

ETUDE DU PROJET DE CONSTRUCTION DES BARRAGES  
DANS LE BASSIN VERSANT DU RHERIS

RAPPORT FINAL  
VOLUME PRINCIPAL

MARS 1990

41  
617  
SSS

ROYAUME DU MAROC  
MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS  
DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE  
ET DE LA FORMATION DES CADRES  
ADMINISTRATION DE L'HYDRAULIQUE  
DIRECTION DES AMENAGEMENTS  
HYDRAULIQUES

**ETUDE DU PROJET DE CONSTRUCTION DES BARRAGES  
DANS LE BASSIN VERSANT DU RHERIS**

**RAPPORT FINAL  
VOLUME PRINCIPAL**

MARS 1990



AGENCE JAPONAISE  
DE COOPERATION  
INTERNATIONALE

S S S  
90-044(1/3)



ROYAUME DU MAROC  
MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS  
DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE  
ET DE LA FORMATION DES CADRES  
ADMINISTRATION DE L'HYDRAULIQUE  
DIRECTION DES AMENAGEMENTS  
HYDRAULIQUES

**ETUDE DU PROJET DE CONSTRUCTION DES BARRAGES  
DANS LE BASSIN VERSANT DU RHERIS**

**RAPPORT FINAL  
VOLUME PRINCIPAL**

JICA LIBRARY



1083269191

21309

MARS 1990



AGENCE JAPONAISE  
DE COOPERATION  
INTERNATIONALE



国際協力事業団

21309

## P R E F A C E

En réponse à une demande du Gouvernement du Royaume du Maroc, le Gouvernement du Japon a décidé de réaliser "l'Etude du Projet de Construction des Barrages dans le Bassin Versant du Rhéris" et a chargé l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) de l'exécution de cette Etude.

La JICA a envoyé au Maroc de décembre 1988 à octobre 1989 une équipe d'étude dirigée par Mr. Makoto TSUDA et composée de membres affectés par les bureaux d'études Nippon Koei Co., Ltd. et Sanyu Consultants, Inc.

L'équipe d'étude a tenu des discussions avec les responsables concernés du Gouvernement Marocain et a mené des investigations sur le terrain. Après le retour de l'équipe au Japon, des études plus approfondies ont été effectuées et le présent Rapport Final a été élaboré.

J'espère que ce Rapport contribuera à promouvoir le projet et à renforcer les relations amicales entre nos deux pays.

Je voudrais exprimer ici ma sincère gratitude aux autorités compétentes du Royaume du Maroc pour la collaboration étroite qu'elles ont bien voulu réserver à l'équipe d'étude.

mars 1990



---

Kensuke Yanagiya  
Président  
Agence Japonaise de  
Coopération Internationale











Site de barrages de Timkit(n° 16)

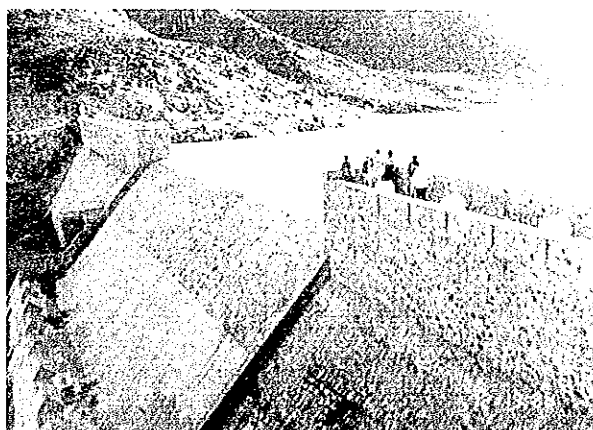
Vue du Site à partir de l'amont



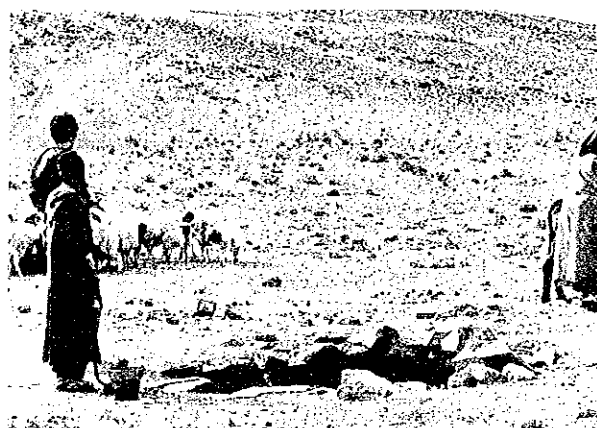
Ouvrage de prise sur l'Oued Rhéris  
près de Goulmima



Les gorges du Todrha situées  
immédiatement en aval du site de  
barrage de Todrha (n° 20)



Barrage en maçonnerie d'Akkrouz



Puits creusé près du site de barrage  
d'Ifni(n° 21)



Site de barrage d'Oukhit (n° 28)

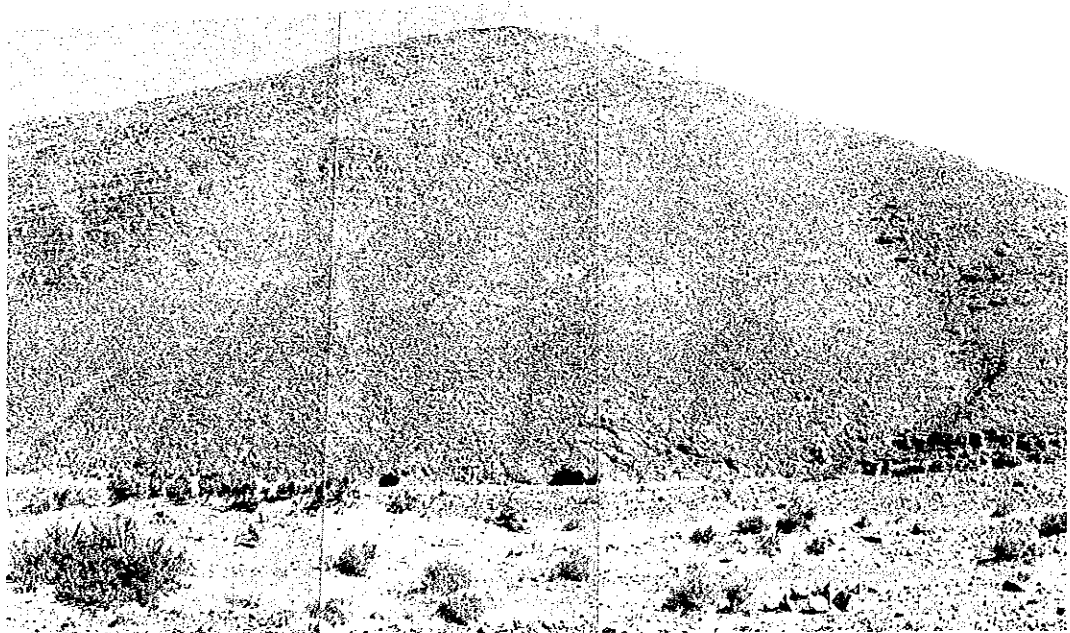


Vue du site à partir de l'aval



O u k h i t

Appui droit



O u k h i t

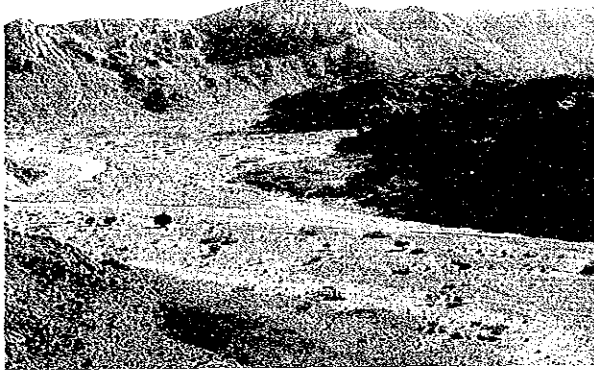
Appui gauche



Site de barrage d'Oulhou (n° 29)



Vue du site à partir de l'amont



Vue au loin des zones aval à partir de l'appui gauche



Vue au loin de la zone de réservoir à partir de l'appui gauche



Appui droit



Appui gauche



## RESUME

- 1) Depuis l'indépendance, le Gouvernement Marocain a déployé de grands efforts en vue d'atteindre l'auto-suffisance alimentaire, y compris l'alimentation en eau potable et industrielle.

Dans cette optique, le Gouvernement Marocain a décidé d'appliquer une politique orientée vers la mobilisation du maximum de ressources en eau, et ceci grâce à la construction d'un grand barrage et de quinze petits barrages par an d'ici l'an 2000. Cet effort est exercé en parallèle avec la recherche et l'exploitation de nouvelles ressources en eau.

Dans ce contexte, l'Administration de l'Hydraulique (Ministère des Travaux Publics, de la Formation Professionnelle et de la Formation des Cadres) a lancé et réalisé une étude de barrages de petite et moyenne dimension dans la partie Centre-Est du Royaume (Bassin du Rhéris). Cette étude a pour but de permettre la satisfaction des besoins de la population locale en eau potable et pour l'irrigation, ainsi que la maîtrise des crues.

Pour réaliser les objectifs précédents, le Gouvernement Marocain a demandé l'assistance technique du Gouvernement Japonais. En réponse, le Gouvernement Japonais a décidé de financer la réalisation de l'Etude du Projet de Construction de Barrages de Petite et Moyenne Dimension dans le Bassin Versant du Rhéris en accord avec les lois et règlements en matière de coopération en vigueur au Japon.

L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA), agence officielle responsable de la réalisation des programmes de coopération technique du Gouvernement Japonais, a envoyé au Maroc en Juillet 1988 une mission d'Evaluation de Projet pour discuter des détails du projet avec l'Administration de l'Hydraulique (AH).

La Consistance des Travaux avec ses Annexes a été convenue d'accord parties et signée le 5 Août 1988.

- 2) La JICA a envoyé au Maroc le 16 Décembre 1988 une équipe d'étude comprenant six (6) membres qui ont immédiatement commencé leurs investigations sur le terrain, chacun dans son domaine de spécialité. Les investigations se sont poursuivies pendant environ un mois sur l'ensemble d'une superficie d'environ 14.500 km<sup>2</sup> faisant l'objet de l'étude du bassin de l'oued Rhéris. Dans sa partie aval, l'oued Rhéris coule vers le Sud parallèlement à l'oued Ziz au droit des villes d'Erfoud et Rissani. Les zones situées aux abords et entre les deux oueds sont bien cultivées et très peuplées, et il est assez difficile de délimiter les limites de drainage. Les investigations sur le terrain ont également couvert ces zones dans la mesure où les deux cours d'eau présentent d'étroites relations en termes d'utilisation de l'eau.

La reconnaissance sur le terrain a été effectuée pour déterminer les conditions générales de l'aire de l'étude sur le plan de la géographie, de la topographie, de la géomorphologie, de la géologie, de l'utilisation des sols, des ressources en eau, de l'hydrologie, du niveau de vie, de l'environnement naturel et social, des transports, des communications, etc... Cette étude de reconnaissance a permis d'identifier 28 sites éventuellement appropriés pour la construction des barrages, auxquels on a ajouté par la suite 4 autres sites après une nouvelle reconnaissance sur le terrain et l'étude des cartes.

Après l'examen des premières données recueillies, une seconde enquête de reconnaissance sur le terrain a débuté en mi-Janvier 1989 dans les domaines de l'ingénierie et de l'économie. Un deuxième groupe de cinq (5) membres de l'Equipe d'Etude est arrivé sur le terrain le 10 Janvier 1989. La seconde étude de reconnaissance sur le terrain a duré jusqu'à mi-Mars 1989.

L'Equipe d'Etude est rentrée à Tokyo en fin-Mars 1989 avec l'ensemble des données collectées lors de la première et de la seconde études de reconnaissance. L'Equipe d'Etude est revenue au Maroc au début de Juillet 1989 pour continuer les investigations sur le terrain. Les travaux sur le terrain se sont poursuivis parallèlement aux travaux d'analyse jusqu'en fin-Octobre 1989. Durant cette période l'Administration de l'Hydraulique a avisé l'Equipe d'Etude que les zones hautement prioritaires sur le plan de l'approvisionnement en eau sont



Tinejdad, Mellaab, Jorf/Fezna et Tafilalet, toutes ces localités étant situées de la zone moyenne à la zone aval de l'oued Rhéris.

L'Equipe d'Etude a entrepris des investigations de reconnaissance supplémentaires sur l'oued Tarda et sur plusieurs affluents de l'oued Todrha pour essayer d'identifier des sites éventuels de barrages pouvant permettre l'approvisionnement en eau de ces zones critiques. Il a ainsi été étudié un site de barrage sur l'oued Tarda et trois sites sur les affluents de l'oued Todrha. Ces sites se sont cependant révélés peu propices pour un développement futur et une étude plus détaillée.

Sur la base des études de reconnaissance sur le terrain, a été préparé le programme détaillé des investigations supplémentaires qui ont été réalisées par des entreprises locales sous la supervision des experts de l'Equipe d'Etude de la JICA.

Ces investigations ont été effectuées en deux étapes. Les investigations topographiques des oueds et des sites éventuels de barrages ont été réalisées de Janvier à Mars 1989 en tant que première phase. Les travaux de la seconde phase ont duré d'Août à Septembre 1989 et ont concerné les investigations topographiques et géologiques détaillées ainsi que les explorations sismiques des trois sites de barrage retenus comme étant prioritaires, à savoir Timkit (N°16), Oukhit (N°28) et Oulhou (N°29).

- 3) L'aire de l'étude couvre le Bassin du Rhéris sur environ 14.500 km<sup>2</sup> d'une région assez défavorisée en terme de ressources et de production.

Les zones agricoles sont remarquablement réduites par manque d'eau et par un climat rigoureux. Les zones cultivables du Bassin du Rhéris sont estimées à environ 23.000 ha, ce qui représente approximativement 50% des zones agricoles totales de la Province d'Errachidia. Cependant, l'importance des surfaces cultivées varie considérablement d'une année à l'autre selon la pluviométrie ; c'est ainsi qu'en 1983 la croissance des superficies cultivées par rapport à celles en 1982 a été négative alors qu'en 1986 cette croissance a effectivement atteint 23%.

En dehors du tourisme, les autres secteurs d'activités économiques sont également relativement sous-développés. L'industrie se limite à une demi-douzaine d'unités et l'activité minière demeure artisanale (à l'exception de la mine d'argent d'Imider).

Avec un effectif de l'ordre de 6000 employés, l'Administration Publique constitue la principale source de revenus salariaux. Le revenu régional est faible, reflétant ainsi l'absence d'un réseau commercial significatif.

Dans le cadre général ainsi défini, la stimulation de la croissance dans la Province passe par une utilisation optimale des maigres ressources disponibles.

Le projet de barrages de petite et moyenne dimension dans le bassin versant du Rhéris doit être inscrit aussi bien dans le cadre global de la stratégie du Gouvernement Marocain en matière de développement des ressources en eau que dans le cadre des objectifs spécifiques et des projets proposés dans la région.

La politique de mobilisation des ressources en eau s'articule autour de la construction de barrages de moyenne et petite dimension (l'objectif visé étant de construire un grand barrage et 15 petits barrages par an d'ici l'an 2000). Le but assigné à la construction de ces barrages est de fournir de l'eau pour les besoins agricoles et de l'eau potable aux populations, et de maîtriser les crues qui ont causé dans le passé de graves dommages. La grande sécheresse du début des années 80 a constitué un stimulant additionnel au programme envisagé.

Le profil physique et climatique de la région détermine les activités économiques et la distribution de la population de la région. Le développement agricole se limite aux périmètres ayant trait aux petites poches localisées le long des oueds ou dans les palmeraies où les eaux souterraines sont facilement accessibles. Il y a peu de concentrations importantes de populations (Tinerhir, Tinejdad, Goulmima, Mellaab et Jorf/Fezna à l'Ouest de l'oued Rhéris) et Ait Hani, Assoul, Amellagou et Archbalou N'kerdouss dans le haut Rhéris. Le caractère limité des zones cultivées (dû partiellement au manque d'eau) illustre la petitesse

de la taille des villages. En réalité 98% des villages de la Province sont établis sur des superficies inférieures à 5 ha.

D'après le recensement de 1982, la population totale des Communes situées dans le Bassin du Rhéris était de 167.000 habitants (y compris une partie du Cercle de Rissani).

Le taux de croissance de la population du Bassin du Rhéris entre les recensements de 1971 et 1982 est en moyenne de 2,3% par an, ce qui est inférieur à la moyenne nationale (2,6%).

Les taux de croissance diffèrent d'une localité à l'autre, Errachidia et Tinerhir connaissant les taux les plus élevés. Par extrapolation de la tendance observée, la population du Bassin du Rhéris peut être actuellement estimée à 195.000 habitants représentant environ 35.000 familles (sur la base d'une taille moyenne de 5,6 personnes par famille).

Les différentes communes peuvent être classées en différentes catégories selon leur taux de croissance :

- Taux élevé : Tinerhir, Tinejdad et Goulmima.
- Taux moyen : Zones situées au centre et en aval.
- Taux faible : Zones montagneuses.

Dans les années à venir on s'attend à une baisse du taux de croissance due à l'accroissement de l'alphabétisation, à l'impact des programmes de planning familial et des politiques de décentralisation.

La population totale devrait plus que doubler d'ici l'année 2020. Le taux de croissance d'ensemble est juste de l'ordre de 2%. La croissance dans les zones urbaines sera deux fois plus importante que celle des zones rurales, entraînant ainsi une nouvelle redistribution des populations. La proportion de population des zones montagneuses devrait tomber de 16% à moins de 13% au cours de la période de projection (1982 - 2020). Les principaux centres urbains de la région (Tinerhir, Tinejdad et Goulmima) qui, avec leurs communes rurales respectives, regroupent

actuellement 54% de la population totale devraient représenter près de 57% (soit environ 200.000 habitants) du total en 2020.

Dans le cadre de cette investigation, les matériaux de base concernant l'utilisation et les conditions du sol ont été établis au moyen de l'analyse des images du satellite LANDSAT comme faisant partie de l'étude du projet de construction de barrages dans le bassin du Rhéris.

Les éléments principaux d'investigation sont (1) la rectification géométrique des données MSS LANDSAT, (2) l'extraction d'informations thématiques par l'analyse des images, (3) le recueil de matériaux existants et la reconnaissance des sites, (4) la réalisation des cartes de base et (5) le résumé.

Dans l'analyse des données LANDSAT, nous avons utilisé les données de 3 saisons : saison sèche, pluvieuse et des crues en nous basant sur le rapport d'observation des précipitations. Des images pseudo-couleur de ces données ont été réalisées et des informations thématiques ont été extraites par un traitement par tranches et des calculs comparatifs.

La réalisation des cartes de base, des images et des cartes a été faite sur la base de l'analyse et l'interprétation des images et de l'investigation des sites.

Les cartes de base ainsi réalisées montrent clairement que les terres agricoles se développent en se concentrant autour des rivières principales telles que l'oued Rhéris, et la teneur en eau ainsi que la fréquence des inondations sont également très élevées dans ces régions.

Les résultats de l'enquête incluent (1) les images pseudo-couleur de LANDSAT, (2) les cartes d'utilisation du sol (saisons sèches et humides), (3) la carte de la zone de crues supposée, (4) la carte géographique de la couche de surface, (5) les cartes (saisons sèches et humides) et (6) la carte de classification des pentes.

La présente étude a pour objet d'élaborer des cartes de base d'utilisation du sol et des conditions du sol devant servir comme instruments de base du plan de construction des barrages, par l'analyse des images de LANDSAT, notamment par la méthode de télédétection. Les

investigations couvrent une superficie de 14.500 km<sup>2</sup> du Bassin du Rhéris localisé au Centre-Est du Maroc.

La CCT (Bande Compatible d'Ordinateur) de MMS a été utilisée pour les données de LANDSAT. En récupérant les données CCT, celles qui sont acceptables en termes de volume des nuages et de qualité de la photographie ont été choisies pour les 3 saisons sèche, humide et des crues. Les données CCT ont principalement été obtenues de la station de réception Italienne (EARTHNET).

- 5) Le Maroc est situé au Nord-Ouest du continent Africain à proximité des zones sismiques du monde telles que la Mer Méditerranée et l'Océan Atlantique (à proximité de la côte espagnole). Cependant, l'aire de l'étude, le bassin du Rhéris est situé au Sud au-delà du Haut Atlas qui est éloigné de 500 km ou plus des zones sismiques principales. Par conséquent, on a conclu que l'aire de l'étude serait à peine affectée par des tremblements de terre. Pendant l'exécution de cette étude un enregistrement total de 1.518 tremblements de terre passés a été recueilli du Centre National de Coordination et de Planification de la Recherche Scientifique et Technique. Les enregistrements couvrent la période de 1901 à 1980. Parmi eux, 397 cas ont été analysés. Ces cas sont survenu dans un rayon de 500 km. Ils ont été examinés qu'ils affectassent ou non les sites de barrages.

Il est supposé une accélération de pointe au sol de 2 à 13 gal dans les sites de barrages.

Cependant, compte tenu du facteur inconnu de sismicité et des données non adéquates, il est recommandé d'adopter la valeur de 0,1 G dans le cas du barrage existant Hassan Addakhil situé dans les environs des sites étudiés.

- 6) La structure hydro-géologique limitant le système d'écoulement des eaux souterraines dans le bassin est illustrée dans le dessin de coupe schématique.

Trois systèmes d'eaux souterraines sont identifiés dans le bassin, à savoir l'eau souterraine non confinée dans les alluvions de l'oued Rhéris, de l'oued Todrha et leurs affluents, l'eau souterraine confinée dans les formations du Jurassique et du Crétacé avec sa couche confinée de schiste du Crétacé recouvrant le grès, et les eaux souterraines confinées des fossiles dans le calcaire du Dévonien et le grès calcaire.

Les propriétés aquifères sont énumérées comme suit:

N°	Age de la couche	Aquifère	Epaisseur de l'aquifère(s)	Type d'eau souterraine	Coefficient de perméabilité (cm/s)
1	Quaternaire	Dépôts d'alluvions (sable, gravier)	20 - 50	Non confinée	$10^{-1}$ - $10^{-2}$
2	Jurassique Crétacé	Grès rougeâtre calcaire grès calcaire	500 +	Confinée	$10^{-3}$ - $10^{-4}$
3	Dévonien	Calcaire grès Calcaire	0 - 300	Eau fossile confinée	Pas de données

Les trois types d'eaux souterraines mentionnés ci-dessus sont caractérisés respectivement par leur écoulement et leur système de recharge.

En ce qui concerne l'eau souterraine des dépôts d'alluvions, elle s'écoule d'amont vers l'aval le long du cours de l'oued.

Cette nappe souterraine est principalement rechargée par l'eau d'infiltration des oueds Rhéris et Todrha et leurs affluents.

L'eau souterraine confinée dans les formations du Crétacé et du Jurassique s'écoule de la région du Haut Atlas à Goulmima et Tinerhir.

Une certaine précipitation dans la région du Haut Atlas s'infiltré à travers la zone de roches non saturées directement vers les nappes à cause du manque de végétation.

Plusieurs sources principales dans le Haut Atlas et Khettaras dans la région de Goulmima et ses environs à des endroits où la surface du sol entrecoupe le corps des eaux souterraines appartiennent à ce système d'eaux souterraines.

L'eau souterraine dans la formation du Dévonien est considérée comme ayant pour source les précipitations qui sont tombées dans la région du Haut Atlas il y a plus de 38.000 années selon le résultat de l'analyse du Carbone 14. La distribution des eaux souterraines est limitée uniquement à la frontière de l'Anti-Atlas et la région de la plaine où le calcaire du Dévonien est partiellement exposé. Il est difficile de clarifier les conditions de l'eau du sol à cause de la non disponibilité des données.

- 7) La détermination de l'âge des eaux par la méthode du Carbone 14 et des isotopes du Tritium a été effectuée à Tokyo par l'Université GAKUSUIN en vue de clarifier le système d'écoulement des eaux souterraines à partir de l'âge des nappes phréatiques.

Cinq échantillons d'eau pour le Tritium et deux échantillons pour le Carbone 14 ont été prélevés de sources, puits profonds forés, puits creusés et Khettaras sur la base des résultats des opérations de mesure du niveau et de la qualité des eaux.

N° Echant.	Procédé	Provenance	Aquifère	Age de l'eau
103	Carbone 14	Source	Calcaire (Dévonien)	> 36 690
120	"	P. profond	Grès (Dévonien)	> 38 170
170	Tritium	Khettara	Grès (Crétacé)	0,9 T.U
114	"	P. creusé	Sable-gravier (Quat.)	7,0 T.U
117	"	Khettara	" "	9,3 T.U
218	"	Source	Calcaire (Crétacé)	8,2 T.U
691	"	P. creusé	Sable-gravier (Quat.)	4,7 T.U

NB : La dernière colonne indique l'âge depuis 1950 ;  
 1 T.U =  $H^3/H = 10^{-13}$

Les résultats montrent pour les échantillons 103 et 120 un âge des eaux souterraines supérieur à 36.000 années dans les formations du Dévonien.

Les eaux de Khettara de l'échantillon 107 qui montrent une valeur d'âge de 0,9 T.U doivent être considérées comme consistant principalement en eaux âgées de plus de 50-60 ans avec une petite quantité d'eaux âgées de moins de 5 ans.

Les eaux des échantillons 114, 117, 218 et 691 avec une valeur de T.U allant de 4,7 à 9,3 doivent être considérées comme des eaux mixtes de 50-60 ans et 5 ans avec un taux de mélange d'environ 1 à 1.

- 8) A travers le bassin 54 points d'eau ont été analysés. Les échantillons d'eau ont été pris de sources, de Khettara, de puits publics, de puits privés et d'oueds. 33 échantillons, numérotés de 201 à 233 ont été analysés en utilisant les équipements d'inspection de l'eau potable fournis par la JICA. Les 21 échantillons restants, numérotés de 101 à 121, ont été envoyés au Laboratoire LPEE à Casablanca pour une analyse plus détaillée.

La température, la valeur pH et la conductivité électrique ont été mesurés in-situ pour tous les échantillons.

Les localisations des échantillons ont été choisies de façon à satisfaire l'étude hydro-géologique de même que l'alimentation en eau pour l'irrigation, pour le bétail et pour l'usage ménager.

L'analyse ci-dessus indique que seuls les échantillons pris de la gorge du Todrha, du puits de Aït El Khettaras de Tinamirra et Aït Ba Maati conviennent à l'alimentation en eau potable. L'inaptitude est principalement due à la dureté totale, à la contamination par des chlorures et des "coliformes".

Le volume des germes dans les échantillons recueillis des oueds et des sources peut être dû aux conditions climatiques au moment de l'échantillonnage. Une crue s'était produite une semaine avant l'échantillonnage. Les écoulements provenant de la fonte des neiges et



les crues entraînent les matières organiques et tendent à accroître le volume bactérien. Bien plus, les écoulements pendant la sécheresse ont généralement un volume minéral élevé.

Les germes trouvés dans les puits et les Khettara peuvent être dus à l'irrigation ou à l'infiltration des eaux d'égoûts.

Avec l'augmentation par habitant de la consommation d'eau due à la prise de dispositions nécessaires pour développer un réseau d'alimentation en eau ou une installation de pompage avec un réservoir surélevé, la contamination tend à s'accroître en particulier si le puits se trouve non loin des habitations.

- 9) Le potentiel des ressources en eau de surface et en eaux souterraines a été étudié dans le bassin de l'oued Rhéris. Les régions à étudier sont le Haut Atlas et l'Anti-Atlas dans la région montagneuse et la région à fortes pentes en aval. La région plate en aval a été exclue de cette étude à cause de son état sec pendant l'année. Le potentiel de la nappe phréatique a été évalué à deux niveaux en tant que nappe phréatique des dépôts d'alluvions d'une part et nappe phréatique de formation rocheuse d'autre part. Le bassin versant à évaluer couvre environ 10.565 km<sup>2</sup> et se trouve en amont de Megta Sfa.

Le potentiel en eau de surface pour la région montagneuse et à fortes pentes a été évalué. Les jauges d'écoulement de Tadirhoust et d'Aït Bouijane ont été adoptées pour l'évaluation avec 26 années d'enregistrements annuels disponibles de 1961 à 1986. Le potentiel en eau de surface de 1978 à 1986 a également été évalué afin de pouvoir effectuer une comparaison avec le potentiel de la nappe phréatique évalué dans le paragraphe suivant pour la période 1978-1987. Les résultats de l'étude du potentiel en eau de surface se présentent comme suit:

(Unité : million de m<sup>3</sup>/an)

Type de région	Précipitations	Potentiel en eau de surface
Région montagneuse		
Haut Atlas	732	77
Anti-Atlas	300	23
Région à fortes pentes	461	29
<b>TOTAL</b>	<b>1493</b>	<b>129</b>

Le potentiel en eau de surface (61 millions m<sup>3</sup>) évalué à partir des données de 1978 à 1986 représente environ la moitié de celui (129 M.m<sup>3</sup>) évalué à partir des données de 1961 à 1986 comme l'indique le tableau ci-dessus, et ceci parce que le volume d'écoulement annuel a tendance à diminuer d'année en année depuis la fin des années 1970.

Comme résultat de l'étude hydrogéologique, le potentiel de développement de la nappe phréatique est résumé comme suit:

- La nappe phréatique confinée dans les formations du Jurassique / Crétacé et la nappe phréatique non confinée dans les dépôts d'alluvions peuvent être évaluées comme d'excellentes ressources de la nappe phréatique avec un haut potentiel de développement.
- La nappe phréatique confinée dans les formations du Dévonien peut être considérée comme non appropriée pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable à cause de sa salinité élevée et des caractéristiques non connues de la formation.

Le potentiel de développement de la nappe phréatique dans le bassin révélé par le calcul du bilan en eau est résumé dans le tableau suivant (nombres exprimés en millions de mètres cubes par an):

Région	Précip.	Débit du cours d'eau	Nappe phréatique dans le dépôt d'alluvions	Nappe phréatique dans des formations rocheuses
Haut Atlas	487	43	5	114
Anti-Atlas	293	8	11	0
Régions à fortes pentes	343	10	0	0
Total	1123	61	16	114

Note : Le bassin versant total couvre environ 10.565 km<sup>2</sup>  
 Les données utilisées pour le calcul du bilan en eau sont celles de 1978 - 1986

Le potentiel de développement de la nappe phréatique des formations du Jurassique / Crétacé est plus élevé que celui du dépôt d'alluvions, en général.

- Quant à la nappe phréatique non confinée dans les dépôts d'alluvions, les sub-divisions N° 10, 11, 12, 14, 15, 17 et 19 peuvent être considérées comme ayant un débit d'apport élevé.

L'utilisation de l'eau pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable dépend principalement de cette nappe phréatique.

Dans le cas où l'on faciliterait le développement de la nappe phréatique dans le bassin, il est nécessaire de considérer les influences sur le mouvement de la nappe phréatique d'autres sub-divisions car les sub-divisions sont liées l'une à l'autre.

- Puisque le marnage de la nappe phréatique des dépôts d'alluvions s'est produit constamment le long de l'oued Rhéris et de l'oued Todrha entre 1978 et 1987, il y a la possibilité du marnage continu

de la nappe phréatique si les mêmes conditions (manque d'eau d'infiltration vers la nappe phréatique) persistent.

- 10) Les centres peuplés et les terrains agricoles se sont développés essentiellement le long des oueds et 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 essentiellement limité 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 permettre la réduction de 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 préconisé de prévoir un développement graduel par étape des sites présentant les meilleures aptitudes.

Sur les 32 sites identifiés, 75 ont été écartés à cause de difficultés topographiques et un à cause de son emplacement dans la Gorge du Todrha. Sur les 24 sites restants, il y a plusieurs groupes de sites pouvant être considérés comme concurrent, c'est à dire que la sélection de l'un entraîne automatiquement l'élimination des autres sites du groupe considéré.

Une importante pénurie d'eau s'était produite à Tinejdad, Melab, Jorf et dans d'autres villes en aval au cours de deux longues périodes de sécheresse de 1966 à 1975 et également 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 entamé comme un programme à long terme.

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), Ouklit (N°28) et Oulhou (N°29) ont été sélectionnés en tant que sites de première priorité parmi les 16 sites précédemment mentionnés.

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

En tout état de cause, le classement prioritaire des sites possibles se présente comme suit:

Catégorie	N° et noms des sites
1ère priorité (Plan d'urgence)	N° 16 : Timkit
(Plan d'urgence)	N° 28 : Ouklit
	N° 29 : Oulhou
2ème priorité	N° 28 : Imider
	N° 14 : Tadirhoust
	N° 15 : Taerguiout
	N° 18 : n'Irhenjaouen 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 : Mo Ou Youssef Aval
	N° 5 : Akka n'Ouamane
	N° 9 : Tahamdount Amont
	N° 10 : Aït-Brahim
	N° 12 : Timizguit Amont
	N° 13 : Timizguiyt Aval

- N° 17 : n'Ouaouels
- N° 19 : n'Irrhenjaoune Aval
- N° 20 : Todrha
- N° 22 : Tarhoucht Amont
- N° 23 : Taroucht Moyen
- N° 25 : n'Nerroucha Amont
- N° 26 : n'Nerroucha Moyen
- N° 32 : Iknioun

- 11) Du point de vue socio-économique, les trois sites de barrages choisis reflètent toute la préoccupation principale du Gouvernement qui est de favoriser les aires en 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 Tinejadad; le site de barrage d'Oukhit (n° 28) affectera les aires locales; et, dans le long terme, aura un impact possible sur Jorf/Fezna; et le site de barrage d'Oulhou (n° 29) influencera l'aire agricole de Touroug, et les zones "bour" au-delà.

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 comportent principalement les indemnités à payer pour les superficies 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.

Le barrage de Timkit est important pour Tinejadad 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 Tinejadad est d'environ 30 km et l'impact du barrage en termes d'avantages économiques sera amoindri à cause des pertes et aussi parce que de l'eau supplémentaire sera nécessaire dans la région de Tinejadad pour atténuer les problèmes de salinité. Strictement

parlant en termes économiques, il serait plus avantageux d'utiliser l'eau fournie par le barrage pour les aires agricoles à Timkit et pour le développement des zones bour environnantes.

L'évaluation ci-dessous considère ces deux autres cas. 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 est à 30 km plus loin.

Cependant, ce dernier objectif a été considéré comme impossible pour deux raisons. Tout d'abord, le barrage bloquerait l'unique source d'approvisionnement à Oukhit. Deuxièmement, l'impact actuel de l'Assif n'Oumheri, au flux de l'oued Rhéris à Jorf est évalué à 1% seulement. Ceci aurait un effet négligeable sur la qualité ou la quantité de l'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 retenu par le barrage entraîne l'amélioration de la recharge des nappes phréatiques, et une plus grande quantité d'eau sera ainsi disponible.

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

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

La concentration du 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.

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



## TABLE DES MATIERES

	Page
<b>CHAPITRE 1 INTRODUCTION</b>	
1.1 GENERALITES SUR LE PROJET .....	1.1
1.2 TRAVAUX D'ETUDES .....	1.2
1.3 RESULTATS DES TRAVAUX D'ETUDE .....	1.3
1.4 PERSONNEL D'ETUDE .....	1.3
 <b>CHAPITRE 2 DONNEES DE BASE DE L'ETUDE</b>	
2.1 SOURCES DES DONNEES .....	2.1
2.2 CARTES ET PHOTOS AERIENNES .....	2.1
2.3 DONNEES METEO-HYDROLOGIQUES .....	2.2
2.3.1 Données météorologiques .....	2.2
2.3.2 Données hydrologiques .....	2.3
2.4 DONNEES HYDRO-GEOLOGIQUES .....	2.3
2.5 DONNEES SISMIQUES .....	2.4
2.6 DONNEES DE LANDSAT .....	2.4
2.7 LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES .....	2.4
 <b>CHAPITRE 3 ETUDE DE RECONNAISSANCE ET INVESTIGATIONS SUPPLEMENTAIRES EFFECTUEES</b>	
3.1 ETUDE DE RECONNAISSANCE .....	3.1
3.1.1 Généralités .....	3.1
3.1.2 Consistance des investigations effectuées .....	3.2
3.2 INVESTIGATIONS SUPPLEMENTAIRES EFFECTUEES .....	3.3
3.2.1 Généralités .....	3.3
3.2.2 Quantités des travaux relatifs aux investigations supplémentaires .....	3.3
 <b>CHAPITRE 4 ETUDE METEO-HYDROLOGIQUE</b>	
4.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	4.1
4.2 COLLECTE DES DONNEES .....	4.1

4.2.1	Etude météorologique .....	4.1
4.2.2	Données hydrologiques .....	4.2
4.3	ETUDE HYDROLOGIQUE .....	4.3
4.3.1	Etude des hautes eaux .....	4.3
4.3.2	Etude des basses eaux .....	4.5
4.3.3	Etudes complémentaires .....	4.7
4.4	PLAN DE MAITRISEE DES CRUES .....	4.7
4.4.1	Point de base .....	4.7
4.4.2	Distribution probable des crues .....	4.7
4.4.3	Echelle de projet .....	4.8
4.4.4	Plan de maîtrise des crues .....	4.8
4.5	PLAN DE DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU .....	4.9
4.5.1	Généralités .....	4.9
4.5.2	Débit d'apport des retenues .....	4.9
4.5.3	Zones bénéficiaires .....	4.10
4.5.4	Etude du bilan d'eau .....	4.10
4.5.5	Plan de développement des ressources en eau .....	4.10
4.6	ECHELLE DE PROJET DU RESERVOIR .....	4.11
4.6.1	Echelle de projet des retenues .....	4.11
4.6.2	Crue de projet pour l'évacuateur .....	4.12

## CHAPITRE 5 GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE

5.1	INTRODUCTION .....	5.1
5.2	GEOLOGIE REGIONALE DU BASSIN DU RHERIS ET DE SES ENVIRONS .....	5.1
5.2.1	Topographie de la région .....	5.1
5.2.2	Géologie de la région .....	5.2
5.2.3	Structure géologique .....	5.3
5.3	SEISMICITE .....	5.3
5.4	GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE .....	5.5
5.4.1	Quantités des travaux d'Investigation sur le Terrain .....	5.5
5.4.2	Géologie du site de barrage de Timkit (N°16) .....	5.6
5.4.3	Géologie du site de barrage d'Oukhit (N°28) .....	5.9
5.4.4	Géologie du site de barrage d'Oulhou (N°29) .....	5.11
5.5	CONCLUSION .....	5.14

## CHAPITRE 6 HYDRO-GEOLOGIE

6.1	INTRODUCTION .....	6.1
6.2	CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES DE L'AIRES DE L'ETUDE..	6.1
6.2.1	Hydro-géologie .....	6.1
6.2.2	Structure hydro-géologique .....	6.2
6.2.3	Ecoulement des eaux souterraines et systèmes de recharge .....	6.3
6.2.4	Conductivité électrique (CE) .....	6.3
6.2.5	Acidité de l'eau .....	6.4
6.2.6	Température de l'eau .....	6.4
6.2.7	Propriétés aquifères .....	6.4
6.2.8	Capacité d'infiltration .....	6.4
6.2.9	Détermination de l'âge des eaux .....	6.5
6.2.10	Qualité de l'eau .....	6.6
6.3	POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES EAUX SOUTERRAINES..	6.7
6.4	CONCEPTION PRELIMINAIRE DES METHODES ET INSTALLATIONS DE RECHARGE DES NAPPES PHREATIQUES..	6.8
6.4.1	Zones à développer .....	6.8
6.4.2	Méthode de recharge des nappes .....	6.8
6.4.3	Recharge de la nappe par libération des eaux à partir de la retenue du barrage .....	6.8
6.4.4	Vitesse des eaux souterraines .....	6.9
6.5	CONCEPTION PRELIMINAIRE DES PUIITS ET DE LEURS EQUIPEMENTS .....	6.10
6.5.1	Echelle et emplacement des installations de pompage .....	6.10
6.5.2	Evaluation du potentiel de développement des eaux souterraines .....	6.10
6.5.3	Structure des puits .....	6.10

## CHAPITRE 7 ANALYSE DE LA QUALITE DE L'EAU

7.1	INTRODUCTION .....	7.1
7.2	QUALITE DE L'EAU POTABLE .....	7.1
7.2.1	Normes .....	7.1
7.2.2	Analyses .....	7.1
7.2.3	Conclusions et recommandations .....	7.3
7.3	QUALITE DE L'EAU D'IRRIGATION .....	7.4
7.3.1	Normes .....	7.4
7.3.2	Analyses .....	7.5
7.3.3	Conclusions et recommandations .....	7.6
7.4	QUALITE DE L'EAU POUR LE BETAIL .....	7.10

7.4.1	Normes .....	7.10
7.4.2	Analyses .....	7.10
7.4.3	Conclusions et recommandations .....	7.11

## CHAPITRE 8 ANALYSE DES DONNEES DE LANDSAT

8.1	INTRODUCTION .....	8.1
8.2	GRANDES LIGNES DES INVESTIGATIONS .....	8.1
8.2.1	Objet des investigations .....	8.1
8.2.2	Eléments d'investigations .....	8.2
8.2.3	Méthode et contenu des investigations .....	8.2
8.2.4	Résultats des investigations .....	8.5
8.3	ANALYSES DE L'IMAGE DIGITALE DES DONNEES MSS DE LANDSAT .....	8.6
8.3.1	Récupération des données de LANDSAT .....	8.6
8.3.2	Rectification géométrique .....	8.7
8.3.3	Préparation de l'images à fausse couleur .....	8.8
8.3.4	Traitement par tranche de niveau .....	8.9
8.3.5	Traitement par calcul comparatif .....	8.10
8.4	REALISATION DE LA CARTE DE BASE .....	8.11
8.4.1	Image à fausse couleur de LANDSAT .....	8.11
8.4.2	Carte d'occupation du sol .....	8.12
8.4.3	Carte de la région présumée inondable .....	8.14
8.4.4	Carte géologique de la couche de surface .....	8.15
8.4.5	Carte de la teneur en eau de surface du sol .....	8.17
8.4.6	Classification des pentes .....	8.18

## CHAPITRE 9 DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

9.1	INTRODUCTION .....	9.1
9.2	SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE DE L'AIRE DE L'ETUDE .....	9.1
9.2.1	Introduction .....	9.1
9.2.2	Stratégie et priorités gouvernementales .....	9.2
9.3	ACTIVITES ECONOMIQUES .....	9.3
9.3.1	Introduction .....	9.3
9.3.2	Agriculture .....	9.3
9.3.3	Cheptel .....	9.4
9.3.4	Tourisme .....	9.4
9.3.5	Autres activités .....	9.5
9.4	INFRASTRUCTURES SOCIALES ET DE BASE .....	9.5

9.5	ASPECTS DEMOGRAPHIQUES ET PROJECTIONS .....	9.6
9.5.1	Introduction .....	9.6
9.5.2	Estimations de la population actuelle .....	9.6
9.5.3	Tendances d'évolution de la population .....	9.7
9.5.4	Prévisions démographiques .....	9.8
9.6	UTILISATION DU SOL .....	9.8
9.6.1	Introduction .....	9.8
9.6.2	Zones cultivées .....	9.9
9.6.3	Droits d'utilisation des terrains et de l'eau ....	9.10
9.7	MODES DE CULTURES .....	9.11
9.7.1	Introduction .....	9.11
9.7.2	Intensité des cultures .....	9.12
9.7.3	Rendement des cultures .....	9.14
9.8	BESOINS EN EAU POUR L'IRRIGATION .....	9.15
9.8.1	Introduction .....	9.15
9.8.2	Besoins en eau .....	9.16
9.9	BESOINS EN EAU POUR LE BETAIL .....	9.17
9.10	ALIMENTATION EN EAU POTABLE .....	9.17
9.10.1	Situation actuelle .....	9.17
9.10.2	Demande future .....	9.18

## CHAPITRE 10 FORMULATION DU PLAN DE BASE

10.1	RESSOURCES POTENTIELLES EN EAU .....	10.1
10.1.1	Potentiel en eau de surface .....	10.1
10.1.2	Potentiel de développement de la nappe phréatique.....	10.2
10.2	CHOIX DES SITES EVENTUELLEMENT CONVENABLES DE BARRAGES .....	10.3
10.2.1	Introduction .....	10.3
10.2.2	Découvertes des sites éventuels de barrages .....	10.4
10.2.3	Topographie et géologie générale .....	10.4
10.2.4	Evaluation préliminaire de chaque site de barrage .....	10.5
10.2.5	Evaluation secondaire de chaque site de barrage .....	10.6
10.3	FORMULATION DU PLAN DE BASE .....	10.7
10.3.1	Stratégie générale du développement économique dans l'aire du projet .....	10.7
10.3.2	Formulation du plan de base .....	10.9

## CHAPITRE 11 CONCEPTION DE BASE DES BARRAGES

11.1	BARRAGE DE TIMKIT .....	11.1
11.1.1	Site du barrage .....	11.1
11.1.2	Dimension du barrage .....	11.2
11.1.3	Analyse de stabilité .....	11.4
11.1.4	Evacuateur de crue .....	11.8
11.1.5	Ouvrages de vidange .....	11.11
11.2	BARRAGE D'OUKHIT .....	11.13
11.2.1	Type de barrage .....	11.13
11.2.2	Dimension du barrage .....	11.14
11.2.3	Analyse de stabilité .....	11.16
11.2.4	Evacuateur de crue .....	11.19
11.2.5	Ouvrages de vidange .....	11.22
11.3	BARRAGE D'OULHOU .....	11.24
11.3.1	Type de barrage .....	11.24
11.3.2	Dimension du barrage .....	11.24
11.3.3	Analyse de stabilité .....	11.27
11.3.4	Evacuateur de crue .....	11.30
11.3.5	Ouvrages de vidange .....	11.33

## CHAPITRE 12 PLAN ET PROGRAMME DE CONSTRUCTION

12.1	ESTIMATION DES COUTS DE CONSTRUCTION .....	12.1
12.1.1	Travaux de construction .....	12.1
12.1.2	Prix unitaires .....	12.1
12.2	ORGANISATION DU PROJET .....	12.3
12.2.1	Agence d'exécution .....	12.3
12.2.2	Bureau du Projet .....	12.3
12.3	METHODE ET PLAN DE CONSTRUCTION .....	12.3
12.3.1	Méthode de construction .....	12.3
12.3.2	Plan de construction .....	12.4
12.3.3	Programmation de la construction .....	12.6

## CHAPITRE 13 EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

13.1	INTRODUCTION.....	13.1
13.2	EVALUATION DE L'IMPACT DU BARRAGE DE TIMKIT SUR L'ENVIRONNEMENT .....	13.2
13.2.1	Concept de base .....	13.2
13.2.2	Impact sur l'environnement .....	13.2
13.2.3	Mitigation .....	13.4
13.2.4	Conclusions .....	13.5

13.3	EVALUATION DE L'IMPACT DU BARRAGE D'OUKHIT SUR L'ENVIRONNEMENT .....	13.5
13.3.1	Concept de base .....	13.5
13.3.2	Impact sur l'environnement .....	13.6
13.3.3	Mitigation .....	13.7
13.3.4	Conclusions .....	13.8
13.4	EVALUATION DE L'IMPACT DU BARRAGE D'OULHOU SUR L'ENVIRONNEMENT .....	13.8
13.4.1	Concept de base .....	13.8
13.4.2	Impact sur l'environnement .....	13.8
13.4.3	Mitigation .....	13.10
13.4.4	Conclusions .....	13.10

#### CHAPITRE 14 EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE

14.1	INTRODUCTION .....	14.1
14.2	METHODOLOGIE .....	14.1
14.2.1	Introduction .....	14.1
14.2.2	Méthodologie .....	14.2
14.3	EVALUATION DU BARRAGE DE TIMKIT .....	14.5
14.3.1	Introduction et objectifs .....	14.5
14.3.2	Données socio-economiques .....	14.6
14.3.3	Evaluation économique .....	14.7
14.4	EVALUATION DU BARRAGE D'OUKHIT .....	14.10
14.4.1	Introduction et objectifs .....	14.10
14.4.2	Données socio-economiques .....	14.10
14.4.3	Evaluation économique .....	14.11
14.5	EVALUATION DU BARRAGE D'OULHOU .....	14.12
14.5.1	Introduction et objectifs .....	14.12
14.5.2	Données socio-economiques .....	14.12
14.5.3	Evaluation économique .....	14.14

#### CHAPITRE 15 SUPPORT LOGISTIQUE

15.1	CONTRIBUTION DE L'ADMINISTRATION DE L'HYDRAULIQUE .....	15.1
15.2	EQUIPEMENTS ET MATERIELS FOURNIS PAR LA JICA .....	15.1

#### CHAPITRE 16 CONCLUSION

## LISTE DES TABLEAUX

- 4.1 SITES DE BARRAGES PROPOSES
- 4.2 PLUVIOMETRIE ANNUELLE
- 4.3 PLUVIOMETRIE MENSUELLE A TADIRHOUST
- 4.4 EVAPORATION MOYENNE JOURNALIERE
- 4.5 TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE
- 4.6 VITESSE MOYENNE JOURNALIERE ET DIRECTION DU VENT
- 4.7 DEBIT MAXIMUM ANNUEL DE POINTE
- 4.8 ECOULEMENT MOYEN ANNUEL
- 4.9 ECOULEMENT MOYEN MENSUEL A LA STATION DE TADIRHOUST
- 4.10 DEBIT SOLIDE MENSUEL A LA STATION DE TADIRHOUST
- 4.11 PLUVIOMETRIE PROBABLE 1 JOUR/3 JOURS
- 4.12 FONCTION DE RETENUE DES SOUS-BASSINS
- 4.13 FONCTION DE RETENUE DES CHENAUX
- 4.14 DONNEES GENERALES DES BARRAGES DU BASSIN D'OUARZAZATE (OUED DRAA)
- 4.15 RETENUE REQUISE
- 4.16 RUISSELLEMENT ANNUEL DANS LES STATIONS DU BASSIN D'OUARZAZATE
- 4.17 ZONES AGRICOLES EXISTANTES OU POTENTIELLES
- 5.1 TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DES SITES DE BARRAGE (1/5~5/5)
- 6.1 RESULTATS DES TESTS DE POMPAGE
- 7.1 TESTS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
- 7.2 ANALYSE DE L'EAU IN-SITU
- 7.3 ANALYSE EN LABORATOIRE
- 7.4 NORMES D'EAU POTABLE OMS
- 7.5 NORMES D'EAU POTABLES JIS
- 7.6 EVALUATION DE LA POTABILITE DE L'EAU



- 7.7 INDICATIONS POUR EVALUER LA QUALITE DE L'EAU D'IRRIGATION
- 7.8 CARACTERISTIQUES DES GROUPES D'EAU D'IRRIGATION
- 7.9 EVALUATION DE L'EAU D'IRRIGATION
- 7.10 INDICATIONS DE LA QUALITE D'EAU POUR LE BETAIL
- 7.11 ESTIMATION DE L'EAU POUR LE CHEPTEL
- 9.1 ESTIMATIONS DE LA POPULATION DANS LE BASSIN DU RHERIS
- 9.2 PREVISIONS DE LA POPULATION DANS LE BASSIN DU RHERIS
- 9.3 BASSIN DU RHERIS - TERRAINS CULTIVES
- 9.4 VALORISATION DE L'EAU
- 9.5 INTENSITE DES CULTURES PAR AN ET PAR MOIS (%)
- 9.6 INTENSITE MENSUELLE PROPOSEE DES CULTURES (%)
- 9.7 RENDEMENTS ESTIMES "SANS" ET "AVEC" PROJET
- 9.8 BESOINS NETS PAR MOIS ET PAR AN D'IRRIGATION DES CULTURES (m<sup>3</sup>/Ha)
- 9.9 BESOINS DIRECTS EN IRRIGATION PAR MOIS ET PAR AN (m<sup>3</sup>/Ha)
- 9.10 BESOINS DERIVES EN IRRIGATION PAR MOIS ET PAR AN (m<sup>3</sup>/Ha)
- 9.11 APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DU BASSIN DU RHERIS
- 9.12 NOMBRE DES PUIITS, SOURCES ET KHETTARAS DANS LE BASSIN DU RHERIS
- 9.13 CARACTERISTIQUES DU RESEAU EXISTANT
- 9.14 ESTIMATION DE LA DEMANDE EN EAU EN 2020
- 9.15 DEMANDE RURALE EN EAU (MINIMUM ET MAXIMUM)
- 9.16 DEMANDE EN EAU PAR TETE : 1989 - 2020
- 9.17 DEMANDE EN EAU POTABLE (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)
- 10.1 EVALUATION PRELIMINAIRE DE CHAQUE SITE DE BARRAGE (1/2 ~ 2/2)
- 10.2 DONNEES GENERALES DES SITES DE BARRAGE POUR UNE DEUXIEME EVALUATION (1/2 ~ 2/2)
- 11.1 QUANTITES DES TRAVAUX (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.2 QUANTITES DES TRAVAUX (BARRAGE D'OUKHIT)

- 11.3 QUANTITES DES TRAVAUX (BARRAGE D'OULHOU)
- 12.1 COUT DE CONSTRUCTION DES TROIS BARRAGES
- 12.2 COUT DE CONSTRUCTION DU BARRAGE DE TIMKIT
- 12.3 COUT DE CONSTRUCTION DU BARRAGE D'OUKHIT
- 12.4 COUT DE CONSTRUCTION DU BARRAGE D'OULHOU
- 12.5 LISTE DES PRINCIPAUX MATERIELS REQUIS
- 13.1 EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT (BARRAGE DE TIMKIT)
- 13.2 MATRICE D'EVALUATION POUR LE BARRAGE DE TIMKIT
- 13.3 EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT (BARRAGE D'OUKHIT)
- 13.4 MATRICE D'EVALUATION POUR LE BARRAGE D'OUKHIT
- 13.5 EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT (BARRAGE D'OULHOU)
- 13.6 MATRICE D'EVALUATION POUR LE BARRAGE D'OULHOU
- 14.1 POSSESSION TYPE D'ANIMAUX A OUKHIT
- 14.2 PRIX DE VENTE D'ANIMAUX EN 1989 (EN DH)
- 14.3 ZONE AGRICOLE DE TINEJDAD
- 14.4 DOUARS ENTOURANT LE SITE DE BARRAGE
- 14.5 SITE DE TIMKIT-COUTS ET BENEFICES PROJETES
- 14.6 COUTS ET BENEFICES PROJETES (SITE D'OUKHIT) (en 1000 DH)
- 14.7 COUTS ET BENEFICES PROJETES (SITE D'OULHOU) (en 1000 DH)
- 15.1 PERSONNEL DE CONTREPARTIE DE L'AH
- 15.2 LISTE DES EQUIPEMENTS ET MATERIELS FOURNIS PAR LA JICA

## LISTE DES FIGURES

- 1.1 PROCEDURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX D'ETUDE
- 1.2 PROCEDURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX D'ETUDE  
(RECUEIL DES DONNEES ET ETUDE COMPLEMENTAIRE)
- 1.3 PROCEDURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX D'ETUDE  
(ETABLISSEMENT DU PROJET DE BASE)
- 1.4 PROCEDURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX D'ETUDE  
(ELABORATION DU PROJET PRIORITAIRE)
- 1.5 PROGRAMME DES TRAVAUX D'ETUDES
- 1.6 PROGRAMME DU PERSONNEL DE LA MISSION
- 4.1 CARTE DE SITUATION DES STATIONS DE MESURES  
PLUVIOMETRIQUES, DE NIVEAU DES EAUX,  
D'ECOULEMENT ET CARTE ISOHYETE DU BASSIN  
VERSANT DU RHERIS
- 4.2 ORGANIGRAMME D'ETUDE DES HAUTES EAUX
- 4.3 ORGANIGRAMME D'ETUDE DES BASSES EAUX
- 4.4 DISPONIBILITE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES
- 4.5 DISPONIBILITE DES DONNEES DE MESURES DE NIVEAUX  
ET D'ECOULEMENT DES EAUX
- 4.6 PLUVIOMETRIE HORAIRE
- 4.7 COURBE DE DUREE DES PRECIPITATIONS
- 4.8 MODELE DE PLUVIOMETRIE HORAIRE DE PROJET
- 4.9 DIAGRAMME DU RESEAU D'OUEDS
- 4.10 CARTE DES SOUS-BASSINS
- 4.11 MODELE DU BASSIN ET DES COURS D'EAU
- 4.12 NIVEAU DES EAUX (CRUE DU 17/10/1979)
- 4.13 CAPACITE D'ECOULEMENT
- 4.14 COURBE S-Q DU CHENAL A L'AVAL (1/2 ~ 2/2)
- 4.15 COEFFICIENT PRIMAIRE DE RUISSELLEMENT
- 4.16 HYDROGRAPHES ESTIMES ET ENREGISTRES
- 4.17 DEBITS DE POINTE DE CRUE COMPARES

- 4.18 DISTRIBUTION PROBABLE DES DEBITS DE CRUE
- 4.19 DEBIT ENREGISTRE ET ESTIME (1/2~2/2)
- 4.20 ZONES AGRICOLES EXISTANTES ET POTENTIELLES
- 4.21 ECHELLE DU PLAN DE CONTROLE DES CRUES PAR DIQUE
- 4.22 LOCALISATION DES PLANS DE CONTROLE DES CRUES PAR DIQUE (1/2 ~ 2/2)
- 4.23 AIRE UTILE (1/2 ~ 2/2)
- 4.24 RESERVOIR OPTIMUM DU BARRAGE N° 16
- 4.25 PERIODE PREVUE DE FONCTIONNEMENT DE LA RETENUE
- 4.26 HYDROGRAPHE DE CRUE POUR L'EVACUATEUR (1/2 ~ 2/2)
- 5.1 CARTE D'EPICENTRE DES SEISMES AFFECTANT LES SITES
- 5.2 CARTE GEOLOGIQUE DU SITE DE TIMKIT (N°16)
- 5.3 COUPES GEOLOGIQUES DU SITE DE TIMKIT (N°16)
- 5.4 CARTE GEOLOGIQUE DU SITE D'OUKHIT (N°28)
- 5.5 COUPES GEOLOGIQUES DE SITE D'OUKHIT (N°28)
- 5.6 CARTE GEOLOGIQUE DE SITE D'OULHOU (N°29)
- 5.7 COUPES GEOLOGIQUE DE SITE D'OULHOU (N°29)
- 5.8 CARTE DE SITUATION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DU SITE DE TIMKIT
- 5.9 CARTE DE SITUATION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DE SITE D'OUKHIT
- 5.10 CARTE DE SITUATION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DE SITE D'OULHOU
- 5.11 COUPE DE LUGEON VALUE DU SITE DE TIMKIT (N°16)
- 6.1 COUPE SCHEMATIQUE MONTRANT LA STRUCTURE HYDROLOGIQUE
- 6.2 CARTE DES COURBES DE NIVEAU DES NAPPES PHREATIQUES NON CONFINÉES (Dépôts Alluviaux)
- 6.3 CARTE DE SURFACE PIEZOMETRIQUE DES NAPPES PHREATIQUES (Crétacé, Jurassique)
- 6.4 ISO-CARTE DE LA VALEUR DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE) (Dépôts Alluviaux)
- 6.5 ISO-CARTE DE LA VALEUR DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE) (Crétacé, Jurassique)

- 6.6 PH (Dépôts Alluviaux)
- 6.7 PH (Crétacé, Jurassique)
- 6.8 CARTE DE SITUATION DES TESTS DE POMPAGE, DES TESTS D'INFILTRATION ET D'ENREGISTREMENT DU NIVEAU DES NAPPES PHREATIQUES
- 6.9 CARTE DE SITUATION DES ECHANTILLONS POUR DETERMINATION DE L'AGE DES EAUX
- 6.10 DIAGRAMME DES TYPES
- 6.11 DIAGRAMME TRILINEAIRE
- 6.12 QUALITE DE L'EAU DANS LE BASSIN
- 6.13 STRUCTURE DE PUIITS
- 6.14 DIAGRAMME ET DEBIT DE PUIITS DE POMPAGE (DEBIT CONTINU)
- 7.1 POINTS D'ECHANTILLONNAGE
- 7.2 CRITERE DE QUALITE POUR L'EAU D'IRRIGATION
- 8.1 ORGANIGRAMME DES INVESTIGATIONS
- 8.2 SYSTEME DIGITAL D'ANALYSE DES IMAGES
- 10.1 CARTE DE SITUATION DES SITES DE BARRAGE
- 10.2 PROFIL GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE DU BASSIN
- 10.3 PROFIL EN TRAVERS DES SITES (1/4 ~ 4/4)
- 10.4 COURBE H-V DE RETENUE A CHAQUE SITE (1/4 ~ 4/4)
- 11.1 RETENUE DE STOCKAGE ET COURBE SURFACE VOLUME (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.2 RETENUE DE STOCKAGE ET COURBE SURFACE VOLUME (BARRAGE D'OUKHIT)
- 11.3 RETENUE DE STOCKAGE ET COURBE SURFACE VOLUME (BARRAGE D'OULHOU)
- 11.4 PLAN DES OUVRAGES DE BARRAGE (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.5 VUE EN AMONT (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.6 VUE EN AVAL (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.7 VIDANGE DE FOND ET OUVRAGE DE PRISE (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.8 COUPE TYPE DU BARRAGE (BARRAGE DE TIMKIT)
- 11.9 PLAN DES OUVRAGES DE BARRAGE EN MACONNERIE (BARRAGE EN MACONNERIE D'OUKHIT)

- 11.10 COUPE LONGITUDINALE DU BARRAGE  
(BARRAGE EN MACONNERIE D'OUKHIT)
- 11.11 COUPE TYPE DU BARRAGE ET DE LA PRISE  
(BARRAGE EN MACONNERIE D'OUKHIT)
- 11.12 PLAN DES OUVRAGES DE BARRAGE EN MACONNERIE  
(BARRAGE EN MACONNERIE D'OULHOU)
- 11.13 COUPE LONGITUDINALE DE BARRAGE  
(BARRAGE EN MACONNERIE D'OULHOU)
- 11.14 COUPE DE BARRAGE ET DE LA PRISE  
(BARRAGE EN MACONNERIE D'OULHOU)
- 12.1 ORGANIGRAMME PROPOSE POUR LA MISE EN OEUVRE DU PROJET
- 12.2 PROGRAMME DE REALISATION DES PRINCIPAUX  
(BARRAGE DE TIMKIT)
- 12.3 PROGRAMME DE REALISATION DES PRINCIPAUX TRAVAUX  
(BARRAGE D'OUKHIT)
- 12.4 PROGRAMME DE REALISATION DES PRINCIPAUX TRAVAUX  
(BARRAGE D'OULHOU)
- 13.1 RESERVOIR DE TIMKIT
- 13.2 RESERVOIR D'OUKHIT
- 13.3 RESERVOIR D'OULHOU
- 14.1 ZONE AGRICOLE DE TOUROUG

**CHAPITRE 1**  
**INTRODUCTION**





## 1.1 GENERALITES SUR LE PROJET

(1) Depuis l'indépendance, le Gouvernement Marocain a déployé de grands efforts en vue d'atteindre l'auto-suffisance alimentaire, y compris l'alimentation en eau potable et industrielle.

Dans cette optique, le Gouvernement Marocain a décidé d'appliquer une politique orientée vers la mobilisation du maximum de ressources en eau, et ceci grâce à la construction d'un grand barrage et de quinze petits barrages par an d'ici l'an 2000. Cet effort est effectué parallèlement à la recherche et à l'exploration de nouvelles ressources en eau.

Dans ce contexte, l'Administration de l'Hydraulique (Ministère des Travaux Publics, de la Formation Professionnelle et de la Formation des Cadres) a lancé et réalisé une étude de barrages de petite et moyenne dimension dans la partie Centre-Est du Royaume (Bassin du Rhéris). Cette étude a pour but de satisfaire aux besoins de la population locale en eau potable et pour l'irrigation, ainsi que la maîtrise des crues.

L'Oued Rhéris connaît des crues provoquées par de fortes chutes de pluie concentrées sur une courte période de temps; le débit maximum enregistré jusqu'ici a été de  $3.134\text{m}^3/\text{sec}$  en 1966 à Tadirhoust.

D'après les résultats de recensement de 1982, la population totale des Communes situées dans le Bassin du Rhéris était de 167000 habitants (incluant une partie du Cercle de Rissani). Les plus grandes concentrations de population sont à Tinerhir, Goulmima, Tinejdad, Jorf / Fezna et Mellab.

L'agriculture et l'élevage extensifs constituent les activités principales dans la région.

L'utilisation au maximum des eaux de surface du bassin est envisagée pour les buts suivants:

- l'irrigation d'environ 5.200 Ha
- la création de points d'eau pour le bétail
- l'alimentation des besoins partiels en eau potable des populations locales
- la maîtrise des crues dans les régions en aval

(2) Pour réaliser les objectifs précités, le Gouvernement Marocain a demandé l'assistance technique du Gouvernement Japonais. En réponse à cette demande, le Gouvernement Japonais a décidé de financer la réalisation de l'Etude du Projet de Construction de Barrages de Petite et Moyenne Dimension dans le Bassin Versant du Rhéris en accord avec les lois et règlements en matière de coopération en vigueur au Japon.

L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA), agence officielle responsable de la réalisation des programmes de coopération technique du Gouvernement Japonais, a envoyé au Maroc en Juillet 1988 une mission d'Evaluation du Projet pour discuter les détails du projet avec l'Administration de l'Hydraulique (AH).

La Consistance des Travaux avec ses Annexes a été approuvée par accord commun des deux parties et signée le 5 Août 1988. Par la suite la JICA a mis sur pied l'Equipe d'Etude munie d'équipements d'investigations nécessaires à l'exécution de l'Etude.

L'Equipe d'Etude de la JICA a été envoyée au Maroc à partir de mi-Décembre 1988 pour commencer effectivement les travaux d'étude. L'Equipe d'Etude a préparé et présenté à l'AH le 16 Décembre 1988 un rapport méthodologique provisoire qui a été discuté par les deux parties. Après avoir subi de légères modifications approuvées par les deux parties, le Rapport Méthodologique a été présenté à l'AH qui l'a accepté.

(3) L'ensemble des travaux d'étude proposés dans le Rapport Méthodologique se divise en trois parties :

- Partie "A" : Recueil des données et investigations supplémentaires.
- Partie "B" : Etablissement du plan de base accompagné des analyses, évaluations et plannings de l'étude.
- Partie "C" : Etablissement du plan prioritaire à réaliser.

La Figure 1.1 montre le programme d'ensemble de l'étude tandis que les Figures 1.2 à 1.4 montrent respectivement les programmes des travaux des parties "A", "B" et "C".

## 1.2 TRAVAUX D'ETUDE

Les travaux d'étude au Maroc se sont déroulés en deux phases, soit de Décembre 1988 à Mars 1989, puis de Juillet 1989 à Octobre 1989. Les travaux effectués au Japon ont eu lieu avant aussi bien qu'après les travaux sur le terrain comme le montre la Figure 1.5.

Tous les travaux d'investigations sur le terrain se sont déroulés conformément au programme établi sauf pour les investigations géologiques au site de barrage de Timkit où on a rencontré certaines difficultés dues à l'inondation survenue le 1er Octobre 1989. Cependant, les investigations sur le terrain, y compris les forages carotés, ont été terminées à la fin du mois d'Octobre 1989.

### 1.3 RESULTATS DES TRAVAUX D'ETUDE

Les rapports des résultats des travaux et analyses qui ont été effectués au cours des études durant la période de 16 mois allant de Décembre 1988 à Mars 1990, ont été présentés à l'Administration de l'Hydraulique au fur et à mesure de leur achèvement. Ces rapports comportent les suivants:

<u>Noms des rapports</u>	<u>Date de présentation</u>
1. Rapport d'Amorçage	Décembre 1988
2. Rapport d'Activite No.1	Avril 1989
3. Rapport Intermediaire	Août 1989
4. Rapport d'Activite No.2	Novembre 1989
5. Projet de Rapport Final	Février 1990
6. Rapport Final	Mars 1990

Le présent rapport final contient les résultats des travaux effectués dans les Parties "A", "B" et "C". Ces résultats consistent dans l'établissement des plans de base des trois barrages prioritaires contenus dans le plan directeur de l'étude. Mais pour réaliser l'aménagement des barrages plus tard, il serait nécessaire d'effectuer des études plus détaillées afin de clarifier les points qui n'ont pas été inclus dans la présente étude.

### 1.4 PERSONNEL D'ETUDE

Les membres de l'Equipe d'Etude de la JICA, les responsables et le personnel de contrepartie de l'AH ayant participé à la réalisation de l'étude sont :

Responsables et Personnel de contrepartie de l'AH

---

(i) Rabat	
- M. Jamal MAHFOUD	Chef du Projet
- M. A. BEN ABDELFADEL	Hydrologie
- M. FATIH	Géologie
- M. NASSOUH	Géologie
- Mme. OUARAK	Géotechnique
- M. MOHAMADI	Conception des Ouvrages

- M. DIRHAR Conception des Ouvrages
  - M. OUBALKACE Planification des Eaux
  - M. SAIDI Planification des Eaux
- (ii) Errachidia
- M. Mohamed EL YAHYAOUI Directeur Région Hydraulique
  - M. Abdelhak KOUSSAIR Hydrogéologie
  - M. Abdezzahid CHADAD Hydrologie
  - M. Mohamed MARZOUK Hydrogéologie
  - M. BELMATRIK Hydrogéologie
  - M. My Seddik NACIRI Planification/Laboratoire

Membres de l'Equipe d'Etude de la JICA

-----

- M. Makoto TSUDA Directeur
- M. Kiyohiro INOUE Etude de barrage (Adjoint)
- M. Yasushi SHIMANO Hydrologie
- M. Tadao SUZUMURA Géologie du barrage
- M. Makoto UOTANI Géologie
- M. Suheil SROUR Analyse des eaux/  
environnement
- M. Yukishi TOMIDA Hydrogéologie
- M. Munehisa MURAYAMA Etude de barrage
- M. Toshio KAMIYA Exécution/estimation
- M. Atsuro TAKAOKA Topographie
- M. Victor J. KUMAR Economiste
- M. Takehiko HIRANO Utilisation des sols
- M. Susumu HORIBE Util. sols/Téledétection
- M. J.C. MEYOUPO LOWE Interprète

Au cours d'exécution des travaux d'étude, l'Equipe d'Etude de la JICA a pu avoir parfois des échanges de vues sur divers problèmes techniques avec les ingénieurs de contrepartie de l'AH. Deux ingénieurs de l'AH, Monsieur Abdelhamid BEN ABDELFADEL et Monsieur Abdelilah FARAH ont fait une visite d'environ un mois au Japon en Novembre-Décembre 1989 pour participer à une formation organisée par la JICA. La Figure 1.6 montre le calendrier d'affectation du personnel de la JICA.

## **CHAPITRE 2**

### **DONNEES DE BASE DE L'ETUDE**



## 2.1 SOURCES DES DONNEES

La plupart des données au niveau national telles que les cartes topographiques, les cartes géologiques, les photos aériennes et les statistiques socio-économiques ont été recueillies des organismes gouvernementaux centraux tels que les Ministères des Travaux Publics, de l'Habitat, de la Santé, de l'Education, des Mines, etc...

D'autre part, la plupart des données détaillées au niveau provincial ont été recueillies des organismes provinciaux situés à Errachidia, tels que la Province d'Errachidia dépendant du Ministère de l'Intérieur, la Direction Hydraulique Régionale, la Direction Provinciale des Travaux Publics, etc...

Des données plus détaillées ont été obtenues de plusieurs caïds de Cercles et Communes dans la région de l'étude au moyen de formulaires et d'enquêtes-interviews.

La mission de travail de la JICA envoyée au Maroc en Juillet 1988 avait également recueilli diverses données des agences gouvernementales concernées. Ces données ont été pleinement utilisées pour l'étude.

## 2.2 CARTES ET PHOTOS AERIENNES

Des cartes topographiques à l'échelle de 1/100.000, 1/250.000 et 1/500.000 qui couvrent entièrement la région du projet, ont été recueillies. Cependant, les cartes à l'échelle de 1/50.000 ne sont disponibles que pour une petite région limitée à proximité de Goulmima.

Des cartes géologiques générales à l'échelle de 1/500.000 qui couvrent toute la région du projet, ont été obtenues. Pour environ 80% de la région du projet, des cartes géologiques générales à l'échelle de 1/250.000 ont été utilisées.

Un total de 918 feuilles de photos aériennes à une échelle d'environ 1/40.000 ont été obtenues. Ces photos aériennes couvrent toute la région du projet. Cependant, certaines ne sont pas très claires pour l'analyse.

Ces cartes et photos aériennes ont été utilisées pour diverses investigations et enquêtes dans toute la région couverte par le projet.

## 2.3 DONNEES METEO-HYDROLOGIQUES

### 2.3.1 Données météorologiques

Il existe 27 postes d'observation à l'intérieur et autour de la région du Bassin du Rhéris faisant l'objet de l'étude. Des enregistrements de précipitations journalières sont disponibles dans ces 27 postes, toutefois les enregistrements à 10 postes parmi ceux-ci sont incomplets ou couvrent une très courte période. La répartition mensuelle moyenne des précipitations à Tadirhoust, située au centre de la région d'étude, indique des précipitations minimales de 0,4 mm en Juillet et des précipitations maximales de 23,1 mm en Novembre.

La carte isohyète dans la région de l'étude développée sur la base mentionnée ci-dessus indique que la région montagneuse au Nord a des précipitations moyennes annuelles allant de 200 mm à 300 mm et la basse région de la plaine a des précipitations inférieures à 150 mm ayant tendance à diminuer vers l'aval où les précipitations annuelles sont de 50 mm seulement.

L'évaporation journalière est observée dans 4 postes à Tadirhoust, Aït Bouijane, Tirga, Erfoud Radier. L'évaporation annuelle maximale a été enregistrée à 4.344 mm à Erfoud Radier et la plus faible enregistrée était de 2.592 mm à Tirga.

Les enregistrements de la température ambiante journalière sont également disponibles aux 4 postes mentionnés ci-dessus. La température ambiante la plus basse a été enregistrée à 6,6°C en Janvier à Tirga et la plus élevée à 33,6°C en Août à Erfoud Radier.

Les enregistrements journaliers de la vitesse et de la direction du vent s'effectuent aux postes de Tadirhoust et de Aït Bouijane. La vitesse moyenne mensuelle du vent varie entre 1,5 m/s et 2,5 m/s à Tadirhoust. La direction Est et Est-Ouest du vent est prédominante à Tadirhoust pendant l'année alors que la direction Est et le changement de direction Est ou Ouest sont prédominants à Aït Bouijane.



### 2.3.2 Données hydrologiques

Il existe 10 postes de jaugeage du niveau des eaux et du débit , 6 sur le cours d'eau principal du Rhéris, 3 sur l'oued Todrha et 1 sur l'oued Ifer. Cependant, les 6 postes de jaugeage de Tirga, Taghia, El Haroun , Megta Sfa, Ifer et Ferkla ne disposaient que des enregistrements du niveau d'eau pendant la saison des crues. Le poste de jaugeage de Meroucha installé en 1978 à proximité de Tinejdad sur l'oued Todrha ne disposait que des données recueillies en 8 ans d'enregistrements dont plusieurs sont manquants. Par conséquent , les données utiles pour l'analyse des basses eaux ont été uniquement obtenues de 3 postes de jaugeage à Tadirhoust et Hamida sur l'oued Rhéris et Aït Bouijane sur l'oued Todrha.

Le jaugeage du débit réel a été réalisé à l'aide d'un moulinet aux postes de jaugeage une fois par mois en moyenne. Pendant certaines périodes de crues, des mesures plus fréquentes ont été exécutées.

L'AH a élaboré des courbes de débit à ces postes de jaugeage et a exprimé dans une formule la conversion des niveaux journaliers de l'eau en débits moyens journaliers.

### 2.4 DONNEES HYDRO-GEOLOGIQUES

L'équipe d'étude a recueilli les données hydrogéologiques suivantes de l'AH et de son bureau local:

- 1) L'inventaire des puits d'observation et des enregistrements du niveau de l'eau (121 puits)
- 2) La carte de localisation des puits tubulaires (80 puits)
- 3) L'inventaire des puits profonds dans la région de l'étude (195 puits)
- 4) Le résultat des essais de pompage (16 puits)
- 5) L'inventaire des Khettaras dans la région de l'étude (90 Khettaras)
- 6) Les conditions de l'utilisation de l'eau à l'intérieur et autour de la région de Goulmima (278 puits).
- 7) Les ressources d'eau au Maroc (Région sud atlantique) , 1977
- 8) L'histoire de la stratigraphie au Maroc, 1950.

L'observation du niveau des eaux a débuté en 1951 et se poursuit dans 121 puits d'observation dont 112 creusés sont pour la plupart localisés dans des Mosquées dans la région de Goulmima, d'Erfoud et 9 puits tubulaires.

L'observation du niveau d'eau est effectuée une fois par mois en moyenne.

## 2.5 DONNEES SISMIQUES

Les données relatives à 1518 événements sismiques enregistrés dans le passé ont été collectées du Centre National de Coordination et de Planification de la Recherche Scientifique et Technique.

Ces données couvrent la période allant de 1901 à 1980. Environ 400 parmi ces événements ont été analysés, qu'ils puissent ou non affecter la conception des barrages.

## 2.6 DONNEES DE LANDSAT

La bande d'ordinateur compatible (Computer Compatible Tape-CCT) du Scanner Multi-Spectral (MSS) a été utilisée pour les données du satellite LANDSAT. Lors de la récupération des données de CCT, celles considérées comme étant convenables en termes de volume de nuage et de qualité d'image, ont été sélectionnées pour les trois saisons sèche, humide et des crues. Ces données ont principalement été obtenues de la station de réception italienne EARTHNET.

D'autre part, on a également recueilli d'autres données à nécessaires pour l'élaboration des cartes de base telles que les cartes topographiques et géologiques de l'aire de l'étude.

## 2.7 LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

Des données socio-économiques détaillées et complètes ont été extraites des documents suivants, publiés en grande partie par le Ministère du Plan :

- 1) Annuaire Statistique du Maroc, 1980
- 2) Recensement de la population en 1971 et 1982

- 3) Les caractéristiques socio-économiques de la population , 1982
- 4) Analyse et tendances démographiques au Maroc , 1986
- 5) Consommation et dépenses des ménages, 1984/1985.

Les données suivantes au niveau régional dans la province d'Errachidia ont également été recueillies et utilisées :

- 1) Province d'Errachidia en statistiques (1988)
- 2) Projets de l'administration sur l'éducation, l'agriculture et les données de la population.
- 3) Recensement des artisans traditionnels, 1987
- 4) Statistiques monographiques, 1987.
- 5) Situation générale sur l'alimentation en eau dans le bassin Rhéris-Ziz, 1988
- 6) Enquête sur l'eau potable dans les centres ruraux
- 8) Etude d'inventaire sur les barrages de petite et moyenne dimension dans la province d'Errachidia, 1987.
- 9) Etude pour le développement des bassins du Rhéris et de Guir, 1970
- 10) Etude pour l'infrastructure hydro-agricole, 1987.

Après avoir examiné les données relatives à la région couverte par étude, l'Equipe d'Etude a effectué des enquêtes sur le terrain pour vérifier, confirmer et recueillir les données manquantes.



## **CHAPITRE 3**

# **ETUDE DE RECONNAISSANCE ET INVESTIGATIONS**



### 3.1 ETUDE DE RECONNAISSANCE ET INVESTIGATIONS SUPPLEMENTAIRES EFFECTUEES

#### 3.1.1 Généralités -----

La JICA a envoyé au Maroc le 16 Décembre 1988 une équipe d'étude comprenant six (6) membres qui ont immédiatement commencé leurs investigations sur le terrain, chacun dans son domaine de spécialité. Les investigations se sont poursuivies pendant environ un mois sur l'ensemble de l'aire de l'étude du bassin de l'oued Rhéris couvrant environ 14.500 km<sup>2</sup>. Dans sa partie aval, l'oued Rhéris coule vers le Sud parallèlement à l'oued Ziz au droit des villes d'Erfoud et Rissani. Ces zones situées aux abords et entre les deux oueds sont bien cultivées et très peuplées, et il est assez difficile de délimiter les limites de drainage. Les investigations sur le terrain ont également couvert ces zones dans la mesure où les deux cours d'eau présentent d'étroites relations dans l'utilisation de l'eau.

La reconnaissance sur le terrain a été effectuée pour déterminer les conditions générales de l'aire de l'étude sur le plan de la géographie, de la topographie, de la géomorphologie, de la géologie, de l'utilisation des sols, des ressources en eau, de l'hydrologie, du niveau de vie, de l'environnement naturel et social, des transports, des communications, etc... Cette étude de reconnaissance a permis d'identifier 28 sites éventuellement appropriés pour la construction des barrages. On a ajouté par la suite 4 autres sites après une nouvelle reconnaissance sur le terrain et l'étude des cartes.

Après l'examen des premières données recueillies, une seconde enquête de reconnaissance sur le terrain a débuté en mi-Janvier 1989 dans les domaines de l'ingénierie et de l'économie. Un deuxième groupe de cinq (5) membres de l'Equipe d'Etude a rejoint le terrain à partir du 10 Janvier 1989. La seconde étude de reconnaissance sur le terrain s'est poursuivie jusqu'à mi-Mars 1989.

L'Equipe d'Etude est rentré à Tokyo en fin-Mars 1989 avec l'ensemble des données recueillies lors de la première et de la seconde études de reconnaissance. L'Equipe d'Etude est retournée au Maroc au début de Juillet 1989 pour continuer les investigations sur le terrain. Les travaux sur le terrain se sont poursuivis parallèlement aux travaux d'analyse jusqu'à la fin d'Octobre 1989. Durant cette période l'Administration de l'Hydraulique a avisé l'Equipe d'Etude que les zones hautement prioritaires sur le plan de l'approvisionnement en eau étaient Tinejdad, Mellaab, Jorf/Fezna et Tafilalet, toutes ces localités étant situées de la zone moyenne à la zone aval de l'oued Rhéris.

L'Equipe d'Etude a entrepris des investigations de reconnaissance supplementaires sur l'oued Tarda et sur plusieurs affluents de l'oued Todrha pour essayer d'identifier des sites éventuellement convenables de barrages pouvant permettre l'approvisionnement en eau de ces zones critiques. Il a ainsi été étudié un site de barrage sur l'oued Tarda et trois sites sur les affluents de l'oued Todrha. Ces sites se sont cependant révélés peu propices pour un développement futur et une étude plus détaillée.

### 3.1.2 Consistance des investigations effectuées

---

Les études de reconnaissance sur le terrain ont principalement couvert les volets suivants :

- Investigations topographiques et géologiques de tous les 32 sites de barrages identifiés.
- Investigations sur le terrain pour l'analyse des données du satellite LANDSAT
- Etude du niveau de la nappe phréatique dans les puits
- Essais d'infiltration sur le terrain
- Essais de sondage électrique pour clarifier l'existence de nappes souterraines potentielles ainsi que leur profondeur
- Analyse de la qualité de l'eau à partir des échantillons d'eau prélevés dans les puits, les oueds, les sources et les khettaras.
- Installation de deux pluviomètres
- Installation de deux appareils d'enregistrement du niveau de la nappe phréatique
- Etudes socio-économiques et de l'environnement



### 3.2 INVESTIGATIONS SUPPLEMENTAIRES EFFECTUEES

#### 3.2.1 Généralités

Sur la base des études de reconnaissance sur le terrain, a été préparé le programme détaillé des investigations supplémentaires qui ont été réalisées par des entreprises locales sous la surveillance des experts de l'Equipe d'Etude de la JICA.

Ces investigations ont été effectuées en deux étapes. Les investigations topographiques des oueds et des sites éventuellement convenables de barrages ont été réalisées de Janvier à Mars 1989 en tant que première phase. Les travaux de la seconde phase se sont déroulés d'Août à Septembre 1989 et ont comporté les investigations topographiques et géologiques détaillées ainsi que les explorations sismiques des trois sites de barrage retenus comme étant prioritaires, à savoir Timkit (N°16), Oukhit (N°28) et Oulhou (N°29).

#### 3.2.2 Quantités des travaux relatifs aux investigations supplémentaires

##### a) Investigations topographiques (1ère phase)

Les investigations topographiques de la première phase ont consisté en :

- Profils en long et en travers des oueds Rhéris , Tarda, Todrha et Tanguerfa
- Profils des 25 sites éventuellement convenables de barrages.

Les quantités des travaux peuvent se résumer comme suit :

##### (i) Profils en long (Unité = Km)

Nom de l'oued	Longueur levée	Longueur préévue	Différence
1. Rhéris	128	125	+ 3
2. Tarda	39	40	- 1
3. Todrha	106	90	+ 16
4. Tanguerfa	45	45	
TOTAL	318	300	+ 18

(ii) Nombre et longueur des profils en travers

Nom de l'oued	Nombre de profils	Longueur totale (km)	largeur moyenne (m)
1. Rhéris	126	52	412
2. Tarda	39	17	436
3. Todrha	116	19	164
4. Tanguerfa	55	14	255
TOTAL	336	102	304

Le nombre de profils en travers prévu au départ est de 350, mais il a été réduit à 336 en vue des conditions topographiques rencontrées.

b) Investigations topographiques (2ème phase)

Sur un total de 32 sites éventuels, 3 sites ont été sélectionnés comme étant faisables en priorité, à savoir Timkit (N°16), Oukhit (N°28) et Oulhou (N°29). Des investigations plus détaillées ont été effectuées pour ces trois sites et leur superficie de retenue respective d'Août à Octobre 1989. Les quantités des travaux topographiques réalisés sont résumés ci-après :

Description	Quantités
1 - Cartes topographiques	
- Superficie totale des 3 sites (Ech 1/500)	75 Ha
- Superficie totale des 3 réservoirs (Ech 1/5.000)	18 km <sup>2</sup>
2 - Levés	50 km
3 - Cheminement	50 km
4 - Mise en place de repères permanents	6 points
5 - Mise en place de postes permanents	6 points

c) Investigations géologiques

Des investigations géologiques ont été effectuées aux trois sites de barrages décrits ci-dessus entre Août et Octobre 1989. Les domaines et quantités des investigations géologiques sont indiqués au tableau suivant :

Nom du barrage	Exploration sismique	Carottage	Installation de tubes perforés
1 - Timkit	6 profils, 1192m	3 trous, 115m	15 m
2 - Oukhit	7 profils, 1966m	3 trous, 71m	10 m
3 - Oulhou	7 profils, 1842m	3 trous, 70m	15 m
TOTAL	20 profils, 5000m	9 trous, 256m	40 m

Tous les rapports sur les investigations, y compris les cartes correspondantes, les photos... ont été séparément élaborés comme "fichier de données" avec les données hydro-géologiques ainsi que les résultats des essais en laboratoire et de l'analyse de la qualité de l'eau.



## **CHAPITRE 4**

### **ETUDE METEO-HYDROLOGIQUE**



#### 4.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude a pour objectif la clarification des conditions météorologiques et hydrologiques de l'aire de l'étude. Ceci permettra de faire l'évaluation des sites de barrages sélectionnés en vue d'améliorer l'alimentation en eau et la maîtrise des crues. Le Tableau 4.1 présente la liste des sites identifiés tandis que la Figure 4.1 montre l'emplacement du bassin. Les Figures 4.2 et 4.3 présentent le calendrier de l'étude des hautes eaux et des basses eaux sur le plan de l'hydrologie.

#### 4.2 COLLECTE DES DONNEES

##### 4.2.1 Etude météorologique

-----

###### i) Pluviométrie

Il y a 28 stations pluviométriques dans l'aire de l'étude et dans ses environs. Les Figures 4.1 et 4.4 montrent l'emplacement de ces stations ainsi que la disponibilité des données. La carte isohyète élaborée à partir des valeurs annuelles indiquées à la Figure 4.1 indique que la pluviométrie annuelle moyenne varie de 100 mm à 150 mm dans les plaines basses et de 200 mm à 300 mm dans les zones montagneuses. Le Tableau 4.2 montre la pluviométrie annuelle dans chaque station.

La pluviométrie moyenne mensuelle indiquée au Tableau 4.3 fluctue de 0,4 mm en Juillet à 23,1 mm en Octobre à la station de Tadirhoust située dans la partie centrale du bassin du Rhéris.

###### ii) Evaporation

La valeur annuelle de l'évaporation mesurée par "bac" s'établit à 2.957 mm à Tadirhoust, 3.139 mm à Aït Bouijane, 2.582 mm à Tirga et 4.344 mm à Erfoud Radier comme le montre le Tableau 4.4.

###### iii) Température

La moyenne mensuelle des températures relevées au Tableau 4.5 varie entre 9,1°C en Janvier à 30,7°C en Août à la station de Tadirhoust.

iv) Vitesse et direction du vent

Comme l'indique le Tableau 4.6, la vitesse du vent se situe à 1,5 m/s en Décembre et 2,5 m/s en Juillet à Tadirhoust, et 1,6 m/s en Décembre et 3,2 m/s en Juillet à Aït Bouijane. Les directions du vent présentées au Tableau 4.6 sont Est et/ou Nord-Est de Janvier à Août, puis Est de Septembre à Décembre à Tadirhoust. Elles sont Est et parfois Ouest pendant toute l'année à la station d'Aït Bouijane.

v) Autres données météorologiques

D'autres données concernant notamment l'humidité et l'ensoleillement sont disponibles dans le bassin du Rhéris et dans ses environs.

4.2.2 Données hydrologiques

i) Hautes eaux

Le volume d'écoulement annuel de crue de pointe est indiqué au Tableau 4.7. Le maximum enregistré à la station de Tadirhoust est de 3.134 m<sup>3</sup>/s en Novembre 1965.

ii) Basses eaux

Les volumes moyens d'écoulement journalier ont été enregistrés aux stations de Tadirhoust, Aït Bouijane, Hamida et Maroutcha. Les moyennes annuelles de l'écoulement journalier sont données au Tableau 4.8, tandis que le Tableau 4.9 résume volumes d'écoulement moyens mensuels à la station de Tadirhoust. La disponibilité des données de niveau des eaux et d'enregistrement des mesures de débit est indiquée à la Figure 4.5.

iii) Sédiments

Le Tableau 4.10 montre le transport solide mesuré à la station de Tadirhoust.



## 4.3 ETUDE HYDROLOGIQUE

### 4.3.1 Etude des hautes eaux

-----

#### i) Etude de la pluviométrie

Comme le montre le Tableau 4.11 les pluviométries probables de 1 jour et 3 jours ont été estimées aux stations pluviométriques par la méthode d'analyse de fréquence. La pluviométrie probable de 3 jours sur 25 ans a été estimée à 108 mm à Tadirhoust, 100 mm à Aït Bouijane, 75 mm à Hamida respectivement. On en a déduit que les pluviométries probables de 3 jours sur 25 ans fluctuent de 100 à 110 mm dans le bassin du Haut Rhéris et de 70 à 75 mm dans le bassin du Bas Rhéris.

La structure de la pluviométrie horaire a été examinée (voir la Figure 4.6) et il a été supposé que cette pluviométrie a une distribution concentrique, étant donné l'impossibilité de disposer de modèle horaire de pluviométrie à partir des données horaires enregistrées.

Le modèle de pluviométrie horaire pour 3 jours indiqué à la Figure 4.8 est dérivé des données de la Figure 4.7.

#### ii) Le modèle du bassin et des cours d'eau

Ce modèle a été élaboré en tant qu'outil de calcul de l'écoulement de crue au moyen d'un ordinateur. Le modèle tient compte de tous les éléments du mécanisme d'écoulement de crue tels que le bassin et le chenal de l'oued.

Le diagramme du système des oueds, la carte de division du bassin et le modèle du système des oueds sont respectivement présentés aux Figures 4.9, 4.10 et 4.11. La Figure 4.11 montre notamment que le bassin est divisé en 60 sous-bassins.

Le niveau des eaux de la crue du 17/10/1979 a été estimé par un calcul Non-Uniforme dans le but de développer un modèle de système d'oueds.

Le coefficient de rugosité ( $n$ ) utilisé dans les calculs Non-Uniformes a été fixé à 0,03 pour la présente étude. Les niveaux à Hamida et Goulmima ont été comparés et vérifiés avec les enregistrements et les interviews comme le montre la Figure 4.12, d'où il a été déduit que le modèle de système d'oueds était tout à fait approprié pour la présente étude. La capacité d'écoulement des oueds a été estimée sur la base du modèle comme l'indique la Figure 4.13. Les courbes de débit du volume stocké ( $S-Q$ ) des chenaux en aval ont été dérivées du modèle comme le montre la Figure 4.14.

iii) Modèle des hautes eaux

A partir des données disponibles d'écoulement de crue, l'analyse de l'écoulement de crue a été effectuée par application des données pluviométriques au modèle de simulation de l'écoulement de crue. Le modèle de fonction de retenue a été utilisé comme un modèle de simulation jugé approprié compte tenu des données disponibles. Les résultats de l'estimation ont été évalués par comparaison avec les données enregistrées pour déterminer les valeurs finales de l'écoulement de crue probable.

Les facteurs liés au bassin ont été préparés sur des cartes topographiques au 1/100.000. Il s'agit du bassin ou sous-bassin versant (km<sup>2</sup>), de la longueur (km) de l'oued dans le bassin/sous-bassin, et la pente d'ensemble du plus long cours d'eau depuis le point considéré jusqu'à la ligne de partage des eaux.

Les coefficients des fonctions de retenue et le temps de retard ont été estimés à partir des formules ci-dessous exprimées selon la pente du bassin et la longueur de l'oued :

$$\begin{aligned} K &= a \times 118,84 \times I^{0,3} \\ P &= b \times 0,175 \times I^{-0,235} \\ T1 &= c \times (0,047 \times L^{-0,56}) \quad (\text{Si } T1 < 0,0 \text{ alors } T1 = 0,0) \end{aligned}$$

où :

I = pente du bassin  
L = longueur de l'oued (km)  
T1 = temps de retard (heure)  
K, P = coefficients de fonction  
a, b, c = coefficients

Le coefficient d'écoulement primaire (f1) et la pluviométrie de saturation ont été estimés respectivement à 0,2 mm et 40,0 mm comme le montre la Figure 4.15.

L'adéquation de la fonction a été testée par comparaison des hydrographes observés à ceux estimés à Tadirhoust comme le montre la Figure 4.16. Cela signifie que les coefficients a, b et c ont été adoptés par tâtonnement. La Figure 4.16 a permis de conclure à l'adéquation du modèle développé pour le bassin. Les Tableaux 4.12 et 4.13 résument les fonctions de retenue pour le bassin et le chenal. Les valeurs de pointe de l'écoulement probable de crue obtenues par le modèle à Tadirhoust, Aït Bouijane et Hamida ont été comparées aux valeurs estimées à partir des données annuelles maximales comme l'indique la Figure 4.17. Il a été par conséquent conclu que le modèle développé était convenable pour l'ensemble du bassin.

De plus, les pointes d'écoulement de crue estimées avec des échelles de probabilité de 1 à 10 ans aux stations de Tadirhoust et d'Aït Bouijane ont été vérifiées par comparaison avec celles des barrages existants ou envisagés dans le bassin d'Ouarzazate (Oued Draa). Les pointes d'écoulement de crue des barrages N° 5, N° 7 et N° 8 sont respectivement de 0,41, 0,92 et 0,22 comme

l'indique le tableau 4.14. Il convient de souligner que la pointe d'écoulement de crue de 0,22 du site de barrage n° 8 (bassin versant = 1.990 km<sup>2</sup>) n'est pas si différente de celle de 0,27 relative à la station de Tadirhoust (bassin versant = 2.210 km<sup>2</sup>). La valeur de 0,41 obtenue pour le site N° 5 (bassin versant = 363 km<sup>2</sup>) est presque la même que celle (0,38) obtenue à la station d'Aït Bouijane (bassin versant = 655 km<sup>2</sup>). Par conséquent le modèle a été considéré comme étant tout à fait approprié pour le bassin.

#### iv) Distribution de l'écoulement de crue

La distribution probable de l'écoulement de crue dans le bassin du Rhéris a été estimée à partir du modèle développé et de la pluviométrie probable ajustée par la formule d'Horton. Les résultats sont présentés à la Figure 4.18.

### 4.3.2 Etude des basses eaux

-----

#### i) Etude de la pluviométrie

Une sélection des stations pluviométriques a été faite pour les besoins de l'étude de la disponibilité des données. Sur 27 stations, 17 ont été sélectionnées comme le montre la Figure 4.4. La pluviométrie moyenne pour chaque sous-bassin a été estimée à partir de la carte isohyète comme l'indique la Figure 4.1.

#### ii) Modèle du bassin

Le modèle du bassin, qui est un modèle de base pour l'étude du bilan d'eau, a été élaboré de la même façon que le modèle des hautes eaux comme le montre la Figure 4.2. Le point de base a été considéré comme point de prise pour l'eau.

#### iii) Distribution des basses eaux

Le volume moyen annuel d'écoulement dans les réservoirs identifiés a tout d'abord été estimé à partir de la pluviométrie moyenne du bassin et des données d'écoulement enregistrées aux stations comme l'indique le Tableau 4.15.

Par la suite, l'étude des basses eaux a été faite selon le Modèle de Réservoir pour les sites de barrages proposés. Parmi les données de basses eaux sur 23 ans allant de 1962 à 1986, les données de 1983 (année de grande sécheresse) et celles de 1975 (qui avaient environ 1 à 2 ans de probabilité de basses eaux) ont été comparées avec les données de basses eaux par le modèle comme

le montre la Figure 4.19. Le modèle a été jugé convenable pour le bassin. Le Modèle de Réservoir élaboré à la station de Tadirhoust a été adopté pour le site d'Oukhit (N° 28) et celui d'Oulhou (N° 29) tandis que celui d'Aït Bouijane a été adopté pour le site de Timkit (N° 16) pour l'estimation du débit entrant. Les raisons de ce choix sont les suivantes : les caractéristiques du bassin du site de Timkit sont similaires à celles d'Aït Bouijane dans la mesure où l'oued de ce site est un affluent de l'oued Todrha où est située la station d'Aït Bouijane dans la mesure où l'oued de ce site est un affluent de l'oued Todrha où est située la station d'Aït Bouijane. Dans le cas des sites d'Oukhit et d'Oulhou, il a été constaté et déterminé comme suit :

- Le coefficient de ruissellement annuel du barrage d'Akerouz est de 0,09, soit à peu près égal à celui de la station de Tadirhoust.
- Le coefficient de ruissellement annuel du barrage Hassan Addakhil est de 0,08, soit à peu près égal à celui de la station de Tadirhoust.
- Les coefficients de ruissellement annuels des stations (à l'exception de celles d'Agouim, Aït Montade et Ifer dans le bassin d'Ouarzazate) sont de l'ordre de 0,07 avec une fluctuation de 0,04 à 0,09, soit à peu près équivalents à celui de la station de Tadirhoust (voir Tableau 4.16).
- Compte tenu des données du Tableau 4.14, l'efficacité de stockage des barrages N° 2, N° 5, N° 7 et N° 8 tourne autour de 0,05, avec environ 120 mm de pluviométrie annuelle. Par conséquent le coefficient de ruissellement annuel des barrages a été considéré comme étant égal ou supérieur à 0,05, ce qui n'est pas très différent de ce qui est observé à la station de Tadirhoust. C'est pour cela que l'étude des basses eaux a été jugée tout à fait appropriée pour le bassin.

#### iv) Plan d'alimentation en eau

La zone agricole constituant l'aire principale à approvisionner dans le bassin est indiquée à la Figure 4.20. Les superficies éventuellement concernées par chaque barrage sont indiquées dans le Tableau 4.17. Ce tableau montre également les zones pouvant être développées grâce au barrage quand les besoins en eau s'élèveraient à 7.000 m<sup>3</sup>/ha. Le plan d'alimentation en eau sera formulé à partir de l'étude du bilan d'eau prévue dans un prochain paragraphe.

#### v) Etude des sédiments

Le dépôt des sédiments dans le réservoir du barrage Hassan Addakhil situé dans le bassin du Ziz a été étudié. Le taux annuel moyen de sédiments a été estimé à 207 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an. Le taux annuel obtenu de la station de Tadirhoust (voir Tableau 4.10) s'établit à

474,3 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an mais la valeur de 237,0 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an du cas maximum de 1965 a été écartée. Par conséquent la valeur de 300 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an a été adoptée comme taux raisonnable de projet.

#### 4.3.3 Etudes complémentaires

-----

##### i) Installation de pluviomètres

Deux (2) pluviomètres automatiques ont été installés; l'un à Tarfia, à environ 12 km au Sud de Tinejdad et l'autre à Imidir, à environ 29 km au Sud-Ouest de Tinerhir.

##### ii) Mesure de débits de crue

Il n'a pas été procédé à la mesure de débit de crue pour la bonne raison qu'il n'y a pas eu de crue durant la période d'étude,

#### 4.4 PLAN DE MAITRISE DES CRUES

##### 4.4.1 Point de base

-----

Tinerhir, Tinejdad et Goulmima sont les principaux centres urbains dans le bassin du Rhéris. Goulmima a été choisi comme le point de base du plan de maîtrise des crues dans le cadre de cette étude, parce que cette ville revêt d'une importance particulière dans la région, étant donné les dommages causés par les crues dans le passé.

##### 4.4.2 Distribution probable des crues

-----

La distribution probable des crues dans le bassin du Rhéris a été estimée dans le paragraphe précédent. La Figure 4.18 présente l'écoulement de pointe de crue probable.

#### 4.4.3 Echelle de projet

L'échelle de projet du plan de maîtrise des crues par le barrage de Tadirhoust (N° 14) a été étudiée et ce plan a été jugé comme étant le plus efficace au niveau de Goulmima comme point de base. L'échelle de projet a été décidée sur la base d'une comparaison des valeurs nettes actuelles de la différence entre les coûts de construction du barrage et les bénéfices tirés des zones agricoles protégées des inondations par le barrage, et ceci sur la base d'un taux d'actualisation de 5 %. Le plan de maîtrise des crues par le barrage de Tadirhoust (N° 14) a été considéré comme n'étant pas économiquement faisable dans le cas où les bénéfices tirés des zones agricoles grâce au rôle protecteur du barrage se présentent comme le montre le tableau ci-après.

Ce tableau montre notamment qu'il est souhaitable que le barrage ait une fonction d'approvisionnement en eau des zones agricoles.

DESIGNATION	PROBABILITE (cas 1)			PROBABILITE (cas 2)		
	25 ans	50 ans	100 ans	25 ans	50 ans	100 ans
Cash flow (Million DH)	- 860	- 910	- 1100	- 119	- 43	- 145
Taux d'actualisation	0	0	0	5 %	5 %	5%
Taux Interne de Rentabilité (%)	-	-	-	3,5	4,4	3,5

Note : Cas 1 = Maîtrise des crues seulement  
Cas 2 = Maîtrise des crues + fourniture d'eau à l'agriculture

En second lieu a été examiné sur la base des mêmes procédures un plan de maîtrise des crues par digue. L'échelle de projet avec une probabilité de 1 sur 50 ans a semblé tout à fait faisable du point de vue économique comme le montre la Figure 4.21. Par conséquent le plan de maîtrise des crues par digue a été jugé plus approprié que tout autre plan de maîtrise par barrage et l'échelle de projet du plan a été déterminé comme ayant une probabilité de 1 sur 50 ans.

#### 4.4.4 Plan de maîtrise des crues

Comme indiqué au paragraphe précédent, un plan de maîtrise des crues par digue avec une probabilité de 1 sur 50 ans a été prévu. Les éléments de ce plan sont donnés ci-après tandis que

l'emplacement des digues est présenté à la Figure 4.22. Le plan de la digue en aval de Tinerhir est également indiqué dans des figures et résumé ci-après. Les dommages découlant des crues affecteront cette région avec la même probabilité de 1 sur 50 ans.

NOM DE LA DIGUE (m)	NOM ET N° DU PROFIL EN TRAVERS DE L'OUED	DISTANCE (m)	REMBLAI DE LA DIGUE (m <sup>3</sup> )	HAUTEUR DE LA DIGUE (m)
GOULMIMA	Oued Rhéris N° 198 à 112	8.750	11.500	0,60
KSAR-JEDID	Oued Rheris N° 91 à 93	2.070	3.000	0,65
TODRHA	Oued Tadrha N° 103 à 106	5.320	8.000	0,65

#### 4.5 PLAN DE DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU

##### 4.5.1 Généralités

Il s'agit d'examiner les plans de développement des ressources en eau procurées par les barrages de Timkit, d'Oukhit et d'Oulhou. Les éléments suivants ont été pris en compte dans la conception générale de chaque plan :

- Le développement à une échelle maximale des barrages d'Oukhit et d'Oulhou pour tenir compte des limites hydrologiques a été prévu, ceci étant donné le caractère limité des ressources en eau dans leurs bassins respectifs (faible pluviométrie) et la superficie peu importante des bassins versants (moins de 100 km<sup>2</sup>).
- L'échelle de développement du barrage de Timkit a été basée sur des ratios de comparaison coûts-avantages calculés à différents niveaux de débit entrant moyen annuel : 100 %, 80 % et 70 %, selon les conditions hydrologiques prévalant dans le bassin. L'objectif principal assigné à ce barrage est la fourniture de l'eau d'irrigation aux zones agricoles et de l'eau potable aux zones situées en aval.

##### 4.5.2 Débit d'apport des retenues

Les débits d'apport des retenues des barrages de Timkit, d'Oukhit et d'Oulhou ont été estimés sur la base des données d'écoulement

mensuel calculées par le "modèle de réservoir" (tank model) aux stations de Tadirhoust et d'Aït Bouijane comme exposé en haut.

#### 4.5.3 Zones bénéficiaires

-----

Les cartes de situation des zones bénéficiaires telles que les zones agricoles et les centres habités sont présentées à la Figure 4.23. Les zones agricoles se trouvant en aval de chaque barrage sont résumées ci-après :

NOM DE LA ZONE	NOM ET N° DU BARRAGE	ZONE AGRICOLE DU PROJET (ha)	ZONE AGRICOLE DE COMPENSATION (ha)
Timkit	Timkit (16)	138,0	22,0
Tinejdad	Timkit (16)	1.419,0	-
Oukhit	Oukhit (28)	50,0	-
Oulhou	Oulhou (29)	70,0	-
Touroug	Oulhou (29)	272,0	-

#### 4.5.4 Etude du bilan d'eau

-----

L'étude du bilan d'eau a été effectuée pour chaque site à partir des données de débits d'apport mentionnées au paragraphe 4.5.2 et des besoins unitaires en eau dans la région bénéficiaire. Les superficies à développer par les barrages de Timkit, Oukhit et Oulhou ont été estimées à 550 ha, 55 ha et 48 ha respectivement.

#### 4.5.5 Plan de développement des ressources en eau

-----

Les plans de développement des ressources en eau des barrages de Timkit, Oukhit et Oulhou ont été formulés à partir des résultats de l'étude du bilan d'eau du paragraphe précédent et sur la base des critères suivants :

- La période de récupération et de retour au niveau normal des eaux après leur libération de la retenue a été estimée à moins de 5 ans compte tenu du facteur de sécurité en matière d'utilisation de l'eau.
- L'échelle maximale de développement compte tenu des limites hydrologiques a été en général adoptée pour le plan.



- Les différentes échelles concevables pour le barrage de Timkit ont été étudiées et ont fait l'objet d'une évaluation économique qui a permis de déterminer l'échelle optimale.

Les plans de développement des ressources en eau de ces barrages ont été formulés comme indiqué ci-dessous. La capacité de retenue requise pour le barrage de Timkit a été fixée à 12 millions de m<sup>3</sup> selon les données à la Figure 4.24. La retenue utile destinée à la zone bénéficiaire en aval a été estimée comme le montre le tableau suivant :

NOM ET NUMERO DU BARRAGE	RETENUE REQUISE (millions m <sup>3</sup> )	ZONE AGRICOLE (ha)
Timkit (16)	12,00 (10,13)	550,0
Oukhit (28)	0,75 (0,69)	55,0
Oulhou (29)	0,68 (0,64)	48,0

NOTE : Les chiffres entre parenthèses représentent la retenue réelle utile, non compris les pertes par évaporation et par percolation.

#### 4.6 ECHELLE DE PROJET DU RESERVOIR

##### 4.6.1 Echelle de projet des retenues

L'échelle de projet des retenues (retenues utiles pour les zones bénéficiaires en aval) des barrages de Timkit, d'Oukhit et d'Oulhou a été dérivée de la retenue requise estimée précédemment et compte tenu des pertes par évaporation à partir de la retenue et de l'oued, ainsi que des pertes par percolation dans le corps du barrage. Les données d'évaporation à Ait Bouijane ont été adoptées pour le barrage de Timkit et celles à Tadirhoust pour les barrages d'Oukhit et d'Oulhou. Le volume de retenue nécessaire pour suppléer aux pertes par évaporation d'eau du réservoir a été estimé sur la base de l'évaporation journalière multipliée par la période prévue de fonctionnement du réservoir (voir la Figure 4.25). Les pertes par évaporation dans l'oued lors de l'évacuation des eaux de la retenue pour l'alimentation des nappes phréatiques ont été estimées sur la base de l'évaporation journalière et du flux de surface de l'oued comme expliqué ci-après.

Le taux spécifique de sédiments pour chaque barrage a été étudié et la valeur de 300 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an a été adoptée précédemment. La durée de vie utile du projet a été fixée à 50 ans pour le barrage de Timkit et à 25 ans pour les barrages d'Oukhit et d'Oulhou. Par conséquent le dépôt de sédiments a été estimé à 8,88 millions de m<sup>3</sup> pour le barrage de Timkit, à 0,65 million de m<sup>3</sup> pour le barrage d'Oukhit et à 0,59 million de m<sup>3</sup> pour le barrage d'Oulhou.