

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE  
LE GOUVERNEMENT DU ROYAUME DU MAROC

L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ POUR  
LE DÉVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU PAR  
LES BARRAGES MOYENS DANS LE MILIEU RURALE  
AU ROYAUME MAROC

**RAPPORT FINAL**

**VOLUME III**

**RAPPORT DE SOUTIEN (1)**

**SUR ÉTUDE DE BASE**

AOUT, 2001

CO-ENTREPRISE DE  
NIPPON KOEI CO., LTD. ET  
NIPPON GIKEN INC.

## ***LISTE DES RAPPORTS FINAL***

***Volume I: Résumé Exécutif***

***Volume II: Rapport Principal***

***Volume III: Rapport de Soutien (1) sur Étude de Base***

<i>Rapport de Soutien I:</i>	<i>Géologie</i>
<i>Rapport de Soutien II:</i>	<i>Hydrologie et Écrêtement des Crues</i>
<i>Rapport de Soutien III:</i>	<i>Socio-économie</i>
<i>Rapport de Soutien IV:</i>	<i>Évaluation Environnementale</i>
<i>Rapport de Soutien V:</i>	<i>Sol, Agriculture et Irrigation</i>
<i>Rapport de Soutien VI:</i>	<i>Plans de Développement des Ressources d'Eau Existantes</i>
<i>Rapport de Soutien VII:</i>	<i>Échelle de Développement des Projets</i>
<i>Rapport de Soutien VIII:</i>	<i>Évaluation des Projets et Identification des Priorité</i>

***Volume IV Rapport de Soutien (2.A) sur Étude de Faisabilité***

<i>Rapport de Soutien IX:</i>	<i>Photographies Aériennes et Levé de Terrain</i>
<i>Rapport de Soutien X:</i>	<i>Géologie et Matériaux de Construction</i>
<i>Rapport de Soutien XI:</i>	<i>Hydrométéorologie et Hydrogéologie</i>
<i>Rapport de Soutien XII:</i>	<i>Socio-économie</i>
<i>Rapport de Soutien XIII:</i>	<i>Sol, Agriculture et Irrigation</i>

***Volume V: Rapport de Soutien (2.B) sur Étude de Faisabilité***

<i>Rapport de Soutien XIV:</i>	<i>Alimentation en Eau et Électrification</i>
<i>Rapport de Soutien XV:</i>	<i>Détermination de l'Échelle des Projets et Réalimentation des Nappes Souterraines</i>
<i>Rapport de Soutien XVI:</i>	<i>Environnement Naturel et Social et Plan de Réinstallation</i>
<i>Rapport de Soutien XVII:</i>	<i>Conception Préliminaire et Estimation du Coût</i>
<i>Rapport de Soutien XVIII:</i>	<i>Évaluation Économique et Financière</i>
<i>Rapport de Soutien XIX:</i>	<i>Programme de Réalisation</i>

***Volume VI: Plans pour L'Étude de Faisabilité***

***Volume VII: Livre de Données***

<i>Livre de Données AR:</i>	<i>Photographies Aériennes et Levé de Terrain</i>
<i>Livre de Données GC:</i>	<i>Géologie et Matériaux de Construction</i>
<i>Livre de Données HY:</i>	<i>Hydrologie</i>
<i>Livre de Données SO:</i>	<i>Études des Sols</i>
<i>Livre de Données NE:</i>	<i>Environnement Naturel</i>
<i>Livre de Données SE:</i>	<i>Environnement Social</i>
<i>Livre de Données EA:</i>	<i>Évaluation Économie</i>

L'estimation du coût est basée sur le niveau de prix et le taux de change du mois d'avril 2000. Le taux de change est :  
1,0US\$= 10,68 Dirhams Marocains (DH) et  
100,0 Yens Japonais = 9,90 Dirhams Marocains (DH)

## PREFACE

En réponse à la demande du Gouvernement du Royaume du Maroc, le Gouvernement du Japon a décidé d'entreprendre l'étude de faisabilité pour développement des ressources en eau dans le milieu rural du Royaume. L'exécution de cette étude a été confiée à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a envoyé au royaume du Maroc, à trois reprises pendant la période de décembre 1999 à août 2001, une Mission d'étude dirigée par Monsieur Kawashima de NIPPON KOEI Co. LTD. (consistant en NIPPON KOEI et NIPPON GIKEN INC.) En plus, la JICA a organisé un comité conseil dirigé par M. Hayao Adachi, Conseiller en Chef de JICA entre décembre 1999 et août 2001 (et par Docteur Akira Niwa, Conseiller en Chef de JICA entre avril 2001 et juillet 2001) qui est chargé d'examiner l'étude du point de vue d'expert et technique. technical points of view.

La Mission a tenu des discussions avec les responsables intéressés du Gouvernement du Royaume du Maroc et a effectué les enquêtes sur place dans la région d'étude. De retour au Japon, la Mission a effectué des études plus détaillées et a rédigé ce rapport final.

J'espère que ce rapport puisse contribuer à la promotion du projet et à l'encouragement de la relation amicale entre nos deux pays.

Je tiens enfin à exprimer mes sincères remerciements aux responsables intéressés du Gouvernement du Royaume du Maroc pour la coopération étroite qu'ils ont bien voulu accorder à l'étude.

Août 2001



---

Kunihiko Saito

Président de l'Agence Japonaise  
de Coopération Internationale

A l'attention de Monsieur Kunihiko Saito  
Président, Agence Japonaise de Coopération Internationale  
Tokyo, Japon

## LETTRE DE REMISE DU DOSSIER

C'est avec un grand plaisir que nous vous soumettons le Rapport Final de l'Etude de Faisabilité sur le Développement des Ressources en Eau en Zone Rurale du Royaume de Maroc.

Cette Etude a eu pour objet d'élaborer les plans de développement des ressources en eau pour les projets de 25 barrages de taille moyenne proposés par le Ministère de l'Equipement (MOE), puis, de choisir les 4 projets prioritaires (phase I - Etude de base) et enfin de mener une étude de faisabilité des 4 barrages prioritaires sur la base des plans de développement des ressources en eau (phase II – Etude de Faisabilité).

Ce Rapport comporte la Partie I et la Partie II. La Partie I présente les résultats de l'Etude de Base et la Partie II intègre les résultats de l'Etude de faisabilité.

Nous souhaitons vivement que ce rapport puisse contribuer au développement des ressources en eau en zone rurale du Royaume de Maroc.

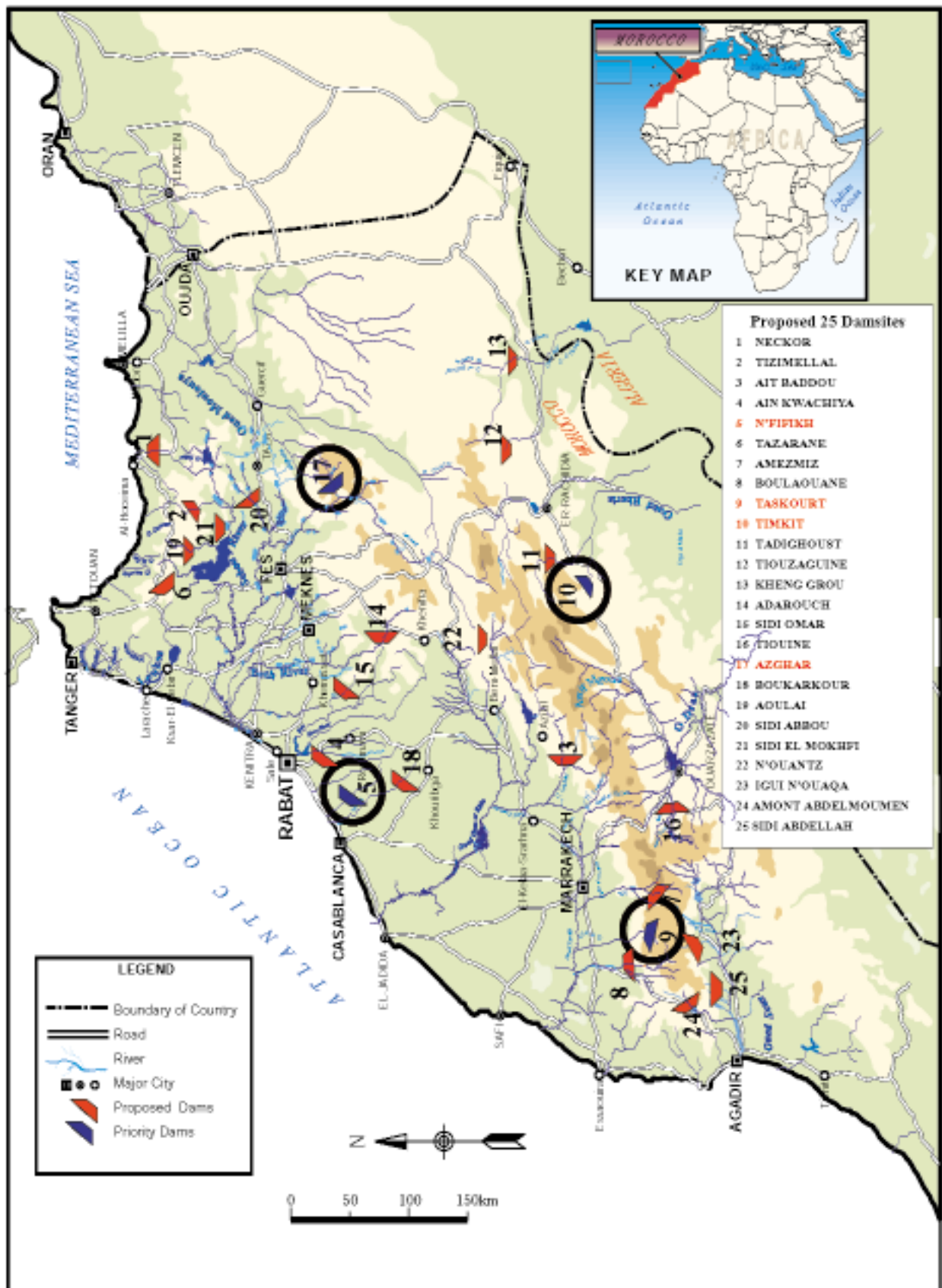
Nous tenons à exprimer nos profondes reconnaissances aux intéressés du bureau Maroc de la JICA et de l'Ambassade du Japon au Maroc, au personnel du MOE ainsi qu'aux autres intéressés du Gouvernement du Royaume du Maroc, pour la bienveillante coopération qu'ils ont bien voulu nous accorder durant notre séjour.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos meilleurs sentiments.

Août 2001

---

Motoyoshi Kawashima  
Chef de Mission de  
L'étude de Faisabilité pour le Développement  
des Ressources en Eau par les Barrages Moyens  
dans le Milieu Rurale au Royaume Maroc



FEASIBILITY STUDY ON  
 WATER RESOURCES DEVELOPMENT  
 IN RURAL AREA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Carte de Situation Generale de la Zone d'Etude  
 et des Barrages Prioritaires

## ABBREVIATIONS

<b>Abbreviations</b>	<b>ENGLISH</b>	<b>FRENCH</b>
AEP	Potable Water Supply	Approvisionnement en Eau Potable
APD	Detailed Study	Avant Projet Détaillé
AUEA	Association of Agricultural Water Users	Association des Usagers de l' Eau Agricole
BAD	African Bank for Development	Banque Africaine de Développement
BM	World Bank	Banque Mondiale
CAM	Agricultural Cooperative of Morocco	Coopérative Agricole du Maroc
CDA	Agricultural Development Center	Centres de Développement Agricole
CERED	Center for demographic Research and Studies	Centre des études et de Recherche Démographiques
CLCA	Local Fund for Agricultural Credit	Caisse Locale de Crédit Agricole
CMV	Development Center	Centre de Mise en Valeur
CNCA	National Fund for Agricultural Credit	Caisse Nationale de Crédit Agricole
CNE	National Council of Environment	Le Conseil National de l' Environnement
CSEC	Superior Council for Water and Climate	Conseil Supérieur de l' Eau et du Climat
DAR	Directorate of Rural Affairs	Direction des Affaires Rurales
DCL	Directorate of Local Collectivities	Direction des Collectivités Locales
DCRF	Directorate of Forest Resources Conservation	Direction de la Conservation des Ressources Forestières
DDF	Directorate of Forest Development	Direction de Développement Forestière
DE	Directorate of Operation	Direction des Economiques
DELM	Directorate of Epidemology and Abatement of Disease	Direction d' Epidemologie et de Lutte Contre les Maladies
DEP	Directorate of Design and Planning	Direction de Planification et des Plans
DEPR	Division of Potable Rural Water Supply	Division d' Alimentation en Eau Potable en Milieu Rural
DERD	Decentralized Regional Directorate	Direction de l' Enseignement, de la Recherche et de Développement Rural
DF	Directorate of Finance	Direction des Finances
DGCL	General Directorate of Local Communities	Direction Générale des Collectivités Locales
DGH	Directorate General of Hydraulics	Direction Générale de l' Hydraulique
DH	Dirham	Dirham

DIEC	<b>D</b> ivision of <b>I</b> nformation, <b>E</b> ducation and <b>C</b> ommunication	<b>D</b> ivision d' <b>I</b> nformation, <b>E</b> ducation et <b>C</b> ommunication
DP	Provincial Directorate	<b>D</b> irection <b>P</b> rovinciale
<hr/>		
<b>Abbreviations</b>	<b>ENGLISH</b>	<b>FRENCH</b>
DPA	Provincial Directorate of Agriculture	<b>D</b> irection <b>P</b> rovinciale d' <b>A</b> griculture
DPA	Provincial Directorate of Animal	<b>D</b> irection <b>P</b> rovinciales de l' <b>A</b> nimale
DPTP	Provincial Directorate of Public Works	<b>D</b> irection <b>P</b> rovinciale des <b>T</b> ravaux <b>P</b> ublics
DPV	Directorate of Vegetable Production	<b>D</b> irection de la <b>P</b> roduction <b>V</b> égétale
DRD	<b>D</b> ecentralized <b>R</b> egional <b>D</b> irectorate	<b>D</b> irection <b>R</b> égionale <b>D</b> écentralisée
DT	Division of Works	<b>D</b> ivision du <b>T</b> ravail
EIRR	<b>E</b> conomic <b>I</b> nternal <b>R</b> ate of <b>R</b> eturn	
EMP	<b>E</b> nvironmental <b>M</b> anagement <b>P</b> lan	<b>P</b> lan de <b>G</b> estion <b>E</b> nvironnementale
FERTIMA	Moroccan Company of Fertilizers	<b>S</b> ociété <b>M</b> arocaine de <b>F</b> ertilisation
FV	Training Visit	<b>F</b> ormation <b>V</b> isite
GH	Large Hydraulic	<b>G</b> rande <b>H</b> ydraulique
GPD	<b>G</b> ross <b>D</b> omestic <b>P</b> roduct	<b>P</b> roduit <b>N</b> ational <b>B</b> rut
HCWC	<b>H</b> igh <b>C</b> ouncil of <b>W</b> ater and <b>C</b> limate	<b>C</b> onseil <b>S</b> uperieur de l' <b>e</b> au et du <b>C</b> limat
IBRD	<b>I</b> nternational <b>B</b> ank for <b>R</b> econstruction and <b>D</b> evelopment	<b>B</b> anque <b>I</b> nternationale pour la <b>R</b> econstruction et le <b>D</b> éveloppement
INH	National Institute of Hygiene	<b>I</b> nstitut <b>N</b> ationale de l' <b>H</b> ygiène
JBIC	<b>J</b> apan <b>B</b> ank for <b>I</b> nternational <b>C</b> ooperation	<b>B</b> anque <b>J</b> apon de <b>C</b> oopération <b>I</b> nternationale
JICA	<b>J</b> apan <b>I</b> nternational <b>C</b> ooperation <b>A</b> gency	<b>A</b> gence <b>J</b> aponaise pour la <b>C</b> oopération <b>I</b> nternationale
MADRPM	Ministry of Agriculture, Rural Development and Maritime Fishing	<b>M</b> inistère de l' <b>A</b> griculture du <b>D</b> éveloppement <b>R</b> ural et des <b>P</b> êches <b>M</b> aritimes
MCEF	Ministry In Charge of Water and Forests	<b>M</b> inistère <b>C</b> hargé des <b>E</b> aux et <b>F</b> orêts
MI	<b>M</b> inistry of <b>I</b> nterior	<b>M</b> inistère de l' <b>I</b> ntérieur
MOA	<b>M</b> inistry of <b>A</b> griculture, <b>R</b> ural <b>D</b> evelopment and <b>F</b> ishery	<b>M</b> inistère de l' <b>A</b> griculture du <b>d</b> éveloppement <b>R</b> ural et des <b>P</b> êches <b>m</b> aritimes
MOE	<b>M</b> inistry of <b>E</b> quipment	<b>M</b> inistère de l' <b>E</b> quipement
MOI	<b>M</b> inistry of <b>I</b> nterior	<b>M</b> inistère de l' <b>I</b> ntérieur
MPW	<b>M</b> inistry of <b>P</b> ublic <b>W</b> orks	<b>M</b> inistère des travaux <b>P</b> ublics
MSL	<b>M</b> ean <b>S</b> ea <b>L</b> evel	<b>N</b> iveau <b>M</b> oyen de <b>L</b> a <b>m</b> er
MSP	<b>M</b> inistry of <b>P</b> ublic <b>H</b> ealth	<b>M</b> inistère de la <b>S</b> anté <b>P</b> ublique

NG	Natural Ground	Sol Naturel
NPV	Net Present Value	Valeur Nette Actuelle
OECE	Overseas Economic Cooperation Fund (now JBIC)	Fond de Coopération Economique Etrangère
OMM	Operation, Maintenance and Management	Opérations de gestion et de maintenance
ONE	National Office of Electricity	Office National de l' Electricité
ONEP	National Office of Potable Water	Office National de l' Eau Potable

<b>Abbreviations</b>	<b>ENGLISH</b>	<b>FRENCH</b>
ONICL	Inter professional National Office of Cereals and Leguminous	Office National Inter professionnel des Céréales et Légumineuses
ORMVA	Regional Office for Agricultural Development	Office Régional de la Mise en Valeur Agricole
PAGER	Program of Grouped Supply of Rural Water	Programme d' Approvisionnement Groupé des Eaux Rurales
PAGI	Program of Large Irrigation Improvement	Programme d' Amélioration de la Grande Irrigation
PMH	Small and Medium-Scale Hydraulic	Petit et Moyenne Hydraulique
PNI	National Program of Irrigation	Programme National de l' Irrigation
PRV	Extension and Research Project	Projet de Recherche et de Vulgarisation
PSDA	Agricultural Development and Support Project	Projet de Support et de Développement Agricole
SE	Water Service at the Provincial Directorate of Public Works	Service Eau à la Direction provinciale de l' Equipement
SH	Section of Hydology	Service d' Hydraulique
SIBE	Site of Biological and Ecological Interest	Site d' Intérêt Biologique et Ecologique
SMN	Service of National Meteorology	Service de la Météorologie Nationale
SONACOS	National Company of Seed Trade	Société Nationale de Commercialisation de Semences
UNCAM	National Union of Cooperatives of Morocco	Union Nationale de Coopératives du Maroc
UNDP	United Nations Development Program	Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD)



## Conversion Factors

	<b>Metric to Imperial</b>		<b>Imperial to Metric</b>			
Length	1 cm	=	0.394 inch	1 inch	=	2.54 cm
	1 m	=	3.28 feet	1 feet	=	30.48 cm
	1 km	=	0.621 mile	1 mile	=	1.609 km
Area	1 m <sup>2</sup>	=	10.76 sq.ft	1 sq.ft	=	0.0929 m <sup>2</sup>
	1 ha	=	2.471 acre	1 acre	=	0.4047 ha
	1 km <sup>2</sup>	=	0.386 sq.mile	1 sq.mile	=	2.59km <sup>2</sup>
Volume	1 lit	=	0.22 gal (imp)	1 gal(imp)	=	4.55 lit
	1 m <sup>3</sup>	=	35.3 cu.ft	1 cu.ft	=	28.33 lit
	1 MCM	=	811 acre-ft	1 acre-ft	=	1,233.5 m <sup>3</sup>
Weight	1 kg	=	2.20 lb	1 lb	=	0.4536 kg
	1 ton	=	0.984 long ton	1 long ton	=	1.016 ton
Derived	1 m <sup>3</sup> /s	=	35.3 cusec	1 cusec	=	0.0283 m <sup>3</sup> /s
Measures	1 ton/ha	=	891 lb/acre	1 lb/acre	=	1.12 kg/ha
	1 m <sup>3</sup> /s	=	19.0 mgd	1 mgd	=	0.0529 m <sup>3</sup> /s
Temperature	°C	=	(°F-32)x5/9	°F	=	1.8x°C+32
Local Measures	1 lit	=	0.22 gantang	1 gantang	=	4.55 lit
	1 kg	=	1.65 kati	1 kati	=	0.606 kg
	1 ton	=	16.5 pikul	1 pikul	=	60.6 kg

*L'étude de Faisabilité Pour Le Développement des Ressources En Eau  
Par Les Barrages Moyens Dans Le Milieu Rurale Au  
Royaume Maroc  
Rapport Final  
Volume III Rapport de Soutien (1) sur  
Étude de Base*

## ***Rapport de Soutien I: Géologie***

**L'ETUDE DE FAISABILITE  
POUR  
LE DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU  
PAR  
LES BARRAGES MOYENS DANS LE MILIEU RURALE  
AU ROYAUME MAROC**

**RAPPORT FINAL**

**VOLUME III  
RAPPORT DE SOUTIEN (1)  
SUR ÉTUDE DE BASE**

**RAPPORT DE SOUTIEN I  
GÉOLOGIE**

**Table des matières**

	<u>Page</u>
I1	Physiographie et Géologie du Maroc ..... I-1
I1.1	Physiographie..... I-1
I1.2	Géologie..... I-3
I2	Situation physiographique et géologique générale des sites de barrage..... I-6
I3	Géologie le long des axes de barrage et de cols..... I-9
I3.1	Neckor..... I-9
I3.2	Tizimellal..... I-9
I3.3	Ait-Baddou..... I-9
I3.4	Ain-Kwachiya ..... I-9
I3.5	N’Fifkh ..... I-10
I3.5.1	En aval ..... I-10
I3.5.2	En amont..... I-10
I3.6	Tazarane..... I-10
I3.7	Amezmiz ..... I-10
I3.8	Boulaouane ..... I-11
I3.9	Taskourt ..... I-11
I3.10	Timkit ..... I-11
I3.11	Tadighost..... I-11
I3.12	Tiouzaguine..... I-11

I3.13	Kheng-Grou .....	I-12
I3.14	Adarouch.....	I-12
I3.15	Sidi-Omar .....	I-12
I3.16	Tiouine.....	I-12
I3.17	Azghar .....	I-12
I3.18	Boukarkour .....	I-13
I3.19	Aouli.....	I-13
I3.20	Sidi-Abbou.....	I-13
I3.21	Sidi-el-Mokhi.....	I-13
I3.22	N'Ouantz.....	I-13
I3.23	Igui-N'Ouaqqa .....	I-14
I3.24	Abdelmoumen Amont .....	I-14
I3.25	Adarouch.....	I-14
I4	Tremblement de terre.....	I-15
I5	Matériaux de construction .....	I-15

### **Liste des Tableaux**

Tableau I2.1 (1/26) ~ Tableau I2.1 (26/26)	
Sommaire de Géologie in situ et au voisinage des barrages respectifs.....	IT-1 ~ IT-26
Tableau I5.1 (1/9) ~ Table I5.1 (9/9)	
Données matérielles existantes pour la construction de barrages respectifs .....	IT-27 ~ IT-35

### **Liste des Figures**

Figure I1.1.1	Province Physiographique .....	IF-1
Figure I1.1.2	Géologie Structurale du Maroc.....	IF-2
Figure I2.1.1 ~ I2.1.26		
Sections géologiques le long d'axe de barrage respectif.....	IF-3 ~ IF-28	
Figure I2.2.1 ~ I2.2.14		
Données De Forage Existantes .....	IF-29 ~ IF-42	
Figure I4.1.1	Carte D'Événements Sismiques .....	IF-43

## RAPPORTI

### GÉOLOGIE

## **II Physiographie et géologie du Maroc**

### **II.1 Physiographie**

Le Maroc est situé à l'extrémité du nord-ouest du continent africain à la rencontre de la méditerranée, et de l'Océan Atlantique et ayant des frontières à l'Est avec l'Algérie et au Sud avec la Mauritanie passant par la région du Sahara occidental. La distance qui sépare le pays de l'Espagne est de seulement 14 kilomètres avec Gibraltar entre les deux pays. La surface du territoire marocain est de 710,850km<sup>2</sup>.

La physiographie du Maroc est caractérisée en grande partie par quatre chaînes de montagnes le "Rif", le "Moyen Atlas", le Haut Atlas et "l'Anti-Atlas". Deux autres zones s'étendent parmi elles, il y a la zone centrale du Maroc dans le côté occidental entouré du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et l'Océan Atlantique, et une autre sous forme d'un plateau oriental limité par le Moyen Atlas et le Haut Atlas s'étendant vers la méditerranée. Un désert Sahararien est situé au Sud de l'Anti Atlas.

Les montagnes du Rif, qui sont une des montagnes orogéniques d'Alpes, dont la ligne est comme un arc insulaire avec J. Lechchab (El. 2,170m) comme crête la plus élevée dans le nord-est, et M. Tidiquin (2,456m), A. Abecher (2008m) au central et à l'oriental. Sa pente au Nord est généralement orientée vers la méditerranée en tant que côte rocheuse, et les fleuves se versent directement dans elle. La pente au Sud descend graduellement vers la région du Prérif et les collines et tous les fleuves sont confluents au fleuve Ouergha.

Ces montagnes et la zone des collines sont limitées du côté Sud par la dépression du Rif Sud formant les tailles du Saïs et la plaine du Rharb et le fleuve Ouergha confluent du fleuve Sebou. Tandis que, l'Atlas représenté par le Haut Atlas dans la zone Sud sépare le Moyen Atlas du de la mi-partie vers le nord-Est.

Le Haut Atlas s' étend sur une longueur de 800 kilomètres dans la direction de l'est et l'ouest avec une largeur de 40 à 80 kilomètres, ayant leurs crêtes autour de 4.000m. La crête la plus élevée est J.Toubkal (4,165m) dans la partie Est, J.Mgoun (4,071m) dans la partie centrale, et J.Ayachi occidental (3,751m) dans la partie orientale.

Quant au Moyen Atlas, il s'étend sur une longueur d'environ 200 kilomètres du nord-est, après séparation du Haut Atlas avec quelques dizaines de Kilomètres de largeur .

Ses crêtes s'étendent de 2000 à 3000 m, et le plus haut est Adar Bou Nasseur (3,326m) situé autour de l'extrémité Nord-Est.

La zone centrale du Maroc s'étend au Sud de la dépression du Sud du Rif, appelée " Meseta centrale Marocaine", subdivisée en cinq provinces telles que: "Meseta Côtière", " Meseta Marocaine ", " synclinal Bahia-Tadla ", " Jbilet ", et "synclinal Magador-Haouz ".

La "Meseta Côtière" est le côté de l'Océan Atlantique ayant un certain niveau de terrasses (sans compter que la plaine côtière alluviale, autour de trois terrasses avec des altitudes autour de 200 m et 500 m). La " Meseta Marocaine " est sous forme de terres continentales et de montagnes ou des plateaux (l'altitude est d'environ 500 à 1000 m). Le massif central et les Rehamna se trouvent sur ces deux zones. En outre dans le côté Sud de la " Méséta Marocaine ", les plateaux des Phosphates s'étendent largement.

Du côté Sud, les petites montagnes de Jbilet s'étendent de l'Est à l'Ouest avec deux régions de Synclinal le long des deux côtés. Leur altitude est habituellement inférieure à 500 m formant des bassins alluviaux larges le long du fleuve d'Oum Rbia et du fleuve Tensift fournis également à partir de la " Meseta Marocaine " et de l'Atlas. On observe que des terrasses comme les terres ordinaires situées sur la " Meseta Côtière", à la " Meseta marocaine " et la plaine du Rharb.

La plus haute terre ordinaire est constituée par transgression marine au moment du crétacé supérieur à l'Eocène. Des enfoncements de terres ordinaires ont été formés dans l'Oligocène et le miocène. Le fleuve ancien du Rharb a été formé par transgression de Molasses au Tortonien, et de bouleversements à partir du miocène par l'intermédiaire de pliocène pour s'abaisser au Villafranchien moyen et à la régression des dépressions du Sud du Rif à l'accumulation résultante du pliocène supérieur, de sédimentation le long de la côte sur l'Océan Atlantique (Maghrébine). Au niveau de la Méséta Intérieure, des terrasses très larges de glaciers ont été formées le long du cours du fleuve. Les bouleversements continuaient à avoir lieu à 60 m près de la côte et à 300 m autour du massif central, et alors on peut observer autour de 6 niveaux de terrasses.

La Méséta Olanaise du Moulouya (Haute-Moulouya et Hauts-Plateaux) est une montagne d'une altitude de plus de 1.000 m entre le Haut Atlas et le Moyen Atlas. Les fleuves dans cette zone se versent généralement dans la région alluviale du fleuve Moulouya, qui coule le long de la périphérie du Moyen Atlas et se verse dans la méditerranée.

Le long de la périphérie Sud du Haut Atlas s'étendent, le bassin d'Agadir du fleuve Souss faisant face à la côte de l'Océan Atlantique, la dépression d'Ouarzazate, et le bassin du fleuve Rheris-Ziz autour d'Errachidia, et puis l'Anti Atlas et le craton occidental de l'Afrique formant des déserts du Sahara qui s'étendent énormément.

L' Anti atlas forme la périphérie du craton Ouest de l'Afrique d'orientation parallèle au Haut Atlas , gardant une distance autour de 100 kilomètres, et ayant leurs crêtes autour de 2.500 m excepté le cas de la crête la plus élevée J.Siroua (3,304m) qui est située autour 50 kilomètres SSE loin de J.Toubkal.

Cette situation générale est indiquée sur la figure I1.1.1.

## **I1.2 Géologie**

Structurellement, la géologie du Maroc est en grande partie divisée en quatre régions qui sont :

- (1) Le Nord du Maroc (Maroc Méditerranéen): province du Rif (zone alpe de type orogénique et Nappe ) ; Zone orogénique (montagnes du Rif); Paléozoïque à tertiaire (jusqu' à miocène); Nappe et Olistostrome (miocène)
- (2) Le Maroc Central Miocène (Afrique Maroc 1): province de Méséta et province des montagnes de l'Atlas ; et Zone orogénique de type allemand (paléozoïque et mésozoïque)
- (3) Le Maroc Sud (Afrique Maroc 2): Province d'Anti-Atlas (peri-cratonique) , zone à plissage Précambrien à paléozoïque (montagnes d'Anti-Atlas)
- (4) Plaine Structurale du Sahara (Craton Occidental de l'Afrique)

Comparaison de la physiographie des provinces: Province du Rif , du Rif & Prérif; Province de la Méséta marocaine , la Méséta Cotière, le synclinal Bahia-Tadla , Jbilet, & le synclinal Magador-Haouz , la Province des Montagnes de l'Atlas, le Moyen Atlas, le Haut Atlas, & la Meseta Moulouya-Olanaise; la Province de l'Anti-Atlas.

La province du Rif au Nord du Maroc est la zone d'arc insulaire au pied des montagnes du Rif aux monticules du Prérif, qui comprend l'overthrust et la masse métamorphosée avec l'ophiolite. La roche du sous-sol est sous forme de dépôts d'orthogeosynclinal de hercynien à Calédonien, ou en partie de précambrien (mer de Tethysian).

Dans la partie Nord du Rif s'élève une chaîne centrale, la zone du Géoanticlinal qui sépare la province à l'extérieur et l'intérieur (côté méditerranéen), où l'ancien s'appelle l'infra et le récent l'Ultra. Dans cette sous-province, pendant que le calcaire -Dolomite du triasique et Lias forment des gratte-ciels, les zones du groupe paléozoïque, du schiste cristallin, ou partiellement de l'Ultrabasics s'étendent.

Le Rif central est composé de zone de schiste et de marne, qui sont aussi appelés "faciès du Rif", et divisé en deux zones:

- 1) la zone d'Ultra -Rif
- 2) La zone Intra Rif et sa périphérie extérieure appelée la zone de MesoRif

La zone Ultra-Rif est aussi appelée " Nappe de Flysch " composée de Flysch et de faciès de dépôts pélagiques prise du côté de la méditerranée, alors que la deuxième zone se compose de roche autochtone s'étendant à l'extérieur de la zone 1. D'une façon générale, l'IntraRif est aussi appelé le "Fenster" de créacé et de MesoRif est de jurassique à miocène.

Le Rif Sud est une zone de monticules composée principalement de schiste et/ou de marne onduleux doux, qui est aussi appelée zone du"PréRif". La zone intérieure du PréRif (ligne de Sofs) est composée de jurassique et créacé autochtone, et la zone extérieure est en Nappe allochtone jusqu'à miocène bas à moyen éliminé de la zone d'IntraRif.

La périphérie Sud du Rif s'appelle le "Sillon du Rif Sud", s' étendent les plateaux du Saïs et la plaine du Gharb, là où il y a la zone d'enfoncement des dépôts d'Alluvions épais.

Dans le côté Oriental du Rif, quelques volcans de rhyolite et de Trachyandesite sont dispersés.

Les provinces de Meseta et des montagnes de l'Atlas du Maroc central (Afrique Maroc 1), sont le Calédonien à la zone géosynclinale hercynienne de paléozoïque et mésozoïque avec Flysch fortement déposé et plié et granitique (le gisement de granit est relativement faible).

La côte atlantique de la Meseta Côtière et des provinces de la Meseta Marocaine, est composée de triasique , le côté Nord vers le Rif est en jurassique bas à moyen, et le côté Sud à frontière avec le Haut Atlas, est en Jurassique haut et créacé bas. La partie Sud de la Meseta Maroc , s'appelle " le plateau des Phosphates" , de créacé supérieur à Eocène. Les roches du sous-sol en paléozoïque partiellement graniteux, se trouvent sous le plateau des phosphates vers le Sud-Ouest, et apparaissent plus tard encore en tant que massif semi-dôme des Rehamna et de petites montagnes Est-Ouest s'étendant avec une altitude maximale autour de 1000 m comme le massif de Jbilet au sud. Vers le côté du Nord-Est, ils sont à la base du Moyen Atlas et apparaissent encore comme crêtes de Tazekka.

La géologie de la province de Meseta est influencée par l'Océan Atlantique et structurellement subdivisée comme décrit ci-dessus:



- 1) le massif central
- 2) le massif des Rehamna et la Meseta Côtière
- 3) les petites montagnes de Jbilet du côté du Nord-Ouest du Haouz

Dans la province des montagnes de L'Atlas, le Haut Atlas est structurellement divisé comme suit:

- 1) Le massif ancien du Haut Atlas occidental appelé " Atlas de Marrakech ", paléozoïque précambrien et partiellement graniteux
- 2) Le haut atlas central  
Des dépôts marins très épais en jurassique bas à moyen ; Le calcaire est dominant; Couvert par le géosynclinal de créacé et du  
  
geoanticline de triasique.
- 3) Le Haut Atlas oriental est fondamentalement semblable au Haut Atlas central mais le triasique est beaucoup plus mince.

L'atlas central et oriental ensemble, s'appellent également " ( le haut atlas Calcaire )". Le côté océanique du Haut Atlas à partir de la gorge triasique d'Arghana est presque composée de calcaire où les séries géologiques appartiennent à l'Océan atlantique.

Le Moyen Atlas est la montagne de triasique au jurassique de sorte que l'état hydrogéologique dans cette zone soit tout à fait compliqué par l'existence de karsts. Le fleuve Moulouya est principalement alimenté par le Moyen Atlas.

La Meseta du Moulouya-Olanaise se compose d'une plaine , de la montagne et de collines structurées, où on distingue la Haute Moulouya dans le côté montagneux et les Plateaux dans le côté oriental. La Haute Moulouya repose sur des granites et des roches métamorphiques indiscernées , alors que les couches des Hauts-Plateaux sont plutôt exempts de métamorphisme et ressemblent à celles de l'Anti-Atlas et du Meseta. Cependant, le mésozoïque et le tertiaire sont beaucoup plus développés.

La province des montagnes de l'Atlas sont limités au Sud par l'Accident Sud Atlasique. Alors le long de ceux-ci, quelques zones déprimées appelées "Sillon Préafricain", sont développés et des Alluvions s'étendent dans cette zone. Cet accident peut être compatible avec l'accident latéral hercynien.

Le Maroc Sud (Afrique Maroc 2), province de l'Anti-Atlas se compose de paléozoïques et d'Infracambriens, qui sont déformés par Orogenèse Hercynienne. En conséquence, une certaine échelle moyenne de plissage et d'accident se développe accompagnés d'une schistosité verticale.

La plaine structurale du Sahara s'étendant au-delà des zones sud, est la zone du craton occidental de l'Afrique, comme procédant au Sud de "Appalachia": (zone de relief), Kem-Kem Hamada: crétacé, Daoura/Drâa Hamada: tertiaire à quaternaire, et à Tindouf Bain, etc...

La carte géologique du Maroc est désignée sur la figure I1.2.1.

## **I2 Situation Physiographique et géologique Générale des sites de barrage.**

Six sites de la région de la zone I exceptés Azghar et Adarouch, qui sont. 1 Neckor, 2 Tizimellal, 6 Tazarane, 19 Aouli, 21 Sidi-el-Mokhi et 20 Sidi-Abbou, se situent physiographiquement sur la région des montagne du Rif au Nord du Maroc où se compose géologiquement la province du Rif.

Parmi eux, les 5 premiers sites sont situés dans la zone Intra-Rif où deux sites (1, Neckor et 2, Tizimellal) appartiennent à l'unité de Ketama, et trois sites (6, Tazarane, 19, Aouli, et 21, Sidi-el-Mokhi) dans l'unité de Tanger, cependant la zone irriguée du 21, Sidi-el-Mokhi est située principalement dans Meso-Rif zone.

La géologie de l'unité de Ketama se compose de faciès de Flysch dur, principalement de la quartzite et du schiste de Psammétique de crétacé bas où le côté occidental est faiblement schisteux et montre une structure simple, d' autre part le côté oriental est fortement schisteux accompagné de beaucoup de structures plissées. Neckor et Tizimellal sont dans le côté oriental. La zone est généralement montagneuse en pente raide et certaines de leurs crêtes sont à plus de 2000 mètres au-dessus du MSL(Niveau Moyen de la mer).

La géologie de l'unité de Tanger constituée principalement en crétacé supérieur qui est composé en général de structure relativement molle et simple de schiste pélitique, de marne, et de calcaire noir marneux. La topographie dans cette zone est montagneuse à monticuleuse , paraît généralement douce vue la forme arrondie des crête de la montagne, mais leur pente a tendance à être raide vers le bas de la vallée. La forme de la vallée de la Rivière est parfois sous forme d'une gorge très étroite et parfois très large.

Le site du barrage Sidi-Abbou appartient à la zone intérieure du Pre-Rif se composant principalement du calcaire jurassique. Tandis que les deux côtés des rives de la zone du réservoir, sont principalement marneuses. La zone de contrôle se trouve dans la zone externe du Pre-Rif composée de formations partiellement salines d'Eocène à miocène. La topographie est généralement douce en zone monticuleuses, toutefois les zones affleurant seulement de calcaire, forment des montagnes et/ou des gorges très raides.

Le site du barrage 17, Azghar, dans la zone I est situé géologiquement dans la province du Moyen Atlas composée d'alternance de calcaire noir et de calcaire marneux du jurassique bas à moyen. L'emplacement est dans une zone relativement douce en monticules de la périphérie du Moyen Atlas.

le site du barrage 14, d'Adarouch de la zone I et les sites de barrage dans la zone II sont situés géologiquement dans la province de Meseta qui se compose principalement de formations paléozoïques hercyniennes situées en tant que massif central du Maroc. Le côté du Sud-Ouest du massif est couvert par le tertiaire appelé " plateau des phosphates ".

La zone autour des sites: 14, Adarouch et 15, Sidi-Omar, se composent principalement de dévonien et de carbonifère. Les sites de barrage sont de Turbiditique Greywacke ou d'alternance du conglomérat et de schiste ou est partiellement schisteux le long de quelques lignes accidentées.

Le site 4, Ain-Kwachiya, 5, N'Nfikh (amont), et 18, Boukarkour sont également de dévonien et de carbonifère, toutefois la lithologie est une alternance de quartzite ou du grès Quartzique et du schiste.

Le site du barrage 5, N'Fikh(Aval ), se compose de roche silurienne Quartzique et de grès de roulement de minerai de fer formant une gorge très étroite. Toutefois autour du site du barrage de selle et de la zone du réservoir pour endiguer en amont le site, la roche argileuse saline rougeâtre de Permien Triasique intercalée avec le basalte doleritique épais généralement distribués. Ils sont couverts par du Moi-Pliocène à quaternaire.

La topographie dans la zone est caractérisée à grande échelle, par de longues collines et des montagnes ayant une végétation relativement riche.

Les sites de barrage 7, Amezmiz, 8, Boulaouane, et 9, de Taskourt de la zone III et et les sites de barrage 23, Igui-N'Ouaqqa, 24, Amont-Abdelmoumen, 25, Sidi-Abdella de la zone IV, appartiennent à la province du Haut Atlas Occidental . La province du Haut Atlas Occidental est principalement composée de sous-sols précambriens et de formations paléozoïques plissés dans la période d'orogénie hercynienne et imposés par les gisements granitiques.

Parmi ceux-ci, les sites de barrage d'Amezmiz et de Taskourt du bassin versant Nord se composent d'une série de schiste et de grès schisteux Quartzique du Cambro-Ordovicien. Du bassin amont du fleuve de ces barrage jusqu'au site du barrage Boulaouane, du calcaire crétacé, la marne, le schiste, et le grès s'étendent le long de la direction d'Est-Ouest.

Le site du barrage 24 Abdelmoumen Amont, est situé dans la gorge triasique d'Argana, qui se divise en Haut Atlas Occidental calcaire au côté de l'Océan Atlantique et du haut Atlas Occidental au côté intérieur. Le gorge triasique d'Argana se compose d'une structure simple de grès, de schiste, et de conglomérat. La formation triasique est normalement intercalée avec des couches de basalte.

Les sites des barrages 23, Igui-N'Ouaqqa et 25, Sidi-Abdella du bassin versant Sud se composent de calcaire crétacé supérieur intercalé avec la marne, et dans le cas du dernier, du schiste silurien intercalé avec du grès reposent sur le lit des cours d'eau.

Ces sites sont situés dans la zone montagneuse et l'accessibilité est difficile excepté le site Boulaouane.

Les sites des barrages 3 Ait-Baddou et 22, NOuantz de la zone III et les sites des barrages dans la zone V appartiennent géologiquement à la province du Haut Atlas calcaire à la (province du Haut Atlas moyenne à orientale).

Les deux premiers sites sont situés au bord du Moyen atlas sur le bassin versant Nord-Ouest. Tandis que, quatre sites de barrage de la zone V sont situés dans le bassin versant Sud. Bien que la lithologie dans cette zone se compose de jurassique à calcaire crétacé, marne, schiste, et le grès partiellement introduit près ou intercalé avec Gabbro au basalte, le calcaire occupe la majeure partie de la zone.

Le sous-sol des quatre sites de barrage dans la bassin versant Sud et du barrage d'Ait-Baddou consistent principalement en calcaire, alors que le site du barrage de N'Ouantz est en schiste intercalé avec du grès.

Tous les sites de cette zone sont localisés à l'intérieur ou à l'entrée de la zone montagneuse raide.

Le site du barrage 16, Tiouine de la zone IV appartient à la province anti Atlas. Le sous-sol est une formation précambrienne recouverte par des dépôts continentaux de Mio Pliocène. Le site du barrage se compose de rhyolite très dure intercalée avec des couches de minerai de fer-manganèse, alors que le grès et le conglomérat relativement lâches de Mio- Pliocène couvrent la zone du réservoir. La dépression de terre elle-même du bassin du fleuve autour de Tiouine est le bassin tectonique constitué par le grand groupe d'accidents orienté Nord-Est. Les roches Volcaniques telles que des écoulements pyroclastiques, lave, et les ignilambrites remplissent généralement la dépression. Ces roches reposant dans la partie centrale sont généralement granuleuses brutes.

Les détails respectifs aux barrages et leurs entourages sont décrits sur les tableaux 12.1 (1/26~26/26) et les sections géologiques sont désignés sur les figures 12.1.1~12.1.25.

### **I3 Géologie le long des axes de barrage et des cols**

#### **I3.1 Neckor**

La fondation se compose de schiste Psammétique intercalé avec la quartzite. Quelques défauts existent au pied des deux rives du barrage principal et de la rive droite du barrage secondaire. Bien que l'impénétrabilité de la roche en place soit dans état relativement bon, les dépôts alluviaux sont très épais (maximum 32m) de sorte qu'il est difficile de trouver directement la roche sur place . Le corps du barrage sera donc fondé sur des dépôts alluviaux dont la portance et la perméabilité doivent être soigneusement étudiées. L'apport solide du cours d'eau est élevé.

#### **I3.2 Tizimellal**

La fondation consiste en une alternance de quartzite très dure et de schiste siliceux, qui a une portance suffisante . La partie supérieure des deux rives est relativement perméable montrant une Unité Lugeon de 15 à la profondeur de 20 à 30 mètres, toutefois elle semble être facilement améliorée par l'injection de mortier de ciment . Dans la mi-partie de la rive gauche, une portion sableuse et rocheuse existe et peut être perméable . L'épaisseur de la zone superficielle est de 10 à 15m dans la rive droite et 15 à 20m dans la rive gauche présentant une unité Lugeon variant entre 15 et 50.

#### **I3.3 Ait-Baddou**

La fondation se compose de calcaire , marne et conglomérat à la rive droite, et l'alternance de calcaire et du calcaire marneux à la rive gauche. La mi-partie de la rive droite est couverte par des Colluvions et du travertin ayant quelques mètres d'épaisseur. Les strates dans la zone peuvent être relativement perméables vue que dans le cas du bon côté de la rive droite elles sont poreuses, et dans le cas de la rive gauche, les plans de stratification d'alternance souffrent de karsts érodés et ouverts.. Leur perméabilité sera contrôlée soigneusement et un traitement approprié de la fondation sera conçu.

#### **I3.4 Ain-Kwachiya**

La fondation se compose de schiste intercalé avec la quartzite avec des strates inclinées d'un angle élevé ou presque vertical. Son unité Lugeon devient inférieure à 5 , pour une profondeur de quelques mètres en tout point, c'est une bonne étanchéité. Bien que la portion de quartzite puisse être de perméabilité légèrement plus élevée, elle semble être facile à améliorer par injection ordinaire de mortier de ciment .

### **I3.5 NFifikh**

#### **I3.5.1 En aval**

La fondation se compose de quartzite dure et de schiste Quartzique. Des défauts existent au pied de la rive droite et au milieu de la rive gauche. L'unité Lugeon indique des valeurs relativement basses excepté la portion à défauts, toutefois le niveau des eaux souterraines de la rive gauche est bas, de sorte que leur perméabilité devrait être soigneusement contrôlée. Le long des défauts, particulièrement ceux de la rive droite accompagnées de zone cisailée qui peut être une partie fortement perméable. Un traitement de la fondation sera indispensable.

#### **I3.5.2 En amont**

La fondation se compose de schiste (l'alternance de schiste pélitique, de schiste Psammétique, et de schiste Quartzique) intercalé avec une barre verticale de quartzite d'une épaisseur d'environ 10m . La rive gauche près de l'axe du barrage est dérangée de sorte que des défauts et des pendages soient induits autour d'elle. Du point de vue de la résistance au cisaillement, la roche en place a un problème par rapport aux dispositions en béton. La variante barrage en terre peut être appropriée pour ce site.

### **I3.6 Tazarane**

La fondation se compose de schiste et de mica. L'épaisseur de la zone superficielle dont la vitesse sismique est entre 0,9 à 1.2km/sec, est de l'ordre de 10m par rapport à la surface . La zone de vitesse sismique autour de 3.0km/sec est à 30 à 40m d'épaisseur, alors que la roche saine en place a une vitesse continue de 4.0km/sec. Toutefois l'unité Lugeon indique des valeurs supérieures à 20 jusqu' à la zone de la vitesse 3.0km/sec, donc l'étanchéité de la fondation pose le problème.

### **I3.7 Amezmiz**

La fondation se compose de schiste imposé par des gisements de Micro granite. Le schiste est relativement récent à la surface et le Micro granite est très dur. Cependant la partie supérieure de la rive droite est recouverte de schiste mou. L'unité Lugeon suivant la ligne imposée par le gisement de Micro granite tend à être une valeur légèrement plus élevée. La zone superficielle où l'unité Lugeon est au delà de 50 est de quelques mètres d'épaisseur dans la rive et d'environ 15 mètres dans la rive droite. L'épaisseur des dépôts du fleuve est autour d'un maximum de 10m.

### **I3.8 Boulaouane**

La fondation sur l'axe du barrage se compose principalement d'une bande de calcaire qui est intercalée par quelques strates de marne vers l'amont et l'aval. Le calcaire lui-même pose probablement problème du point de vue de l'étanchéité de la fondation vu que leurs joints sont légèrement ouverts et souffrent d'érosion de karst.

Cependant si une injection le long de l'axe du barrage sera effectuée suffisamment, puis en raison de la distribution des strates relativement imperméables de marne en amont et en aval, la fuite au niveau du réservoir par les deux rives peut être faible.

Les dépôts et le travertin de terrasse s'étendent sur les deux rives avec des terrasses d'une taille relative de 10 à 30m du lit.

### **I3.9 Taskourt**

La fondation se compose de d'une alternance de Schiste Psammétique et de schiste pélitique partiellement intercalés avec des lentilles de quartzite. Cependant dans la partie supérieure de la rive gauche, le grès Quartzique dur et légèrement plié recouvre de manière discordante les strates du schiste, et entre le plan de contact (joint plane) , plonge vers la rive. La sédimentation du lit peut être de grande quantité, et son épaisseur peut atteindre 20m.

### **I3.10 Timkit**

La fondation se compose principalement de calcaire et de la dolomite. Beaucoup d'érosion karstique développe généralement une unité Lugeon résultante de plus de 20 en tout point parfois dépassant 100. La fuite peut se produire généralement. Une couche de cailloux de ruissellement (siltstone) se trouve sous le calcaire et des affleurements autour des sorties du cours d'eau en aval. Puisque ceux-ci prolongent vers l'amont et sont probablement imperméables, il y a une certaine possibilité pour maîtriser les fuites avec des injections effectués pertinemment.

La sédimentation du lit est relativement grande, et l'épaisseur atteint un maximum de 15m.

### **I3.11 Tadighost**

La fondation se compose d'une alternance de calcaire et de grès marneux dont le pendage est presque horizontal. Pour ce qui est du calcaire, leurs joints sont assez développés et fréquemment ouverts , donc perméables. Cependant si des injections seront pertinemment effectuées en utilisant les strates marneuses imperméables, il y a une certaine possibilité pour arrêter les fuites.

La sédimentation du lit est très grande, et l'épaisseur impliquée peut atteindre plus de 20m.

### **I3.12 Tiouzaguine**

La fondation se compose de calcaire, de schiste et de basalte du haut en bas. Le travertin se trouve comme la couche la plus élevée du bon côté de la rive droite. La profondeur des strates imperméables dont l'unité Lugeon est inférieure à 5 est de 20 à 25m dans la rive gauche, alors qu'elle atteint 40 m dans la rive droite.

Les dépôts du fleuve sont relativement épais indiquant des valeurs légèrement supérieures à 10 m.

### **I3.13 Kheng-Grou**

La fondation se compose d'un certain type de calcaire.. Elle se compose généralement de strates épaisses et massives, dont le pendage est presque horizontale. L'érosion de karst se développe partiellement le long des plans de pendage.

Les dépôts du fleuve sont relativement épais atteignant un maximum de 15m.

### **I3.14 Adarouch**

La fondation se compose d'une alternance de schiste et de grès intercalé avec du conglomérat. L'épaisseur de la zone superficielle est autour 7 à 8m, et l'unité Lugeon est généralement de plus de 20 jusqu' à la profondeur d'environ 10m de la surface du sol. Quelques défauts existent sur la rive gauche. Le long des lignes discontinues telles que les défauts mentionnés avant et le pendage etc., l'usure et la détérioration des roches peuvent se développer, et donc l'unité Lugeon le long de ces lignes peut être plus élevée.

### **I3.15 Sidi-Omar**

La fondation se compose d'une alternance de schiste et de grès intercalé avec le conglomérat. La rive gauche est dérangée et schisteuse, et alors des défauts sont impliqués dans le côté gauche de la rive.

### **I3.16 Tiouine**

La fondation se compose de rhyolite intercalée avec des strates noires de minerai de fer-manganèse. Bien que quelques défauts soient impliqués au niveau des deux rives, la roche en place est généralement très dure et a assez de résistance au cisaillement. La perméabilité peut être facilement améliorée par injection. Toutefois sur le lit du réservoir, grès lâche et perméable et du conglomérat s'étendent largement même sur la rive gauche, donc une étude soigneuse des fuites au niveau du réservoir est nécessaire.

### **I3.17 Azghar**

La fondation se compose d'une alternance de calcaire noir et de schiste calcaireux. Bien que leurs deux faciès soient facilement distingués sur les rochers exposés, des parties récentes sont très bien entrées en contact et massives et donc difficile à distinguer. Leur résistance au cisaillement et leur étanchéité peuvent sembler être en d'excellentes conditions. L'épaisseur de la zone superficielle est de 2 à 3m. Des dépôts Colluviaux et/ou alluviaux de quelques mètres d'épaisseur s'accumulent sur le fond de la large vallée .



### **I3.18 Boukarkour.**

La fondation se compose principalement de quartzite contenant beaucoup de minerais de fer partiellement accumulé sous forme de couches d'hématite. Elles sont intercalées avec du schiste mince. La quartzite est généralement très dure et a assez de résistance au cisaillement. L'étanchéité de la fondation est également excellente où l'unité Lugeon est normalement inférieure à 5 excepté autour de la surface du sol (profondeur inférieure à quelques mètres).

### **I3.19 Aouli.**

La fondation se compose de schiste intercalé avec du calcaire , du grès et du schiste. D'une façon générale peu des dépôts alluviaux ou végétaux de quelques mètres d'épaisseur couvrent la roche en place; particulièrement la selle derrière la rive droite est couverte d'une surcharge de près de 10m d'épaisseur. La profondeur pour trouver la roche en place où la vitesse sismique est de 3,1 à 3.6km/sec est à 10 à 15m du lit sur la rive droite, et autour de 15m sur la rive gauche. La profondeur de la zone relativement imperméable ( $Lu < 10$ ) est de 10 à 15m sur les rives et très élevée , autour de 40m au pied des deux rives.

### **I3.20 Sidi-Abbou.**

La fondation se compose de calcaire . Ses structures de stratification ne sont pas claires à cause de l'ambiguïté du plan de pendage , probablement presque vertical. Elles sont relativement cristallines et dures, et donc ont assez de résistance au cisaillement. Cependant, la partie supérieure des deux rives est exposée soutenant graduellement des matériaux boueux, et une certaine partie devient marneuse. Les joints sont relativement petits , mais ont généralement une ouverture de quelques centimètres. À l'axe voisin aval du barrage, une grande érosion de karst se développe suivant la ligne de la zone tectonique probable.

### **I3.21 Sidi-el-Mokhi.**

La fondation se compose de schiste pélitique intercalé avec du calcaire noir. Le calcaire et le schiste récent sont relativement durs, mais le schiste superficiel est généralement mou. La roche en place peut être exposée et détériorée le long des failles et des joints de sorte que la partie craquante puisse avoir un manque de résistance au cisaillement. Une étude soignée s'avère nécessaire pour la fondation par rapport aux équipements en béton. En amont de l'axe voisin du barrage, la zone tectonique est impliquée en s'orientant de la rive droite en amont à la rive gauche en aval. La pente de la rive gauche sur cette zone tectonique peut probablement s'effondrer.

### **I3.22 N'Ouantz**

La fondation se compose de schiste intercalé avec du grès. Vu que la fondation est à dominance schisteuse , sa résistance au cisaillement peut parfois être insuffisante pour les équipements en béton. Une étude soignée sera nécessaire.

Le barrage en terre est probablement plus approprié que la variante béton . La roche en place peut sembler être imperméable. Quelques mètres d'argile silteux avec du gravier s'accumulent sur le lit du cours d'eau. Des galets et du rocher relativement épais sont distribués sur la partie supérieure de la rive droite comme probablement des dépôts de terrasse.

### **I3.23 Igui-N'Ouaqqa**

La fondation se compose principalement de calcaire, mais elle est fondée sur des couches de grès, de gypse, et de schiste. L'érosion de Karst se développe beaucoup donnant un  $Lu > 50$  dans la plupart des strates. Bien que le calcaire lui-même soit dur et ait assez de résistance au cisaillement , des fuites peuvent généralement se produire même après injection.

### **I3.24 Abdelmoumen Amont.**

La fondation se compose de grès ou d'alternance de grès et de schiste partiellement intercalés avec du conglomérat. Certaines des couches de schiste ont des structures affaissées. D'une façon générale, leur structure est simple monoclinique plongeant à environ  $30^\circ$  vers l'aval de la rive gauche, toutefois on peut observer partiellement quelques défauts disloquant quelques mètres à plus de dix mètres. Le grès et le conglomérat sont moyennement durs et ont assez de portance, mais dans le cas du schiste il serait relativement mou. Une étude soignée sera nécessaire pour la fondation eu égard aux équipements en béton. Une certaine partie de conglomérat est craquante et les joints s'ouvrent. Le problème de l'étanchéité se pose dans les zones où le conglomérat s'étend .

### **I3.25 Sidi-Abdella**

La fondation se compose de schiste intercalé avec du grès sur le bas de la vallée et du grès et du calcaire Quartzique sur les deux rives. Le stock de basalte présente un angle oblique élevé croisant avec le cours de l'eau s'orientant de la rive droite en amont à la rive gauche en aval près de l'axe du barrage. Le schiste est généralement très fragile avec une résistance faible au cisaillement de sorte qu'il ne puisse pas convenir à une fondation pour un barrage en béton . Le schiste est habituellement imperméable où l'unité Lugeon est généralement inférieure à 5, toutefois des défauts existent au niveau de la rive gauche où elle peut être perméable. Dans les couches de calcaire des deux rives, l'érosion de karst se développe beaucoup et la fuite peut généralement se produire. Des dépôts de terrasse relativement épais (autour des 10m) et des dépôts de talus s'étendent le long du pied du côté de la rive droite.

## **I4 Tremblements de terre**

Sur la figure I4.1.1, on montre les événements sismiques d'une valeur de plus de 4 à l'échelle du Maroc pendant environ 100 ans depuis 1900. Cependant pendant la période 1900 à 1910, les données des événements sismiques relativement élevés n'ont pas été obtenus à cause du système insuffisant de contrôle.

Selon ces données, autour de la région de la mer méditerranéenne et des montagnes du Rif à travers le Moyen Atlas au Haut Atlas occidental, les tremblements de terre se produisent fréquemment.

A partir des résultats de la répartition du tremblement de terre de grandeur de plus de 5, la zone à haut risque est autour de Neckor, le voisinage de Tazarane, et suivant la ligne du Sud de l'Atlas particulièrement autour d'Errachidia et d'Agadir. Bien que la zone autour de Sidi-Omar soit de basse fréquence, il s'est produit une fois. L'emplacement de l'épicentre d'une grandeur de plus de 5 dans la région de l'Océan Atlantique semble être sur une ligne et le point autour de Sidi-Omar est situé sur cette ligne. Il y a une certaine possibilité qu'ils soient connexes. Le voisinage d'Errachidia est également sur cette ligne.

## **I5 Matériau de construction**

Les résultats de l'étude des matériaux de construction mentionnés dans les rapports respectifs de l'étude de barrage, sont illustrés dans le tableau I2.1 et sont compilés dans le tableau I5.1.