

## ii) Géologie

Le bassin de l'oued Rhéris est composé de grès schisteux, d'argile schisteuse et de rhyolite du Paléozoïque dans la partie Sud du bassin, et de grès calcaire, d'argile schisteuse et de conglomérat du Crétacé dans la partie centrale du bassin, et enfin de calcaire, de grès calcaire schisteux sur la partie Nord du bassin. Le conglomérat, le grès et le limon du Pliocène sont étroitement répartis et d'une manière restrictive le long de la vallée de l'affluent près d'Assoul (la région de captage des eaux de l'oued Rhéris) et de Rich (la région du captage des eaux du Ziz).

De plus, les dépôts actuels du , tels que le limon, le sable, les graviers, et le conglomérat du Pléistocène se développent dans la plaine plate du bassin et le long des oueds.

Les roches de base du Paléozoïque, du Crétacé et du Jurassique se développent largement dans la direction Ouest-Sud-Ouest vers celle Est-Nord-Est. La Figure 10.2 indique le profil schématique de la structure géologique générale du bassin.

Les données topographiques et géologiques de chaque site de barrage sont résumées au Tableau 5.1.

### 10.2.4 Evaluation préliminaire de chaque site de barrage

---

Il a été procédé à une évaluation préliminaire de chaque site de barrage sur les points de vue géologique, topographique, hydrologique, de la demande en eau, de la recharge des nappes phréatiques, etc..

Les constatations faites à la lumière de la reconnaissance sur le terrain par chaque expert de l'Equipe d'Etude et par les ingénieurs homologues de l'Administration de l'Hydraulique ont été étudiées soigneusement et plusieurs sites prometteurs de barrages ont été choisis.

Selon les résultats de l'évaluation préliminaire, certains sites seraient favorables pour la construction de grands barrages et quelques autres sites seraient bons pour la construction de petits barrages. Les sites restants, toutefois, ne conviennent pas du tout à la construction de barrages à en juger d'après leur topographie.

Le Tableau 10.1 résume les résultats de l'évaluation préliminaire. Les critères d'évaluation se traduisent comme suit :

- Géologie :
  - A : Moyenne
  - B : Bonne
  - C : Médiocre
- Topographie :

- A : Moyenne
  - B : Bonne
  - C : Médiocre
  - D : Non convenable
- Hydrologie :
- A : Le champ captant (cc) des eaux au site est supérieur à 500 km<sup>2</sup>
  - B : cc entre 500 km<sup>2</sup> et 100 km<sup>2</sup>
  - C : cc inférieur à 100 km<sup>2</sup>
- Demande en eau :
- A : Grande
  - B : Moyenne
  - C : Petite
- Recharge des nappes phréatiques :
- A : Efficace
  - B : Moins efficace (éloignement)
- Envaselement :
- A : Non significatif
  - B : Faible
  - C : Moyen
  - D : Important
- Effets négatifs en amont :
- A : Non significatifs
  - B : Faibles
  - C : Moyens
  - D : Grands
- Impact sur Tinejda :
- A : Moyen
  - B : Bon
  - C : Médiocre
  - D : Non positif
- Evaluation d'ensemble :
- A : Moyenne
  - B : Bonne
  - C : Médiocre
  - D : Non convenable

#### 10.2.5 Evaluation secondaire de chaque site de barrage

---

Suite à l'évaluation préliminaire mentionnée dans le paragraphe 10.2.4, une deuxième évaluation a été réalisée. Cette dernière a porté sur l'échelle de chaque barrage et de l'aire d'alimentation en eau se trouvant en aval, surtout la superficie irrigable existante. Comme décrit dans le chapitre 9, la demande en eau pour l'irrigation représente presque 70 à 80% de la demande totale en

eau, c'est-à-dire que la demande en eau domestique et pour le bétail n'est pas si importante dans l'aire de l'étude.

Pour l'étude comparative des échelles de barrages, des barrages en remblai ont été considérés. Le volume du barrage a été calculé en utilisant des profils en travers pour chaque site (voir Figure 10.3) . La courbe de volume de retenue de chaque barrage a été évaluée en utilisant des cartes topographiques existants à l'échelle de 1/100.000 (voir Figure 10.4).

L'efficacité du barrage indiquée par des chiffres (volume de la retenue/volume du barrage) est l'un des indicateurs les plus importants de la faisabilité économique : plus les chiffres sont grands, plus le barrage est faisable (voir Tableau 10.2).

Les aires d'irrigation existantes ont été évaluées à partir d'études précédentes réalisées dans le bassin de l'oued Rhéris ainsi qu'à partir d'investigations des sites et d'analyse de cartes. Des aires potentiellement irrigables ont également été évaluées sur une base similaire. Toutes les données précédentes ont été identifiées et vérifiées par les résultats de l'analyse des données de LANDSAT et des photos aériennes obtenues dans la phase de travail de la Partie "A".

Des caractéristiques générales de chaque site sont résumées au Tableau 10.2.

Les sites de barrages N° 1, 2, 5, 17, 23, 26 et 32 ont été éliminés, étant donné que la topographie de ces sites ne convient pas à la construction de barrages. Le site de barrage N° 20 a été également éliminé car il est situé dans un célèbre site touristique appelé " Gorge du Todrha ".

### 10.3 FORMULATION DU PLAN DE BASE

#### 10.3.1 Stratégie générale du développement économique dans l'aire du projet

---

Pour élaborer le plan de base du développement de barrage il est essentiel d'établir une stratégie générale du développement économique dans l'aire de l'étude. Compte tenu de la situation industrielle et économique de l'aire de l'étude, la politique de développement future devrait être mise au point comme suit :

- a) Les ressources abondantes dans l'aire de l'étude sont la terre et la main d'oeuvre.

Le développement des ressources minérales est en train d'être réalisé à petite échelle.

A cause de l'emplacement de l'aire de l'étude loin des villes importantes de la côte, ainsi que des conditions climatologiques assez rudes, la possibilité de développement des industries à grande échelle est très limitée. Il serait souhaitable de développer une agro-industrie basée sur l'exploitation des produits locaux.

Le développement de l'agro-industrie contribuerait à la création d'emplois et l'amélioration des qualifications professionnelles de la population.

- b) Le potentiel des ressources en eau est limité par les faibles précipitations.

Cependant, il est considéré que les ressources en eau non encore exploitées (eau de surface et eaux souterraines représentent environ 4 fois celles déjà développées et en cours d'utilisation). 70% de ces ressources d'eau non développées, sont constituées par des nappes phréatiques. Ensuite le développement de la nappe phréatique deviendra important selon sa réalimentation et la conservation d'une eau de qualité.

- c) En général, la topographie et les sols dans l'aire de l'étude conviennent aux pratiques culturales en vigueur et à l'élevage du bétail à condition qu'une alimentation abondante en eau soit garantie.

En conséquence, le développement de l'eau de surface que aussi bien de la nappe phréatique est indispensable pour assurer un équilibre du bilan naturel d'eau.

- d) Au niveau des industries agricoles et de d'élevage :

Les produits suivants sont susceptibles d'avoir une valeur ajoutée élevée, c'est-à-dire des rendements unitaires élevés et des dépenses faibles d'exploitation .

- Vergers : Dattiers, oliviers, pommiers, Noyer, etc.
- Légumes : Tomates, melon, courge, concombre, etc..
- Bétail : Moutons, chèvres, vaches, volaille, etc.

Le rendement des céréales tels que le blé, l'orge, le maïs, etc. que la population locale consomme comme nourriture principale, est plutôt faible. Il est préférable alors de maintenir la production telle qu'elle est. L'augmentation de production ne contribuerait pas à développer l'agro-économie.

- e) Une importante pénurie d'eau s'était produite à Tinejda, Melab, Jorf et dans d'autres villes en aval au cours de deux longues périodes de sécheresse de 1966 à 1975 et de 1981 à 1985. On espère résoudre d'une manière urgente la situation critique pour ces régions en développant des ressources en eau existant dans les environs.

Après avoir trouvé la solution pour fournir de l'eau aux trois régions, le développement des ressources en eau pour la région restante sera exécuté comme un programme à long terme.

### 10.3.2 Formulation du plan de base

-----

#### i) Généralités

L'économie de la vallée de l'oued Rhéris dépend actuellement en grande partie de l'agriculture. Il devrait en principe continuer à en être aussi dans le futur, du moins jusqu'en 2000 qui est l'horizon contemplé pour l'étude du plan de base effectuée dans le cadre du présent projet de la JICA.

Il convient de signaler que les problèmes fondamentaux liés au développement des ressources en eau dans le bassin de l'oued Rhéris résident d'une part dans la pénurie d'eau pour l'irrigation et, d'autre part, dans les inondations et l'érosion des sols dans les zones agricoles s'étendant le long des cours d'eau.

Le développement de barrages et de retenues de petite et moyenne dimension constitue l'un des moyens les plus efficaces permettant d'atteindre les objectifs visés. Une fois construites, les barrages permettront naturellement d'améliorer considérablement l'alimentation en eau des populations locales et du bétail. Sur la base de ces considérations, des barrages multi-objectifs sont évalués compte tenu de leur potentiel en eau pour le bétail, en eau potable et de leur aptitude pour la maîtrise des crues.

A l'issue des analyses effectuées dans les Parties " A " et " B ", il est apparu que les centres habités et les terrains agricoles se sont développés essentiellement le long des oueds et que les zones à alimenter en eau sont réparties à travers une région d'une superficie de l'ordre de 14.500 km<sup>2</sup>, dans laquelle les eaux de surface aussi bien que les eaux souterraines sont exploitées à leur capacité maximale.

Le développement de la région est, cependant, limité essentiellement par le problème de disponibilité en eau.

Il existe de nombreux sites de barrages à objectifs multiples ou uniques pouvant être développés en vue de réduire la pénurie d'eau dans la région. Il est évident qu'il est pratiquement impossible de développer simultanément ou dans une période très courte tous les sites prometteurs. Il semblerait plus judicieux de prévoir un

développement par étapes des sites présentant les meilleures aptitudes.

ii) Classement par ordre prioritaire des sites éventuels

Des 32 sites identifiés, 75 ont été écartés à cause de difficultés topographiques, un autre site a été écarté parce qu'il dans la Gorge du Todrha. Parmi les 24 sites restants, il y a plusieurs groupes de sites pouvant être considérés comme concurrents, c'est à dire que la sélection de l'un entraîne automatiquement l'élimination des autres sites du groupe considéré. Ces groupes de sites sont les suivants :

Groupe de sites	Site sélectionné
N° 9, 10, 11, 12, 13, 14	N° 14
N° 18 , 19	N° 18
N° 22 , 24	N° 24
N° 25 , 27	N° 27

Il s'en suit ainsi que 16 sites ont été sélectionnés comme étant suffisamment prometteurs pour être éventuellement développés par étapes.

Comme expliqué au paragraphe 10.3.1, il est impératif de résoudre en priorité le problème de pénurie d'eau à Tinejdad, Mellab Jorf, et d'autres centres situés en aval de l'oued Rhéris. Considérant cette situation, les trois sites de Timkit (N°16), Oukhit (N° 28) et Oulhou (N°29) ont été sélectionnés en tant que sites de première priorité parmi les 16 sites mentionnés en haut.

Le développement des ressources en eau au niveau des 13 sites restants devrait être effectué par étapes dans le cadre d'un programme à long terme.

En tout état de cause, le classement par ordre de priorité des sites étudiés se présente comme suit :

Catégorie	N° et noms des sites
1ère priorité (Plan d'urgence)	N° 16 : Timkit
(Plan d'urgence)	N° 28 : Oukhit
	N° 29 : Oulhou
2ème priorité	N° 28 : Imider,
	N° 14 : Tadirhoust
	N° 15 : Taerguiout
	N° 18 : n'Irhenjaoune Amont
	N° 21 : Ifni
	N° 24 : Tarhoucht Aval
	N° 27 : n'Nerroucha Aval
	N° 30 : Sarhro
	N° 31 : Imider

3ème priorité

N° 3 : Ouzirham  
N° 4 : Akdim  
N° 6 : Bou-Oudad  
N° 7 : Aniarham

Sites Eliminés

N° 1 : Moh Ou Youssef Amont  
N° 2 : Moh Ou Youssef Aval  
N° 5 : Akka n'Ouamane  
N° 9 : Tahamdount Amont  
N° 10 : Aït Brahim  
N° 12 : Timizguiyt Amont  
N° 13 : Timizguiyt Aval  
N° 17 : n'Ouaouels  
N° 19 : n'Irhenjaoune Aval  
N° 20 : Todrha  
N° 22 : Tarhoucht Amont  
N° 23 : Tarhoucht Moyen  
N° 25 : n'Nerroucha Amont  
N° 26 : n'Nerroucuha Moyen  
N° 32 : Iknion





## **CHAPITRE 11**

# **CONCEPTION DE BASE DES BARRAGES**



## 11.1 BARRAGE DE TIMKIT

### 11.1.1 Site du barrage -----

Le site forme une vallée en forme de V ayant un lit de l'ordre de 40 mètres de large. Les pentes des appuis gauche et droit sont relativement raides puisqu'elles sont de l'ordre de 1 sur 1,0 et 1 sur 1,5 respectivement.

Le rapport longueur en crête/hauteur (175/45) du barrage est de 4 environ. Par conséquent, on peut considérer que le site convient à la construction d'un barrage-poids ou d'un barrage en remblai.

Sur le plan géologique les fondations du barrage sont constituées de sable et de gravier sur une épaisseur d'environ 15 mètres tandis que le fond rocheux du lit est constitué de calcaire du Jurassique. Bien que le calcaire soit sujet à des fissurations, ce fond rocheux est suffisamment stable pour être capable de supporter les fondations d'un barrage. Un barrage-poids en béton conviendrait donc à ces conditions.

En conclusion, il est recommandé d'adopter le type de barrage-poids en béton pour ce site, pour les raisons suivantes :

- i) Dans le cas d'un barrage en remblai :
  - (a) Les zones d'emprunt pour les matériaux de sol imperméables n'existent pas en quantité suffisante dans le voisinage du site.
  - (b) La topographie du site est trop escarpée pour permettre l'aménagement des évacuateurs de crue des deux côtés. La construction est techniquement possible mais le volume des fouilles serait extrêmement élevé.
  - (c) Une galerie de dérivation très large est nécessaire pour empêcher des inondations durant la construction.
- ii) Dans le cas d'un barrage en béton :
  - (a) L'évacuateur de crue et la prise d'eau peuvent être aménagés dans le corps du barrage.

- (b) Les risques de dépassement de hauteur sont limités.
- (c) Les ouvrages de prise d'eau peuvent être utilisés pour l'évacuation du débit de crue.
- (d) Le contrôle de qualité des travaux de construction est plus facile que dans le cas de barrage en remblai.

La comparaison ci-dessus milite en faveur d'un barrage-poids en béton pour ce site.

#### 11.1.2 Dimensions du barrage

-----

##### i) Envergure de la retenue

- Bassin versant	592	km <sup>2</sup>
- Capacité de retenue brute (en million de m <sup>3</sup> )	20,9	M.m <sup>3</sup>
- Capacité de retenue utile ( " " )	12,0	"
- Volume de sédimentation (50 ans)	8,9	"
- Niveau maximum des eaux	1.256	m
- Niveau normal des eaux	1.254	m
- Niveau minimum des eaux	1.246	m
- Crête du barrage	1.258	m
- Niveau inférieur des fondations	1.197	m
- Hauteur du barrage		
. Hauteur à partir du lit	45	m
. Hauteur maximale du barrage (au-dessus des fondations)	61	m
- Largeur en crête	6	m
- Longueur en crête	175	m
- Volume du barrage	110.000	m <sup>3</sup>
- Pointe de crue naturelle (1/10000 an)	450	m <sup>3</sup> /s
- Crue de projet	240	m <sup>3</sup> /s
- Tête de trop-plein	2	m
- Longueur du seuil déversant	40	m

##### ii) Crête du barrage

La cote de la crête du barrage est estimée par l'équation suivante basée sur le niveau maximum des eaux (niveau de surremplissage) obtenu à partir d'une analyse empirique :

$$\text{Cote de crête} = H_s + h_w + h_e/2$$

$$\text{ou, } h_w + h_e / < 2 \text{ ----> } H_s + 2$$

où :

$H_s$  = niveau de surremplissage, hauteur 1.256 m

$h_w$  = hauteur des vagues générées par le vent (m)

La hauteur des vagues ( $h_w$ ) est calculée à partir de l'équation de Stevenson modifiée par Molitor :

$$h_w = 0,76 + 0,032 \sqrt{U \cdot F} - 0,26 \sqrt{F}$$

où :

$U$  = vitesse du vent, 30 m/s (= 180 km/h)

$F$  = fetch ; 4 km

$$\text{Ainsi, } h_w = 0,76 + 0,032 \sqrt{108 \times 4} - 0,26 \cdot \sqrt{4} = 0,91 \text{ m}$$

La hauteur des vagues ( $h_e$ ) générées par un tremblement de terre est calculée par l'équation de Sato :

$$h_e = \frac{1}{2} \cdot \frac{k\tau}{\pi} \sqrt{g \cdot H}$$

avec :  $k$  = force sismique 0,01

$\tau$  = période sismique 1,0 sec.

$H$  = hauteur d'eau 44 m

$g$  = 9,8 m/s<sup>2</sup>

$$h_e = \frac{1}{2} \times \frac{0,10 \times 1,0}{\pi} \times \sqrt{9,8 \times 44} = 0,33 \text{ m}$$

$$h_w + h_e/2 = 0,91 + 0,33/2 = 1,075 < 2$$

La cote de la crête du barrage est : 1.256,00 + 2,0 = 1.258,00 m

iii) Profil du barrage

Le triangle de base est appliqué au profil de barrage puisqu'il s'agit d'un barrage-poids en béton. Les pentes des surfaces amont et aval sont déterminées comme suit :

Amont : vertical  
Aval : 1 sur 0,9

La largeur de la crête du barrage est de 6,0 mètres

### 11.1.3 Analyse de stabilité

-----

L'analyse de stabilité repose sur les hypothèses suivantes :

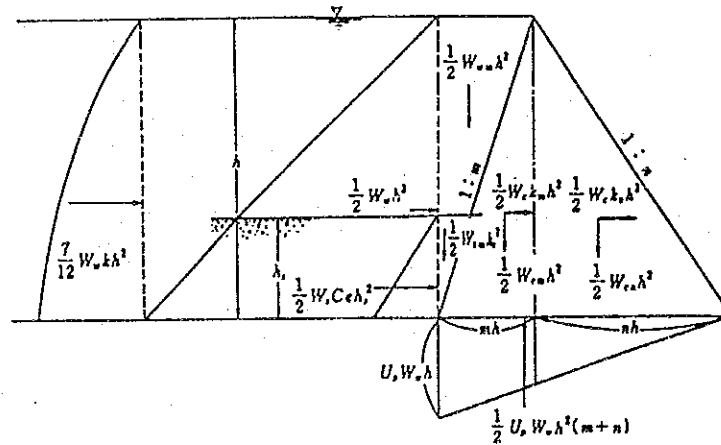
-	Force sismique	0,10
-	Niveau des plus hautes eaux	1.256,00 m
-	Cote normale de retenue	1.254,00 m
-	Niveau de sédimentation	1.246,00 m
-	Poids volumique du béton	2,4 t/m <sup>3</sup>
-	Poids volumique des sédiments submergés	1,2 t/m <sup>3</sup>
-	Coefficient de pression des sédiments	0,5
-	Coefficient de sous-pression	0,33
-	Pentes - amont :	vertical
-	- aval :	1 sur 0,9
-	Angle de frottement interne des fondations en sable-gravier	f = 0,84 (tan. 40°)
-	Effort de cisaillement des fondations rocheuses	= 150 t/m <sup>2</sup>

Le calcul a été fait dans l'hypothèse que le tremblement de terre frappe le barrage quand le niveau de la retenue est à la cote normale.

Conditions de stabilité :

- Stabilité contre le renversement (Etude "Middle Third")
- Stabilité contre le glissement

Les moments des forces et de renversement auxquels est soumis le barrage sont indiqués ci-après :



où :

- $h$  = hauteur du barrage
- $h_s$  = niveau des sédiments
- $W_c$  = poids volumique du béton
- $W_w$  = poids volumique de l'eau
- $W_s$  = poids volumique des sédiments submergés
- $k$  = force sismique
- $U_p$  = sous-pression
- $C_e$  = coefficient de pression des sédiments

La force horizontale de la pression des sédiments est donnée par la formule  $P_e = C_e \cdot W_s \cdot h_s$  et la pression dynamique de l'eau durant un tremblement de terre est donnée par la formule  $P_o = 7/8 W_w K \sqrt{H} h$  selon l'équation de Westergard.

FORCE ET MOMENT

	Symbole	FORCE	DISTANCE	MOMENT
FORCE HORIZONTALE	Pression de l'eau	$\frac{1}{2} W_w h^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} W_w h^3$
	Pression des Sédiments	$\frac{1}{2} W_s C_s h_s^2$	$\frac{1}{3} h_s$	$\frac{1}{6} W_s C_s h_s^3$
	Force d'inertie par poids propre	$\frac{1}{2} (m+n) W_c k h^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n) W_c k h^3$
	Pression dynamique de l'eau	$\frac{7}{12} W_w k h^2$	$\frac{2}{5} h$	$\frac{7}{30} W_w k h^3$
		$\Sigma H_i = \frac{1}{2} W_w h^2 + \frac{1}{2} W_s C_s h_s^2 + \frac{1}{2} (m+n) W_c k h^2 + \frac{7}{12} W_w k h^2$		
		$\Sigma M_i = \frac{1}{6} W_w h^3 + \frac{1}{6} W_s C_s h_s^3 + \frac{1}{6} (m+n) W_c k h^3 + \frac{7}{30} W_w k h^3$		
FORCE VERTICALE	Poids de l'eau en amont	$\frac{1}{2} m W_w h^2$	$\frac{1}{3} m h$	$\frac{1}{6} m^2 W_w h^3$
	Poids des sédiments	$\frac{1}{2} m W_s h_s^2$	$\frac{1}{3} m h_s$	$\frac{1}{6} m^2 W_s h_s^3$
	Poids propre	$\frac{1}{2} (m+n) W_c h^2$	$\frac{2m+n}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n)(2m+n) W_c h^3$
	Sous-pression	$-\frac{1}{2} (m+n) U_p W_w h^2$	$\frac{1}{3} (m+n) h$	$-\frac{1}{6} (m+n)^2 U_p W_w h^3$
		$\Sigma V_i = \frac{1}{2} m W_w h^2 + \frac{1}{2} m W_s h_s^2 + \frac{1}{2} (m+n) W_c h^2 - \frac{1}{2} (m+n) U_p W_w h^2$		
		$\Sigma M_i = \frac{1}{6} m^2 W_w h^3 + \frac{1}{6} m^2 W_s h_s^3 + \frac{1}{6} (m+n)(2m+n) W_c h^3 - \frac{1}{6} (m+n)^2 U_p W_w h^3$		



La stabilité contre le glissement est estimée d'après l'équation de Henny :

$$F_s = \frac{\tau_0 \cdot l + f \cdot V}{H}$$

où, H, V = forces totales horizontale et verticale agissant sur la surface de glissement.

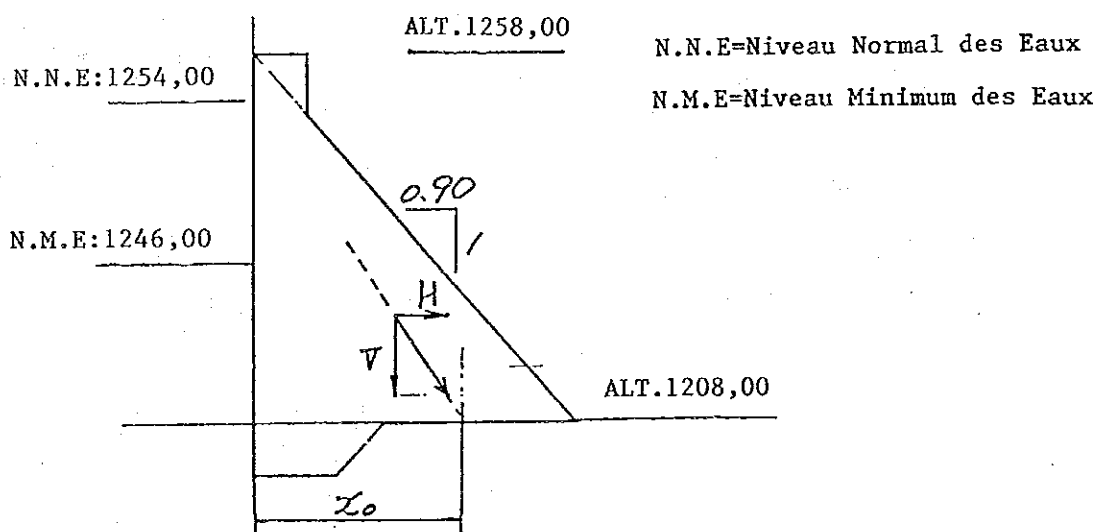
$\tau_0$  = effort de cisaillement des fondations

f = frottement interne des fondations

l = longueur de cisaillement

F<sub>s</sub> = coefficient de sécurité (4)

i) Stabilité contre le renversement



Force totale horizontale	1.884,63 t/m
Moment par force horizontale	28.481,04 t
Force totale verticale	2.382,91 t/m
Moment par force verticale	36.124,26 t

$$X_0 \leq \frac{2}{3} (m+n) \cdot h$$

$$X_0 = \frac{\sum M}{\sum V}$$

La stabilité contre le renversement doit satisfaire la relation

$$\frac{2}{3} (m+n) \times h = 30,00 \quad X_0 = 27,11, \text{ alors } 27,11 \leq 30m \text{ (bon)}$$

ii) Stabilité contre le glissement

Force totale	$\Sigma H_i = 1.884,63$ t/m
Force totale verticale	$\Sigma V_i = 2.382,91$ t/m
Effort de cisaillement des fondations	$t_0 = 150$ t/m <sup>2</sup>
Frottement interne des fondations	$f = 0,84$
Longueur de cisaillement	$l = 46,0$ m

$$F_s = \frac{150 \times 46 + 0,84 \times 2.382,91}{1.884,63} = 4,72 \geq 4 \text{ (bon)}$$

11.1.4 Evacuateur de crue  
-----

i) Conception et type

L'évacuateur est incorporé dans corps du barrage-poids en béton. Un évacuateur par déversement sans vanne sera employé pour éviter les pannes dans le fonctionnement des vannes et pour faciliter leur entretien. La dissipation de l'énergie se fera par l'intermédiaire d'un bassin à ressaut hydraulique.

ii) Calcul hydraulique

(a) Section déversante

La forme du seuil déversant est en parabole. La longueur en crête est calculée par l'équation suivante :

$$Q_d = C.L.H^{3/2}$$

où :

$Q_d$  = débit de crue de projet 240 m<sup>3</sup>/s

$C$  = coefficient de débit 2,1

$L$  = longueur en crête (m)

$H$  = tête de trop-plein de projet (m)

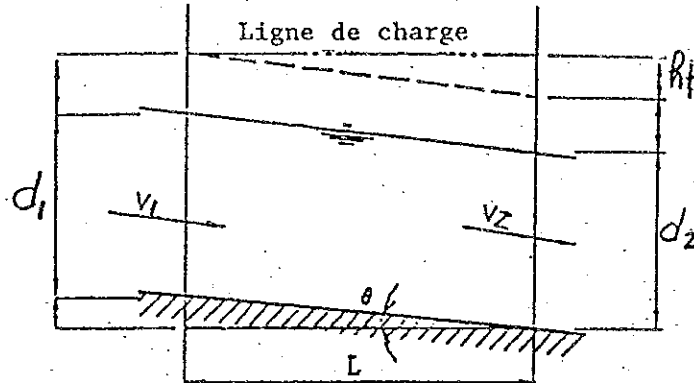
La tête de trop-plein de projet ( $H = 2,0$  mètres) est adoptée sur la base de la crue de projet, de la topographie du site et des dimensions du barrage.

$$L = \frac{Q_d}{C.H^{3/2}} = \frac{240}{2,1 \times 2,0^{3/2}} = 40 \text{ m}$$

(b) Section entraînant

La pente du côté aval du corps de barrage sera utilisée comme section entraînant.

Le calcul hydraulique est effectué par le théorème de Bernoulli du point de contrôle (sommet du seuil) à la fin de la section entraînant.



$$d_1 \cdot \cos \theta + \frac{V_1^2}{2g} + Z = d_2 \cdot \cos \theta + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

$$h_f = \frac{n^2 \cdot V_m^2}{R_m^{2/3}} \times \Delta \ell$$

$V_m, R_m$  = vitesse moyenne et rayon hydraulique

$n$  = coefficient de rugosité

La différence de hauteur d'eau ( $h$ ) aux deux sections est donnée par :

$$h = d_1 \cdot \cos \theta - Z - d_2 \cdot \cos \theta$$

$$h = \frac{V_2^2}{2g} - h_f - \frac{V_1^2}{2g}$$

La hauteur d'eau ( $d_2$ ) à la section aval est estimée de "proche en proche" sur la base des équations ci-dessus.

Les dimensions hydrauliques critiques au point de contrôle se présente comme suit :

Hauteur d'eau	$d_c = 0,467 q^{2/3} = 1,542 \text{ m}$
Aire de coupe en travers	$A_c = B \cdot d_c = 61,68 \text{ m}^2$
Vitesse	$V_c = Q/A_c = 3,891 \text{ m/s}$
Pertes de charge	$h_v = \frac{V_c^2}{2g} = 0,772 \text{ m}$

La revanche et la hauteur du mur bajoyer sont calculées par les équations suivantes :

$$F_b = 0,6 + 0,037 V \cdot d^{1/3}$$

$$H = (F_b + d) \times \frac{1}{\cos \theta}$$

où :

$F_b$  = revanche (m)

$H$  = hauteur du mur (m)

$V$  = vitesse (m/s)

$d$  = hauteur d'eau

$\theta$  = pente du canal d'entraînement

Il s'ensuit qu'à la fin de la section entraînant les dimensions hydrauliques sont :

vitesse  $V = 22,103$  m/s et hauteur d'eau  $d = 0,271$  m.

Ainsi, la hauteur du mur devient  $H = 2,1$  m sur la base des valeurs précédentes. Après un certain ajustement, la valeur  $H = 2,5$  m est adoptée comme hauteur de projet.

### (c) Dissipation d'énergie

L'ouvrage de dissipation d'énergie est du type de bassin à ressaut hydraulique et le seuil noyé est placé au bout du bassin de tranquillisation.

Les dimensions hydrauliques de l'ouvrage de dissipation d'énergie sont comme suit :

"Nombre de Froude" (Froude Number)	$Fr = 13,552$
Profondeur conjuguée	$d_2 = 5,068$ m
Revanche	$F_b = 2,717$ m
Hauteur du seuil	$2,83$ m

La longueur du bassin de tranquillisation est estimée à environ  $L \geq 4,5 d_2$

Les dimensions de projet sont déterminées comme suit :

Longueur du bassin de tranquillisation	30 m
Hauteur du mur	8 m
Hauteur du seuil	3 m

11.1.5 Ouvrages de vidange

i) Conception et type

Les ouvrages de vidange sont installés dans le corps du barrage pour permettre la libération de l'eau stockée en vue de recharger les couches de sable-gravier à travers le lit de l'oued. L'eau stockée dans la retenue lors des crues est lâchée dans les conduites. Le contrôle se fait par vannes à jet installées sur le côté aval du barrage. Des vannes à glissières sont également installées pour parer aux éventualités.

ii) Calcul hydraulique

Selon l'étude de recharge, la capacité maximale de recharge est d'environ 5 m<sup>3</sup>/s dans le cours de l'oued. L'estimation du diamètre de la conduite est basée sur la capacité de recharge, et la période prise pour baisser le niveau normal de retenue au niveau de sédimentation est basée sur la dimension de la conduite et de la vanne de vidange. Cependant, un diamètre minimum de 800 mm devrait être adopté pour le projet en prenant en considération les impératifs d'entretien et de réparation. Le volume utile de la retenue est estimée à 12 millions de m<sup>3</sup>. Il sera nécessaire d'utiliser les matériaux de sol fin pour la retenue car l'eau des crues est très boueuse. Durant la mise en place, les pertes par évaporation et par percolation dans la retenue atteindront environ deux millions de m<sup>3</sup> par an au total. Dans ces conditions, il resterait annuellement environ 10 millions de m<sup>3</sup> pour la recharge des nappes souterraines.

Le diamètre des conduites est estimé à 1.000 mm à partir de la formule  $D = \sqrt{4Q/\pi V}$  sur la base d'une vitesse de 6,0 m/s et d'un débit de vidange de 5,0 m<sup>3</sup>/s.

La formule de débit est obtenue par l'équation ci-après (en utilisant une vanne de 800 mm de diamètre et une conduite de 1.000 mm de diamètre) :

$$H = f_1 \frac{v_1^2}{2g} + f_2 \frac{v_2^2}{2g} + \dots + f_n \frac{v_n^2}{2g} = \sum_{i=1}^n f_i \frac{v_i^2}{2g} \quad (i)$$

où :

- H = débit total (m)
- f<sub>i</sub> = coefficient de perte
- v<sub>i</sub> = vitesse (m/s)

et  $Q = A_i \times V_i$  (ii)

A partir des équations (i) et (ii) on a :

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{f_i}{A_i^2}}} \times \sqrt{2g.H}$$

Les différents coefficients de perte se présentent comme suit :

(a) Entrée des conduites  $f_1 = 0,5$

(b) Conduite  $f_2 = \frac{124,5 n^2.L}{D^{4/3}}$

(c) Vanne de pertuis  $f_3 = 0,18$

(d) Vanne à jet plein  $f_4 = 1,487$

$$Q = 0,315 \times \sqrt{2g.H} = 1,396 \times \sqrt{H}$$

En utilisant la relation donnée par la courbe hauteur-volume de la retenue, la période de libération des eaux est ramenée à 15 jours à partir des formules précédentes.

## 11.2 BARRAGE D'OUKHIT

### 11.2.1 Type de barrage

Le type le plus approprié de barrage doit être choisi sur la base d'un certain nombre de facteurs de base tels que la topographie et la géologie du site, la disponibilité dans les environs du site de matériaux de terre et d'enrochement, la taille et la fonction du barrage. En général on distingue les types de barrage suivants : barrage en remblai, barrage en béton, barrage à parement, barrage en maçonnerie. Le présent barrage a pour fonction la recharge de la couche de sable-gravier par déversement dans le lit de l'oued de l'eau temporairement stockée dans la retenue. Par conséquent le barrage doit être protégé contre la percolation à travers le corps du barrage. En plus, il doit être économique.

La géologie des fondations du barrage est constituée de grès très dur et le lit de l'oued est couvert d'une couche épaisse de 6 mètres de sable-gravier compacté au-dessus du grès. Le site d'Oukhit est approprié pour tous les types de barrages. Le profil en travers du site montre une forme trapézoïdale avec une longueur en crête d'environ 250 mètres et un rapport "longueur en crête/hauteur" du barrage de l'ordre de 30. Ainsi le site paraîtrait plus approprié pour le type de barrage en remblai. Cependant les matériaux de sol à utiliser pour les zones inclinées sont extrêmement rares dans les environs du site, alors que des roches de bonne qualité et du sable-gravier sont particulièrement abondants. Par conséquent, l'idée de construction d'un barrage en remblai est écartée.

Etant donné les conditions géologiques et les caractéristiques des matériaux de remblai, la construction d'un barrage à parement peut être envisageable; toutefois, ce type de barrage devrait être évité si l'on prend en considération les équipements coûteux, les difficultés de construction et de contrôle de qualité. Un barrage en béton est coûteux à cause de la nécessité de l'utilisation de quantités plus importantes de ciment, des fouilles dans les couches rocheuses et d'équipements lourds tels qu'une centrale à béton et une station de granulats.

Au Maroc le type de barrage en maçonnerie est assez souvent adopté pour les barrages de petite et moyenne dimension pour les raisons suivantes :

- Des roches de bonne qualité sont disponibles en abondance aux sites de barrages.
- Il n'est pas nécessaire d'avoir de lourds équipements de construction sauf pour ce qui concerne les excavations en fondation du barrage.
- Les barrages en maçonnerie sont facilement construits avec essentiellement de la main-d'oeuvre locale.

Par conséquent, le type de barrage en maçonnerie est recommandé pour le site d'Oukhit.

11.2.2 Dimensions du barrage

i) Envergure de la retenue

- Bassin versant	85,6	km <sup>2</sup>
- Capacité de retenue brute (en million de m <sup>3</sup> )	1,4	Mm <sup>3</sup>
- Capacité de retenue utile ( " " )	0,75	"
- Volumeé de sédimentation (50 ans)	0,65	"
- Niveau maximum des eaux	953,20	m
- Niveau normal des eaux	952,00	m
- Niveau minimum des eaux	948,60	m
- Crête du barrage	954,70	m
- Niveau inférieur des fondations	934,50	m
- Hauteur du barrage		
. Hauteur au-dessus du lit	14,70	m
. Hauteur maximale du barrage (au-dessus des fondations)	20,20	m
- Largeur en crête	3,00	m
- Longueur en crête	243,50	m
- Volume du barrage	32.400	m <sup>3</sup>
- Pointe de crue naturelle (1/10.000 an)	110	m <sup>3</sup> /s
- Crue de projet	110	m <sup>3</sup> /s
- Tête de trop-plein	1,2	m
- Longueur du seuil déversant	40	m

ii) Crête du barrage

La cote de la crête du barrage est obtenue à partir de l'équation suivante :

$$\text{Cote de crête du barrage} = \text{NWL} + \text{Hd} + \text{Fb} \text{ (m)}$$

où :

NWL = niveau normal des eaux (m)

Hd = niveau de déversement de l'évacuateur (m)

Fb = revanche (m)

La revanche est calculée sur la base des "Directives pour la Conception des Barrages de Petite et Moyenne Dimension pour le Maghreb" publiées par l'ONU. Conformément à ce document, la revanche est estimée sur la base de la hauteur des vagues générées par le vent sur la retenue (méthode de Stevenson modifiée par la méthode de Molitor et Gaillard) :



$$H = 0,76 + 0,032 \sqrt{U.F} - 0,26 \sqrt{F}$$

où :

H = hauteur des vagues (m)  
U = vitesse du vent (km/h)  
F = fetch (km)

La vitesse moyenne du vent dans l'aire de l'étude est de 2,5 m/s (9 km/h) selon les données de la météorologie. Une vitesse de vent de 30m/s (108 km/h) est appliquée pour la conception du barrage pour plus de sécurité. Le fetch est ainsi ramené à 1,5 km sur la carte en plan de la retenue.

$$H = 0,76 + 0,032 \times \sqrt{108 \times 1,5} - 0,26 \times \sqrt{1,5} = 0,85 \text{ m}$$

$$V = 1,5 + 2 H \text{ (Equation de Gaillard)}$$

où :

V = vitesse de propagation des vagues (m/s)  
H = hauteur des vagues (m)

$$V = 1,5 + 2 * 0,85 = 3,2 \text{ m/s}$$

Puis la revanche est calculée par l'équation suivante :

$$Fb = 0,75.H + \frac{V^2}{2g} = 0,75 \times 0,85 + \frac{3,2^2}{19,6} = 1,16\text{m}$$

La revanche de projet adoptée est de 1,5 mètre. On a ainsi :

$$\text{Cote de crête du barrage} = 952,00 + 1,2 + 1,5 = 954,70 \text{ m}$$

### iii) Profil du barrage

Il s'agira du même triangle de base que celui appliqué pour le barrage-poids puisque le barrage-poids est similaire au barrage en maçonnerie.

Sur la base des résultats de l'analyse de stabilité, les pentes amont et aval du corps de barrage se présentent comme suit :

Amont : Vertical  
Aval : 1 sur 0,90

La largeur en crête du barrage est de 3 mètres suivant les exemples de barrages en maçonnerie existant au Maroc.

### 11.2.3 Analyse de stabilité

L'analyse de stabilité est faite de la même manière que pour le barrage-poids en béton.

Les hypothèses retenues sont :

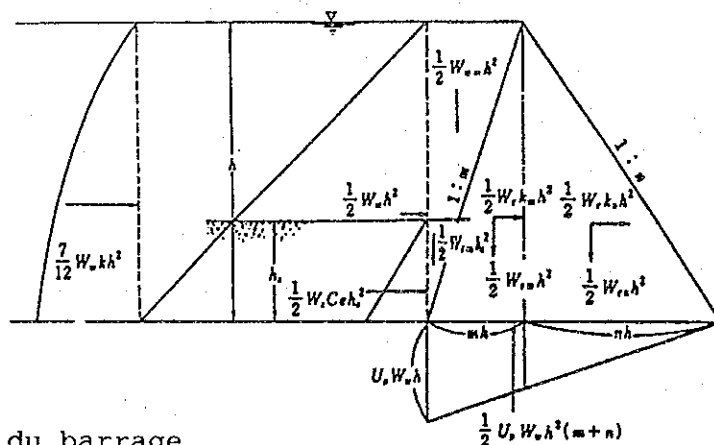
-	Force sismique	0,10
-	Niveau des plus hautes eaux	953,20 m
-	Cote normale de retenue	952,00 m
-	Niveau de sédimentation	946,80 m
-	Poids volumique de la maçonnerie	2,4 t/m <sup>3</sup>
-	Poids volumique des sédiments submergés	1,2 t/m <sup>3</sup>
-	Coefficient de pression des sédiments	0,5
-	Coefficient de sous-pression	0,33
-	Pentes - amont :	vertical
-	- aval :	1 sur 0,9
-	Angle intérieure de frottement interne des fondations en sable-gravier	f = 0,84 (tan. 40°)
-	Effort de cisaillement des fondations en sable-gravier	= 150 t/m <sup>2</sup>

Dans le calcul, il est supposé que le tremblement de terre frappe le barrage quand le niveau de la retenue est à la cote normale.

Conditions de stabilité :

- Stabilité contre le renversement (Etude "Middle Third")
- Stabilité contre le glissement

Les moments de force et de renversement auxquels est soumis le barrage sont indiqués ci-après :



où :

- h = hauteur du barrage
- h<sub>s</sub> = niveau des sédiments
- W<sub>c</sub> = poids volumique du béton
- W<sub>w</sub> = poids volumique de l'eau
- W<sub>s</sub> = poids volumique des sédiments submergés
- k = force sismique
- U<sub>p</sub> = sous-pression
- C<sub>e</sub> = coefficient de pression des sédiments

La force horizontale de la pression des sédiments est donnée par la formule  $P_e = C_e \cdot W_s \cdot h_s$  et la pression dynamique de l'eau durant un tremblement de terre est donnée par la formule  $P_o = 7/8 W_w K \sqrt{Hh}$  selon l'équation de Westergaard.

FORCE ET MOMENT

	Sym-bole	FORCE	DISTANCE	MOMENT
FORCE HORIZONTALE	Pression de l'eau	$\frac{1}{2} W_w h^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} W_w h^3$
	Pression des Sédiments	$\frac{1}{2} W_s C_s h_s^2$	$\frac{1}{3} h_s$	$\frac{1}{6} W_s C_s h_s^3$
	Force d'inertie par poids propre	$\frac{1}{2} (m+n) W_c kh^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n) W_c kh^3$
	Pression dynamique de l'eau	$\frac{7}{12} W_w kh^2$	$\frac{2}{5} h$	$\frac{7}{30} W_w kh^3$
			$\Sigma H_i = \frac{1}{2} W_w h^2 + \frac{1}{2} W_s C_s h_s^2 + \frac{1}{2} (m+n) W_c kh^2 + \frac{7}{12} W_w kh^2$	
		$\Sigma M_i = \frac{1}{6} W_w h^3 + \frac{1}{6} W_s C_s h_s^3 + \frac{1}{6} (m+n) W_c kh^3 + \frac{7}{30} W_w kh^3$		
FORCE VERTICALE	Poids de l'eau en smont	$\frac{1}{2} m W_w h^2$	$\frac{1}{3} mh$	$\frac{1}{6} m^2 W_w h^3$
	Poids des sédiments	$\frac{1}{2} m W_s h_s^2$	$\frac{1}{3} mh_s$	$\frac{1}{6} m^2 W_s h_s^3$
	Poids propre	$\frac{1}{2} (m+n) W_c h^2$	$\frac{2m+n}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n)(2m+n) W_c h^3$
	Sous-pression	$-\frac{1}{2} (m+n) U_p W_w h^2$	$\frac{1}{3} (m+n) h$	$-\frac{1}{6} (m+n)^2 U_p W_w h^3$
			$\Sigma V_i = \frac{1}{2} m W_w h^2 + \frac{1}{2} m W_s h_s^2 + \frac{1}{2} (m+n) W_c h^2 - \frac{1}{2} (m+n) U_p W_w h^2$	
		$\Sigma M_i = \frac{1}{6} m^2 W_w h^3 + \frac{1}{6} m^2 W_s h_s^3 + \frac{1}{6} (m+n)(2m+n) W_c h^3 - \frac{1}{6} (m+n)^2 U_p W_w h^3$		

La stabilité contre le glissement est estimée d'après l'équation de Henny :

$$F_s = \frac{\tau_0 \cdot l + f \cdot V}{H}$$

où H, V = forces totales horizontale et verticale agissant sur la surface de glissement.

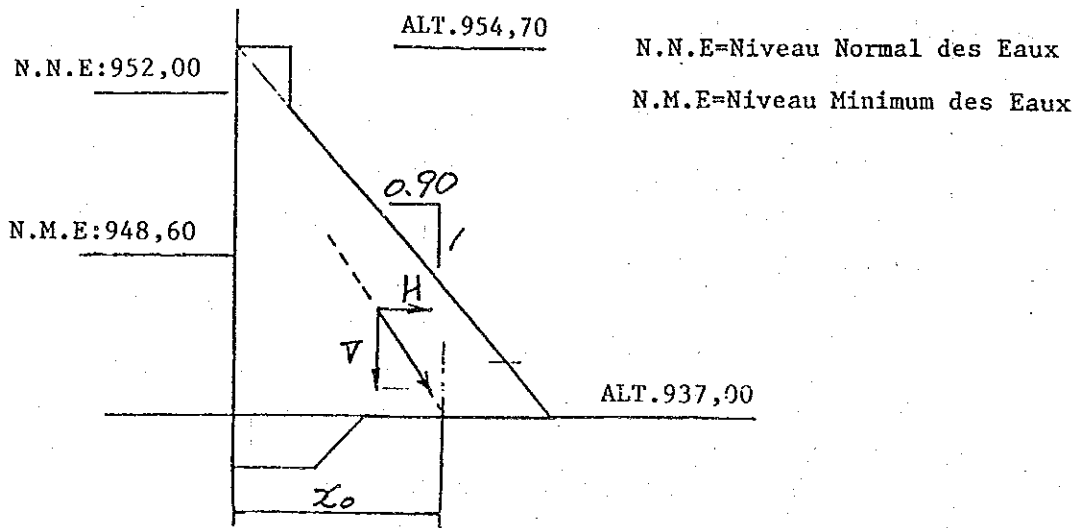
$\tau_0$  = effort de cisaillement des fondations

f = frottement interne des fondations

l = longueur de cisaillement

Fs = coefficient de sécurité (2)

i) Stabilité contre le renversement



Force totale horizontale	199,82 t/m
Moment par force horizontale	996,96 t
Force totale verticale	304,94 t/m
Moment par force verticale	1.646,29 t

$$X_0 \leq \frac{2}{3} (m+n) \cdot h$$

$$X_0 = \frac{\sum M}{\sum V}$$

La stabilité contre le renversement doit satisfaire la relation

$$\frac{2}{3} (m+n) \cdot h = 10,62 \quad X_0 = 8,66, \text{ alors } 8,66 \leq 10,62m \text{ (bon)}$$

ii) Stabilité contre le glissement

Force totale horizontale	$\sum H_i = 199,82 \text{ t/m}$
Force totale verticale	$\sum V_i = 304,94 \text{ t/m}$
Effort de cisaillement des fondations	$\tau_0 = 150 \text{ t/m}^2$
Frottement intérieur des fondations	$f = 0,84 (\tan 40^\circ)$
Longueur de cisaillement	$l = 15,93 \text{ m}$

$$F_s = \frac{150 \times 15,93 + 0,84 \times 304,94}{199,82} = 13,24 \geq 4 \text{ (bo)}$$

11.2.4 Evacuateur de crue

i) Conception et type

Dans le cas de barrage en maçonnerie, l'évacuateur sera installé sur le corps du barrage. Un évacuateur de type déversoir sans vanne est prévu pour limiter les coûts d'entretien et d'exploitation. L'ouvrage de dissipation d'énergie doit être de type évacuateur à saut de ski selon la pratique appliquée actuellement au Maroc pour les barrages de petite et moyenne dimension.

ii) Calcul hydraulique

(a) Section déversante

La longueur en crête est calculée par l'équation suivante :

$$Q_d = C.L.H^{3/2}$$

où :

$Q_d$  = débit de crue de projet 110 m<sup>3</sup>/s

$C$  = coefficient de débit 2,1

$L$  = longueur en crête (m)

$H$  = tête de trop-plein de projet (m)

La tête de trop-plein de projet ( $H = 1,2$  mètre) est adoptée sur la base du débit de crue de projet et de la taille du barrage :

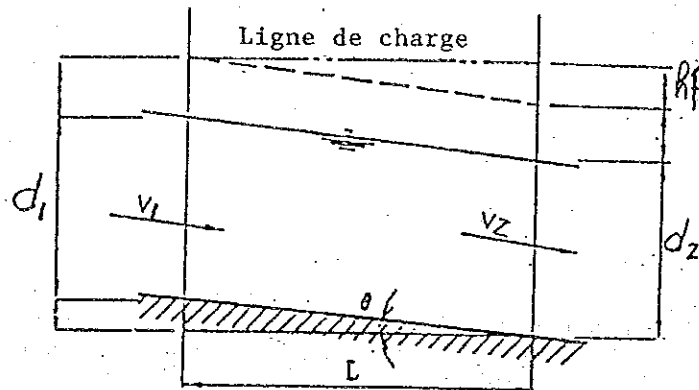
$$L = \frac{Q_d}{C.H^{3/2}} = \frac{110}{2,1 \times 1,2^{3/2}} = 39,8 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

Le seuil sera en forme d'arc circulaire pour limiter les coûts de construction pour une aussi faible hauteur.

(b) Section entraînant

La pente du côté aval du corps de barrage sera utilisée comme section entraînant.

Le calcul hydraulique est effectué par le théorème de Bernoulli du point de contrôle (sommet du seuil) à la fin de la section entraînant.



$$d_1 \cdot \cos \theta + \frac{v_1^2}{2g} + z = d_2 \cdot \cos \theta + \frac{v_2^2}{2g} + hf$$

où :

$$hf = \frac{n^2 V_m^2}{R_m^{2/3}} \times L$$

$V_m, R_m$  = Vitesse moyenne et rayon hydraulique

$n$  = coefficient de rugosité

La différence de hauteur d'eau ( $h$ ) aux deux sections est donnée par :

$$h = d_1 \cdot \cos \theta - z - d_2 \cdot \cos \theta$$

$$h = \frac{v_2^2}{2g} - hf - \frac{v_1^2}{2g}$$

La hauteur d'eau ( $d_2$ ) à la section aval est estimée de "proche en proche" sur la base des équations ci-dessus.

Les dimensions hydraulique critiques au point de contrôle se présentent comme suit :

Hauteur d'eau	$dc = 0,467 q^{2/3} = 0,917 \text{ m}$
Aire de coupe en travers	$Ac = B \cdot dc = 36,68 \text{ m}^2$
Vitesse	$Vc = Q/Ac = 3,00 \text{ m/s}$
Pertes de charge	$hv = V_c^2/2g = 0,459 \text{ m}$

La revanche et la hauteur du mur bajoyer sont calculées par les équations suivantes :

$$Fb = 0,6 + 0,037 V \cdot d^{1/3} \quad (\text{Equation de la revanche})$$

$$H = (Fb + d) \times \frac{1}{\cos \theta} \quad (\text{Equation du mur bajoyer vertical})$$

où :

- Fb = revanche (m)
- H = hauteur du mur (m)
- V = vitesse de l'eau
- d = hauteur d'eau
- $\theta$  = pente du canal d'entraînement

Il en résulte que la hauteur du mur au point de contrôle est de 2,43m avec une vitesse  $V = 3,00 \text{ m/s}$  et la hauteur d'eau est  $d = 0,917 \text{ m}$ . La cote de la hauteur du mur devient 953,80m.

Les dimensions hydrauliques au bout de la section entraînant sont : vitesse  $V = 12,960 \text{ m/s}$ , hauteur de l'eau  $d = 0,212 \text{ m}$ .

La hauteur du mur obtenue des valeurs ci-dessus est de 1,64m, et  $H = 2,0 \text{ m}$  est adoptée comme hauteur de projet.

### (c) Section à "saut de ski"

L'estimation approximative de la distance maximale atteinte par les vagues est faite par l'équation suivante :

$$X = (\sin 2 \theta + 2 \cos \theta \sqrt{\sin^2 \theta + Y/Hv}) \cdot Hv$$

où :

- X = distance théorique atteinte par les vagues (m)
- $\theta$  = angle avec l'horizon =  $42^\circ$
- Hv = charge cinétique,  $V^2/2g = 8,57 \text{ m}$
- Y = distance verticale entre le sommet du saut de ski et le niveau de l'eau en aval (m) :  $943,00 - 940,00 = 3,00 \text{ m}$

La distance maximale atteinte par les vagues sous la tête de trop plein la plus élevée est d'environ 20 mètres.

11.2.5 Ouvrages de vidange

i) Conception et type

Les ouvrages de vidange sont installés dans le corps du barrage pour permettre la libération de l'eau stockée en vue de recharger les couches de sable-gravier à travers le lit de l'oued. L'eau stockée dans la retenue lors des crues est lâchée dans les conduites. Le contrôle se fait par vannes à jet installées sur le côté aval du barrage. Des vannes à glissières sont également installées pour parer aux éventualités.

ii) Calcul hydraulique

Selon l'étude de recharge, la capacité maximale de recharge est d'environ 5 m<sup>3</sup>/s dans le cours de l'oued. L'estimation du diamètre de la conduite est basée sur la capacité de recharge, et la période prise pour baisser le niveau normal de retenue au niveau de sédimentation est basée sur la dimension de la conduite et de la vanne de vidange.

Cependant, le diamètre minimum de la conduite doit être fixé à 800mm pour le projet, si l'on prend en considération les opérations d'entretien et de réparation.

Le volume utile de la retenue de ce barrage est peu élevé, soit 750.000m<sup>3</sup>.

Dans le cas où la période de libération des eaux est de 3 jours, la capacité de libération est d'environ 3,0 m<sup>3</sup>/s, ce qui est plus faible que le débit de recharge estimé à 5,0 m<sup>3</sup>/s. Par conséquent, l'eau lâchée dans l'oued est utilisée pour la recharge sans gaspillage.

Le diamètre des conduites est estimé approximativement par l'équation suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4.Q}{\pi V}}$$

Sur la base d'une vitesse maximale de 6,0 m/s , un diamètre de 800 mm est suffisant pour un débit de 3,0 m<sup>3</sup>/s.

La formule de débit est obtenue par l'équation ci-après (en utilisant une vanne de 800 mm de diamètre et une conduite de 800 mm de diamètre) :

$$H = f_1 \frac{v_1^2}{2g} + f_2 \frac{v_2^2}{2g} + \dots + f_n \frac{v_n^2}{2g} = \sum_{i=1}^n f_i \frac{v_i^2}{2g} \quad (i)$$



où :

H = débit total (m)  
f<sub>i</sub> = coefficient de perte  
v<sub>i</sub> = vitesse (m/s)

et  $Q = A_i \times V_i$  (ii)

A partir des équations (i) et (ii) on a :

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{f_i}{2 A_i}}} \times \sqrt{2g.H}$$

Les différents coefficients de perte se présentent comme suit :

- (a) Entrée des conduites  $f_1 = 0,5$
- (b) Conduite  $f_2 = \frac{124,5 \text{ n}^2.L}{D^{4/3}}$
- (c) Vanne de pertuis  $f_3 = 0,18$
- (d) Vanne papillon  $f_4 = 1,487$

$$Q = 0,316 \times \sqrt{2g.H} = 1,399 \times \sqrt{H}$$

La période de libération des eaux, calculée à partir de la formule de débit basée elle-même sur la courbe hauteur-volume de la retenue, est de 2,4 jours.

11.3 BARRAGE D'OULHOU

11.3.1 Type de barrage

Le site d'Oulhou présente des conditions topographiques et géologiques tout à fait similaires à celles du site d'Oukhit, à l'exception d'une section plus étroite d'environ 180m et un lit d'oued plus profond de l'ordre de 15m.

Ce site est également caractérisé par des fondations s'appuyant sur des roches solides, et par l'insuffisance de matériaux de sol utilisables pour les zones inclinées. Par conséquent, le type de barrage en maçonnerie serait le plus approprié pour le site d'Oukhit, si l'on considère le coût de construction.

11.3.2 Dimensions du barrage

A partir des études hydrologiques, les dimensions suivantes sont requises :

i) Envergure de la retenue

- Bassin versant	77,60 km <sup>2</sup>
- Capacité de retenue brute (en million de m <sup>3</sup> )	1,27 Mm <sup>3</sup>
- Capacité de retenue utile ( " " )	0,68 "
- Volume de sédimentation (50 ans)	0,59 "
- Niveau maximum des eaux	946,30 m
- Niveau normal des eaux	945,30 m
- Niveau minimum des eaux	942,00 m
- Crête du barrage	947,80 m
- Niveau inférieur des fondations	929,00 m
- Hauteur du barrage	
. Hauteur au-dessus du lit	13,80 m
. Hauteur maximale du barrage (au-dessus des fondations)	18,80 m
- Largeur en crête	3,00 m
- Longueur en crête	178,00 m
- Volume du barrage	21.100 m <sup>3</sup>
- Pointe de crue naturelle (1/1000 an)	90 m <sup>3</sup> /s
- Crue de projet	90 m <sup>3</sup> /s
- Tête de trop-plein	1 m
- Longueur du seuil déversant	43 m

iii) Crête du barrage

La cote de la crête du barrage est obtenue à partir de l'équation suivante :

$$\text{Cote de crête du barrage} = \text{NWL} + \text{Hd} + \text{Fb} \text{ (m)}$$

où :

NWL = niveau normal des eaux (m)  
Hd = niveau de déversement de l'évacuateur (m)  
Fb = revanche (m)

La revanche est calculée sur la base des "Directives pour la Conception des Barrages de Petite et Moyenne Dimension pour le Maghreb" publiées par l'ONU. Conformément à ce document, la revanche est estimée sur la base de la hauteur des vagues générées par le vent sur la retenue (méthode de Stevenson modifiée par la méthode de Molitor et Gaillard) :

$$H = 0,76 + 0,032 \sqrt{U.F} - 0,26 \sqrt{F}$$

où :

H = hauteur des vagues (m)  
U = vitesse du vent (km/h)  
F = fetch (km)

La vitesse moyenne du vent dans l'aire de l'étude est de 2,5 m/s (9km/h) selon les données de la météorologie. Une vitesse de vent de 30m/s (108 km/h) est appliquée pour la conception du barrage pour plus de sécurité. Le fetch est ainsi ramené à 2,0 km sur la carte en plan de la retenue.

$$H = 0,76 + 0,032 \times \sqrt{108 \times 2,0} - 0,26 \sqrt{2,0} = 0,86 \text{ m}$$

$$V = 1,5 + 2 H \text{ (Equation de Gaillard)}$$

où :

V = vitesse de propagation des vagues (m/s)  
H = hauteur des vagues (m)

$$V = 1,5 + 2 \times 0,86 = 3,22 \text{ m/s}$$

Puis la revanche est calculée par l'équation suivante :

$$F_b = 0,75.H + \frac{v^2}{2g} = 0,75 \times 0,85 + 3,22^2/19,6 = 1,17m$$

La revanche de projet adoptée est de 1,5 mètre. On a ainsi :

$$\text{Cote de crête du barrage} = 945,30 + 1,0 + 1,5 = 947,80 \text{ m}$$

### iii) Profil du barrage

Il s'agira du même triangle de base que celui appliqué pour le barrage-poids le barrage-poids est similaire au barrage en maçonnerie.

Sur la base des résultats de l'analyse de stabilité, les pentes amont et aval du corps de barrage se présentent comme suit :

Amont : Vertical

Aval : 1 sur 0,90

La largeur en crête du barrage est de 3 mètres selon les exemples de barrages en maçonnerie existant au Maroc.

11.3.3 Analyse de stabilité

L'analyse de stabilité est faite de la même manière que pour le barrage-poids en béton.

Les hypothèses retenues sont :

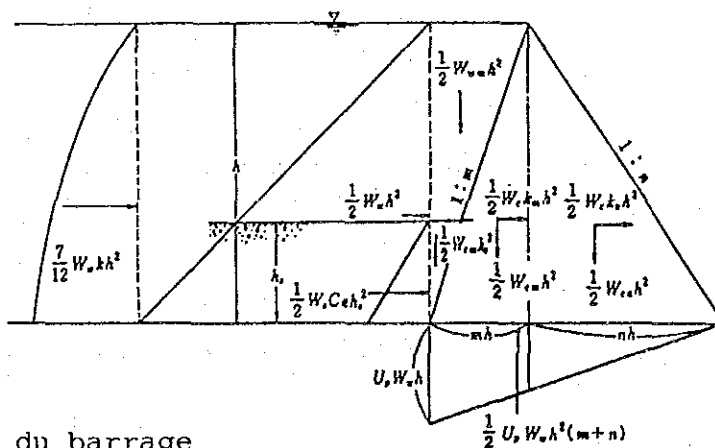
-	Force sismique	0,10
-	Niveau des plus hautes eaux	946,30 m
-	Cote normale de retenue	945,30 m
-	Niveau de sédimentation	942,00 m
-	Poids volumique de la maçonnerie	2,4 t/m <sup>3</sup>
-	Poids volumique des sédiments submergés	1,2 t/m <sup>3</sup>
-	Coefficient de pression des sédiments	0,5
-	Coefficient de sous-pression	0,33
-	Pentes - amont :	vertical
-	- aval :	1 sur 0,9
-	Angle de frottement interne des fondations en sable-gravier	f = 0,84 (tan 40°)
-	Effort de cisaillement des fondations en sable-gravier	= 20 t/m <sup>2</sup>

Le calcul est fait dans l'hypothèse que le tremblement de terre frappe le barrage quand l'eau de la retenue est au niveau normal.

Conditions de stabilité :

- Stabilité contre le renversement (Etude "Middle Third")
- Stabilité contre le glissement

Les moments de force et de renversement auxquels est soumis le barrage sont indiqués ci-après :



où :

- h = hauteur du barrage
- hs = niveau des sédiments
- Wc = poids volumique du béton
- Ww = poids volumique de l'eau
- Ws = poids volumique des sédiments submergés
- k = force sismique
- Up = sous-pression
- Ce = coefficient de pression des sédiments

La force horizontale de la pression des sédiments est donnée par la formule  $P_e = C_e.W_s.hs$  et la pression dynamique de l'eau durant un tremblement de terre est donné par la formule  $P_o = 7/8 W_w K \sqrt{Hh}$  selon l'équation de Westergard.

FORCE ET MOMENT

	Symbole	FORCE	DISTANCE	MOMENT
FORCE HORIZONTALE	Pression de l'eau	$\frac{1}{2} W_w h^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} W_w h^3$
	Pression des Sédiments	$\frac{1}{2} W_s C_s h^2$	$\frac{1}{3} h_s$	$\frac{1}{6} W_s C_s h_s^3$
	Force d'inertie par poids propre	$\frac{1}{2} (m+n) W_w kh^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n) W_w kh^3$
	Pression dynamique de l'eau	$\frac{7}{12} W_w kh^2$	$\frac{2}{5} h$	$\frac{7}{30} W_w kh^3$
		$\Sigma H_i = \frac{1}{2} W_w h^2 + \frac{1}{2} W_s C_s h_s^2 + \frac{1}{2} (m+n) W_w kh^2 + \frac{7}{12} W_w kh^2$		
		$\Sigma M_i = \frac{1}{6} W_w h^3 + \frac{1}{6} W_s C_s h_s^3 + \frac{1}{6} (m+n) W_w kh^3 + \frac{7}{30} W_w kh^3$		
FORCE VERTICALE	Poids de l'eau en amont	$\frac{1}{2} m W_w h^2$	$\frac{1}{3} mh$	$\frac{1}{6} m^2 W_w h^3$
	Poids des sédiments	$\frac{1}{2} m W_s h_s^2$	$\frac{1}{3} mh_s$	$\frac{1}{6} m^2 W_s h_s^3$
	Poids propre	$\frac{1}{2} (m+n) W_w h^2$	$\frac{2m+n}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n)(2m+n) W_w h^3$
	Sous-pression	$-\frac{1}{2} (m+n) U_p W_w h^2$	$\frac{1}{3} (m+n) h$	$-\frac{1}{6} (m+n)^2 U_p W_w h^3$
		$\Sigma V_i = \frac{1}{2} m W_w h^2 + \frac{1}{2} m W_s h_s^2 + \frac{1}{2} (m+n) W_w h^2 - \frac{1}{2} (m+n) U_p W_w h^2$		
		$\Sigma M_i = \frac{1}{6} m^2 W_w h^3 + \frac{1}{6} m^2 W_s h_s^3 + \frac{1}{6} (m+n)(2m+n) W_w h^3 - \frac{1}{6} (m+n)^2 U_p W_w h^3$		

La stabilité contre le glissement est estimée d'après l'équation de Henny :

$$F_s = \frac{\tau_o.l + f.v}{H}$$

où, H, V = forces totales horizontale et verticale agissant sur la surface de glissement.

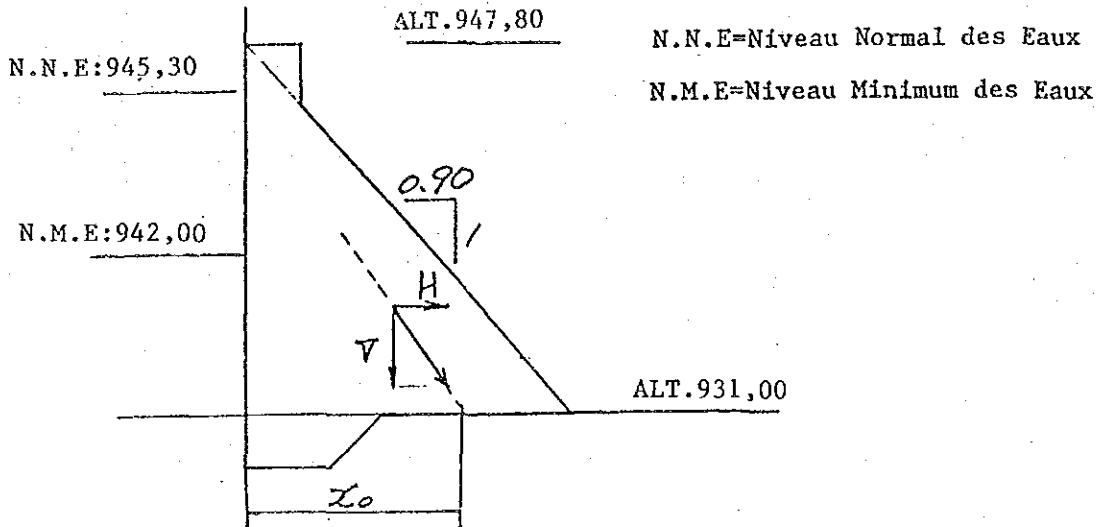
$\tau_o$  = effort de cisaillement des fondations

f = frottement interne des fondations

l = longueur de cisaillement

Fs = coefficient de sécurité (2)

i) Stabilité contre le renversement



Force totale horizontale	180,95 t/m
Moment par force horizontale	859,39 t
Force totale verticale	274,45 t/m
Moment par force verticale	1 406,01 t

$$X_0 \leq \frac{2}{3} (m+n) \cdot h$$

$$X_0 = \frac{\sum M}{\sum V}$$

La stabilité contre le renversement doit satisfaire la relation

$$\frac{2}{3} (m+n) \cdot h = 10,08 ; X_0 = 8,25, \text{ alors } 8,25 \leq 10,08\text{m (bon)}$$

ii) Stabilité contre le glissement

Force totale	180,95 t/m
Force totale verticale	274,45 t/m
Effort de cisaillement des fondations	$\tau_0 = 20 \text{ t/m}^2$
Frottement interne des fondations	$f = 0,84 (\tan 40^\circ)$
Longueur de cisaillement	$l = 15,12 \text{ m}$

$$F_s = \frac{20 \times 15,12 + 0,84 \times 274,45}{180,95} = 2,95 \geq 2,0 \text{ (bon)}$$

### 11.3.4 Evacuateur de crue

-----

#### i) Conception et type

Dans le cas de barrage en maçonnerie l'évacuateur sera installé sur le corps du barrage. Un évacuateur de type de déversoir sans vannes sera adopté pour limiter les coûts d'entretien et d'exploitation. L'ouvrage de dissipation d'énergie doit être de type évacuateur à saut de ski selon la pratique appliquée actuellement au Maroc pour les barrages de petite et moyenne dimension.

#### ii) Calcul hydraulique

##### (a) Section déversante

La longueur en crête est calculée par l'équation suivante :

$$Qd = C.L.H^{3/2}$$

où :

Qd = débit de crue de projet 90 m<sup>3</sup>/s

C = coefficient de débit 2,1

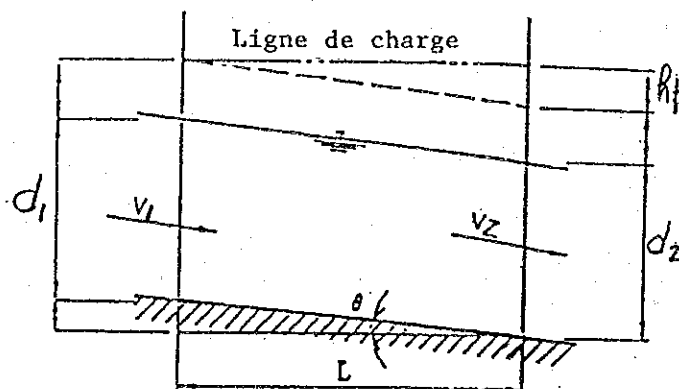
L = longueur en crête (m)

H = tête de trop-plein de projet (m)

La tête de trop-plein de projet (H = 1,0 mètre) est adoptée sur la base du débit de crue de projet et de la taille du barrage :

$$L = \frac{Qd}{C.H^{3/2}} = \frac{90}{2,1 \times 1,0} = 42,9 \text{ m} \approx 43 \text{ m}$$

Le seuil sera en forme d'arc circulaire pour limiter les coûts de construction.





(b) Section entraînant

La pente du côté aval du corps de barrage sera utilisée comme section entraînant.

Le calcul hydraulique est effectué par le théorème de Bernoulli du point de contrôle (sommet du seuil) à la fin de la section entraînant.

$$d_1 \cdot \cos \theta + \frac{V_1^2}{2g} + z = d_2 \cdot \cos \theta + \frac{V_2^2}{2g} + hf$$

avec :

$$hf = \frac{n^2 \cdot V_m^2}{R_m^{2/3}} \cdot \Delta L$$

$V_m$ ,  $R_m$  = vitesse moyenne et rayon hydraulique  
 $n$  = coefficient de rugosité

La différence de hauteur d'eau ( $h$ ) aux deux sections est donnée par :

$$h = d_1 \cdot \cos \theta - z - d_2 \cdot \cos \theta$$
$$h = \frac{V_2^2}{2g} - hf - \frac{V_1^2}{2g}$$

La hauteur d'eau ( $d_2$ ) à la section aval est estimée de "proche en proche" sur la base des équations ci-dessus.

Les dimensions hydrauliques critiques au point de contrôle se présente comme suit :

Hauteur de l'eau	$dc = 0,467 q^{2/3} = 0,764 \text{ m}$
Aire de coupe en travers	$Ac = B \cdot dc = 32,852 \text{ m}$
Vélocité	$Vc = Q/Ac = 2,74 \text{ m/s}$
Pertes de charge	$hv = V^2/2g = 0,383 \text{ m}$

La revanche et la hauteur du mur bajoyer sont calculées par les équations suivantes :

$$Fb = 0,6 + 0,037 V \cdot d^{1/3} \quad (\text{Equation de la revanche})$$

$$H = (Fb + d) \times \frac{1}{\cos \theta} \quad (\text{Equation du mur bajoyer vertical})$$

où :

$Fb$  = revanche (m)  
 $H$  = hauteur du mur (m)  
 $V$  = vitesse de l'eau  
 $d$  = hauteur d'eau  
 $\theta$  = pente du canal d'entraînement

Il en résulte que la hauteur du mur au point de contrôle est de 2,18m avec une vitesse  $V = 2,74$  m/s et la hauteur de l'eau est  $d = 0,764$ m. La cote de la hauteur du mur devient 946,80m.

Les dimensions hydrauliques au bout de la section entraînant sont : vitesse  $V = 12,484$  m/s, hauteur d'eau  $d = 0,167$  m.

La hauteur du mur obtenue des valeurs ci-dessus est de 1,525m, et  $H = 1,5$ m est adoptée comme hauteur de projet.

(c) Section à "saut de ski"

L'estimation approximative de la distance maximale atteinte par les vagues est faite par l'équation suivante :

$$X = (\sin 2 \theta + 2 \cos \theta \sqrt{\sin^2 \theta + Y/Hv}) \cdot Hv$$

avec :

$X$  = distance théorique atteinte par les vagues (m)

$\theta$  = angle avec l'horizon =  $42^\circ$

$Hv$  = charge cinétique,  $V^2/2g = 7,95$  m

$Y$  = distance verticale entre le sommet du saut de ski et le niveau de l'eau en aval (m).  $937,00 - 934,00 = 3,00$ m

La distance maximale atteinte par les vagues sous la tête de trop-plein la plus élevée est d'environ 19 mètres.

### 11.3.5 Ouvrages de vidange

-----

#### i) Conception et type

Les ouvrages de vidange sont installés dans le corps du barrage pour permettre la libération de l'eau stockée en vue de recharger les couches de sable-gravier à travers le lit de l'oued. L'eau stockée dans la retenue lors des crues est lâchée dans les conduites. Le contrôle se fait par vannes à jet installées sur le côté aval du barrage. Des vannes à glissières sont également installées pour parer aux éventualités.

#### ii) Calcul hydraulique

Selon l'étude de recharge, la capacité maximale de recharge est d'environ 5 m<sup>3</sup>/s dans le cours de l'oued. L'estimation du diamètre de la conduite est basée sur la capacité de recharge, et la période prise pour baisser le niveau normal de retenue au niveau de sédimentation est basée sur la dimension de la conduite et de la vanne de vidange.

Cependant, le diamètre minimum de la conduite doit être fixé à 800mm pour le projet, si l'on prend en considération les opérations d'entretien et de réparation.

Le volume utile de la retenue de ce barrage est peu élevé, soit 680.000m<sup>3</sup>.

Dans le cas où la période de libération des eaux est de 3 jours, la capacité de libération est inférieure à 5,0 m<sup>3</sup>/s, ce qui est plus faible que le débit de recharge. Par conséquent, l'eau lâchée dans l'oued est utilisée pour la recharge sans gaspillage.

Le diamètre des conduites est estimé approximativement par l'équation suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}}$$

Sur la base d'une vitesse maximale de 6,0 m/s, un diamètre de 740 mm est suffisant pour un débit de 2,6 m<sup>3</sup>/s.

La formule de débit est obtenue par l'équation ci-après (en utilisant une vanne de 800 mm de diamètre et une conduite de 800 mm de diamètre) :

$$H = f_1 \frac{v_1^2}{2g} + f_2 \frac{v_2^2}{2g} + \dots + f_n \frac{v_n^2}{2g} = \sum_{i=1}^n f_i \frac{v_i^2}{2g} \quad (i)$$

où :

H = débit total (m)  
f<sub>i</sub> = coefficient de perte  
v<sub>i</sub> = vitesse (m/s)

$$\text{et } Q = A_i \times v_i \quad (ii)$$

A partir des équations (i) et (ii) on a :

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{f_i}{A_i^2}}} \times \sqrt{2g.H}$$

Les différents coefficients de perte se présentent comme suit :

- (a) Entrée des conduites  $f_1 = 0,5$
- (b) Conduite  $f_2 = \frac{124,5 n^2.L}{D^{4/3}}$
- (c) Vanne de pertuis  $f_3 = 0,18$
- (d) Vanne papillon  $f_4 = 1,487$

$$Q = 0,316 \times \sqrt{2g.H} = 1,399 \times \sqrt{H}$$

La période de libération des eaux, calculée à partir de la formule de débit basée elle-même sur la courbe hauteur-volume de la retenue, est de 2,1 jours.

## **CHAPITRE 12**

# **PLAN ET PROGRAMME DE CONSTRUCTION**



## 12.1 ESTIMATION DES COUTS DE CONSTRUCTION

Une estimation provisoire de coûts des trois barrages a été réalisée sur la base des principes suivants :

### 12.1.1 Travaux de construction

- Préparation : Inclut le coût des travaux préparatoires nécessaires, bâtiments de bureaux, route d'accès, travaux d'enquête, etc....
- Barrage : Inclut le coût du corps du barrage, de l'évacuateur de crue, conduite et autres
- Installations de prise d'eau : Puits d'irrigation, pompe
- Equipement routier : Relocalisation de la route
- Frais généraux : Représentent 20% des coûts directs requis pour les travaux de construction.

### 12.1.2 Prix unitaires

Le coût des matériaux de construction à utiliser dans le projet a été évalué sur la base des prix unitaires fixés en Août 1989 par le Gouvernement Marocain. Le coût de la main d'oeuvre est évalué sur la base du taux d'appointements de la main d'oeuvre pour tout type de travaux.

Les prix unitaires des principaux éléments sont indiqués dans le tableau suivant.

Description	Unité	Taux
a) Main d'oeuvre		
Contremaître	jour	43,0
Main d'oeuvre qualifiée	jour	43,0
Main d'oeuvre non qualifiée	jour	35,0
Mécanicien	jour	75,0
Opérateur (lourd)	jour	83,3
Opérateur (léger)	jour	62,5
Forgeron, maçon	jour	43,0
b) Matériaux		
Ciment	tonne	850
Fers de construction	tonne	7.500
Huile légère	litre	6
Huile diesel	litre	3,5

c) Acquisition des matériaux et services importés et locaux : la répartition en devises étrangères et en monnaie locale a été réalisée sur les principes suivants en tenant compte des conditions prédominantes au Maroc.

Elément	Acquisition Etrangère (%)	Acquisition Locale (%)
Main d'oeuvre spécialisée	-	100
Main d'oeuvre non spécialisée	-	100
Ciment	20	30
Barre d'Acier	100	-
Carburant et huile (raffinés)	100	-
Bois	-	100
Sable, gravier et eau	-	100
Matériel de construction	100	-

d) Coût de construction

Le Tableau 12.1 indique les coûts totaux de construction des 3 barrages.

Les Tableaux 12.2 et 12.4 donnent le détail estimatif des coûts pour chaque barrage



## 12.2 ORGANISATION DU PROJET

### 12.2.1 Agence d'exécution -----

Etant donné que les travaux majeurs impliqués par le projet sont la construction de barrages, l'Administration de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics sera l'agence d'exécution du projet avec l'assistance et la coopération du Ministère de l'Agriculture. Le Directeur Général de l'Administration de l'Hydraulique sera nommé Directeur du Projet. Il sera entièrement responsable de l'administration générale du projet et confiera au Chef du Projet l'entière responsabilité de tous les travaux sur le site.

### 12.2.2 Bureau du Projet -----

Un bureau du projet sera établi à Errachidia moyennant une réorganisation de l'agence existante de l'Administration Hydraulique de la Direction de la Région Hydraulique. Un fonctionnaire hautement qualifié et expérimenté dans le service de l'Administration Hydraulique sera nommé Chef du Projet à plein temps et le Bureau du Projet sera composé du personnel adéquat pour l'exécution efficace du projet. Le Directeur du Projet aura également la responsabilité d'assurer la préparation opportune de devis descriptifs avec l'aide des experts-conseil.

La Figure 12.1 illustre une organisation du Bureau du Projet proposée pour l'exécution du projet.

## 12.3 METHODE ET PLAN DE CONSTRUCTION

### 12.3.1 Méthode de construction -----

Le projet de construction de barrages de petite et moyenne dimension dans le bassin du Rhéris inclut plusieurs catégories de travaux publics telles que la construction de barrages, les installations d'approvisionnement en eau.

Il y a deux manières d'envisager l'exécution de tels travaux de génie civil, l'une est basée sur le système de régie directe et l'autre sur l'établissement d'un contrat forfaitaire.

La construction du projet a été prévue d'être réalisée sur la base d'une régie directe après avoir pris en considération des systèmes de construction actuels pour les projets de construction de barrages de petite et moyenne dimension au Maroc.

### 12.3.2 Plan de construction

-----

Les plans de construction des principaux travaux de génie civil des 3 barrages de Timkit, Oukhit et Oulhou ont été étudiés compte tenu des conditions suivantes :

- Nombre d'heures de travail : 7 heures par jour
- Nombre de jours de travail : 25 jours par mois
- Plan et équipement de construction : voir Tableau 12.5

#### i) Dimensions des oueds

Dans le bassin du Rhéris, la distinction entre la saison des pluies et la saison sèche n'est pas très nette. Cependant, on peut estimer que la saison sèche couvre environ 7 mois de Mars à Septembre pendant lesquels on ne peut voir de l'eau s'écouler dans les oueds. Par contre, entre Octobre et Février les oueds sont parfois garnis d'eau.

La largeur du lit de l'oued est de l'ordre de 40m au barrage de Timkit et 150m aux barrages d'Oukhit et d'Oulhou. Du point de vue économique et de la sécurité, les travaux relatifs à la dimension de l'oued pendant la construction comporteront la réduction du chenal au niveau des barrages d'Oukhit et de Timkit. Premièrement les rives gauches seront obstruées par des remblais en terre ou en béton, et les excavations des fondations ainsi que la construction du corps de barrage seront faites à cet endroit. Pendant cette période, l'écoulement de l'oued sera évacué par la rive droite. Cependant, il est difficile d'adopter cette procédure pour le barrage de Timkit car la largeur du lit d'oued est très étroite.

Néanmoins, les travaux de dérivation de l'oued seront effectués à partir des travaux relatifs au système de prise à aménager dans le corps principal du barrage. Une période probable de crue de 5 ans sera adoptée pour les travaux de dérivation de l'oued durant la construction. Le débit de crue de probabilité de 5 ans à Timkit est d'environ  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ , tandis que celui à Oukhit et à Oulhou est équivalent respectivement à  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### ii) Excavation de fondations

La terre superficielle et les dépôts dans les lits des oueds seront enlevés avant la construction du corps principal des barrages. La profondeur moyenne est de l'ordre de 6m aux barrages d'Oukhit et d'Oulhou. Les travaux d'excavation seront réalisés au moyen d'excavateurs et de véhicules de chargement. Les matériaux déblayés seront déversés dans des zones de décharge en aval du barrage.

iii) Les matériaux rocheux nécessaires aux barrages d'Oukhit et d'Oulhou (barrages en maçonnerie) seront fournis par des carrières situées à environ 2 km en aval de chaque site. Ces carrières contiennent surtout du grès. On devra utiliser des explosifs pour obtenir ces matériaux rocheux.

iv) Construction du corps principal du barrage

Le plan de construction du corps principal du barrage prévoit la division du corps de barrage en deux parties : la partie externe et la partie interne.

(a) Barrage en maçonnerie (Oukhit et Oulhou)

- Partie externe : roches de carrière et béton avec une grande proportion de ciment.
- Partie interne : roches et rochers de carrière et béton avec une faible proportion de ciment

(b) Barrage-poids en béton (Timkit)

- Partie externe : béton avec une large proportion de ciment
- Partie interne : béton avec une petite proportion de ciment
- Le béton armé est utilisé pour les structures dans le corps du barrage

Le béton sera mélangé sur le site . Les 3 catégories suivantes ont été prises en considération :

Type de béton	Teneur en ciment (kg/m <sup>3</sup> )	Taille maximale du mélange (mm)
Béton armé	350	40
Béton clair	250 ≈ 220	40
Béton de barrage	200 ≈ 160	150

Le ciment "Portland" disponible sur le marché local sera utilisé pour les travaux de bétonnage. On pourra obtenir des granulats en lavant et en tamisant les matériaux récupérés des dépôts dans les oueds sur le site. Le mélange du béton pour les barrages en maçonnerie sera effectué grâce à une centrale à béton mobile (0,5 m<sup>3</sup> par tournée).

Le transport serait assuré par des camions à citerne tournante et la mise en place opérée au moyen de bandes transporteuses. De plus une centrale à béton serait installée au site de Timkit (1,5 m<sup>3</sup>/tournée). L'unité à béton consisterait en une tour-grue et une grue mobile.

### 12.3.3 Programmation de la construction

La programmation de la construction est faite en fonction de l'échelle du projet, des coûts de construction, du nombre de jours ouvrables, etc... Par conséquent environ trois ans sont nécessaires pour la réalisation du barrage de Timkit et deux ans pour les barrages d'Oukhit et d'Oulhou comme le montrent les Figures 12.2 à 12.4.

## **CHAPITRE 13**

# **EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**



### 13.1 INTRODUCTION

Une évaluation détaillée des conditions existantes de l'environnement dans l'aire des sites de barrage a été réalisée. Cette évaluation porte sur les aspects tels que population, utilisation du sol, développement agricole, qualité et utilisation actuelles de l'eau et infrastructure.

En prenant en considération le but, l'envergure et le modèle des barrages proposés, leur impact a été évalué sur la base d'un certain nombre d'indicateurs, notamment :

- \* La transformation du terrain
- \* L'utilisation du sol
- \* Les ressources en eau
- \* L'infrastructure (puits, Khettaras, seguias, canaux, routes, téléphones, etc...)
- \* Biologie (végétation et vie à l'état sauvage)
- \* Bruit
- \* Aspects esthétiques
- \* Aspects sociaux (relocalisation, éducation, coopération et emploi)
- Impact économique ( agriculture, bétail, valeurs du sol, revenu).

Ces évaluations ont été réalisées pour les phases de construction et d'exploitation des barrages, et pour les zones situées en amont et en aval des sites de barrages, en termes d'effets néfastes, neutres ou bénéfiques (salutaires).

Les résultats sont élaborés sous forme d'une matrice. Les entrées indiquées sont de la forme x (y), où x est l'importance de l'impact et y la magnitude. Une échelle de 1 à 5 a été utilisée pour évaluer l'importance de l'impact sur chacune des conditions de l'environnement.

La magnitude a été basée sur le critère suivant :

<u>Impact</u>		<u>Echelle</u>
100 %	<u>Augmentation</u>	+ 5
75 % à 99 %	"	+ 4
50 % à 74 %	"	+ 3
25 % à 49 %	"	+ 2
0 % à 24 %	"	+ 1
0 % à 24 %	<u>Diminution</u>	- 1
25 % à 49 %	"	- 2
50 % à 74 %	"	- 3
75 % à 99 %	"	- 4
100 %	"	- 5

La somme des diverses catégories définit si l'impact total pondéré du projet sera ou non avantageux.

Des mesures de mitigation sont proposées et une évaluation finale indique l'impact pondéré des actions sur les conditions de l'environnement, en particulier en ce qui concerne les modifications de l'hydrologie et de l'hydro-géologie, a retenue et l'alimentation en eau.

## 13.2 EVALUATION DE L'IMPACT DU BARRAGE DE TIMKIT SUR L'ENVIRONNEMENT

### 13.2.1 Concept de base

-----

Le but du barrage sera de retenir les eaux des crues à mesure qu'elles se produisent, pour des périodes de 2 à 3 semaines avant de les libérer après le dépôt par décantation des corps solides. L'objectif est une réalimentation plus efficace de la nappe phréatique. Les fondations du barrage atteindront la formation primaires, bloquant ainsi toute infiltration sous son corps. On s'attend à ce que la capacité de retenue probable soit de 12 millions de m<sup>3</sup>. La superficie totale du réservoir est de 2,6 km<sup>2</sup> comme l'indique la Figure 13.1.

### 13.2.2 Impact sur l'environnement

-----

L'impacts du barrage sur l'environnement est résumé au Tableau 13.1. L'impact aux différents niveaux est décrit ci-après :



i) Transformation du sol

L'exploitation du barrage réduira l'érosion grâce aux libérations contrôlées du flux d'eau.

Cependant, la retenue de l'eau entraînera également l'inondation des aires cultivées et résidentielles. L'effet sur la nappe phréatique à Tinejdad sera salubre.

ii) Utilisation du sol

Les phases de construction et d'exploitation auront des effets négatifs sur les villages environnants. Les aires en aval seront privées d'eau vu que le flux de la nappe phréatique sera entravé par les fondations profondes du barrage. Les aires en amont seront inondées au niveau de 22 logements et 11 hectares.

iii) Ressources en eau

Les aires en aval pourraient être affectées, étant donné que l'eau retenue par le barrage peut probablement avoir des concentrations plus élevées de substances solides en suspension. Cependant, la qualité d'eau ne devrait pas se détériorer d'une manière significative, étant donné que seule une courte période d'emmagasinage est envisagée.

iv) Infrastructure

La route reliant Timkit aux villages au Nord de Jebel Taboukendt sera inondée sur une longueur de 7 km. Il faudra donc construire une nouvelle route de 13 km de longueur. Le réseau téléphonique sera également inondé (7 km de câble et 120 postes), et il faudra aussi le relocaliser.

v) Biologie

Il y aura un impact positif sur le micro-climat, par le développement de la végétation sauvage sur les berges du lac; ceci encouragera également la vie à l'état naturel.

vi) Bruit

Pour ce qui est de bruit, les travaux de construction auront très peu d'impact négatif sur les aires résidentielles, qui sont situées à au moins 1 km du site de barrage.

vii) Esthétique

Les aspects visuels du site du projet seront améliorés.

viii) Aspects social et économique

Le déplacement des villages de Ksar Oul n'Tamayoust et de Ksar Tizakht conduira inévitablement à la rupture sociale de leurs populations. D'autre part, l'accroissement de l'agriculture potentielle à Tinejdad pourra ralentir la migration de la population. Les effets de la création de richesses additionnelles pourraient se refléter dans le développement d'une technologie plus avancée, dans les opportunités accrues pour une meilleure éducation et dans le développement des coopératives. La construction du barrage fournira des emplois temporaires pour la population locale.

13.2.3 Mitigation  
-----

Les mesures de mitigation suivantes sont proposées :

- a) Le canal alimentant en eau les villages en aval devra être prolongé jusqu'au lit alluvial du réservoir avant le début de la construction pour assurer une continuité d'approvisionnement. Le plan devrait être basé sur l'irrigation de pointe et les besoins d'alimentation en eau domestique.
- b) La population des villages inondés devra être relogée. L'aire la plus appropriée serait en aval où des terrains agricoles potentiels sont disponibles. L'infrastructure nécessaire devra être fournie pour assurer l'alimentation en eau à ces régions. La compensation devrait être le double de la valeur des possessions actuelles, suivant le principe déjà appliqué dans le cas du barrage d'Hassan Addakhil.

- c) Les réseaux routier et téléphonique devraient être ré-installés avant le début de la construction du barrage.
- d) Les arbres et d'autres plantes devraient être déplacés de l'aire du réservoir avant l'opération, afin de réduire la diminution d'oxygène et la croissance des algues. Les palmiers pourraient être replantés et la terre végétale amenée aux sites à être développés afin d'améliorer leur fertilité.
- e) Les exigences de la main-d'oeuvre de pointe pour la construction du barrage devraient être programmées afin de ne pas coïncider avec la demande de pointe de l'exploitation agricole.

#### 13.2.4 Conclusions

L'impact du barrage sur l'environnement est globalement positif avec un facteur total de + 116 comme l'indique le Tableau 13.2.

On estime que le volume des eaux souterraines qui est de 0,5 million de m<sup>3</sup> à présent s'élèverait à environ 8 millions de m<sup>3</sup>, représentant une augmentation de 94% (équivalent sur l'échelle à + 4). L'amélioration de la qualité de l'eau réduira de 30% le volume d'eau requis pour le filtrage. L'érosion sera également réduite.

L'importance de l'impact sur l'infrastructure de l'eau repose sur le relèvement attendu du niveau de la nappe phréatique. Ceci entraînerait une plus forte production des puits et une augmentation des débits d'eau dans les 9 Khetaras tarées.

Le réservoir inondera les puits, Khetaras et seguias existants, ayant ainsi un impact négatif sur Oul n'Tamayoust et Tizakht. On s'attend à ce que la production agricole s'accroisse de 60% environ et il y aura en plus un effet bénéfique sur le cheptel.

### 13.3 EVALUATION DE L'IMPACT DU BARRAGE D'OUKHIT SUR L'ENVIRONNEMENT

#### 13.3.1 Concept de base

Le barrage retiendra les eaux des crues pendant des périodes de 2 à 3 semaines à mesure que celles-ci se produisent avant de les libérer pour la réalimentation de la nappe phréatique. Les fondations du barrage atteindront la formation primaire bloquant

ainsi toute infiltration sous son corps. La capacité de retenue escomptée est de 0,8 million de m<sup>3</sup>. La superficie totale du réservoir est de 0,24 km<sup>2</sup> comme l'indique la Figure 13.2.

### 13.3.2 Impact sur l'environnement

Le Tableau 13.3. résume l'impact du barrage. Les principales conclusions sont les suivantes :

#### i) Transformation du sol

Les libérations contrôlées du flux pendant l'opération réduira l'érosion. Le flux d'eau à la Khettara en aval sera affectée pendant la construction par une réduction de l'alimentation en eau et une plus forte concentration des matériaux en suspension.

La Figure 13.2. indique l'aire du réservoir, le début de la Khettara du village Oukhit et les liaisons routières.

#### ii) Utilisation du sol

Le barrage aurait un effet contraire sur Oukhit pendant la construction et l'exploitation. Le flux de la nappe phréatique sera bloqué et la zone agricole d'Oukhit sera privée d'eau.

#### iii) Ressources en eau

La qualité de l'eau ne sera pas affectée puisque le réservoir sera relativement peu profond et l'eau ne sera pas emmagasinée pendant des périodes suffisamment longues pour provoquer la croissance des herbes aquatiques.

#### iv) Infrastructure

La route reliant Oukhit aux villages au Sud sera rendue inutilisable pendant la construction et sera inondée pendant le fonctionnement du barrage.

v) Biologie

Il y aura un effet positif sur le micro-climat.

vi) Bruit

Les effets négatifs du bruit pendant la construction seront minimales vu que l'aire résidentielle la plus proche est à 1,5 km.

vii) Esthétique

Il y aura une certaine rupture d'esthétique au site pendant la construction mais son effet sera minime en vue de l'emplacement éloigné du site.

viii) Aspects social et économique

Une richesse accrue provenant d'une plus importante production agricole entraînera l'introduction de technologie supérieure, la réalisation de coopératives, des perspectives d'enseignement meilleures et un meilleur niveau de vie.

L'emploi sera amélioré par la création d'emplois temporaires pendant la construction. Cependant, il est à noter que les travaux de construction peuvent entrer en conflit avec la demande saisonnière en main-d'oeuvre agricole, ce qui pourrait entraîner, une réduction de la production.

Si un approvisionnement approprié en eau à Oukhit est assuré, il y aura pour conséquence une augmentation de la production agricole et du cheptel dans cette zone.

13.3.3 Mitigation  
-----

Les mesures de mitigation incluent ce qui suit :

- a) Le canal alimentant Oukhit devra être prolongé jusqu'au lit alluvial du réservoir avant le commencement des travaux de construction afin d'assurer la continuité de l'alimentation en eau.

- b) La route sera relocalisée avant la construction du barrage.
- c) Le programme de construction devrait permettre la disponibilité de la main-d'oeuvre conformément aux besoins des fermes aux périodes de pointe.

#### 13.3.4 Conclusions

-----

L'impact du projet sur l'environnement sera positif avec une valeur de + 95 comme l'indique le Tableau 13.4.

L'augmentation de la nappe phréatique est évaluée à 74%, équivalant à un taux de + 3. Il y aura une diminution de l'érosion.

Le relèvement du niveau de la nappe phréatique permettra à la production agricole de s'accroître de 60%; il y aura en outre une amélioration dans la production du cheptel.

### 13.4 EVALUATION DE L'IMPACT DU BARRAGE D'OULHOU SUR L'ENVIRONNEMENT

#### 13.4.1 Concept de base

-----

Le barrage retiendra l'eau des crues pendant une période de 2 à 3 semaines avant de la libérer pour réalimenter la nappe phréatique. Dans l'oued, il y a un lit alluvial épais de 12 mètres qui permettra la construction d'un barrage flottant. Le barrage peut en conséquence être fondé sur les décharges programmées et les flux souterrains.

La capacité de retenue probable est de 0,7 millions de m<sup>3</sup> et la superficie du réservoir est de 0,20 km<sup>2</sup> comme l'indique la Figure 13.3.

#### 13.4.2 Impact sur l'environnement

-----

L'impact du barrage sur l'environnement est résumé au Tableau 13.5. L'impact aux différents niveaux est comme suit :

i) Transformation du sol

Les décharges contrôlées réduiront l'érosion. La végétation sauvage croîtra le long du canal de libération et au bord du réservoir.

Même pendant la construction du barrage, on s'attend à ce que la nappe phréatique continue de s'écouler dans la couche plus profonde de 4m.

ii) Utilisation du sol

L'utilisation du sol ne sera pas affectée pendant la phase de construction et devrait s'améliorer après la construction du barrage, comme conséquence de la qualité et de la quantité améliorée de l'eau.

iii) Ressources en eau

Touroug bénéficiera de l'amélioration de l'alimentation et de la quantité d'eau.

iv) Infrastructure

La hausse attendue du niveau de la nappe phréatique améliorera le flux et la quantité d'eau dans le réseau d'infrastructure existant.

v) Biologie

L'emmagasiner de l'eau aura un impact positif sur le micro-climat. Le mode de fonctionnement du barrage empêchera la croissance des herbes aquatiques.

vi) Bruit

Le bruit causé par les travaux de construction affectera le village d'Igir n'Otromoun, situé à 1 km en amont où vit seulement une famille. Le village de Ngouer Ourhane, qui est situé à 2 km en aval, ne devrait être dérangé que par le passage des camions.

vii) Esthétique

Tout impact négatif sera limité à cause du caractère isolé du site.

viii) Aspects social et économique

Le barrage devrait entraîner une richesse accrue avec des effets positifs sur le progrès technologique, l'amélioration de l'éducation, l'encouragement de coopératives et un meilleur niveau de vie.

La création d'emplois temporaires se produira pendant la construction mais comme il a été noté ci-dessus, des précautions doivent être prises pour que la production agricole se soufre pas d'un manque de main d'oeuvre.

13.4.3 Mitigation  
-----

Le Tableau 13.6 indique qu'il n'y a pas d'effets majeurs contraires nécessitant des mesures de mitigation. Cependant, en commun avec les pratiques dans la région, il y a une grande nécessité de réformer les systèmes des droits de l'eau et du sol afin d'assurer que l'eau soit utilisée d'une manière efficace.

13.4.4 Conclusions  
-----

Il y aura un impact positif du projet sur l'environnement, évalué à + 104 comme l'indique le Tableau 13.6. La disponibilité de la nappe phréatique devrait augmenter de l'ordre de 74%. L'érosion devrait être réduite. Le relèvement escompté du niveau de la nappe phréatique entraînera une forte production des puits et le ré-écoulement des Khettaras qui étaient à sec pendant plusieurs années.



## **CHAPITRE 14**

# **EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE**



## 14.1 INTRODUCTION

Dans la première phase de l'étude, une analyse socio-économique a été réalisée sur 32 sites potentiels, et un classement par ordre de priorité a permis de répartir ces sites en trois catégories (voir chapitre 10). Une liste de onze sites a été dressée sur la base d'un certain nombre de critères socio-économiques et techniques, et une liste finale de trois choisis pour une évaluation détaillée. Il est à noter que ces sites ne représentent pas nécessairement ceux ayant les taux économiques de rentabilité les plus élevés, c'est-à-dire ils ne procurent pas la valeur ajoutée nette la plus élevée par hectare.

Du point de vue socio-économique, les trois sites de barrages choisis reflètent tous la préoccupation principale du Gouvernement, qui est de favoriser les aires aval de l'oued Rhéris, où l'impact de la sécheresse récente a été critique.

Ainsi, l'effet principal du site de barrage de Timkit (N°16) sera sur Tinejdad. Le site de barrage d'Oukhit (N°28) affectera les aires locales et, dans le long terme, aura un impact possible sur Jorf / Fezna. Le site de barrage d'Oulhou (N°29) influencera l'aire agricole de Touroug et les zones "bour" au-delà.

## 14.2 METHODOLOGIE

### 14.2.1 Introduction

-----

L'approche de base pour l'évaluation des trois sites de barrages consiste à calculer les coûts directs et indirects du barrage, comparés aux avantages qui en découlent. Les coûts directs sont les coûts de construction et les coûts d'entretien et d'exploitation. Les coûts indirects proviennent principalement de la compensation à payer pour les aires inondées (terrain agricole, logement, relocalisation des routes et des lignes électriques etc). Les avantages seront en général en rapport avec une production agricole accrue, un meilleur approvisionnement en eau potable, et les améliorations du bétail.

Un résumé de la méthodologie de base est donné ci-après. Les détails sur les coûts de construction sont donnés dans le chapitre 12. Les données ayant trait au calcul d'autres coûts et avantages sont fournies dans le Rapport Annexe.

14.2.2 Méthodologie

i) Limites

Un examen des conditions socio-économiques des trois sites de barrages indique qu'une procédure standard d'évaluation ne fournira pas une indication réelle de la viabilité des barrages pour les raisons suivantes :

(a) Le critère principal pour la détermination des priorités et la sélection des barrages ne repose pas sur le facteur économique mais plutôt sur une meilleure sécurité d'approvisionnement en eau en périodes de sécheresse.

(b) Les coutumes et les traditions existantes relatives aux droits de l'eau et du sol rendent impossible une production efficace. Une réforme radicale du système est requise, si une productivité plus importante s'impose.

(c) Les cultures dans l'aire du projet sont réalisées pour l'auto-consommation plutôt que pour la commercialisation.

(d) Il y a un manque de cadre institutionnel pour fournir une aide technique adéquate pour la culture et la commercialisation.

Les avantages potentiels provenant des barrages sont en général ressentis dans trois secteurs principaux : l'agriculture, l'élevage, l'alimentation en eau potable.

ii) Agriculture

Dans le cas de l'agriculture, les avantages se traduiront par une production accrue. La disponibilité accrue en eau permettra l'augmentation des cultures dans les aires existantes qui sont sous-utilisées, et permettra de même aux aires dépendant de la pluviométrie ("bour") d'être cultivées de manière permanente.

Les productions potentielles dans les deux cas ("avec" et "sans" projet) ont été mentionnées au Section 9.7 et les besoins en eau d'irrigation, au Section 9.8.

La consommation actuelle d'eau dans l'aire de l'étude est évaluée à une moyenne de 4.650 m<sup>3</sup> par hectare par an (voir le Rapport Annexe, Section 4.6).

Dans le cas "avec projet", les besoins suivants sont évalués afin de formuler les modes de cultures proposés :

Site de barrage de Timkit (N°16)

- Aire de Timkit 9.337 m<sup>3</sup> par hectare
- Aire de Tinejdad 13.205 m<sup>3</sup> par hectare

Site de barrage d'Oukhit (N° 28)

- Aire d'Oukhit 9.337 m<sup>3</sup> par hectare

Site de barrage d'Oulhou (N° 29)

- Aire de Touroug 10.504 m<sup>3</sup> par hectare

Les revenus bruts sont calculés sur la base des prix à la ferme pour les cas "avec" et "sans" projet.

Les coûts de la production agricole ont été calculés en tenant compte du besoin de main-d'oeuvre, des coûts de pompage et des autres coûts tels que les engrais. Les coûts de pompage par hectare varieront selon la quantité d'eau nécessaire dans les différents sites. (voir Rapport Annexe, Section 4.6).

Les avantages nets annuels dans le secteur agricole sont évalués comme suit :

Site de barrage	Revenu additionnel net	Valeur ajoutée additionnelle nette
Timkit : Tinejdad	15.583 DH	17.258 DH
Timkit	17.972 DH	19.674 DH
Oukhit : Oukhit	17.972 DH	19.674 DH
Oulhou : Touroug	17.252 DH	18.927 DH

Il est à noter que dans le cas de Tinejdad et de Touroug, l'impact des barrages se limitera aux aires agricoles existantes. Dans la zone d'Oukhit, 50 hectares existants seront améliorés, et uniquement 5 ha de zones bour ou de nouvelles terres seront développées. Pour Timkit, cependant, une aire tout à fait nouvelle de 778 ha et pour Tinejdad une aire de 550 Ha pourront être développées. Ceci nécessitera des investissements dans l'infrastructure de base pour s'assurer que l'alimentation en eau soit garantie. Ces coûts d'investissement sont pris en considération dans l'investissement global au début du projet.

iii) Avantages dans le secteur de l'élevage

Bien que la région dans l'ensemble soit riche en bétail, tout est virtuellement réalisé sur une base artisanale. Selon le recensement de 1982, les communes du bassin du Rhéris avaient évalué leurs troupeaux à 250.000 moutons et environ 15.000 vaches.

Dans la province d'Errachidia, il existe seulement deux coopératives de commercialisation du lait, et une pour la production animale. Les soins procurés aux animaux sont également réalisés sur une base non régulière avec quelques villages tel qu'Oukhit recevant uniquement une visite par an. Ainsi tout impact potentiel des barrages sur le secteur de l'élevage nécessitera d'être considéré dans le cadre d'une politique plus large et l'exécution des projets pour améliorer la productivité laitière et de viande et la production d'animaux de meilleure qualité.

Les avantages au niveau de l'élevage seront directement liés à la quantité supplémentaire de fourrage qui sera disponible à grâce à la production accrue de luzerne. Dans le mode de cultures proposé, ceci s'élève à 6.000 Kg supplémentaires par an. Il n'y a pas de fermage commercial dans les aires concernées à l'heure actuelle; le nombre d'animaux en possession est faible, souvent bien inférieur à 10 petites bêtes par ménage et celles-ci sont souvent gardées par des bergers sur une base communale. Par conséquent, il est difficile de prévoir l'impact exact d'une augmentation en alimentation en eau, compte tenu de l'absence de l'élevage scientifique et de la non disponibilité de données techniques. Les enquêtes conduites par des consultants auprès des villageois indiquent qu'un impact significatif pourrait être ressenti.

Par exemple, les villageois d'Oukhit étaient persuadés qu'avec une nourriture suffisante, leurs troupeaux pourraient s'accroître d'un tiers. Du fourrage supplémentaire permettrait aux moutons et aux chèvres de s'accoupler deux fois par an (en Janvier et en Juillet). Les possessions typiques d'animaux dans l'aire d'Oukhit sont indiquées au Tableau 14.1.

Actuellement, les petits animaux sont vendus à l'âge de deux ou trois ans, alors que quelques mâles sont gardés pour les saillies. Le peu de bétail qu'il y a est vendu à un an à l'exception de ceux retenus pour le lait et pour la reproduction. Les prix de vente courants sont indiqués au Tableau 14.2.

Avec une organisation et une aide technique appropriées, le secteur de l'élevage pourrait devenir une source principale de revenu pour les fermiers plutôt qu'un moyen de revenu supplémentaire.

Le fourrage supplémentaire cultivé (4.000 kg par hectare) devrait permettre l'élevage de 8 animaux supplémentaires. (Les estimations de la consommation du fourrage des animaux dans la région varient de 0,5 kg à 5 kg par jour). Sur la base d'une évaluation conservatrice et en supposant que la moitié de l'alimentation supplémentaire est utilisée pour améliorer les conditions du troupeau existant, il est considéré que le fermier augmentera son revenu en vendant quatre animaux (deux moutons et deux chèvres). En supposant que ceux-ci soient vendus à l'âge de deux ans, le projet engendrera un revenu de 2.100 DH par an. Les coûts de

culture de la luzerne sont déjà inclus dans les coûts d'exploitation agricole.

iv) Eau potable

En ce qui concerne l'eau potable, on ne s'attend pas à ce que les barrages aient un effet direct, du fait que là où l'eau des puits est utilisée à des fins domestiques, elle est en général tirée des nappes phréatiques inférieures comme dans le cas de Touroug. Dans le cas de Timkit, l'eau potable provient actuellement par voie d'un Seguia. Cette quantité de l'eau utilisée devrait être fournie même après la construction d'un barrage. Pour l'évaluation du projet, les cas "sans" et "avec" projet sont considérés comme étant semblables.

v) Avantages totaux par hectare

Les avantages totaux (valeur ajoutée nette additionnelle) provenant des secteurs agricole et du bétail sont en conséquence évalués comme suit :

	(par hectare)
Site de barrage de Timkit (Tinejdad) :	19.358 DH
(Timkit) :	21.864 DH
Site de barrage d'Oukhit (Oukhit) :	21.864 DH
Site de barrage d'Oulhou (Touroug) :	21.027 DH

### 14.3 EVALUATION DU BARRAGE DE TIMKIT

#### 14.3.1 Introduction et objectifs

---

Ce site de barrage a été choisi de la courte liste des barrages potentiels pour une évaluation supplémentaire en vue de son importance pour Tinejdad, qui est l'une des aires critiques, en ce qui concerne la pénurie d'eau, identifiées par l'Administration de l'Hydraulique. Cependant, la distance entre le site de barrage et Tinejdad est d'environ 30 km et l'impact du barrage sur le plan d'avantages économiques sera amoindri à cause des pertes et aussi parce que de l'eau supplémentaire sera nécessaire dans la région de Tinejdad pour atténuer les problèmes de salinité. Strictement parlant en termes économiques, il serait plus avantageux d'utiliser l'eau fournie par le barrage dans les aires agricoles à Timkit et pour le développement des zones bour environnantes.

L'évaluation ci-dessous considère les deux autres cas.

Pendant la dernière décennie, les aires agricoles de Tinejdad, en particulier les palmeraies, ont souffert de la sécheresse et des problèmes de salinité. On estime que le niveau de la nappe phréatique est descendu de 3 à 5 mètres et la concentration en sel du sol a augmenté à cause des mouvements capillaires aggravés par une forte évaporation.

En même temps, on estime que Tinejdad reçoit 3% de la production provenant de Assif N'Ifer (0,5 million de m<sup>3</sup> sur une production totale de 17 millions de m<sup>3</sup>) actuellement. En retenant les crues au site de barrage de Timkit, un plus grand volume d'eau serait rendu disponible pour des décharges contrôlées. Ceci mènerait à une augmentation de la nappe phréatique, à une amélioration de la qualité de l'eau et des produits agricoles.

#### 14.3.2 Données socio-économiques

-----

Les aires agricoles autour de Tinejdad dans le rayon d'influence du barrage sont évaluées à 1.419 hectares avec une population évaluée à environ 16.500 habitants. La sécheresse a entraîné la destruction de plusieurs palmiers, et une réduction dramatique de la production des arbres ayant survécu d'une moyenne générale de 30 kg/arbre à environ 5 kg/arbre.

En même temps, il y a eu une détérioration de la qualité de l'eau qui a également affecté la production des cultures et accru le besoin en eau supplémentaire pour le lessivage.

Tinejdad a 24 khattaras dont la plupart ont tari pendant la sécheresse, particulièrement celles se trouvant dans les aires d'Asrir et d'Ait Assem. La nappe phréatique est également exploitée par environ 320 pompes, avec une capacité moyenne de 5 l/s chacune. Le Tableau 14.3 indique les emplacements des khattaras et des puits équipés de pompes.

Le site de barrage est entouré de plusieurs douars. Le Tableau 14.4 indique les détails des aires agricoles et de la population de chaque douar. (Les aires estimées d'Oul N'Tamayoust et de Tizakht ont été cernées et mesurées topographiquement. Les autres sont basées sur les données fournies par l'ORMVAT à Goulmima).

Les deux villages en amont du barrage seront inondés. Ce sont Ksar Oul N'Tamayoust et Ksar Tizakht.

Oul N'Tamayoust est situé sur l'Assif Noursad. Il a une population d'environ 200 personnes regroupées en 22 familles. L'aire agricole autour du village est évaluée à 4,8 ha, mais il est à noter que la



terre est partagée avec des gens provenant d'autres aires en aval telle que Timkit. L'irrigation dépend d'une Khettara et de 2 puits équipés de pompes avec une capacité d'environ 3 l/s chacune.

Ksar Tizakht est situé sur la rive Est d'Assif N'Igoudmane. Il n'a pas d'accès à la voie de circulation de véhicules. Il comprend seulement 3 logements et ceux-ci sont uniquement occupés en été par des familles résidant en aval du site de barrage. De même il semble qu'une superficie de 6,2 ha est cultivée par des paysans qui vivent dans les douars en aval. Les aires agricoles sont alimentées en eau d'irrigation par une source en amont avec une production excédant ses besoins. On laisse l'eau en excès s'infiltrer dans la formation du lit de la rivière.

Il y a plusieurs douars situés en aval du site du barrage, la plupart sont regroupés ensemble. Ils incluent Timkit, Isakarene, Irbibene et Tarhia, avec une population totale d'environ 1.000 habitants. L'aire agricole actuelle est évaluée à 138 ha. La partie supérieure de cette aire est irriguée par les crues, bénéficiant d'un barrage de dérivation sur Assif N'Ifer. Ce barrage a été réhabilité en Septembre 1989.

Cependant, la majorité de l'aire est irriguée par un écoulement souterrain perpétuel recueilli par un canal souterrain qui prend sa source à quelques mètres en aval de l'axe proposé du barrage. Les drains déversent dans un canal ouvert en béton qui s'étend sur la majeure partie de l'aire cultivée. L'exploration par puits dans cette zone n'a pas réussi à trouver une nappe phréatique à des profondeurs de 50 mètres. En conséquence, l'eau provenant du canal est utilisée comme eau potable. Il existe une zone bour très importante autour des douars et qui pourrait être développée s'il y avait une disponibilité en eau suffisante.

### 14.3.3 Evaluation économique

-----

Les coûts et bénéfices projetés du projet sont indiqués au Tableau 14.5.

#### i) Aires inondées et dommages

Comme il a été noté ci-dessus, 22 logements dans le village d'Oul N'Tamayoust seront inondés en plus de 11 hectares de terre agricole. La Figure 13.1 indique l'impact des aires inondées. La politique générale de l'Administration de l'Hydraulique est que les paiements de compensation ne soient pas effectués en espèces mais en nature. Par exemple, dans le cas du barrage Hassan Adakhil, la population délogée a été relogée dans des douars à Errachidia et les paysans se sont vu attribuer le double des superficies de terre qu'ils détenaient précédemment. Il est

supposé que le même principe serait appliqué dans le cas du barrage de Timkit.

Le déplacement des gens provenant du village entraînera une certaine détresse même s'il existe des liens étroits entre les villageois d'Oul N'Tamayoust et ceux vivants en aval du barrage. La substitution des aires inondées au dessus du barrage à celles situées en dessous ne posera peut être pas un problème majeur, puisque, comme il a été noté ci-dessus, une grande partie de la terre est déjà la propriété de personnes vivant en aval. Ceci serait en particulier la cas si une compensation double des possessions actuelles était offerte. Du reste, puisqu'il y a beaucoup de zones bour adjacentes aux zones cultivées existantes, la terre peut facilement être fournie si des travaux d'infrastructure suffisants étaient exécutés afin de fournir de l'eau. Une somme de 2 millions de DH est allouée pour couvrir le coût d'achat de terrains de 22 hectares et pour fournir l'infrastructure auxiliaire y compris les canalisations pour transporter l'eau.

Il est difficile à ce stade d'évaluer les coûts du relogement des 22 familles, étant donné que ceci dépendrait du type de logement et de son emplacement. Comme indication, le Ministère de l'Habitat (Délégation d'Errachidia) est en train de construire et de vendre des unités de logement à des prix variant entre 39.000 DH et 42.000 Dh à Tinejdad, Goulmima et Jorf. (Les unités comprennent des lots de 142 m<sup>2</sup> avec des surfaces construites de 42 m<sup>2</sup>).

Le logement traditionnel tend à être plus grand (les unités types sont de l'ordre de 130 m<sup>2</sup>). Bien que les coûts unitaires pour des habitations traditionnelles soient plus bas (300 DH /m<sup>2</sup> contre 890 DH/m<sup>2</sup>), les coûts totaux des lots sont comparables. Afin de prendre en considération l'inflation, il est proposé d'utiliser un coût de 50.000 DH par unité. Pour 22 logements, les coûts totaux de construction sont évalués à 1,1 million de DH.

Les coûts totaux de compensation sont en conséquence estimés à 3,1 millions de DH.

#### ii) Coûts des barrages

Ceux-ci sont évalués à 199,116 millions de DH. Ceci inclut le coût du barrage lui-même, le coût des installations d'irrigation, le coût de la relocalisation des routes et les coûts fixes. Les coûts détaillés sont donnés au chapitre 12.

Comme il a été noté ci-dessus, le développement agricole par le barrage aura lieu sur une terre cultivée existante. Cependant, vu le mauvais état de l'infrastructure actuelle, les coûts comprennent aussi la fourniture de nouvelles unités d'irrigation.

Le développement de Timkit aura lieu sur une nouvelle zone bour; les coûts inclueront donc la construction des canaux pour approvisionner toute l'aire à développer. Ceux-ci sont évalués à 20 millions de DH.

Les coûts sont échelonnés sur une période de 3 ans comme l'indique le Tableau 14.5.

### iii) Avantages

Les avantages sont basés sur le nombre d'hectares qui peuvent être développés avec l'eau supplémentaire disponible. Comme noté ci-dessus, on a besoin de plus d'eau à Tinejdad (13.205 m<sup>3</sup>/ha) qu'à Timkit (9.337 m<sup>3</sup>/ha). Le volume net de l'eau disponible pour le projet en tenant compte des besoins des 22 hectares supplémentaires de terres compensées, est évaluée à 9,4 millions de m<sup>3</sup> par an. Ceci permettra de mettre en culture 550 hectares de terre à Tinejdad, et 778 hectares à Timkit.

### iv) Evaluation du Projet

Le taux de rentabilité du projet dépend du taux auquel la terre peut être développée. Il y a un certain nombre de facteurs de contrainte sur la vitesse avec laquelle les programmes agricoles peuvent être lancés. Ceci dépend en particulier du soutien technique disponible à travers l'ORMVAT en matière de programmes de formation, de méthodes de culture, de la disponibilité des intrants et du développement de l'infrastructure. Des études de sensibilité ont été réalisées pour évaluer l'impact des différents taux de développement. Une durée de vie de projet de 50 ans est adoptée étant donné que le barrage est de taille moyenne.

Le taux interne de rentabilité pour le projet de Tinejdad varie de 4,1% (si l'aire potentielle totale est développée sur 3 ans) à 4,7% (sur 5 ans) et à 3,8% (sur 10 ans).

Dans le cas de Timkit, une période réaliste pour le développement des 778 ha serait de 10 ans, indiquant un taux interne de rentabilité de 6,2%. Un rythme plus rapide de développement (soit sur 5 ans) entraînerait un taux interne de rentabilité de 7,3%.

#### 14.4 EVALUATION DU BARRAGE D'OUKHIT

##### 14.4.1 Introduction et objectifs

-----

La raison principale de la sélection du barrage est d'approvisionner en eau le douar qui est situé à 1,5 km en aval du site du barrage et d'améliorer l'approvisionnement en eau dans la région de Jorf et Fezna qui se trouve à 30 km plus loin.

Cependant, ce dernier objectif a été considéré comme étant impossible pour deux raisons. Tout d'abord, le barrage bloquerait l'unique source d'approvisionnement à Oukhit; deuxièmement, l'impact actuel d'Assif N'Oumheri, au flux de l'oued Rhéris à Jorf, est évalué à 1% uniquement. Ceci n'aurait qu'un effet négligeable sur la qualité ou la quantité d'eau à Fezna.

L'étude a également déterminé que la quantité effective d'eau disponible à partir du barrage serait à peine suffisante pour couvrir les besoins de l'aire cultivée à Oukhit.

L'évaluation économique a donc porté toute l'attention sur l'impact du projet dans l'aire d'Oukhit. On s'attend, cependant à ce que la libération graduelle de l'eau retenue par le barrage entraîne l'amélioration de la recharge des nappes souterraines, et une plus grande quantité d'eau sera ainsi disponible.

##### 14.4.2 Données socio-économiques

-----

Le village d'Oukhit est situé à 1,5 km en aval du barrage et a une population d'environ 500 habitants (81 familles) et 39 logements. En dépit de la migration de certains villageois pour chercher du travail ailleurs au Maroc et même à l'étranger, la population s'est stabilisée grâce à l'afflux de quelques familles provenant de l'aire d'Assif, chassées par la sécheresse.

Avec une disponibilité de main-d'oeuvre suffisante et un grand potentiel de développement du bour, le facteur principal de contrainte au développement de l'agriculture est le manque d'eau. Les aires cultivées dans le village sont classées en deux catégories : celles dépendant de la seguia qui est alimentée par une khattara à partir du site de barrage potentiel et celles qui dépendent du pompage pour leur approvisionnement en eau.

Il y a actuellement 53 puits, dont 30 sont équipés de pompes et plusieurs sont asséchés, le taux de nouveaux puits a augmenté d'une manière significative ces dernières années. L'année passée, 6 nouveaux puits ont été creusés, contre habituellement une moyenne de deux par an.

La nappe phréatique est à un niveau moyen de 7 mètres sous terre. La plupart des pompes ont une capacité de 5 l/s. La situation critique dans la région se traduit par le fait qu'après 2 heures de fonctionnement des pompes, les puits sont asséchés, et 5 heures sont requises pour que la nappe phréatique se réalimente.

L'aire cultivée actuellement est d'environ 50 hectares dont 25 ha sont irrigués par une séguia et 25 hectares restants par pompage. Les cultures incluent la luzerne, le millet, les céréales, les légumes et le henné (ce dernier étant cultivé pour la commercialisation). Il existe 200 palmiers, 200 oliviers, 250 amandiers et 100 autres variétés d'arbres.

Comme ailleurs dans la région, l'efficacité est entravée par le problème des droits du sol et de l'eau. Un paysan interviewé a affirmé qu'il possède 22 lopins de terres séparés, éparpillés dans la région. Plusieurs nouvelles zones bour sont en général en cours de culture grâce au développement de nouveaux puits.

Le bétail joue un rôle marginal dans la communauté. Selon l'enquête menée par les consultants, le cheptel du village comprend 800 chèvres, 200 moutons, 42 vaches et 20 chameaux. L'accroissement de l'élevage du bétail grâce à la fourniture de fourrage supplémentaire pourrait contribuer d'une manière significative à fournir un revenu supplémentaire aux paysans.

#### 14.4.3 Evaluation économique

##### i) Aires inondées et dommages

Le barrage n'entraînera pas l'inondation de toutes les zones agricoles ou des logements. Cependant un petit tronçon de piste nécessitera d'être relocalisé sur environ 3,5 km (voir Figure 13.2).

##### ii) Coûts du barrage

Les coûts du barrage y compris les installations d'irrigation, les coûts fixes et les coûts pour le déplacement de la route sont évalués à 29,227 millions de DH. Ces coûts seront échelonnés d'une manière égale sur une période de deux ans.

##### iii) Avantages du projet

Les avantages du projet proviendront de la culture d'environ 55 hectares, basée sur des besoins en eau de 9.337 m<sup>3</sup> par hectare. Ces avantages ont été calculés dans les cas "avec" et "sans" projet comme décrit dans la partie concernant la méthodologie. La durée de vie utile du projet est estimée à 25 ans.

iv) Evaluation du projet

Sur la base des hypothèses ci-dessus, le projet donne un taux de rentabilité de 0,34% (voir Tableau 14.6).

14.5 EVALUATION DU BARRAGE D'OULHOU

14.5.1 Introduction et objectifs

Le site du barrage est situé à environ 14 km de Touroug sur l'Assif n'Chari. Son but principal sera d'approvisionner Touroug en eau d'irrigation. Pendant la dernière décennie, l'agriculture à Touroug a souffert de problèmes de sécheresse et de salinité.

La concentration en sel dans la terre a augmenté à cause du mouvement capillaire, accru par une forte évaporation. Le manque d'eau au village se reflète par le fait qu'une khettara s'est trouvée tarie pendant plusieurs années et que le canal principal qui alimente la zone agricole baisse de niveau.

La rétention des crues par le barrage et les décharges graduelles programmées du flux entraîneraient un taux élevé de recharge de la nappe phréatique, un plus grand volume d'eau disponible pour l'irrigation, une augmentation de la nappe phréatique et une amélioration dans les productions agricoles.

14.5.2 Données socio-économiques

i) Introduction

Il y a deux villages situés à proximité du site de barrage - Ksar Nguer Ourhane et Ksar Igir n'Otromoun. Cependant, ceux-ci ne bénéficieront probablement pas des avantages du barrage, le bénéficiaire principal étant Touroug où il existe une concentration significative de population et d'activités agricoles.

ii) Touroug

L'aire cultivée de Touroug est évaluée à 272 hectares. Elle peut être divisée en 4 unités :

Une unité est située au Sud de la route principale et sur la rive gauche de l'oued Ferkla, et comprend environ 17,5 hectares. Elle est desservie par un canal. Le flux dans le canal est variable. Pendant la sécheresse et les mois d'été, il est presque asséché.

En plus du canal, la région possède 14 pompes à faible capacité d'environ 5 l/s. Il y a également une pompe potable d'une source à niveau inférieur. Cette dernière a été placée par le gouvernement et alimente un château d'eau qui dessert un réseau actuel de 300 robinets. Les pompes approvisionnent les aires agricoles en aval au moyen de séguias.

L'unité agricole la plus grande comprend 118 hectares. Elle est irriguée au moyen de pompes venant de l'unité précédente ainsi que par 6 pompes lui appartenant. Ces dernières fonctionnent, cependant, d'une manière sporadique selon la disponibilité en eau.

Une troisième unité est située sur la rive droite de l'oued Ferkla à Irherem n'Ouslab avec une superficie totale de presque 20 ha. Elle est équipée de 8 pompes. Comme il a été noté ci-dessus, la khattara qui alimente l'aire s'était asséchée pendant plusieurs années.

Une quatrième unité comprend une zone bour qui a été cultivée dans les années précédentes lorsque les précipitations étaient suffisantes. Elle couvre 118 ha.

Plus en aval, il y a une aire supplémentaire importante dans l'oued Ferkla qui pourrait être cultivée si l'eau est suffisamment disponible.

Ces aires sont indiquées à la Figure 14.1.

L'agriculture à Touroug s'est détériorée considérablement pendant la dernière période de sécheresse, au cours de laquelle on estime qu'environ 50% des palmiers sont morts. Selon les statistiques de l'ORMVAT, il y avait environ 10.000 palmiers en 1976 contre environ 5.000 à présent. De plus, il y a actuellement 600 oliviers, 200 amandiers et 300 arbres variés.

Des problèmes similaires de droits du sol et de l'eau existent à Touroug comme dans d'autres localités de la région. Les coutumes d'héritage ont entraîné une division morcelée de la terre en de petites unités non économiques. D'autres problèmes relèvent aussi des droits de l'eau et du sol.

La concentration en sel de la terre a augmenté; elle est assez évidente en surface dans plusieurs endroits.

La population de Tourgoug est à présent évaluée à 4.200 habitants. Le village a grandi pendant les dernières années lorsqu' après la sécheresse, il y a eu un afflux de population provenant des zones telles qu'Alnif.

Le bétail n'est pas de première importance dans le village, chaque ménage possédant environ 10 animaux.

iii) Les douars entourant le site du barrage

Le barrage est entouré par 2 douars : Ksar Nguer Ourhane et Ksar Igir n'Otromoun.

Ksar Nguer Ourhane est situé au point de confluence des Assif n'Ait Oulhou et n'Chari. Sa population est de 120 habitants constitués en 6 familles. Son aire cultivée est évaluée à 40 ha. On estime à 360 les paysans qui cultivent l'aire et dont la majorité vivent à Touroug. Presque les deux tiers de l'aire sont cultivées par ces paysans. L'eau est prise d'une khattara et de 6 puits équipés de pompes. La khattara évacue le flux de la nappe phréatique d'Assif N'Chari, qui semble également être la source de la nappe phréatique exploitée par les puits. Au point de vue topographique, Assif n'Ait Oulhou est situé à une altitude inférieure à celle du douar et d'Assif n'Chari.

Ksar Igir n'Otromoun est situé à 3 km en amont du barrage. Sa population est de 20 habitants formant une famille. L'aire cultivée du village est d'environ un hectare situé sur la rive droite d'Assif n'Ait Oulhou. Elle est alimentée par une source qui s'écoule pendant 9 à 10 mois par an. Pendant les deux ou trois mois restants, les terres cultivées sont irriguées à partir d'un puits creusé à la lisière amont du champ. Le puits est équipé d'une pompe et appartient à la famille d'Igir n'Otromoun.

14.5.3 Evaluation économique

---

i) Aires inondées et dommages

Les estimations des coûts et des avantages sont indiquées au Tableau 14.7. Le barrage n'entraînera pas l'inondation des logements ou des zones agricoles, mais nécessitera le déplacement de la route en terre existante.

ii) Les coûts du barrage

Les coûts totaux sont évalués à 20,867 millions de DH et l'investissement s'étendra sur deux ans.



iii) Avantages du projet

Les avantages proviennent de la culture appropriée de 48 hectares, basée sur un taux d'utilisation d'eau de  $10.504 \text{ m}^3$  par hectare.

iv) Evaluation du projet

Une durée de vie de projet de 25 ans est tenue en compte dans l'évaluation du projet.

Le taux interne de rentabilité du projet est évalué à 1,78%.



## **CHAPITRE 15**

### **SUPPORT LOGISTIQUE**



## 15.1 CONTRIBUTION DE L'ADMINISTRATION DE L'HYDRAULIQUE

L'Administration de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics, de la Formation Professionnelle et de la Formation des Cadres (AH), en tant qu'interlocuteur de l'Equipe d'Etude de la JICA, s'est occupée de la coordination générale avec les autres organismes publics ou privés concernés pour une bonne exécution de l'étude.

L'Administration de l'Hydraulique a fourni, à ses frais, à l'Equipe d'Etude de la JICA ce qui suit :

- 1) Données et informations disponibles ayant trait à l'objet de l'étude (voir chapitre 2)
- 2) Du personnel de contrepartie (voir Tableau 15.1)
- 3) Des bureaux avec le mobilier nécessaire  
Deux bureaux avec leur mobilier ont été mis à la disposition de l'Equipe d'Etude de la JICA dans les locaux de la Direction de la Région Hydraulique d'Errachidia.
- 4) Des services de bureau nécessaires
- 5) Deux chauffeurs pour LAND ROVER
- 6) Des cartes d'identité (autorisations de travail)

## 15.2 EQUIPEMENTS ET MATERIELS FOURNIS PAR LA JICA

Afin de permettre une réalisation efficace de l'étude, l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a fourni un certain nombre d'équipements et de matériels. Ces équipements et matériels, arrivés à Errachidia le 13 Février 1989, ont été utilisés pour les investigations et la reconnaissance sur le terrain. En plus, la JICA a fourni à l'Equipe deux véhicules LAND ROVER à partir du 15 Décembre 1988.

Il est à noter que pendant l'absence de l'Equipe d'Etude de la JICA (Avril à Juin 1989 inclus) au Maroc, un jeu d'équipements de prospection électrique a été utilisé par le personnel concerné de la Direction de la Région Hydraulique d'Errachidia pour obtenir des données sur l'existence de nappes souterraines dans un certain nombre de zones déterminées.

Tous les équipements et matériels indiqués au Tableau 15.2 ainsi qu'une machine à photocopier et deux véhicules de type LAND ROVER ont été transférés à l'Administration de l'Hydraulique à la fin du mois d'Octobre 1989 après l'achèvement des travaux sur le terrain de l'Equipe d'Etude de la JICA.



## **CHAPITRE 16**

## **CONCLUSION**





## CONCLUSION

### i) Description de la zone des études

Le bassin du Rhéris se trouve au centre de la zone des études tandis qu'elle est bordée au nord et au sud par des chaînes de montagnes. Les pentes des montagnes au nord sont abruptes s'inclinant dans une direction du nord-est au sud-ouest, tandis que les pentes des montagnes situées au sud du bassin sont comparativement douces.

Bien qu'il existe de nombreux sites possibles de barrages dans les régions montagneuses du nord et du sud, la plupart de ces emplacements ne peuvent constituer que des réservoirs de petites capacités et d'autre part, à cause des pentes des rivières, le rendement des réservoirs laisserait à désirer.

Il existe quelques villages dispersés le long des oueds dans la zone montagneuse, mais il semblerait que leur population restera stationnaire ou sera en diminution dans le futur. Un certain nombre de petits barrages pourrait servir à l'alimentation en eau de ces agglomérations. Par contre, la majorité de la population de la région est concentrée dans la plaine au centre du bassin. Cette région a subi des effets désastreux de la sécheresse qui a sévit il y a plusieurs années. Du fait qu'il n'existe pas de site de barrage dans cette zone, il faudrait construire un barrage en captant les eaux souterraines dans un emplacement assez éloigné pour satisfaire les besoins en eau de la population.

Bien qu'il y a plusieurs cours d'eau dans le bassin dont les principaux sont le Rhéris, la Dodrha, la Tangalfa et la Tarda, la plupart de ces cours d'eau sont situés dans le bassin moyen ou en amont de l'oued Rhéris et les sites de barrages en amont de l'oued Dodrha sont constitués par des formations géologiques faibles. Dans la région montagneuse du sud, il n'existe pratiquement pas de site convenable de barrage, en particulier sur l'oued de Tarda.

### ii) Choix des sites prometteurs de barrages

Tout d'abord, 37 sites possibles éventuellement appropriés à la construction des barrages ont été sélectionnés et une évaluation des sites a été faite sur la base des critères de topographie, géologie, eau de surface, eau souterraine, écologie et autres. Parmi ces 37 sites, 7 ont été éliminés du fait de leur topographie, un autre site n'a pas été retenu car il est situé dans une région scénique où se trouve la Gorge de Todrha. Sur

les 24 sites qui ont été ainsi retenus, on a ensuite effectué un triage des sites appartenant au même réseau hydrographique afin de retenir le site présentant les conditions optimales. En fin de compte, 16 sites de barrages ont été sélectionnés aux fins d'études comparatives.

L'ordre de priorité d'aménagement des barages a été fixé sur les sites suivants : Timkit (N° 16), Oukhit (N° n8), et Oulhou (N° 29). Il est recommandé d'effectuer au moment opportun, c'est-à-dire le plus tôt possible, des levés topographiques et études géologiques plus détaillées sur ces emplacements. En vue des résultats mentionnés plus haut, on a réalisé les plans de base de ces barrages. Une étude sur le coût estimatif des aménagements et sur les bénéfices ainsi que l'évaluation des trois projets de barrages ont démontré que ces porjets ne sont pas économiquement viables. Le calcul des taux internes de rentabilité respectifs a donné les valeurs de 7-5% pour le barrage de Timkit, 2% pour chacun des deux barrages d'Oukhit et d'Oulhou. Bien qu'il soit quelque peu prématuré d'émettre une opinion avant de réaliser des études plus avancées, il semblerait que les autres barrages qui n'ont pas été étudiés cette fois-ci, présenteront les mêmes résultats de non-viabilité économique. Cependant, le Gouvernement Marocain a l'intention de construire les barrages de petite dimension dans le but d'améliorer les conditions de vie de la population de cette région, en dépit des résultats de l'évaluation économique.

### iii) Evaluation des projets prioritaires

Le barrage envisagé de Timkit pourrait alimenter en eau la région affectée par la sécheresse de Tinejdad. Cependant, l'emplacement du site de barrage de Timkit se trouve à 30 km de la région de Tinejdad. Cette longue distace de transport d'eau pourrait résulter en une perte d'eau au cours de son écoulement ou en une apparition de salinité du sol, qui va nécessiter une plus grande utilisation d'eau d'irrigation pour contrebalancer les effets de la salinité. Ces conditions peuvet avoir des effets défavorables sur la viabilité économique du projet. Comme il est mentionné au chapitre 5, le site du barrage est géologiquement caractérisé par une fondation en calcaire altéré qui pourrait présenter des problèmes de manque de capacité de support et de percolation durant les travaux. Au cas où le barrage devrati être construit à cet emplacement plus tard, il serait nécessaire d'effectuer des études plus détaillées portant sur la modification de l'axe du barrage, sur la géologie, sur les procédés de traitement de la fondation du barrage ainsi que sur l'échelle du barrage.

En ce qui concerne le barrage d'Oukhit, il existe à 1,5 km en aval du site de barrage le village d'Oukhit et à environ 30 km plus en aval le village de Jorf, que l'on a envisagé d'alimenter en eau. Le résultat des études a démontré qu'il ne serait pas possible de fournir l'eau au village de Jorf du fait de la

faible capacité de retenue du barrage et qu'il ne serait possible de fournir l'eau qu'au village d'Oukhit. La zone Jorf/Fezna est située dans le bassin de l'oued Rhéris et est alimentée en eau par cet oued. Par contre, la zone ne reçoit que peu d'eau de la part de la rivière Oumheri un affluent de l'oued, Rhéris. Les roches du sous-sol du site du barrage sont composées de grès de formation précambrienne. Cette géologie convient à la construction de barrages de petite dimension.

L'emplacement du barrage d'Oulhou se trouve à environ 15 km en amont du village de Touroug sur l'oued Chari. Le but du projet est de fournir l'eau d'irrigation au village de Touroug, comme il a subi les conséquences de la sécheresse au cours de ces dernières années ainsi que les effets de la salinité. Le projet permettrait de concevoir une nouvelle source d'approvisionnement en eau stable pour cette région. Cependant, en vue de la distance qui sépare le site du barrage au village de Touroug, au lieu d'alimentation en eau de surface, il serait préférable d'utiliser les nappes phréatiques à cet effet. Les roches du sous-sol sont des gabbros de la formation pré-cambrienne formant une fondation solide pour le barrage. Cependant, le lit de l'oued est formé de graviers avec des couches d'une épaisseur allant jusqu'à 12 m, ce qui nécessite ainsi une étude plus détaillée pour le traitement de la fondation du barrage.



## ***TABLEAU***









TABLEAU 4.3 - PLUVIOMETRIE MENSUELLE A TADIRHOUST

mm

Année	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	Annuel
60/61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	-
61/62	0.0	0.0	16.9	2.0	0.5	0.0	1.7	0.0	0.5	9.1	0.0	8.4	39.1
62/63	24.5	11.6	30.1	19.0	25.5	9.6	3.0	24.4	78.4	9.7	2.2	4.8	242.8
63/64	8.0	0.0	0.0	3.8	30.4	6.0	0.0	0.8	3.4	0.8	2.4	2.5	58.1
64/65	27.5	0.0	0.4	11.5	46.1	125.2	4.4	39.0	3.1	1.2	0.0	12.6	271.0
65/66	20.2	130.1	76.7	0.5	0.0	0.0	29.0	0.0	15.1	4.1	0.0	0.5	276.2
66/67	16.8	0.0	28.1	0.0	3.2	34.2	0.0	11.9	39.2	0.9	0.0	0.0	134.3
67/68	28.4	68.3	98.6	0.4	3.5	4.0	7.8	29.8	11.8	8.4	0.4	0.2	261.6
68/69	9.2	0.4	5.2	21.6	15.4	22.1	0.0	7.5	4.1	0.0	1.6	29.2	116.3
69/70	9.3	7.3	32.6	5.4	20.9	0.0	13.2	0.0	8.3	0.0	0.0	4.6	101.6
70/71	3.2	26.3	19.2	8.1	0.0	7.3	4.0	29.7	9.3	0.2	1.1	8.1	116.5
71/72	15.8	37.8	16.5	17.0	2.2	25.7	6.6	66.7	0.0	3.8	0.0	0.0	192.1
72/73	13.0	9.9	112.3	10.8	1.6	1.4	5.7	5.9	0.0	14.5	0.5	3.9	179.5
73/74	0.4	0.0	65.9	18.4	0.0	0.0	14.0	20.8	3.7	6.1	0.2	1.4	130.9
74/75	28.8	0.0	16.2	5.0	0.0	0.0	0.0	82.8	51.3	3.6	0.0	0.3	188.0
75/76	0.0	1.8	0.2	29.1	26.0	12.9	25.5	35.9	31.8	12.9	1.0	3.3	180.4
76/77	41.6	0.5	0.0	6.0	39.1	4.0	0.2	17.9	5.1	0.0	0.0	0.8	115.2
77/78	18.3	8.6	0.0	19.4	29.2	0.0	0.0	8.3	2.8	0.0	0.0	18.1	104.7
78/79	0.5	24.2	1.2	0.0	59.8	4.1	0.0	0.0	1.2	5.0	0.0	0.0	96.0
79/80	25.3	106.8	1.5	0.0	17.4	69.9	48.1	24.9	0.6	0.5	0.0	3.3	298.3
80/81	2.7	2.4	11.8	28.7	1.0	24.2	2.0	0.8	0.0	3.0	0.0	1.2	77.8
81/82	1.0	0.0	0.0	0.0	17.3	5.4	0.9	37.4	35.2	15.0	0.0	3.0	115.2
82/83	0.7	0.7	1.0	0.2	0.0	0.0	0.6	7.0	23.9	0.8	0.0	61.1	96.0
83/84	9.2	6.3	1.5	0.0	0.2	0.3	0.7	0.1	16.0	0.3	0.0	0.0	34.6
84/85	2.3	0.2	21.1	6.5	13.9	24.0	3.3	9.5	37.1	0.0	-	0.0	-
85/86	16.0	9.3	41.1	31.5	0.1	4.7	1.9	1.0	4.1	7.8	0.0	1.5	119.0
86/87	3.7	46.9	1.8	0.0	1.4	0.8	24.2	0.0	4.9	5.9	0.0	2.0	91.0
Moyenne	12.6	12.2	23.1	9.4	13.6	14.8	7.6	17.8	15.0	4.4	0.4	6.3	145.4

TABLEAU 4.4 - EVAPORATION MOYENNE JOURNALIERE

(1) Station de Tadirhoust

												mm
Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	9.8	7.4	4.5	3.2	3.3	4.3	6.5	8.4	9.4	11.9	14.2	12.6
83/84	9.9	6.0	4.6	3.6	3.2	4.9	6.6	9.5	9.9	11.9	13.3	14.4
84/85	10.6	6.8	-	-	-	-	6.2	9.3	9.6	12.9	-	-
85/86	-	-	-	-	-	-	6.2	8.7	-	-	-	-
86/87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87/88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne	10.1	6.7	4.6	3.4	3.3	4.6	6.3	9.0	9.6	12.2	13.8	13.5
												Moyenne = 8.1 mm

(2) Station d'Ait Bouijane

												mm
Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	10.5	10.7	4.9	3.3	-	-	-	9.3	10.2	12.8	15.8	14.5
83/84	10.4	7.2	5.2	4.3	3.6	5.7	7.1	10.6	11.0	14.1	12.8	13.9
84/85	11.1	7.7	4.9	3.2	3.6	6.4	7.3	9.3	9.8	14.2	-	13.9
85/86	9.9	5.6	4.4	3.1	3.7	6.2	6.6	9.1	10.6	12.2	15.5	13.4
86/87	11.0	4.9	4.3	2.7	4.1	4.9	6.7	10.9	10.9	14.1	14.1	14.4
87/88	9.5	7.0	4.2	3.1	3.6	3.7	6.0	9.0	9.7	14.5	14.3	12.8
Moyenne	10.4	7.2	4.7	3.3	3.7	5.4	6.7	9.7	10.4	13.7	14.4	13.8
												Moyenne = 8.6 mm

(3) Station de Tirga

												mm
Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	4.6	4.6	2.6	3.4	3.6	3.7	4.0	5.0	6.6	7.6	9.2	8.7
83/84	6.5	3.9	3.1	3.0	2.9	4.0	4.1	6.7	7.0	9.3	10.2	10.2
84/85	6.9	5.4	3.6	2.5	2.8	4.4	4.4	6.6	6.5	13.0	9.6	9.6
85/86	6.2	4.6	3.7	3.4	4.7	5.0	5.2	6.2	7.5	8.5	10.0	10.3
86/87	7.3	3.3	3.9	2.9	4.9	4.9	7.3	11.0	11.8	13.0	15.6	15.9
87/88	10.3	6.6	5.4	4.3	4.6	5.8	8.7	12.2	13.0	15.9	18.5	16.3
Moyenne	7.0	4.7	3.7	3.6	3.9	4.6	5.6	8.0	8.7	11.2	12.1	11.6
												Moyenne = 7.1 mm

(4) Station d'Erfoud Radier

												mm
Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	15.2	9.2	4.0	3.1	2.9	4.2	8.3	11.6	11.3	17.7	17.6	17.0
83/84	12.2	7.9	7.0	4.1	3.8	4.8	8.2	16.2	16.6	19.1	17.3	19.8
84/85	16.7	9.1	-	3.1	3.1	7.5	6.3	15.4	15.5	19.7	23.3	23.5
85/86	15.5	8.5	6.4	4.7	5.2	6.5	11.7	16.5	19.2	19.8	25.3	17.6
86/87	14.1	8.2	5.1	4.9	4.0	7.3	10.9	15.9	14.7	19.3	27.0	22.4
87/88	16.8	12.1	5.8	6.1	4.5	5.3	6.3	13.4	12.2	16.6	18.8	19.5
Moyenne	15.1	9.2	5.7	4.3	3.9	5.9	8.6	14.8	14.9	18.7	21.6	20.0
												Moyenne = 11.9 mm

TABLEAU 4.5 - TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE

(1) Station de Tadirhoust °C

Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août.
82/83	26.2	20.0	14.1	10.3	8.4	11.8	17.3	18.2	21.6	-	-	-
83/84	26.3	20.4	16.5	11.1	8.6	11.1	12.9	20.7	19.3	28.2	-	-
84/85	26.7	18.1	12.8	8.2	7.6	12.5	14.2	18.4	20.4	28.7	30.0	29.9
85/86	24.5	18.6	15.1	9.5	10.1	12.8	13.2	16.9	24.2	25.9	30.9	30.3
86/87	26.2	18.3	13.5	9.1	10.9	12.9	16.0	20.2	23.2	26.9	29.3	31.2
87/88	27.1	19.9	13.6	12.5	-	-	19.1	20.3	22.9	26.2	31.9	31.4
Moye /	26.2	19.2	14.3	10.1	9.1	12.2	15.5	19.1	21.9	22.7	30.5	30.7

(2) Station d'Aït Bouijane °C

Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	23.7	18.4	12.4	7.5	-	-	-	17.0	20.4	23.6	28.1	27.6
83/84	24.0	19.1	15.3	11.1	8.4	11.2	12.0	18.8	17.8	25.0	27.4	27.9
84/85	23.0	17.5	12.4	8.2	7.3	12.6	13.0	16.2	18.7	25.7	29.0	28.8
85/86	23.9	18.2	14.0	8.7	9.2	11.7	12.7	15.1	22.3	23.8	28.6	28.0
86/87	24.5	16.6	12.3	8.9	11.6	11.9	15.1	20.3	21.2	25.5	27.0	28.5
87/88	24.4	18.3	12.8	10.2	9.9	10.9	14.0	17.8	20.3	23.7	29.4	29.4
Moyenne	23.9	18.0	13.2	9.1	9.3	11.7	13.3	17.5	20.1	24.6	24.6	28.4

(3) Station de Tirga °C

Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	21.3	16.4	9.1	7.3	5.2	8.0	13.4	15.0	19.0	23.4	26.1	26.3
83/84	21.5	16.3	12.7	7.8	5.8	8.3	9.5	16.9	15.6	23.4	-	-
84/85	21.8	20.2	10.5	7.3	5.8	10.2	11.0	14.0	16.7	23.6	26.4	25.9
85/86	21.3	16.1	11.6	7.3	7.6	9.0	10.6	13.3	19.9	21.6	24.8	25.0
86/87	22.0	14.9	10.1	6.5	7.6	9.4	11.0	17.1	19.3	23.3	24.9	25.8
87/88	22.2	15.7	10.7	8.0	7.3	9.1	12.0	15.4	18.1	21.6	28.2	26.6
Moyenne	21.7	16.6	10.8	7.4	6.6	9.0	11.3	15.3	18.1	22.8	26.1	26.1

(4) Station d'Erfoud Radier °C

Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
82/83	28.6	20.8	13.7	9.0	9.0	12.5	20.5	21.8	25.0	31.1	-	-
83/84	-	-	-	-	-	-	-	22.5	21.2	30.7	-	-
84/85	28.4	20.6	15.0	11.1	9.2	14.3	16.0	20.2	22.8	30.4	33.4	-
85/86	-	-	-	10.5	10.8	14.4	15.8	18.2	27.3	28.7	33.6	32.9
86/87	27.3	21.1	12.9	9.2	9.2	16.0	17.9	22.9	25.0	29.5	32.4	34.2
87/88	28.5	21.9	14.9	-	12.2	13.0	16.7	22.1	25.0	28.6	34.9	33.8
Moyenne	28.2	21.2	14.6	10.0	10.1	14.0	17.4	21.4	24.4	29.8	33.6	33.6



**TABLEAU 4.7 - DEBIT MAXIMUM ANNUEL DE POINTE**

	m <sup>3</sup> /s			
Station	Tadirhoust	Hamida	Ait Boijane	Maroutcha
Code	426/47	384/57	355/55	1548/56
C.C. (km <sup>2</sup> )	2,210	9,900	655	4,500
1961/62	442		94	
62/63	1,213		58	
63/64	105		12	
64/65	450		52	
65/66	3,134		600	
66/67	86		12	
67/68	381		41	
68/69	44		77	
69/70	92		20	
70/71	86		18	
71/72	151		29	
72/73	372		18	
73/74	34		5	
74/75	230		96	
75/76	62		51	
76/77	115	333	48	
77/78	142	177	155	
78/79	147	444	13	317
79/80	428	1,330	220	-
80/81	15	-	27	63
81/82	174	75	49	293
82/83	56	222	49	294
83/84	12	-	35	345
84/85	138	-	21	-

**TABLEAU 4.8 - ECOULEMENT MOYEN ANNUEL**

	m <sup>3</sup> /s			
Station	Tadikhoust	Ait Bouijane	Hamida	Maroutcha
Code	426/47	355/55	384/57	1548/56
C.C. (km <sup>2</sup> )	2,210	655	9,900	4,500
1960/61		0.510		
61/62	0.340	0.403		
62/63	1.980	0.357		
63/64	0.082	0.264		
64/65	1.340	0.849		
65/66	11.200	6.380		
66/67	0.876	1.170		
67/68	2.220	1.370		
68/69	0.943	0.925		
69/70	0.334	0.785		
70/71	0.196	0.555		
71/72	0.372	0.541		
72/73	1.090	0.468		
73/74	0.257	0.366		
74/75	0.631	0.415		
75/76	0.404	0.376		
76/77	0.509	0.454	2.070	
77/78	0.196	0.626	0.631	
78/79	0.149	0.444	1.500	(0.491)
79/80	1.560	1.610	4.240	(0.695)
80/81	0.369	0.755	0.003	0.025
81/82	0.209	0.370	0.461	0.223
82/83	0.058	0.448	0.222	0.153
83/84	0.028	0.230	0.011	(0.000)
84/85	-	0.318	0.316	(0.237)
<b>MOYENNE</b>	1.102	0.840	1.050	(0.261)

**TABLEAU 4.9 - ECOULEMENT MOYEN MENSUEL A LA STATION DE TADIRHOUST**

m<sup>3</sup>/s

ANNEE	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	Annuel
60/61	-	-	-	-	-	-	-	-	0.292	1.550	0.000	0.000	-
61/62	0.152	0.035	2.930	0.035	0.000	0.000	0.000	0.317	0.632	0.000	0.000	0.000	0.340
62/63	3.050	1.960	0.445	0.211	0.120	0.065	0.065	0.262	15.40	1.910	0.000	0.000	1.980
63/64	0.949	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.000	0.000	0.082
64/65	4.660	0.000	0.000	0.000	0.000	8.130	0.535	0.936	0.217	0.628	0.414	1.310	1.340
65/66	2.280	18.80	71.80	20.00	4.280	2.660	3.770	3.710	2.960	2.680	1.480	1.040	11.200
66/67	1.830	1.120	1.340	0.998	0.868	1.200	1.200	0.860	1.050	0.044	0.005	0.005	0.876
67/68	0.449	1.830	11.80	1.820	1.520	1.650	1.600	2.440	1.140	1.030	0.861	0.702	2.220
68/69	0.823	0.835	0.703	0.876	0.609	0.615	0.302	0.219	0.165	0.180	0.394	5.500	0.943
69/70	1.290	0.260	0.711	0.038	0.102	0.059	0.053	0.065	0.814	0.492	0.062	0.076	0.334
70/71	0.155	0.079	0.460	0.055	0.053	0.053	0.053	1.420	0.021	0.010	0.010	0.009	0.196
71/72	0.086	0.754	0.148	0.000	0.000	0.000	0.000	3.210	0.075	0.086	0.071	0.071	0.372
72/73	0.071	0.083	9.240	0.587	0.471	0.457	0.360	0.398	0.245	0.579	0.498	0.246	1.090
73/74	0.245	0.245	0.984	0.353	0.180	0.093	0.074	0.329	0.144	0.161	0.182	0.106	0.257
74/75	1.100	0.078	0.015	0.008	0.004	0.002	0.004	3.160	2.890	0.186	0.037	0.081	0.631
75/76	0.096	0.105	0.166	0.356	0.252	0.090	0.063	0.210	1.850	0.858	0.638	0.128	0.404
76/77	2.470	0.784	0.534	0.646	1.040	0.231	0.079	0.094	0.089	0.080	0.036	0.022	0.509
77/78	0.479	0.186	0.036	1.280	0.064	0.004	0.004	0.003	0.007	0.007	0.008	0.003	0.196
78/79	0.000	0.251	0.000	0.000	0.832	0.000	0.000	0.000	0.671	0.006	0.000	0.000	0.149
79/80	1.210	7.490	0.002	0.000	0.180	1.600	3.830	2.320	0.791	0.452	0.516	0.320	1.560
80/81	0.606	0.736	0.477	0.672	0.361	0.516	0.145	0.093	0.227	0.215	0.215	0.177	0.369
81/82	0.036	0.035	0.177	0.171	0.146	0.000	0.000	0.129	1.200	0.597	0.000	0.000	0.209
82/83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.447	0.000	0.000	0.230	0.058
83/84	0.158	0.167	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
84/85	0.000	0.000	0.367	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	-	0.000	-	-	-
<b>MOYENNE</b>	<b>0.920</b>	<b>1.490</b>	<b>4.260</b>	<b>1.170</b>	<b>0.460</b>	<b>0.720</b>	<b>0.500</b>	<b>0.840</b>	<b>1.300</b>	<b>0.490</b>	<b>0.220</b>	<b>0.410</b>	<b>1.102</b>

TABLEAU 4.10 - DEBIT SOLIDE MENSUEL EN SUSPENSION A TADIRHOUST

m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>

ANNEE	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	TOTAL
60/61	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	25.5	0.0	0.0	-
62/63	2.1	0.9	145.1	0.1	0.0	0.0	0.0	3.9	8.9	0.0	0.0	0.0	161.0
63/64	127.5	83.0	17.4	2.0	0.1	0.1	0.1	0.5	1672	147.9	0.0	0.0	2050.6
64/65	33.5	0.0	0.0	0.0	0.0	520.9	1.0	24.8	0.4	0.5	0.3	6.6	588.0
65/66	57.5	998.5	3716	353.3	19.4	7.2	17.7	15.7	11.4	20.6	2.4	1.2	5220.9
66/67	17.7	5.9	9.6	1.1	1.9	1.4	1.8	0.8	26.9	0.1	0.0	0.0	67.2
67/68	14.1	46.3	516.4	4.1	2.4	2.7	2.6	14.1	1.2	0.8	0.5	0.3	605.5
68/69	2.1	2.1	1.3	0.6	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	118.8	126.3
69/70	16.0	1.8	22.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	25.2	4.4	0.0	0.0	69.8
70/71	0.8	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.1
71/72	0.5	26.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	127.4	0.0	0.0	0.0	0.0	157.5
72/73	0.0	0.1	300.4	0.5	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.5	0.2	0.0	302.5
73/74	0.4	0.4	8.6	0.1	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6
74/75	37.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	170.5	75.6	0.0	0.0	0.0	283.5
75/76	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5	17.9	1.8	3.7	0.0	25.1
76/77	46.4	8.0	1.7	0.6	4.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.2
77/78	5.5	3.6	0.0	42.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.8
78/79	0.0	5.3	0.0	0.0	16.8	0.0	0.0	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0	44.6
79/80	37.6	348.7	0.0	0.0	3.3	32.4	46.9	7.2	0.7	0.2	0.3	0.1	477.4
80/81	4.2	3.4	1.0	0.5	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	9.8
81/82	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	31.9	20.6	0.0	0.0	53.8
82/83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	3.1	12.1
83/84	2.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
84/85	0.0	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	-

MOYENNE 474.3

(237.0)



**TABLEAU 4.11 - PLUVIOMETRIE PROBABLE 1 JOUR / 3 JOURS**

		mm					
No.	Station	Pluviométrie Probable					
		2	5	10	25	50	100
1	Ait Bouijane	24(32)	39(59)	49(77)	62(100)	71(117)	81(128)
2	Ait Moutade	26	42	52	65	75	85
3	Amellago	32(44)	50(73)	61(91)	76(115)	87(133)	98(150)
4	Aghbalou	25	43	55	70	82	93
5	Assoul	27	44	56	70	80	91
6	Boulmane Dades	31(36)	47(56)	58(69)	72(85)	82(97)	92(109)
7	El Mella Mgouna	(32)	(52)	(65)	(81)	(93)	(105)
8	Erfoud Ville	(24)	(39)	(50)	(62)	(72)	(81)
9	Erfoud Radier	19(28)	33(45)	42(56)	53(70)	61(81)	70(91)
10	Goulmima	26	44	55	70	80	91
11	Hamida	19(25)	34(45)	43(59)	55(75)	64(88)	73(100)
12	Errachidia Maça	28(34)	43(50)	53(61)	65(75)	74(86)	83(96)
13	Taouz	17	31	39	50	59	67
14	Msemrir	32	48	59	72	82	92
15	Outerbat	28(33)	39(52)	47(65)	56(81)	63(93)	70(105)
16	Rich Smn	34(37)	54(69)	68(90)	85(117)	97(131)	110(151)
17	Tadighoust	30(38)	50(66)	63(84)	79(108)	92(125)	104(142)
18	Marroutcha	22	33	40	49	53	60
19	Zouia S.Hamza	(37)	(52)	(61)	(73)	(79)	(88)
20	Tirga	23	39	49	62	72	82

**TABEAU 4.12 - FONCTION DE RETENUE DES SOUS - BASSINS**

Bassin No.	Chapp Captant A (km <sup>2</sup> )	Longueur du bassin L (km)	Pente du bassin I	K	P	Tl	f1	Rsa
1	111.6	22.0	1/ 40	11.789	0.187	0.711	0.2	40.0
2	121.1	20.0	1/ 70	9.967	0.214	0.570	0.2	40.0
3	301.4	20.0	1/ 40	11.789	0.187	0.570	0.2	40.0
4	212.5	20.0	1/ 60	10.439	0.206	0.570	0.2	40.0
5	118.2	14.5	1/ 20	14.514	0.159	0.182	0.2	40.0
6	11.9	6.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
7	37.4	9.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
8	126.4	16.5	1/ 20	14.514	0.159	0.323	0.2	40.0
9	19.4	5.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
10	91.0	16.0	1/ 40	11.789	0.187	0.288	0.2	40.0
11	27.7	8.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
12	545.0	26.0	1/100	8.955	0.232	0.993	0.2	40.0
13	138.0	16.0	1/ 40	11.789	0.187	0.288	0.2	40.0
14	2.5	3.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
15	12.6	6.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
16	30.5	8.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
17	3.8	2.5	1/ 5	21.998	0.115	0.000	0.2	40.0
18	299.0	35.0	1/ 25	13.574	0.168	1.627	0.2	40.0
19	25.0	7.0	1/ 50	11.025	0.197	0.000	0.2	40.0
20	81.1	17.0	1/ 20	14.514	0.159	0.358	0.2	40.0
21	317.4	27.0	1/170	7.637	0.263	1.063	0.2	40.0
22	238.3	22.0	1/140	8.096	0.252	0.711	0.2	40.0
23	423.9	47.0	1/140	8.096	0.252	2.473	0.2	40.0
24	400.4	32.0	1/ 40	11.789	0.187	1.416	0.2	40.0
25	44.5	10.0	1/ 30	12.851	0.175	0.000	0.2	40.0
26	12.3	4.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
27	31.8	9.0	1/ 10	17.868	0.135	0.000	0.2	40.0
28	166.0	25.0	1/ 20	14.514	0.159	0.922	0.2	40.0
29	201.0	43.0	1/ 40	11.789	0.187	2.191	0.2	40.0
30	50.6	21.0	1/ 40	11.789	0.187	0.640	0.2	40.0
31	132.6	17.0	1/ 40	11.789	0.187	0.358	0.2	40.0
32	259.6	20.0	1/ 30	12.851	0.175	0.570	0.2	40.0
33	625.8	59.0	1/ 70	9.967	0.214	3.319	0.2	40.0
34	350.4	85.0	1/100	8.955	0.232	5.152	0.2	40.0
35	341.5	33.0	1/ 20	14.514	0.159	1.486	0.2	40.0
36	250.3	23.0	1/ 40	11.789	0.187	0.781	0.2	40.0
37	565.1	46.0	1/140	8.096	0.252	2.403	0.2	40.0
38	214.8	34.0	1/130	8.278	0.247	1.557	0.2	40.0
39	32.0	7.5	1/100	8.955	0.232	0.000	0.2	40.0
40	115.3	23.0	1/ 50	11.025	0.197	0.781	0.2	40.0
41	53.2	7.0	1/ 30	12.851	0.175	0.000	0.2	40.0
42	529.8	40.0	1/ 60	10.439	0.206	1.980	0.2	40.0
43	98.5	15.0	1/ 30	12.851	0.175	0.217	0.2	40.0
44	6.2	1.0	1/ 90	9.243	0.227	0.000	0.2	40.0
45	0.3	0.5	1/100	8.955	0.232	0.000	0.2	40.0
46	12.0	33.0	1/120	8.479	0.243	1.486	0.2	40.0
47	4.9	5.0	1/ 20	14.514	0.159	0.000	0.2	40.0
48	0.1	5.0	1/ 20	14.514	0.159	0.000	0.2	40.0
49	49.4	0.5	1/ 20	12.851	0.175	0.000	0.2	40.0
50	65.8	7.0	1/ 30	8.278	0.247	0.288	0.2	40.0
51	271.3	16.0	1/130	8.278	0.247	0.288	0.2	40.0
52	85.6	25.0	1/ 50	11.025	0.197	0.922	0.2	40.0
53	486.7	30.0	1/200	7.274	0.274	1.275	0.2	40.0
54	431.7	31.0	1/ 40	11.789	0.187	1.345	0.2	40.0
55	293.0	36.0	1/140	8.096	0.252	1.698	0.2	40.0
56	224.6	33.5	1/140	8.096	0.252	1.522	0.2	40.0
57	155.4	29.0	1/ 80	9.575	0.221	1.204	0.2	40.0
58	39.1	8.0	1/250	6.803	0.288	0.000	0.2	40.0
59	153.3	34.0	1/140	8.096	0.252	1.557	0.2	40.0
60	514.2	47.0	1/250	6.803	0.288	2.473	0.2	40.0

**TABEAU 4.13 - FONCTION DE RETENUE DES CHENAUX**

Chenal No.	Longueur du bassin L(km)	Pente du bassin I	K	P	Tl	Remarque
1	8.0	1/100	-	-	1.27	
2	9.0	1/ 50	-	-	0.79	
3	10.5	1/200	-	-	1.06	
4	14.0	1/ 60	-	-	1.19	
5	4.0	1/770	-	-	0.60	
6	13.0	1/130	-	-	1.30	
7	8.5	1/140	-	-	0.83	
8	0.8	1/ 40	-	-	0.06	
9	2.5	1/100	-	-	0.20	
10	2.0	1/200	-	-	0.19	
11	1.5	1/150	-	-	0.14	
12	5.0	1/170	-	-	0.46	
13	3.0	1/150	-	-	0.28	
14	9.5	1/280	22.633	0.126	0.27	
15	4.0	1/140	22.633	0.126	0.09	
16	39.0	1/250	22.633	0.126	1.12	
17	1.5	1/330	-	-	0.20	
18	7.0	1/ 30	-	-	0.56	
19	10.0	1/ 80	-	-	0.79	
20	14.0	1/ 90	18.384	0.149	0.36	
21	37.0	1/140	-	-	3.43	
22	44.0	1/250	10.254	0.235	1.24	
23	9.0	1/110	-	-	0.18	
24	35.0	1/330	14.932	0.175	0.25	
25	12.0	1/ 50	16.278	0.163	0.44	
26	21.0	1/ 50	-	-	1.67	
27	55.0	1/140	-	-	5.09	
28	26.0	1/330	18.284	0.149	0.94	
29	17.0	1/570	14.932	0.175	2.25	
30	36.0	1/210	14.932	0.175	0.92	
31	8.0	1/530	14.932	0.175	0.38	
32	7.0	1/700	16.278	0.163	0.24	
33	8.0	1/420	12.625	0.199	0.27	
34	13.5	1/440	11.343	0.217	0.52	
35	18.0	1/640	18.384	0.149	0.78	

TABLEAU 4.14 - DONNEES GENERALES DES BARRAGES DU BASSIN D'OUARZAZATE (OUED DRAA)

No.	Nos du barrage	(km <sup>2</sup> )	(mm)	R (Mm <sup>3</sup> )	V (Mm <sup>3</sup> )	V/R
1	Tazga	10.2	335	3.42	1.35	0.39
2	Taghia Ignernane	49.2	136 ***	6.69	1.5 - 2.0	0.22-0.3 ***
3	Ait Zekri	97.0	280	27.16	7.00	0.26
4	Ousskis	84.3	240	20.23	7.00	0.35
5	Ait Dawd	363.0	110 ***	39.93	1.40	0.04 ***
6	Tabia	89.0	530	47.17	7.00	0.15
7	Ichem	265.0	130 ***	34.45	2.00	0.06 ***
8	Foum Tazarine	1,990.0	115 ***	228.85	11.00	0.05 ***

No.	Nos du Barrage	Q( 1/10 ) (m <sup>3</sup> /s)	Q( 1/100 ) (m <sup>3</sup> /s)	Q( 1/100 ) (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	Sediment (m <sup>3</sup> /an) (m <sup>3</sup> /an.km <sup>2</sup> )
1	Tazga	-	70	6.86	12,000 1,176
2	Taghia Ignernane	-	155	1.14	41,000 833
3	Ait Zekri	-	260	2.68	70,000 722
4	Ousskis	-	260	3.08	100,000 1,186
5	Ait Dawd	150	430	1.18	133,000 366
6	Tabia	143	310	3.48	32,500 365
7	Ichem	245	680	2.57	100,000 377
8	Foum Tazarine	440	1860	0.93	730,000 367

**TABLEAU 4.15 - RETENUE REQUISE**

No.	Nca du site	Oued	Aire Station retenue A(km <sup>2</sup> ) pour débit	Précipit. annuelle (mm)	Ratio A/100 *R/Rt	Débit entrant annuel (10*6 m <sup>3</sup> )	Retenue requisse (10*6 m <sup>3</sup> )	Volume de sed. (10*6 m <sup>3</sup> )	Retenue totale (10*6 m <sup>3</sup> )	
1	Moh Ou Yousef Amont	Rheris	111.60	Tadighoust	225.0	1.32	2.08	2.04	1.67	3.71
2	Mou Ou Yousef Aval	Rheris	232.70	Tadighoust	225.0	2.76	4.35	4.24	3.49	7.73
3	Ouzirham	Ouzirham	212.50	Tadighoust	240.0	2.68	4.23	4.13	3.19	7.32
4	Akdim	Oued n'Azarhar n'Sidi Bou Yakoub	330.70	Tadighoust	240.0	4.18	6.59	6.43	4.96	11.39
5	N'ouamane	Assif Agueremane	11.90	Tadighoust	190.0	0.12	0.19	0.18	0.18	0.36
6	Bou-Dudad	Assif n'Oundrous	37.40	Tadighoust	230.0	0.45	0.71	0.70	0.56	1.26
7	Aniraram	Oued Aniraram	19.40	Tadighoust	185.0	0.19	0.30	0.29	0.29	0.58
8	Imider(Rheris)	Rheris	1178.60	Tadighoust	210.0	13.03	20.54	20.06	17.68	37.74
9	Tahamdout Amont	Rheris	1861.60	Tadighoust	200.0	19.60	30.90	30.18	27.92	58.10
10	Tahamdout Aval	Rheris	1864.10	Tadighoust	200.0	19.62	30.94	30.22	27.96	58.18
11	Ait Brahim	Rheris	1876.70	Tadighoust	200.0	19.75	31.15	30.42	28.15	58.57
12	Timizguiyt Amont	Rheris	1907.20	Tadighoust	200.0	20.08	31.66	30.92	28.61	59.52
13	Timizguiyt Aval	Rheris	1911.00	Tadighoust	200.0	20.12	31.72	30.98	28.67	59.64
14	Tadighoust	Rheris	2235.00	Tadighoust	190.0	22.35	35.24	34.42	33.53	67.94
15	Taerguiout	Assif n'Igoudmane	341.50	Ait Bouijane	170.0	2.52	10.51	7.67	5.12	12.80
16	Timkit	Assif n'Ifer	591.80	Ait Bouijane	160.0	4.12	17.14	12.52	8.88	21.39
17	n'Ouaouelzi	Akka n'Ouaouelzi	44.50	Ait Bouijane	280.0	0.54	2.26	1.65	0.67	2.31
18	n'Irhenjaoune Amont	Oued Todrha	444.90	Ait Bouijane	270.0	5.22	21.74	15.88	6.67	22.55
19	n'Irhenjaoune Aval	Oued Todrha	457.20	Ait Bouijane	270.0	5.37	22.34	16.32	6.86	23.17
20	Tochrha	Oued Tochrha	489.00	Ait Bouijane	260.0	5.53	23.01	16.80	7.34	24.14
21	Ifni	Oued Ifni	53.20	Tadighoust	130.0	0.36	0.57	0.56	0.80	1.36
22	Tarhoucht Amont	Oued Anesnim	98.50	Tadighoust	130.0	0.67	1.06	1.04	1.48	2.52
23	Tarhoucht Moyen	Oued Anesnim	104.70	Tadighoust	130.0	0.72	1.13	1.10	1.57	2.67
24	Tarhoucht Aval	Oued Anesnim	105.00	Tadighoust	130.0	0.72	1.13	1.11	1.58	2.68
25	n'Nerroutcha Amont	-	12.00	Tadighoust	105.0	0.07	0.10	0.10	0.18	0.28
26	n'Nerroutcha Moyen	-	16.90	Tadighoust	105.0	0.09	0.15	0.14	0.25	0.40
27	n'Nerroutcha Aval	-	17.00	Tadighoust	105.0	0.09	0.15	0.14	0.26	0.40
28	Oukhit	Assif n'Oukhit	85.60	Tadighoust	110.0	0.50	0.78	0.76	1.28	2.05
29	Oulhou	Assif n'Ait Oulhou	77.60	Tadighoust	110.0	0.45	0.71	0.69	1.16	1.86
30	Sarhro	Assif Sarhro	147.30	Tadighoust	160.0	1.24	1.96	1.91	2.21	4.12
31	Imider	Assif n'Ouanou	132.60	Tadighoust	170.0	1.19	1.87	1.83	1.99	3.82
32	Iknioun	Assif n'Tarhia	32.00	Tadighoust	170.0	0.29	0.45	0.44	0.48	0.92

TABLEAU 4.16 - RUISSELLEMENT ANNUEL DANS LES STATIONS  
DU BASSIN D'OUARZAZATE

Nom de la Station	Champ captant ( km <sup>2</sup> )	Débit moyen annuel (m <sup>3</sup> /s)	Précipitation annuelle (mm)	Ruisselement Annuel (mm)	Coefficient de ruissellement
Agoullal	762	0.771	410.0	31.9	0.08
Agouim	203	0.670	600.0	104.1	0.17 ***
Ait Moutade	1,550	3.017	550.0	61.4	0.11 ***
Amane N'Tini	-	-	-	-	-
Assaka Tafounaute	1,290	0.175	110.0	4.3	0.04
Ifer	1,250	3.663	580.0	92.4	0.16 ***
Imedghar N'Izdan	260	0.122	250.0	14.8	0.06
M'semrir	-	-	-	-	-
Toadadate	-	-	-	-	-
Taherbilte	-	-	-	-	-
Tamdrouste	1,680	1.550	320.0	29.1	0.09
Tidgheste	-	-	-	-	-
Tinouar	6,590	6.095	420.0	29.2	0.07
Zagora	-	-	-	-	-



TABLEAU 5.1 - TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE (1/5)

N°	Nom du Site	Coordonnées	Approche et Accès	Largeur Approximative du Lit d'Oued	Epaisseur Approximative (Supposée)	Topographie et Géologie
1	Moh Ou Youssef Amont		10 Km au Nord par la route non revêtue allant à Assoul	PAS ENCORE CONFIRME	PAS ENCORE CONFIRME	
2	Moh Ou Youssef Aval		6 Km au Nord par la route non revêtue allant à Assoul	PAS ENCORE CONFIRME	PAS ENCORE CONFIRME	
3	Qozirhan		4 Km au Nord (hors Route) par la route non revêtue entre Assoul et Bit Hani	60 M	20 M	En forme de U, gorge à forte pente grès calcaire très dur Développe des plans de stratification par intervalle de 1m à 2m. Axe géosynclinal plongeant de 30° à 50m en aval. Pas d'écoulement en surface observé.
4	Akdja		12,5 Km à l'Ouest d'Assoul le long de la route non revêtue	232 M	5-10 M	Très grande vallée en forme de U. Dépôts alluviaux et inondations dans la grande vallée Bas limons de 0,5m à 10m d'intervalle. Les deux rives exposées à l'horizontal Pas d'écoulement en surface
5	Akja N'Ouamane		13 Km à l'Ouest d'Assoul et 2 Km au S.E du site Akdja	PAS ENCORE CONFIRME	PAS ENCORE CONFIRME	Un des petits affluents du Rhéris dans la vallée d'Assoul Aucune poche réservoir convenable à l'aeont.
6	Bou - Oudad		20 Km à l'Ouest d'Assoul le long de la route non revêtue	300 M	5 M	Vallée très large en forme de U. Conglomérat du Pliocene en minces couches sur la rive droite dans les lians couchés horizontalement



TABLEAU 5.1 - TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE (2/5)

N°	Nom du Site	Coordonnées	Approche et Accès	Largeur Approximative du Lit d'Qued	Epaisseur Approximative (Supposée)	Topographie et Géologie
7	Qued Aniraram	1 Km au Sud de la Ville d'Assoul	10 M	0-2 M	Pas d'alluvions dans le lit du fleuve. Limons de 0,5m à 10m d'intervalle N 55° E 10°N Flux de surface (60l/sec)	
8	Isider	8 Km en amont de la ville d'Amellago le long de la route non- revêtué reliant Amellago et Assoul	100 M	5-10 M	En foras de U, gorge à forte pente, grès calcaire très dur N82°E / 2°N (baigné en amont) Pas d'écoulement en surface	
9	Tahandount Amont	1 Km en amont à partir du village de Tahandount	60 M	20 M	Gorge profonde, limons massifs. Des stratifications de 5-10° Nord sont déduites Pas d'écoulement en surface	
10	Tahandount Aval	0,3 Km en amont à partir du village de Tahandount Point de puits nouvellement foré (N°916(147))	72 M	20 M	Gorge profonde, limons massifs. Des stratifications de 10° Nord sont déduites. Pas d'écoulement en surface "G/W/L" du puits nouvellement foré de -10m	
11	Ait Brahim	0,1 Km en aval de Ait Brahim	124 M	20 M	Point de congestion du cours du Rhéris Limons N 85°E 41°S ( en aval ) Pas d'écoulement en surface	
12	Timizguigt Amont	0,5 Km en amont du Timizguigt	208 M	20 M	Point podérément étroit. Alternation de limons et d'argile schisteuse gris-foncée N.60E 40°N Écoulement défectueux à 0,8km en aval du site Pas d'écoulement en surface	

TABLEAU 5.1 - TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE (3/5)

N°	Nom du Site	Coordonnées	Approche et Accès	Largueur Approximative du Lit d'Oued	Epaisseur Approximative (Supposée)	Topographie et Géologie
13	Tinzguigt Aval	0,5 Km en aval du Tinzguigt		232 M	25 M	Point modérément étroit. Alternation de limons et d'argile schisteuse gris-foncée Stratifications N. 60°E 18°S sur la rive droite et N 60°E 27°S (en aval) Pas d'écoulement en surface
14	Tadighoust Amont	1,5 Km en amont de l'extrémité Nord de Tadighoust		298 M	25 M	Point modérément étroit Alternation de limons et d'argile schisteuse Roches branlantes à cause des intempéries Stratifications horizontales Puits 1°6/W/L" = -13m) sur la partie de droite Pas d'écoulement en surface.
15	Taerguout	10 Km en amont du village de Timbit le long de la route non revêtue reliant Tinejdad et Arbatou n'Kerfous		APPROX 40 M	15 M	Vallée très profonde en forme de V Limons avec un intercalage d'argile schisteuse fine. Stratification de N80° N36°N (baigné en amont) Pas d'écoulement en surface
16	Timbit	1 Km en amont de Timbit et confluent du n'Oursad et n'Iquidmane.		APPROX 100 M	15 M	Vallée très étroite dans la rivière Altération de grès calcaire branlant et de conglomérat Pas d'écoulement en surface
17	Alta n'Ouaguel	8 Km au Nord de Tamtetouch par la route non revêtue.		APPROX 30 M	0 - 2 M	Vallée très petite, pas de poche réservoir en amont Altération du grès calcaire et de l'argile schisteuse fraîche Stratification de N45°E, 25°ES (en aval) Pas d'écoulement en surface

TABLEAU 5.1 - TOPOGRAPHIE ET GÉOLOGIE DES SITES DE BARRAGE (4/5)

N°	Nom du Site	Coordonnées	Approche et Accès	Largeur Approximative du Lit d'Oued	Épaisseur Approximative (Supposée)	Topographie et Géologie
18	Akka n'Irhenjaoune Amont	3 Km en aval d'Akka (7 Km en aval du village de Taatetouch)	APPROX 160 M	10 - 15 M	Vallée très raide en forme de U Couches de limons horizontales et Marnes	
19	Akka n'Irhenjaoune Aval	8 Km en amont au plus haut de la gorge du Todrha	21 M	10 - 15 M	Vallée en forme de U très marquée. Limons massifs Stratifications de N70°E 21°N (en amont)	
20	Todrha	1 Km en amont du restau- rant de la gorge du Todrha (au plus haut de la gorge)	14 M	10 - 15 M	Gorge d'une vallée très étroite, Juste bon pour visites touristiques.	
21	Oued Ifni	20 Km SO de Ineijad selon le linéaire de la carte, 14 Km à l'Ouest de la route principale 10 Km par route non révêtue et 4 Km hors route (cours très mauvais du fleuve).	NON CONFIRME	NON CONFIRMÉE	Grès schisteux, stratification de N60°E, 20°N (en amont) Beaucoup de sable et de gravier dans le lit de la rivière Fas d'écoulement en surface	
22	Tarhoucht Amont	16 Km au sud par la route non revêtue de la ville de Ineijad	89 M	5 M	Grès schisteux, stratifications de N45°E, 24°E sur la rive droite et N15°E, 21°E sur la rive gauche Écoulement en surface (de petites quantités)	
23	Tarhoucht Moyen	0,5 Km en aval du village de Tarhoucht	58 M	5 M	Grès schisteux, stratification de 0,5 m à 1.0m d'intervalle et N15°W, 15°E (en aval). Dans le cas d'un grand barrage l'écoulement sera établi sur la côté Sud de la crête. Trace d'écoulement en surface	

TABLEAU 5.1 - TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE (5/5)

N°	Nom du Site	Coordonnées	Approche et Accès	Largeur Approximative du Lit d'Oued	Epaisseur Approximative (Supposée)	Topographie et Géologie
24	Tarhoucht Aval		1,2 Km en aval de Tarhoucht	56 M	5 M	Le point le plus étroit dans la vallée grès tassé N80°E 15°S (en amont) trace d'écoulement en surface
25	Akka n'Nerroutcha Amont		3 Km au Sud (hors route le long du cours du fleuve de Tamallalt)	118 M	5 M	Rhyolite massif Fissures principales : N62°E, 68°N, N60°E, 68°N Pas d'écoulement en surface
26	Akka n'Nerroutcha Moyen		2,8 Km au sud du village de Tamallalt	50 M	5 - 10 M	Rhyolite massif, le point le plus étroit de la vallée Des études géologiques par tranchées ont été réalisées Pas d'écoulement en surface
27	Akka n'Nerroutcha Aval		2,2 Km au sud du village de Tamallalt	56 M	5 - 10 M	Rhyolite massif. Fissures d'un intervalle de 0,3m à 0,5m Des études géologiques par tranchées ont été réalisées Pas d'écoulement en surface
28	Dukhit		24 Km O.S.D de Jorf selon le linéaire de la carte. 19 Km à l'Ouest de Jorf par la route principale, 9 Km au sud de la route non revêtue 1,2 Km au Sud d'Oukhit.	158 M	10 - 15 M	Grès schisteux grossier d'un vert foncé Pas d'écoulement en surface.
29	Douhou		25 Km à l'Est de Tinejdad	150 M	10 - 15 M	Petite vallée en forme de U
30	Sarhro		40 Km au Sud-Ouest de Tinejdad			
31	Imider		7 Km au Sud Ouest de Tinejdad	20 M	0 - 2 M	Petite vallée en forme de U
32	Iknion		14 Km au Nord Est de Iknion	400 M	5 M	Vallée large ne convenant pas comme site de barrage

TABLEAU 6.1 - RESULTATS DES TESTS DE POMPAGE

N° du Puits	Coordonnées Y	Coordonnées X	Altitude (a)	Profondeur du puits	Type d'aquifère	Ecran L(a)	Statique M.L.(a)	Debit Q(L/A)	Epaisseur de l'aquifere	Rayon du puits (a)	Transmissivité (m²/s)	K (Ca/s)
41/46	486.40	120.10	1,850.00	80.00	JU	0-80	15.80	12.0	64.20	0.100	1.80E-03	2.8E-03
492/47	546.60	119.80	984.00	32.00	Q	22-24	16.75	5.5	15.30	0.280	4.10E-03	2.7E-02
800/47	544.75	144.90	1,165.00	134.00	IC	94-134	25.14	11.1	40.00	0.038	5.10E-04	1.3E-03
909/47	539.80	124.40	1,026.87	67.00	Q,IC	7-67	8.35	9.5	58.70	0.081	1.30E-03	2.2E-03
913/47	539.50	154.45	1,305.00	146.00	JU	46-140	49.87	32.0	90.10	0.200	2.70E-03	3.0E-03
916/47	541.00	146.03	1,200.00	101.00	JU	19-100	11.57	16.6	82.00	0.081	1.80E-02	2.2E-02
921/47	540.65	136.70	1,110.15	120.00	IC	77-120	18.00	30.6	51.00	0.250	1.00E-03	2.0E-03
222/55	486.10	103.70	1,324.00	112.00	IC	24-112	15.68	5.5	69.70	0.100	6.00E-04	8.6E-04
400/55	484.65	118.53	1,840.00	80.00	JU	19-80	12.12	20.0	67.90	0.180	2.00E-03	2.9E-03
2054/56	539.20	113.60	1,005.97	96.00	IC	10-96	8.20	9.3	87.00	0.810	3.20E-02	3.7E-02
2059/56	533.30	115.30	1,041.00	120.00	IC	10-120	9.92	15.4	95.00	0.240	4.70E-03	4.9E-03
2175/56	551.43	105.65	932.30	12.75	Q	-	9.30	26.3	3.45	1.000	2.00E-02	5.8E-01
3292/57	592.50	102.50	830.10	22.80	Q	-	8.30	26.8	12.00	0.650	1.40E-02	1.2E-01

**TABLEAU 7.1 - TESTS IN-SITU ET EN LABORATOIRE**

Test	Laboratoire	In-Situ
Température		+
PH		+
Conductivité Electrique		+
Turbidité	+	+
Couleur		+
Solides en suspension	+	
Solides dissous	+	
Carbonate de calcium	+	
Chlorides	+	+
Silice	+	
Carbonate	+	
Bicarbonate	+	
Sulfate	+	
Ammonium		+
Nitrate	+	+
Nitrite	+	+
Calcium	+	
Sodium	+	
Magnésium	+	
Manganèse	+	
Potassium	+	
Fer	+	+
Chrome		+
Cuivre		+
Zinc		+
Plomb	+	
Demande en permanganate de potassium		+
Dureté totale		+
Germes totaux		+
Coliformes		+

TABLEAU 7.2 - ANALYSE DE L'EAU IN-SITU

N°	LOCALISATION	ORIGINE	DATE	TURBIDITE NTU	COULEUR	PH	COND. ELECT (°C) µS/cm	TEMP (°C)	POD ppm	MOS ppm	MUZ ppm	MH4 ppm	TH ppm	CL <sup>-</sup> ppm	Cr6 <sup>3+</sup> ppm	Fe <sup>2+</sup> ppm	Cu ppm	Zn ppm	I.G. Nb	Cal Nb
201	IRIDER	Puits	15/2/89	0	0	7.7	0.767	17.6	0	50.02	20	50.5	380	110	50.5	50.2	50.5	0	1	0
202	AMANE OUKIDER	Puits	15/2/89	0	0	8.2	0.715	17.3	5	50.02	10	50.5	700	140	50.5	50.2	50.5	0	33	5
203	TADUIT	Puits	15/2/89	2	10	7.3	1.284	16.8	5	50.02	5	50.5	550	235	50.5	50.2	50.5	0	97	9
204	IMARHME	Puits	15/2/89	2	10	7.9	0.726	19.3	5	50.02	10	50.5	400	170	50.5	50.2	50.5	0	177	12
205	TAKIEFOUCHI	Puits	15/2/89	1	5	7.5	0.680	14.3	0	50.02	5	50.5	800	165	50.5	50.2	50.5	0	26	0
206	AIT BANI	Khattara	21/2/89	05	10	8.6	2.35	10.0	5	50.02	10	50.5	500	285	50.5	50.2	50.5	0	pol	pol
207	AROUN "OURRIRH"	Puits	16.2.89	0	0	7.9	0.973	21.0	5	50.02	5	50.5	500	115	50.5	50.2	50.5	0	71	10
208	AKLANELAH	Puits	16.2.89	2	5	7.5	1.173	19.2	5	50.02	2	50.5	800	320	50.5	50.2	50.5	0	13	10
209	ASSOUL	Puits	21/2/89	1	5	7.7	0.971	12.0	0	50.02	10	50.5	450	250	50.5	50.2	50.5	0	20	1
210	TALFRAGHIE	Khattara	16/2/89	0	0	7.8	2.133	21.1	5	50.02	2	50.5	900	600	50.5	50.2	50.5	0	65	50
211	ACHRAOUI	Source	16/2/89	2	10	7.93	1.387	18.0	0	50.02	5	50.5	450	80	50.5	50.2	50.5	0	2	0
212	TERZA	Puits	16/2/89	05	210	7.6	1.729	20.2	5	0.05	10	2	3000	1700	50.5	50.2	50.5	0	47	pol
213	ALI BEN OMBR	Khattara	16/2/89	0	0	8.0	0.765	20.3	5	50.02	5	2	400	100	50.5	50.2	50.5	0	0	0
214	ALI HAROU	Puits	21/2/89	2	5	7.7	0.744	15.8	5	50.02	5	2	600	50	50.5	50.2	50.5	0	106	34
215	EL HAROUN	Oued	14/2/89	1	2	8.4	1.67	9.0	5	0.05	10	50.5	630	350	50.5	50.2	50.5	0	0	0
216	INHEROUDI	Forage 917/47	13/2/89	1	2	7.28	2.27	12.4	5	50.02	2	50.5	400	350	50.5	50.2	50.5	0	0	0
217	INHEROUDI	Puits	14/2/89	1	2	7.56	1.737	18.0	5	0.05	10	50.5	600	400	50.5	50.2	50.5	0	901	901
218	MO	Source	14/2/89	0	0	7.3	1.91	20.4	5	50.02	5	50.5	700	350	50.5	50.2	50.5	0	46	14
219	TOURZA	Puits n° 691	14/2/89	1	2	7.4	2.42	19.3	5	50.02	5	0.5	1000	550	50.5	50.2	50.5	0	27	10
220	BOULMHA	Puits n° 217B	21/2/89	2	5	7.10	1.237	22.9	5	50.02	5	50.5	650	200	50.5	50.2	50.5	0	0	0
221	BOUCHHA	Khattara	14/2/89	2	5	7.0	1.494	14.3	5	0.05	1	10.5	550	250	50.5	50.2	50.5	0	29	25
222	HEROUTCHA	Puits	14/2/89	1	5	6.7	2.59	18.8	5	0.05	10	50.5	400	50	50.5	50.2	50.5	0	10	30
223	AKEROUZ	Puits	31/2/89	0	2	7.5	0.83	16.9	5	0.05	2	50.5	650	250	50.5	50.2	50.5	0	31	46
224	TIXHOUE	Abrevoir	15/2/89	1	2	8.6	0.809	13.4	5	50.02	45	50.5	600	100	50.5	50.2	50.5	0	10	0
225	TARDA	Puits	34/2/89	1	2	7.94	2.70	16.5	5	50.02	5	50.5	1050	600	50.5	50.2	50.5	0	14	171
226	MASKI	Source	20/2/89	1	5	8.0	1.88	18.5	5	50.02	10	50.5	750	500	50.5	50.2	50.5	0	11	7
227	AROUZ	Oued	20/2/89	1	5	8.5	1.34	10.7	5	50.02	0	50.5	1500	850	50.5	50.2	50.5	0	pol	pol
228	FEZNA	Puits n° 102B	20/2/89	1	5	7.5	3.71	20.2	5	0.05	2	50.5	1500	965	50.5	50.2	50.5	0	31	24
229	JOFF EL HAMMAN	Oued	20/2/89	1	5	7.5	6.69	12.0	5	50.02	5	50.5	3100	2950	50.5	50.2	50.5	0	pol	pol
230	RIKAT	Puits n° 446	20/2/89	2	5	7.3	7.93	19.1	5	50.02	2	50.5	2900	2650	50.5	50.2	50.5	0	130	pol
231	NY BRAHIM BAH	Oued	20/2/89	1	5	7.9	1.63	20.9	0	50.02	10	50.5	1000	250	50.5	50.2	50.5	0	22	11
232	JADOUET ER RANEL	Puits n° 3186	20/2/89	1	5	7.5	7.11	18.2	5	50.02	3	50.5	2150	2250	50.5	50.2	50.5	0	pol	pol
233	BRADUA	Puits n° 3747	20/2/89	2	5	7.5	6.39	17.0	5	0.10	10	50.5	2250	2100	50.5	50.2	50.5	0	pol	pol

TABLEAU 7.3 - ANALYSE EN LABORATOIRE

N°	LOCALISATION	DRISINE	DATE	TURBIDITE NTU	PH	COND. ELECT MΩ/cm	TEMP °C	S.S (mg/l)	CO3 (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca Co3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	SO4 (mg/l)	SO2 (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Fe** (mg/l)	Mn (mg/l)	Pb (mg/l)	SNR	
101	JORDIA GORGE	Source	4/2/89	0.5	7.7	580	17.3	2	339	0	214	136	14.6	0	7.70	0	51.8	213	22.0	0.96	0.03	0.01	0.002	0.48	
102	AIT EL MESSINE	Puits	4/2/89	1	7.5	1.16	17.6	1	847	0	342	170	71.0	0	7.02	0.02	141	2.4	284	83.3	2.34	0.02	0.001	1.48	
103	TOURBET	Source	4/2/89	3	6.3	2.82	14.1	2	2423	0	2147	264	180.0	0	10.09	0	195	8.1	355	399.0	51.80	0.17	0.06	0.000	4.44
104	EL KHORRAI	Puits n° 1445	4/2/89	4.5	7.4	1.235	20.0	7	911	0	488	160	87.6	0	3.31	0.01	160	3.1	710	118.0	3.03	0.14	0.08	0.005	1.86
105	THAROUCHE	Source	6/2/89	1	7.87	0.467	17.8	3	360	0	342	88.2	53.5	0	5.35	0	58.8	4.4	142	19.0	2.78	0.03	0.02	0.001	0.41
106	AIT HAMEUR	Puits n° 1357	4/2/89	3.6	7.6	2.48	17.7	5	2080	0	610	160	165.0	0	12.40	0	506	3.5	710	354.0	8.42	0.01	0.02	0	4.89
107	TINDOUARA	Khattara	4/2/89	1.4	8.0	1.137	20.9	3	655	0	366	112	87.5	0	2.73	0	152	2.1	213	104.0	3.05	0.01	0.01	0.006	1.79
108	AIT EN MARI	Khattara	6/2/89	1.3	7.8	1.011	13.7	0	873	0	312	112	87.6	0	1.20	0	159	1.3	355	104.0	3.21	0.03	0.05	0.010	1.81
109	TINDOUARE	Puits n° 678	6/2/89	8.7	7.1	6.05	18.0	13	5590	0	537	353	321.0	0	3.54	0.02	1024	2.2	1775	124.0	8.44	0.02	0.15	0.005	1.15
110	JADOURBIT	Source	6/2/89	1.8	7.7	2.10	19.9	2	1578	0	415	176	117.0	0	5.95	0	304	2.0	588	251.0	4.14	0.04	0.02	0.003	3.60
111	TADIBROUST	Puits n° 74	6/2/89	23	7.2	2.04	18.5	38	1553	0	439	192	68.1	0	0	0	368	1.9	568	252.0	4.91	0.12	0.02	0.004	3.98
112	EL HADOUN	Puits n° 910	6/2/89	2	7.23	2.30	16.2	3	2090	0	366	216	172.0	0	3.34	0.02	197	1.7	1085	191.0	13.10	0.01	0.05	0.01	2.58
113	INDER	Source	3/2/89	0.5	7.75	1.48	16.6	1	1487	0	390	168	92.4	0	8.17	0	186	1.6	142	261.0	4.49	0.13	0.02	0	4.02
114	ESAR JIDD	Puits n° 1370	7/2/89	3	7.10	3.26	20.0	17	2507	0	537	136	190.0	0	0	0.01	499	2.1	420	926.0	6.79	0.06	0.02	0.003	5.53
115	TOUROUG	Puits n° 1941	6/2/89	1.1	7.20	2.60	21.8	4	4990	0	1147	393	219.0	0	2.23	0.16	719	4.0	1562	730.0	110.00	0.06	0.02	0.003	7.32
116	TOUKOUS	Abrévoir	6/2/89	1.3	6.4	2.44	15.6	14	1940	0	2074	337	374.0	0	2.05	0	66.1	10.2	213	215.0	14.20	0.02	0.05	0.001	1.91
117	HOUNARA	Khattara	7/2/89	0.8	8.2	2.67	16.0	4	2130	0	610	160	135.0	0	2.05	0	472	2.6	832	227.0	6.37	0	0.03	0	2.95
118	HANHAROU	Puits n° 1048	7/2/89	1.9	7.7	8.44	19.8	7	7110	0	172	393	363.0	0	10.6	0.03	2006	4.0	2485	474.0	13.50	0.02	0.01	0.01	12.84
119	EL HARBAT	Puits 451	7/2/89	1.5	7.2	6.83	18.1	114	6270	30	561	353	360.0	0	5.04	0.03	1243	2.2	2059	1096.0	38.80	0.03	0.01	0.003	9.90
120	YERDI	Puits	7/2/89	41	7.2	9.04	15.5	3	8020	0	2442	449	642.0	0	9.87	0	1162	2.9	2414	1256.0	150.00	0.99	0.26	0.00	8.91
121	ARIBALOU	Source	3/2/89	5	7.93	1.587	18.0	3	1083	0	390	170	43.8	0	6.54	0	45	0.4	497	215.0	2.10	0.02	0.003	4.27	



Tableau 7.4 - NORMES D'EAU POTABLE OMS

CONSTITUANTS	UNITE	LIMITE ADMISE	LIMITE MAXIMUM
Couleur	Hazen	5	50
Turbidité	NTU	5	25
PH		7.0-8.5	6.5-9.2
Ammoniaque	mg/l	-	-
Calcium	mg/l	75	200
Chlorure	mg/l	200	600
Chrome	mg/l	-	-
Cuivre	mg/l	0.05	1.5
Fer	mg/l	0.10	1.0
Plomb	mg/l	-	-
Magnesium	mg/l	50	150
Manganèse	mg/l	0.05	0.50
Nitrate	mg/l	-	-
Sulfate	mg/l	200	400
Zinc	mg/l	5.0	15
Dureté totale	mg/l	100	500
Matières totales	mg/l	500	1500
Coliformes totaux	MPN/100ml	0	0
Coliformes fécaux	MPN/100ml	0	0
Germes totaux	MPN/100ml	0	0

Tableau 7.5 - NORMES D'EAU POTABLE JIS

CONSTITUANTS	UNITE	LIMITE ACCEPTABLE
Couleur	JIS	Inférieure à 5°
Turbidité	JIS	Inférieure à 2°
Potassium Permanganate		
Demande (PPD)	mg/l	Inférieure à 10
Nitrite (NO <sup>2-</sup> )	mg/l	" 10
Nitrate (NO <sup>3-</sup> )	mg/l	" 10
Dureté totale (T.H)	mg/l	Inférieure à 300
Chlorure (cl)	mg/l	Inférieur à 200
Chrome (cr)	mg/l	" à 0.05
Fer (Fe)	mg/l	" à 0.3
Cuivre (cu)	mg/l	" à 1.0
Zinc (Zn)	mg/l	" à 1.0
T.C.M.O.	MPN/ml	Inférieur à 100
T.Coloformum	MPN/ml	0

TABLEAU 7.6 - EVALUATION DE LA POTABILITE DE L'EAU

N°	LOCALITE	SOURCE	Turbidite NTU	Couleur	pH	TDS Mg/l	Ca Mg/l	Mg Mg/l	NO2 Mg/l	NO3 Mg/l	SO4 Mg/l	Cl Mg/l	Fe Mg/l	Mn Mg/l	L.H Mg/l	Pb Mg/l	Cr Mg/l	Cu Mg/l	Zn Mg/l	TCMG Mg/l	T.C Résant	
161	TORMA EDGE	Source	++		++	++																
162	AIT EL MESKINE	Puits	++		++	++																
163	FOURET	Source	++		++	++																
164	EL KHORBAT	Puits n° 1445	++		++	++																
165	TARBOUCH	Source	++		++	++																
166	AIT MNEOUR	Puits n° 1337	++		++	++																
167	TIMOUKRA	Khattara	++		++	++																
168	AIT BA THALI	Khattara	++		++	++																
169	TIOUANE	Puits n° 678	++		++	++																
170	TALOUKAT	Source	++		++	++																
171	TADJROUST	Puits n° 74	++		++	++																
172	EL HAROUK	Puits n° 910	++		++	++																
173	INIDER	Source	++		++	++																
174	ESAR-JOUB	Puits n° 1370	++		++	++																
175	TOUSOUS	Puits n° 1941	++		++	++																
176	TOUSOUS	Abrevoir	++		++	++																
177	AGUMCARA	Khattara	++		++	++																
178	HANMAREU	Puits n° 1048	++		++	++																
179	EL HARBAT	Puits 454	++		++	++																
180	TENDI	Puits	++		++	++																
181	ABRALOU	Source	++		++	++																
201	INIDER	Puits	+		++	++																
202	MARSE DOUNDER	Puits	+		++	++																
203	TADJALIT	Puits	+		++	++																
204	INARLENE	Puits	+		++	++																
205	JAMIZDOUCH	Khattara	+		++	++																
206	AIT HANI	Khattara	+		++	++																
207	AROUA TOURAH	Puits	+		++	++																
208	ALLOUJELMI	Puits	+		++	++																
209	ASSOUL	Puits	+		++	++																
210	TALFRADITE	Khattara	+		++	++																
211	ACERALOU	Source	+		++	++																
212	TEZLA	Puits	+		++	++																
213	AIT BEN OUMR	Khattara	+		++	++																
214	AIT MHROU	Puits	+		++	++																
215	EL HAROUK	Oued	+		++	++																
216	TAMERBOUKI	Forage #12747	+		++	++																
217	TADJBOUKI	Puits	+		++	++																
218	BO	Source	+		++	++																
219	TOURHA	Puits n° 691	+		++	++																
220	SOULIMA	Puits n° 2179	+		++	++																
221	BOUCARHA	Khattara	+		++	++																
222	HERBOUCHA	Puits	+		++	++																
223	ALERNUT	Puits	+		++	++																
224	TIKENIOUE	Abrevoir	+		++	++																
225	TARVA	Puits	+		++	++																
226	MESZI	Source	+		++	++																
227	ADJFOUS	Oued	+		++	++																
228	FEZMA	Puits n° 1028	+		++	++																
229	JOUF EL HAROUK	Oued	+		++	++																
230	KITIKI	Puits n° 446	+		++	++																
231	AIT BRAKHA BEN	Oued	+		++	++																
232	TADJLET ER RAHEL	Puits n° 3186	+		++	++																
233	ERAOUIA	Puits n° 3747	+		++	++																

LEGENDE

Echantillons 191 à 221

- ++ Eau de bonne qualité/ concentration ne dépassant pas la limite acceptable
- ++ Concentrations dépassant la limite acceptable
- ++ Concentrations dépassant la limite acceptable mais non la limite maximale
- +

Echantillons 201 à 233

Eau de bonne qualité

Tableau 7.7 - INDICATIONS POUR EVALUER LA QUALITE DE L'EAU  
D'IRRIGATION

Facteur de qualité	Unité	Concentration seuil	Concentration limite
Organismes coliformes	MEN/100ml	1000	
Totalité des matières dissoutes	mg/l	500	1500
Conductivité électrique	mhos/cm	0.75	2.25
pH		7.0-8.5	6.0-9.0
Ratio d'absorption du Sodium		6.0	15
Chlorures	mg/l	100	350
Sulfate	mg/l	200	1000
Cuivre	mg/l	0.1	1.0
Boron	mg/l	0.5	2.0