

## Chapitre III: Analyse des données d'auscultation

### Introduction

L'évaluation et l'analyse des données d'auscultation ont deux objectifs principaux :

- Comparer les performances réelles avec celles prévues ou attendues
- Identifier les phénomènes liés à l'heure, le niveau d'eau du réservoir et d'autres variables (déformations, débits, ...).

Dans les deux cas, l'objectif principal est d'identifier les problèmes potentiels qui influent la sécurité du barrage le plus tôt possible.

### Analyse statistique des mesures

Lorsque les mesures d'un instrument montrent des variations et des phénomènes évolutifs ; l'évolution du phénomène dans le temps n'est suggérée qu'au milieu d'un nuage de points fortement dispersés par les contraintes

Une analyse statistique doit alors être effectuée pour séparer l'influence respective des différents facteurs explicatifs.

Cette analyse doit être effectuée sur une série de données "nettoyée" de ses valeurs anormales (à condition que celles-ci soient identifiées, c'est-à-dire liées aux conditions de mesure, et non au comportement du barrage). Sans ce "nettoyage", la qualité et les résultats de l'analyse statistique peuvent être considérablement dégradés.

Passées les premières années, voire les premières décennies, il pourra être intéressant de cibler l'analyse statistique sur les données des seules années ou décennies récentes. Cela permet de gommer les effets de jeunesse (adaptations du barrage sur sa fondation, dissipation des pressions interstitielles de construction, ...) et de se focaliser sur le comportement du barrage à l'âge adulte. Ainsi, on met mieux en évidence son comportement réversible et les éventuels effets de vieillissement à long terme.

### Description des modèles d'analyse statistique

Parmi tous les facteurs qui influencent le comportement d'un ouvrage, trois sont largement prépondérants :

1. Les conditions hydrostatiques (niveau d'eau dans la retenue et niveau de la nappe phréatique) ;
2. Les conditions climatiques (température et pluie) ;
3. L'âge du barrage.

Les modèles comportent plus ou moins de paramètres selon les évolutions méthodologiques apportées par divers auteurs. Généralement les variables d'un modèle statistique sont au nombre de trois, les deux premières ayant des effets réversibles et la troisième des effets irréversibles :

1. Le niveau du plan d'eau, effet hydrostatique, noté « H » et représenté par une fonction polynomiale de la cote ; la variable représentant la cote du plan d'eau
2. La date dans l'année, utilisée pour l'effet saisonnier de la variation de température, noté « S » et représenté par des fonctions sinusoïdales ;

3. Le temps, utilisé pour l'effet du vieillissement, noté « T » et représenté par la somme d'un terme linéaire, d'une exponentielle négative et parfois d'une exponentielle positive.

## Concept de l'auscultation des phénomènes les plus contrôlés dans les barrages

### Déformations

- **Le long de lignes verticales (prolongation au sous-sol)**
  - Méthodes géodésiques (mesures d'angles et de distances)
  - Pendules et pendules inversés
- **Le long de lignes horizontales (prolongation dans les appuis)**
  - Alignement par fil, nivellement, alignement optique,
  - Mesures d'angles et de distances, polygonales
- **Du rocher (Fondation)**
  - Variation de longueurs et déformées le long de lignes
  - Dans les forages (extensomètre, micromètre coulissant, clinomètre coulissant)
- **Dans fissures et joints accessibles**
  - Points de repères (fleximètre, micromètre, défomètre, dilatomètre, clinomètre)

### Percolations et pressions interstitielles

- **Débit des eaux d'infiltration et de drainage dans les galeries**
  - Mesure volumétrique avec récipient et chronomètre
  - Déversoir, canal de mesure
- **Pression de l'eau de percolation**
  - Forages ouverts (piézomètre)
  - Forages fermés (manomètres)
  - Cellules de pression (pneumatique, hydraulique, électrique)

### 1) Déformations

#### 1.1 Déformations horizontales





Figure III.1 Position de la station géodésique dans un site de barrage

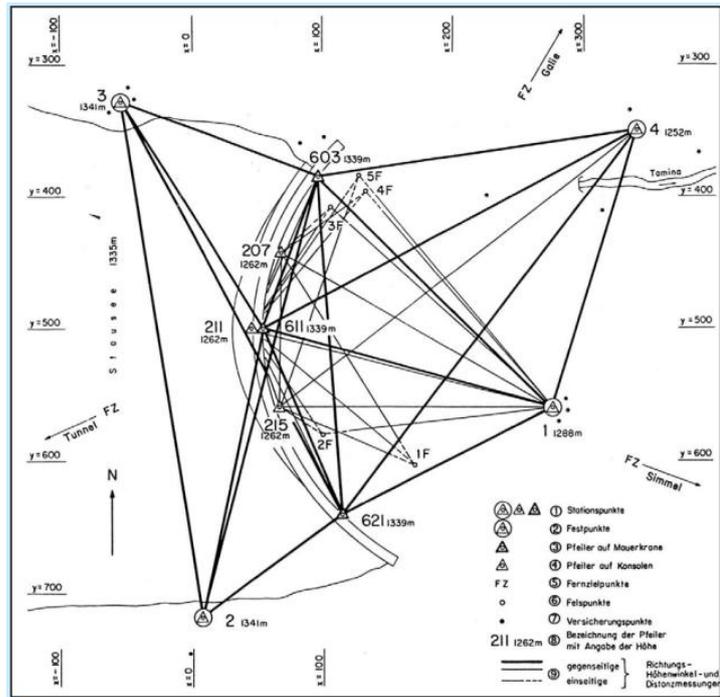


Figure III.2 Exemple d'un réseau géodésique d'un barrage

## 1.2 Déformations verticales

- Utilisation des Pendules et pendules inversés

### Exemple N 1

- Barrage rigide de Zeuzier (Suisse) de 156 m de hauteur

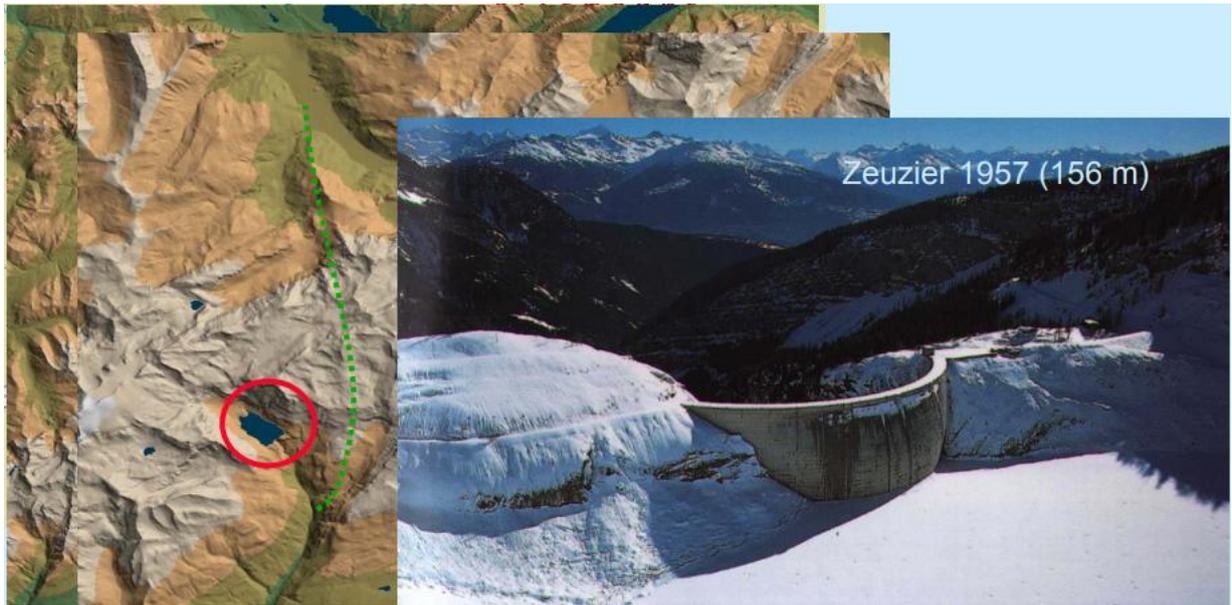


Figure III.3 Images descriptives de position et type du barrage de Zeuzier (Suisse) en hiver

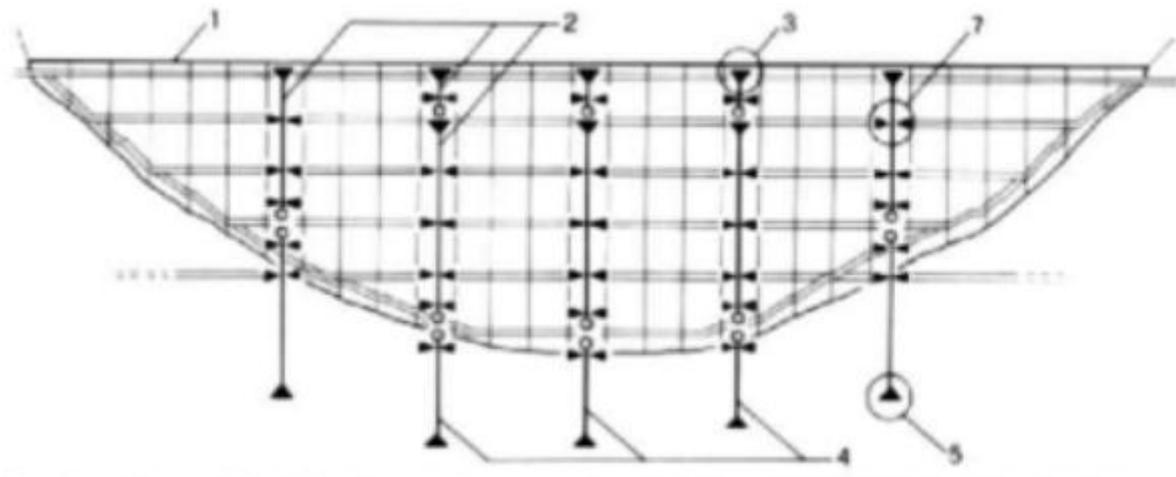


Figure III.4 Positionnement des pendules normales et inversés dans le corps du barrage de Zeuzier

1) Crête du barrage 2) pendule simple 3) Point de suspension du pendule 4) pendule inversé 5) Ancrage du pendule inversé 7) Point de mesure

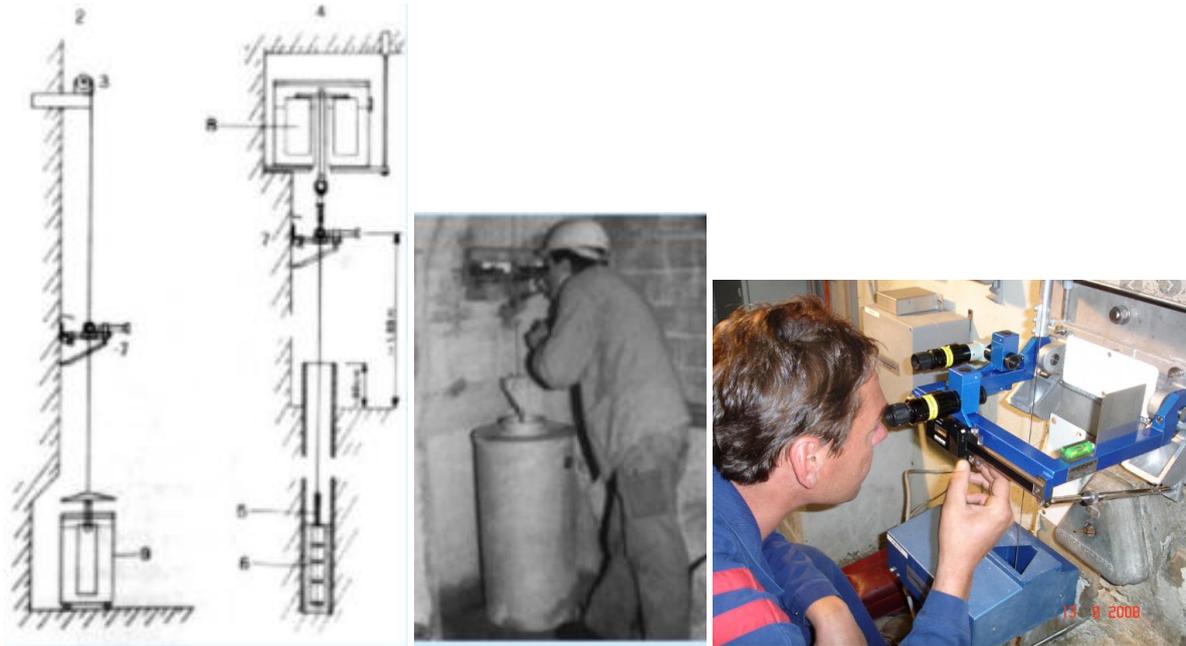


Figure III.5 Représentation schématique des pendules, point de mesure et instrument nécessaire

1) Crête du barrage 2) Fil à plomb 3) Point de suspension du fil à plomb 4) Fil à plomb inversé 5) Ancrage du fil à plomb inversé 6) coulis de ciment 7) Point de mesure 8) Flotteur / Flotteur 9) Réservoir d'amortissement

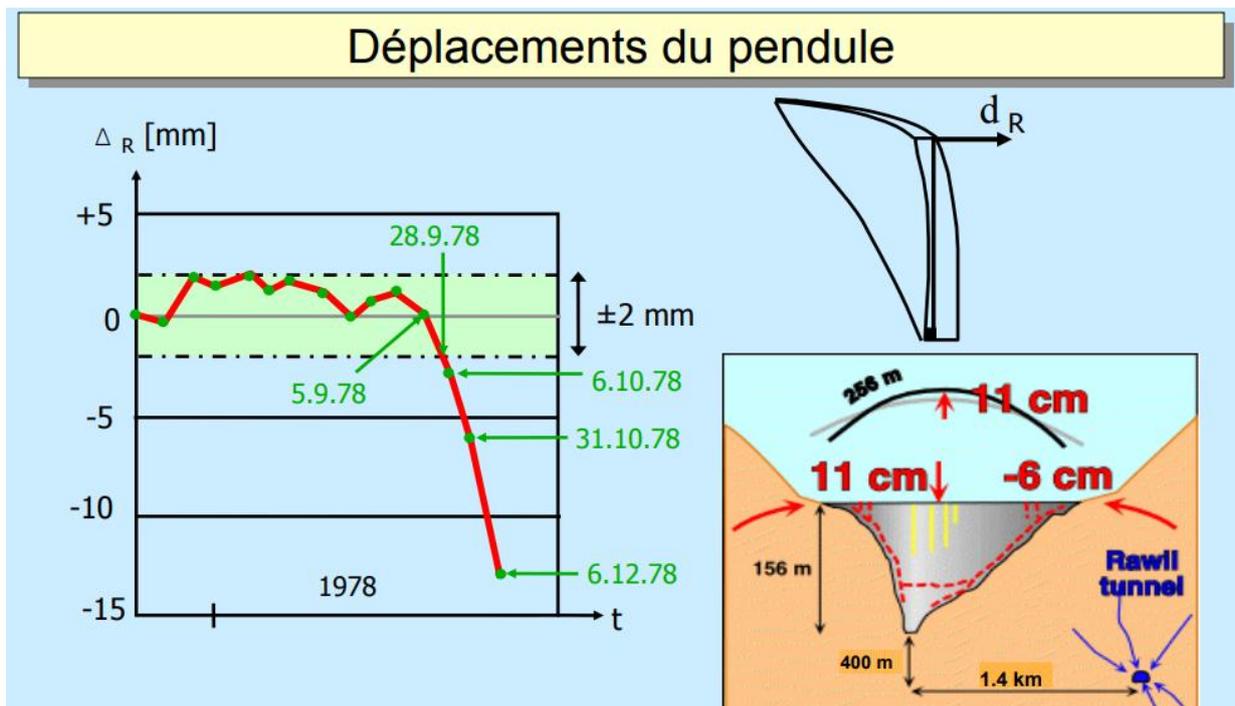


Figure III.6 Courbe d'évolution de déplacement radial au milieu de la crête du barrage en fonction du temps (année 1978).

**Exemple N 2**

- Exemple Barrage Mauvoisin (Suisse) de 237 m de hauteur

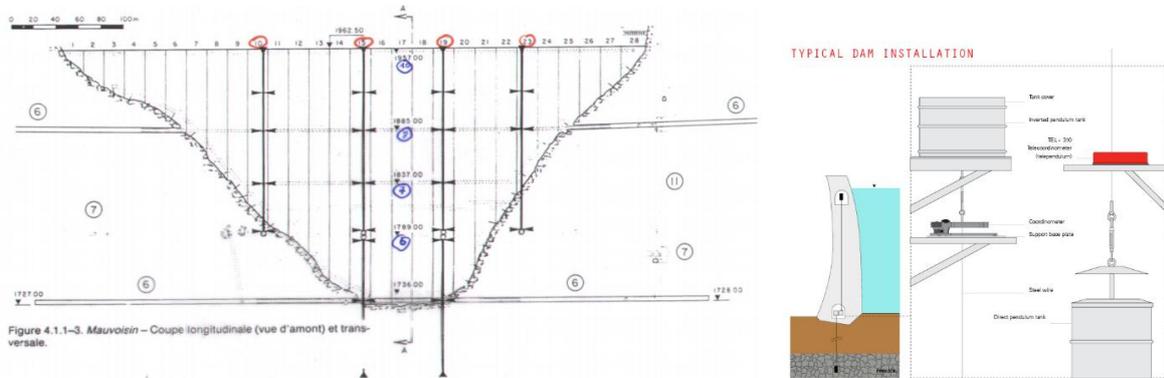


Figure III.7 Positionnement des pendules normales et inversés dans le corps du barrage de Mauvoisin

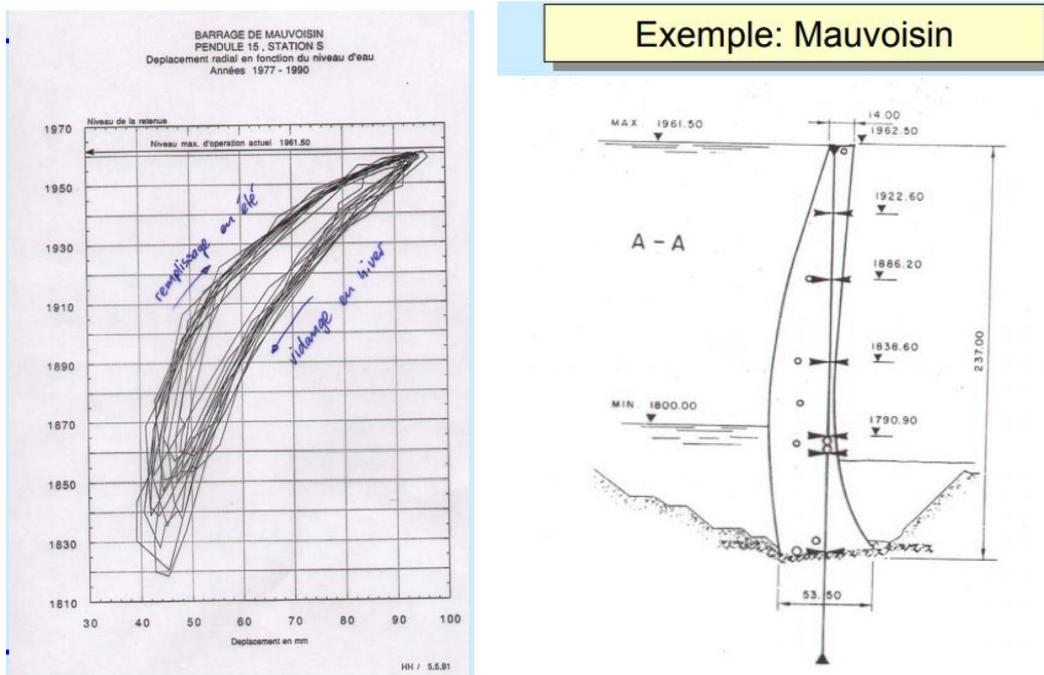


Figure III.8 Courbes d'évolution de déplacement radial en fonction du niveau d'eau du barrage (pendule n 15), phénomène réversible.

## Mesures brutes de niveau d'eau, de déplacement du barrage de Mauvoisin par plusieurs pendules

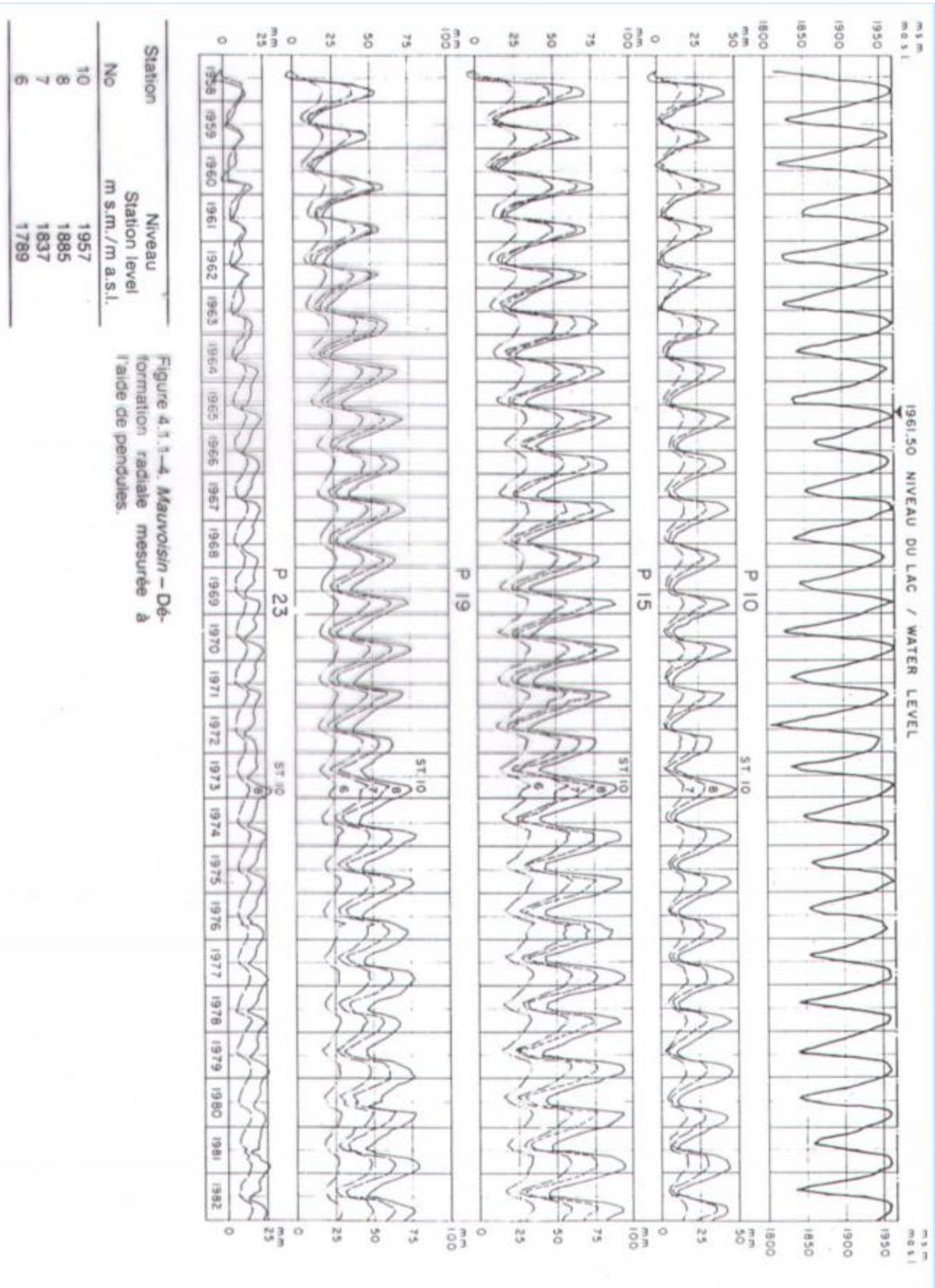


Figure III.9 Déplacements enregistrés par les pendules en fonction du niveau d'eau (H) durant la période d'observation 1958-1982



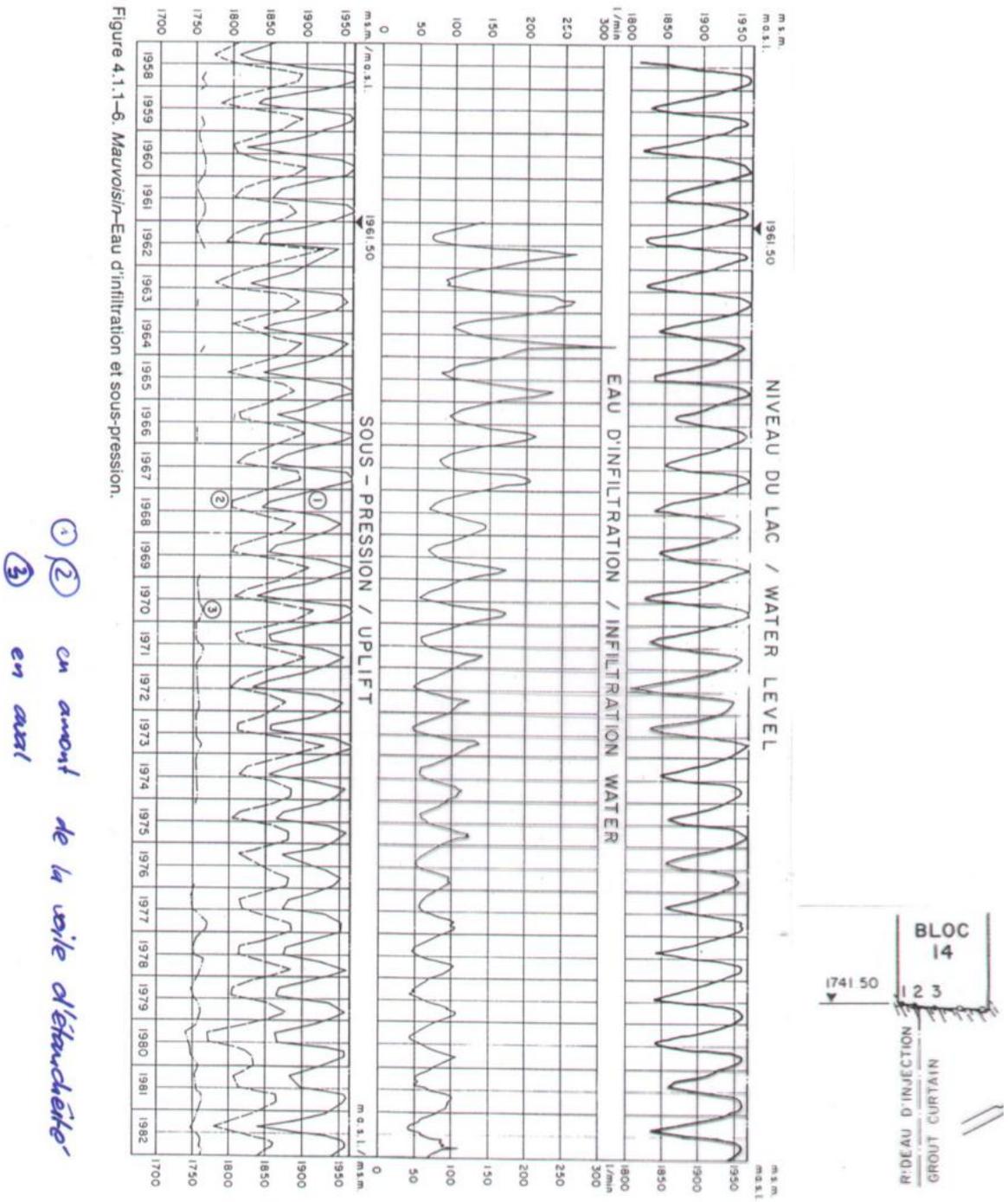


Figure 4.1-6. Mauvoisin-Eau d'infiltration et sous-pressure.

- ① en amont de la voile d'étanchéité
- ② en aval
- ③ en aval

Figure III.11 Infiltrations enregistrés à travers le corps du barrage et sous pression en fonction du niveau d'eau (H) durant la période d'observation 1958-1982

## BARRAGES EN TERRE

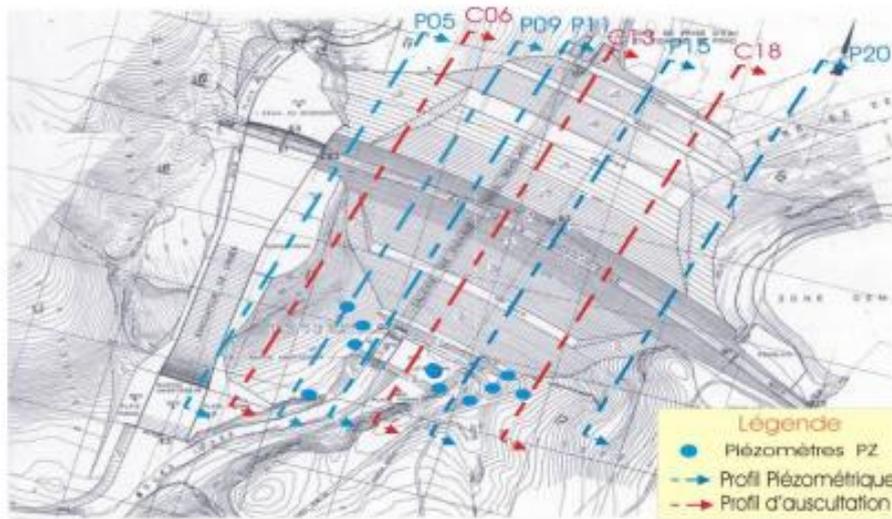
- **Barrage Izdihar au nord-ouest de l'Algérie** (à 37 km de la ville de Tlemcen)

C'est un barrage en terre à noyau central d'une hauteur de 60 m, a connu un comportement anormal lors de sa mise en eau.

En effet, lors de sa mise en eau, des sources sont apparues à l'aval du barrage. L'analyse de la série de mesures d'auscultation et leurs interprétations ont conduit à la compréhension des phénomènes manifestés ainsi que la proposition de solutions de confortement.

L'analyse du comportement du barrage sur le plan mécanique et hydraulique.

### Dispositif d'auscultation du barrage



- Trois profils d'auscultation : 06, 13 et 18 pour la mesure des pressions,
- Cinq profils piézométriques : 05, 09, 11, 15 et 20,
- Un réseau de repères de nivellement et de planimétrie pour la mesure des déformations.

Les séries utilisées pour l'interprétation des mesures d'auscultation sont consignées sur le tableau I.

Tableau I. Les séries des mesures d'auscultation utilisées

Paramètres	Période d'observation
Pluviométrie	24.04.1992-17.07.2002
Débits des sources à l'aval	26.01.1992- 17.07.2002
Plan d'eau (H)	29.06.1992-18.04.2006
Pressions interstitielles	30.06.1992-18.04.2006
Piézométrie à l'aval du barrage	17.06.2003-18.04.2006
Piézométrie corps du barrage et fondations	29.06.1992-18.04.2006
Piézométrie à l'intérieur de la galerie	02.11.2003-20.05.2006
Pressions des piézomètres fermés	02.12.2003-20.05.2006
Débits des drains	13.06.2005-20.05.2006
Planimétrie, nivellement	1989-2003

## Paramètres analysés et corrélations effectuées

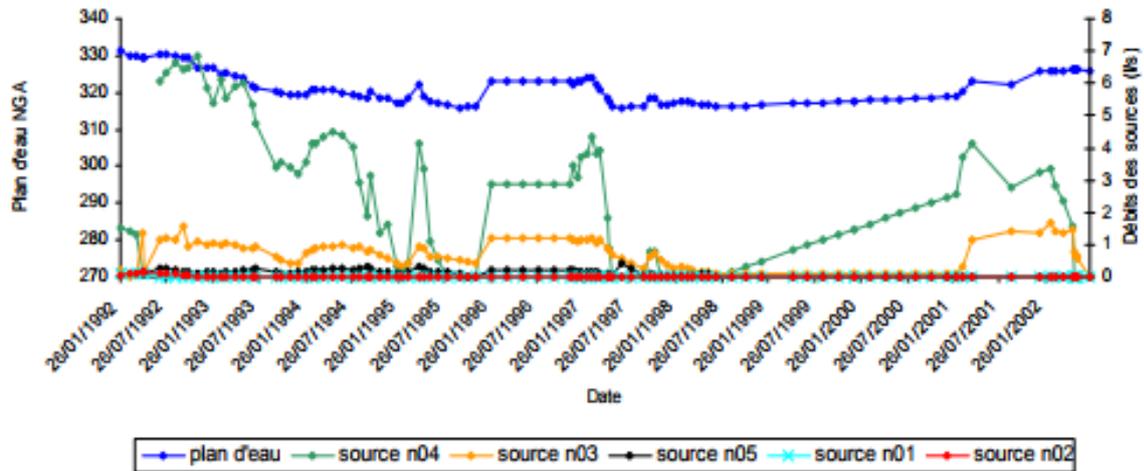


Figure III.12 Variations des débits des sources en fonction du niveau d'eau

En rive droite, les niveaux piézométriques au niveau de la recharge aval P9-5 et P9-7 sont supérieurs à ceux des piézomètres localisés à l'aval du barrage (figure 6), par contre en rive gauche, et en considérant le profil P15, les niveaux des piézomètres au niveau de la recharge aval P15-7 et P15-5 dépassent d'environ 08 m ceux situés en aval du barrage (figure 7).

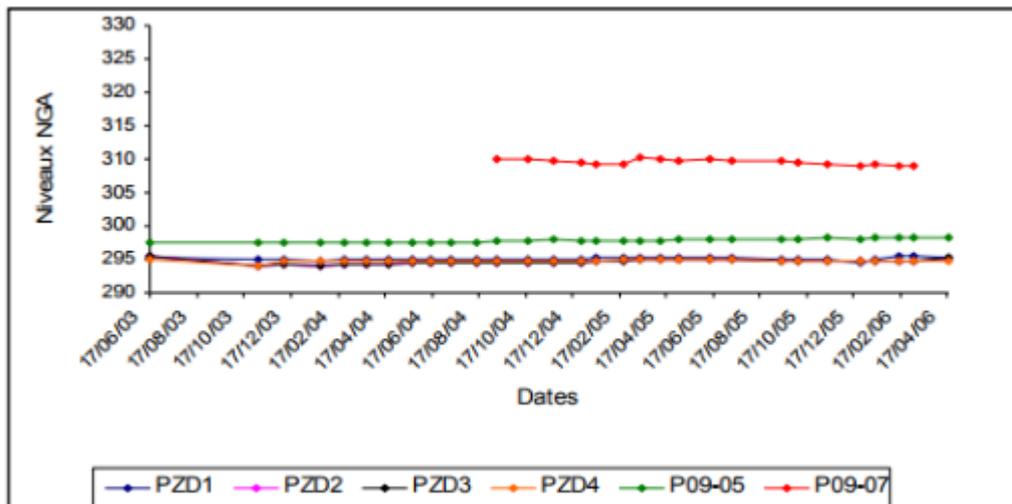


Figure III.13 Comparaison des niveaux piézométriques à l'aval du barrage avec ceux de la recharge en aval du barrage, rive droite

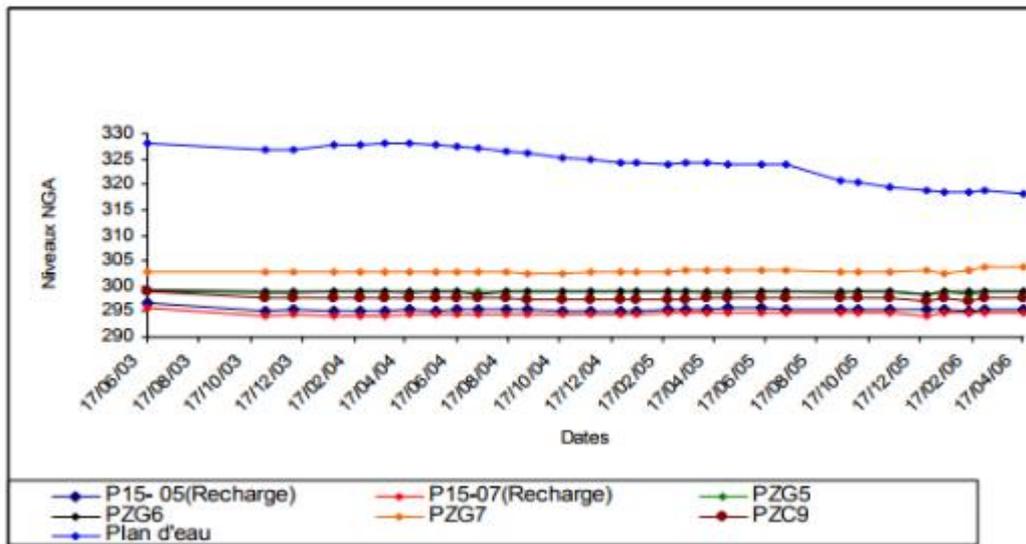


Figure III.14 Comparaison des niveaux piézométriques à l'aval du barrage avec ceux de la recharge en aval du barrage, rive gauche

### Vérification du noyau du barrage

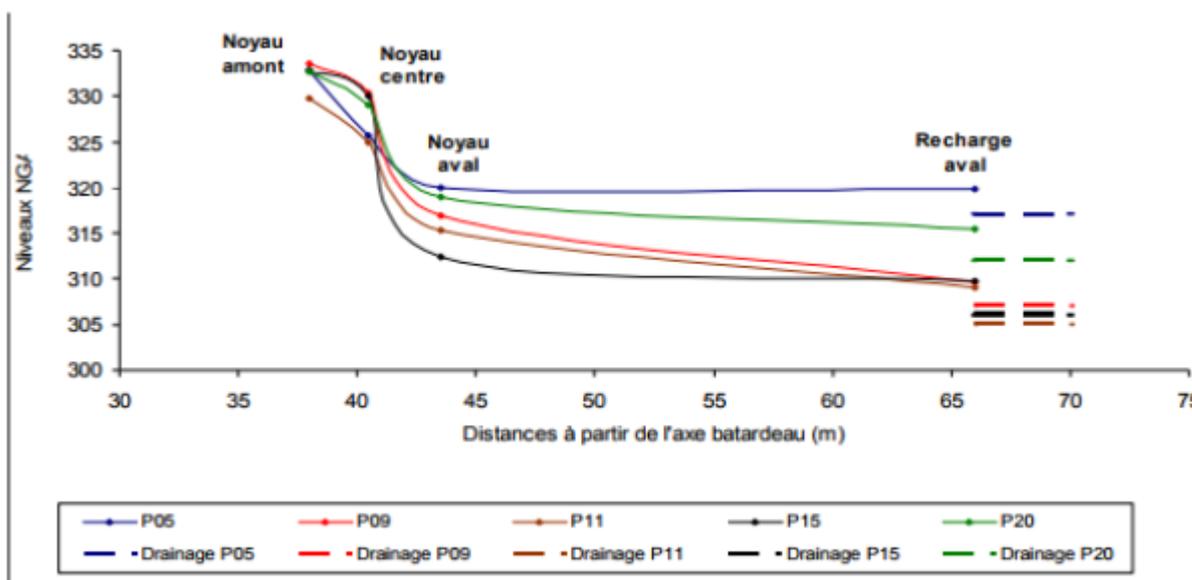


Figure III.15 . Variations des lignes piézométriques dans le corps du barrage

## Vérification de la fondation (avant et après voile d'étanchéité)

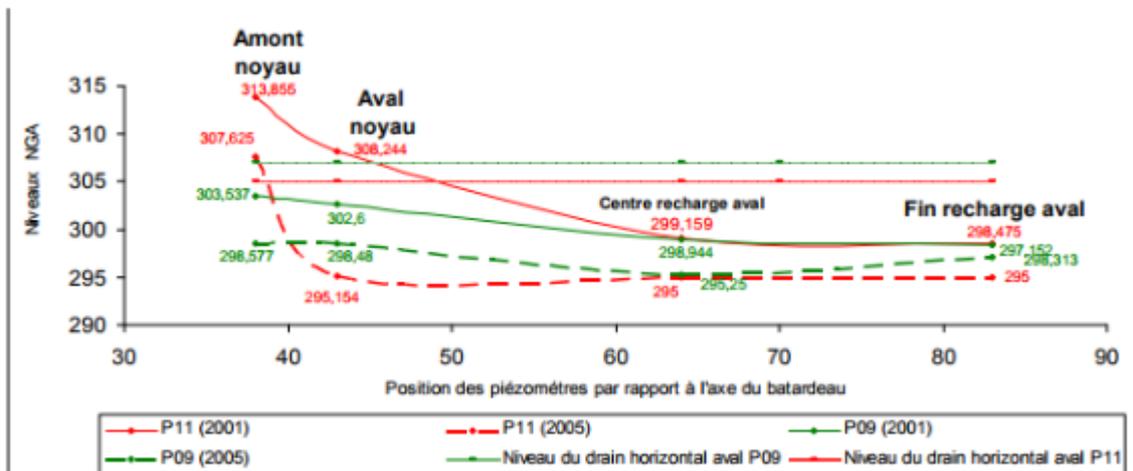
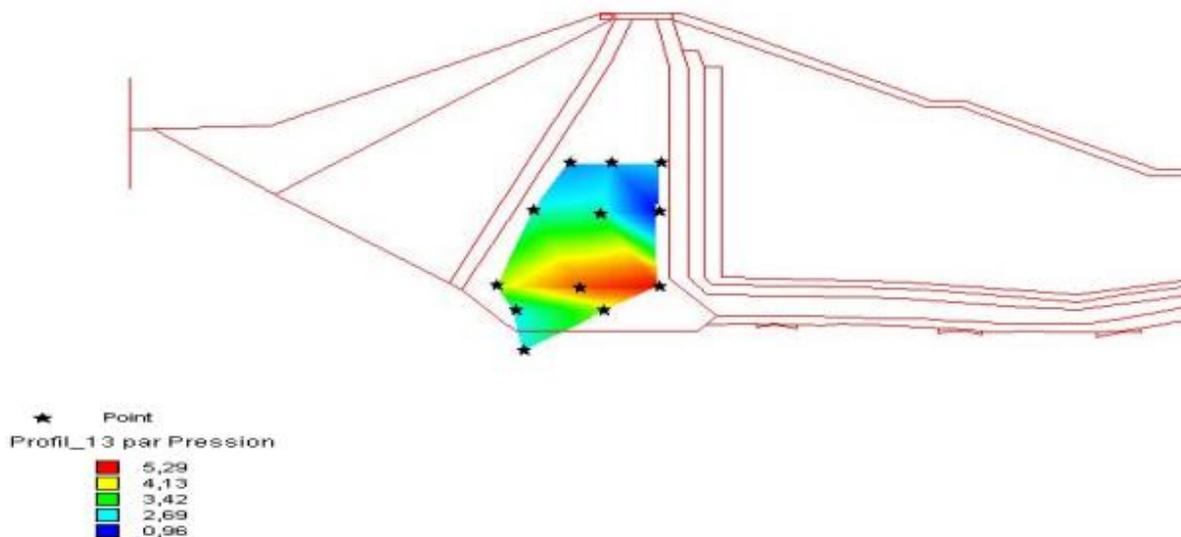


Figure III.16 Variations des lignes piézométriques dans les fondations du barrage, avant et après la voile d'étanchéité

## Pressions interstitielles

Afin d'avoir une schématisation explicite de la variation des champs des pressions interstitielles, il a été représenté, pour les profils 06 et 13, les domaines de variation concentrés des pressions interstitielles. Cette représentation a été guidée par le logiciel MAPINFO avec une analyse thématique de 05 champs (figure 8). Il est à souligner, que le manque de certaines mesures sur les capsules du profil 18, n'a pas permis d'engager l'analyse thématique, afin que cette dernière, ne puisse être erronée par difficultés d'interpolation.



### Variations des champs de pressions interstitielles, Profil 13

Pour le profil 06, les concentrations de champs maximaux sont enregistrées sur les parements bas du noyau ainsi qu'en fondations, après le voile d'injection. - Pour le profil central 13, les valeurs sont beaucoup plus élevées et se localisent sur le parement bas du noyau, au voisinage du drainage horizontal aval.

#### Analyse des tassements

- Les tassements observés des repères de la digue sont assez réguliers.
- Les tassements des repères de crête montrent que l'amplitude des tassements est liée à la hauteur du remblai.

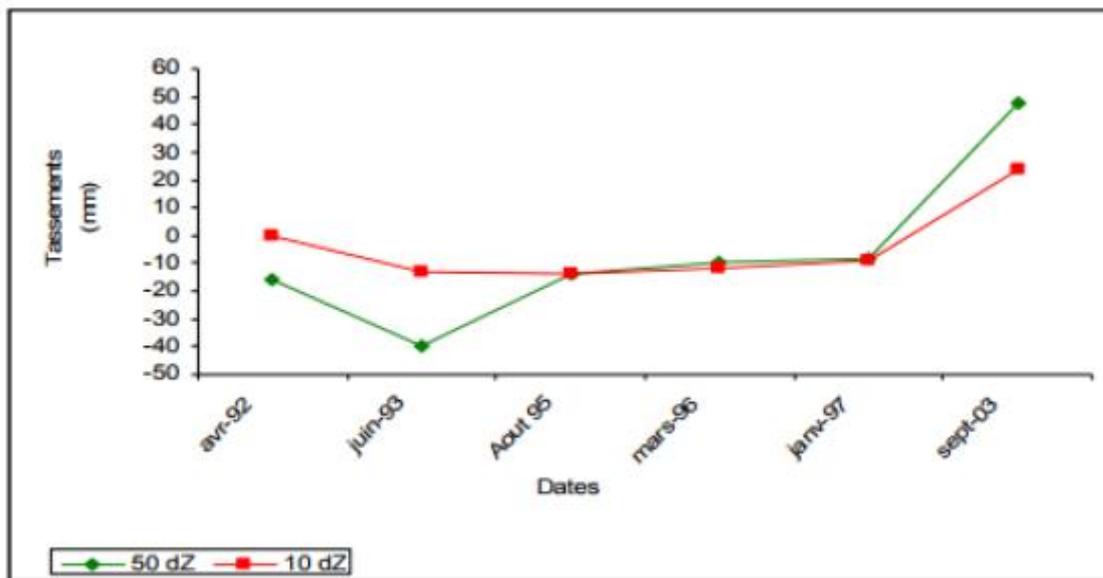


Figure III.17 Variation des tassements des repères en rive droite -Evacuateur des crues