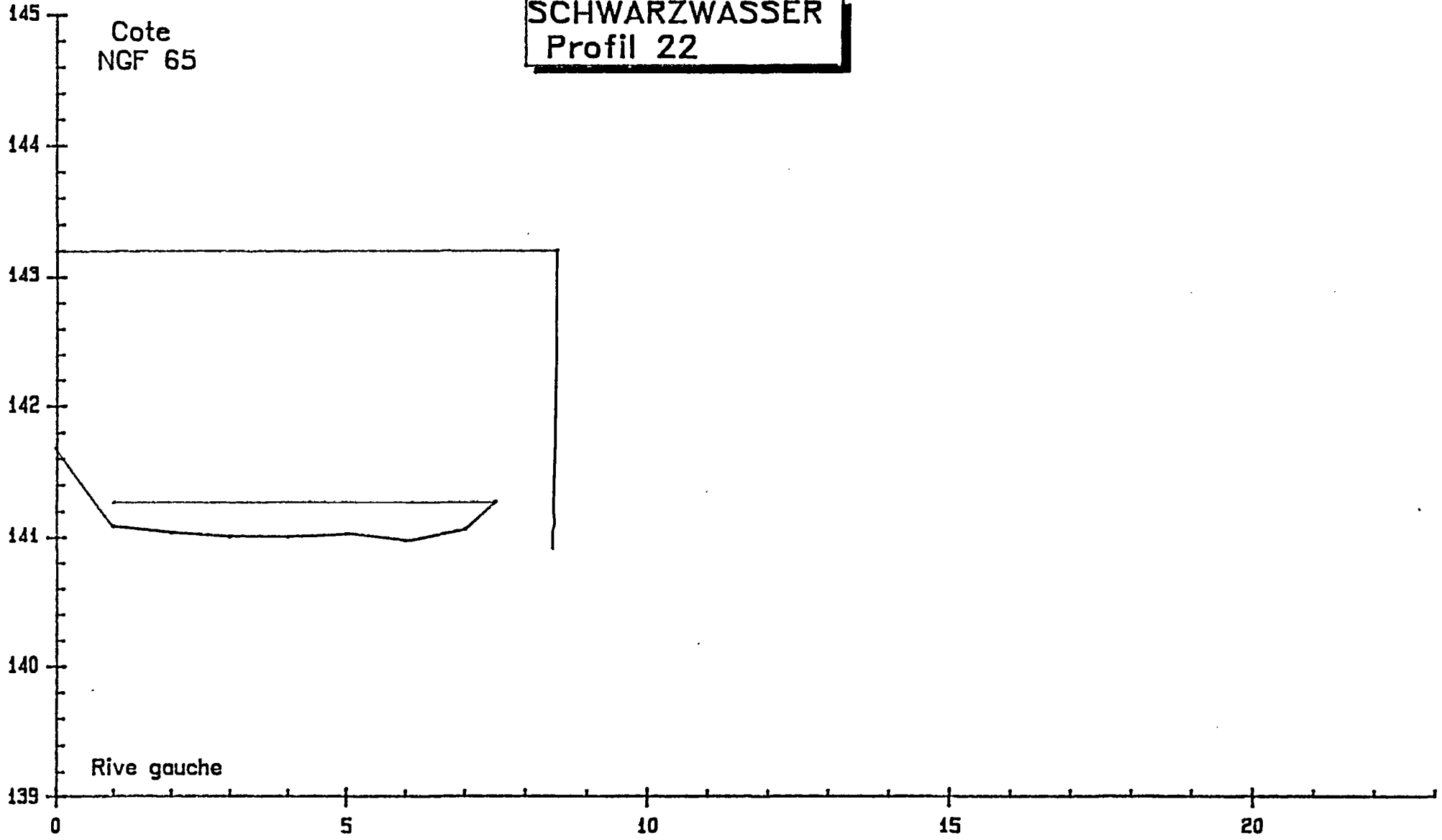
cote NGF 65

| | |
|----------|--------|
| cote sol | 142.59 |
| piquet | 143.32 |
| Z eau | 141.38 |

rive gauche

| | |
|------|---------|
| 0.0 | 142.81 |
| 1.0 | 142.565 |
| 2.0 | 142.3 |
| 3.0 | 141.96 |
| 4.0 | 141.64 |
| 5.0 | 141.38 |
| 6.0 | 141.08 |
| 7.0 | 140.77 |
| 8.0 | 140.57 |
| 9.0 | 140.39 |
| 10.0 | 140.51 |
| 11.0 | 140.43 |
| 12.0 | 140.5 |
| 13.0 | 140.68 |
| 14.0 | 140.8 |
| 15.0 | 141.1 |
| 16.0 | 141.45 |
| 17.0 | 141.73 |
| 18.0 | 141.99 |
| 19.0 | 142.21 |
| 20.0 | 142.48 |
| 21.0 | |
| 22.0 | |
| 23.0 | 142.59 |

SCHWARZWASSER
Profil 22



SCHWARZWASSER

Profil 22

6/9/89

cote NGF 65

| | |
|---------------|---------|
| cote tablier | 144.045 |
| cote sous tab | 143.195 |
| Z eau | 141.275 |

rive droite

| | |
|-----|---------|
| 0.0 | 141.685 |
| 1.0 | 141.075 |
| 2.0 | 141.025 |
| 3.0 | 140.995 |
| 4.0 | 140.995 |
| 5.0 | 141.025 |
| 6.0 | 140.965 |
| 7.0 | 141.065 |
| 7.5 | 141.275 |



ANNEXE 2

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

=====

ROCADE SUD DE STRASBOURG

**DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES
DE FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU**

=====

CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE

=====

Jaugeages réalisés

=====

R 30016 ALS 4S 89

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ALSACE
204, route de Schirmeck - 67200 STRASBOURG - Tél.: 88.30.12.62

RESULTAT DES JAUGEAGES

STATION :
RIVIERE : RHIN TORTU
NUMERO B.R.G.M. :

DATE..... : 13 9 1989
HAUTEUR DE L'ECHELLE :
SURFACE MOUILLEE.... : 12.38 M2
VITESSE MOYENNE..... : .666 M.
DEBIT..... : 8.2490 M3/S
NUMERO PASSAGE..... : 1

DETAIL DES RESULTATS POUR CHAQUE VERTICALE

| NUMERO DE LA VERTICALE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| numero de l'equipement | 423 | 423 | 423 | 423 | 423 |
| distance par rapport a la rive | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 8.80 |
| profondeur de la lame d'eau | .760 | 1.600 | 1.780 | 1.450 | 1.150 |
| profil unitaire | .432 | 1.148 | 1.317 | .986 | .532 |
| vitesse de la verticale | .569 | .717 | .740 | .680 | .463 |
| profondeur | .20 | .10 | .10 | .10 | .20 |
| nombre de tours | 43.00 | 23.00 | 50.00 | 61.00 | 31.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| vitesse | .30 | .17 | .35 | .42 | .22 |
| profondeur | .30 | .30 | .40 | .30 | .40 |
| nombre de tours | 88.00 | 76.00 | 108.00 | 99.00 | 63.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| vitesse | .59 | .51 | .72 | .66 | .43 |
| profondeur | .40 | .60 | .70 | .50 | .60 |
| nombre de tours | 106.00 | 119.00 | 122.00 | 101.00 | 87.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| vitesse | .71 | .79 | .81 | .68 | .59 |
| profondeur | .50 | 1.00 | 1.00 | .80 | .80 |
| nombre de tours | 105.00 | 127.00 | 119.00 | 107.00 | 85.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| vitesse | .70 | .85 | .79 | .72 | .57 |
| profondeur | .60 | 1.30 | 1.30 | 1.10 | 1.00 |
| nombre de tours | 109.00 | 124.00 | 120.00 | 107.00 | 83.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| vitesse | .73 | .83 | .80 | .72 | .56 |
| profondeur | .70 | 1.50 | 1.60 | 1.40 | .00 |
| nombre de tours | 112.00 | 125.00 | 115.00 | 107.00 | .00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | .00 |
| vitesse | .75 | .83 | .77 | .72 | .00 |

STATION :
 RIVIERE : SCHWARZWASSER
 NUMERO B.R.G.M. :

DATE..... : 13 9 1989
 HAUTEUR DE L'ECHELLE : .000 M.
 SURFACE MOUILLEE.... : 2.16 M2
 VITESSE MOYENNE..... : .248 M.
 DEBIT..... : .5348 M3/S
 NUMERO PASSAGE..... : 1

DETAIL DES RESULTATS POUR CHAQUE VERTICALE

| NUMERO DE LA VERTICALE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| numero de l'equipement | 423 | 423 | 423 | 423 | 423 | 423 |
| distance par rapport a la rive | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 4.00 |
| profondeur de la lame d'eau | .730 | .720 | .650 | .650 | .600 | .200 |
| profil unitaire | .106 | .217 | .329 | .264 | .058 | .009 |
| vitesse de la verticale | .145 | .301 | .507 | .406 | .097 | .045 |
| profondeur | .08 | .08 | .08 | .10 | .15 | .09 |
| nombre de tours | 23.00 | 42.00 | 48.00 | 62.00 | 23.00 | 2.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 30.00 | 30.00 |
| vitesse | .17 | .29 | .33 | .42 | .12 | .04 |
| profondeur | .30 | .20 | .20 | .20 | .30 | .15 |
| nombre de tours | 15.00 | 44.00 | 72.00 | 71.00 | 20.00 | 9.00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 30.00 | 30.00 |
| vitesse | .12 | .31 | .49 | .48 | .11 | .06 |
| profondeur | .50 | .30 | .30 | .30 | .40 | .00 |
| nombre de tours | 19.00 | 43.00 | 73.00 | 67.00 | 23.00 | .00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 30.00 | .00 |
| vitesse | .15 | .30 | .50 | .46 | .12 | .00 |
| profondeur | .65 | .40 | .40 | .40 | .50 | .00 |
| nombre de tours | 19.00 | 41.00 | 86.00 | 66.00 | 4.00 | .00 |
| duree | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 30.00 | .00 |
| vitesse | .15 | .29 | .58 | .45 | .04 | .00 |
| profondeur | .00 | .50 | .50 | .50 | .00 | .00 |
| nombre de tours | .00 | 45.00 | 91.00 | 48.00 | .00 | .00 |
| duree | .00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | .00 | .00 |
| vitesse | .00 | .31 | .61 | .33 | .00 | .00 |
| profondeur | .00 | .65 | .60 | .60 | .00 | .00 |
| nombre de tours | .00 | 41.00 | 81.00 | 40.00 | .00 | .00 |
| duree | .00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | .00 | .00 |
| vitesse | .00 | .29 | .55 | .28 | .00 | .00 |