

# Manuel d'Analyse Météo Hydrologique Et des Eaux Souterraines

Décembre 2005

Agence Régionale de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet (ORMVA/FT)

Agence de Coopération Internationale du Japon

## Table des Matières

### Définitions

1. Description Générale .....	1 - 1
1.1 Objectifs du Manuel .....	1 - 1
1.2 Portée du Manuel.....	1 - 1
2. Collecte des Données Météo Hydrologiques .....	2 - 1
2.1 Généralités.....	2 - 1
2.2 Données Météorologiques.....	2 - 1
2.3 Données Hydrologiques .....	2 - 1
2.4 Enregistrements du Niveau de la Nappe.....	2 - 1
2.5 Données des Stations de Pompage .....	2 - 1
3. Analyse des Eaux Souterraines .....	3 - 1
3.1 Généralités.....	3 - 1
3.2 Zone de Modélisation .....	3 - 3
3.3 Données d'Entrée .....	3 - 3
3.4 Préparation de la Saisie des Données .....	3 - 6
3.5 Simulation des Eaux Souterraines .....	3 - 7
3.5.1 Objectif de la Simulation .....	3 - 7
3.5.2 Modèle .....	3 - 7
3.5.3 Données d'entrée .....	3 - 8
3.5.4 Conditions limites de l'écoulement.....	3 - 10
3.5.5 Bilan d'Eau .....	3 - 11
3.5.6 Résultats de la Simulation.....	3 - 12
3.5.7 Calage du Modèle .....	3 - 15
3.5.8 Projection.....	3 - 16
3.5.9 Simulation des effets de recharge.....	3 - 20

### Liste des Tableaux

Tableau 2.2.1(1)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le bassin du Guir)-1
Tableau 2.2.1(2)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le Bassin de la Rivière Guir)-2
Tableau 2.2.1(3)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le Bassin de la Rivière Gheris)-1
Tableau 2.2.1(4)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le Bassin de la Rivière Gheris)-2
Tableau 2.2.1(5)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le Bassin de la Rivière Ziz)-1
Tableau 2.2.1(6)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le Bassin de la Rivière Ziz)-2
Tableau 2.2.1(7)	Données pluviométriques (Mensuelles dans le Bassin de la Rivière Maider)
Tableau 3.3.1	Investigation des khetaras (données des puits de tête)

### Liste des Figures

Fig. 2.2.1	Carte de Situation des Stations Météo hydrologiques
Fig. 2.2.2	Période de Collecte des Données Météo hydrologiques
Fig. 2.3.1	Période de Collecte des Données du Niveau des Eaux Souterraines
Fig. 3.2.1	Zone de Modélisation de la Simulation des Eaux Souterraines
Fig. 3.2.2	Zone de Modélisation par Images Satellite
Fig. 3.2.3	Maillage de la Modélisation
Fig. 3.3.1	Profil Géologique (Zone de Hannabou)
Fig. 3.3.2	Profil Géologique (Zone de Monkara)
Fig. 3.3.3	Profil du Forage (Zone de Hannabou)
Fig. 3.3.4	Profil du Forage (Zone de Monkara)
Fig. 3.5.1	Modèle à Eléments
Fig. 3.5.2	Illustration en Usage Pour la Zone de Recharge
Fig. 3.5.3	Zone de Drainage dans et autour de la Zone de Modélisation

### Annexes

Annexe 1	Simulation d'un modèle réservoir	A – 1
Annexe 2	Données hydrogéologiques	A – 4

### Définitions

Définitions	Descriptions
MODFLOW (Visuel MODFLOW)	Application utilisée pour la simulation des eaux souterraines. En vigueur à l'échelle mondiale y compris au Maroc.
Ax, Ay, Az	Index x: axe des x (horizontal), y: orthogonal à l'axe des x, z: orthogonal au plan x,y.
Ss (Emmagasinement spécifique)	Volume d'eau libéré par volume unitaire de l'aquifère pour chaque unité de réduction de la charge d'eau
Sy (Capacité spécifique)	Volume d'eau qu'un aquifère à nappe libre libère du volume stocké par unité de surface et par unité de rabattement de la nappe d'eau.
Eff. Por (Porosité efficace)	Volume des vides par où passe l'écoulement.
Tot. Por (Porosité totale)	Pourcentage de roche ou de terre ne contenant pas de matériaux
Kx, Ky, Kz	Conductivité (Gradient hydraulique) (propriété de l'aquifère)
Elément	Pixel divisé pour la simulation des eaux souterraines
Maillage	Points d'intersection des colonnes et des lignes pour la modélisation
Couche	Couche du modèle de maillage  Couche captive: Les coefficients de stockage et de transmissivité de la couche sont constants pour toute la simulation.  Couche à surface libre: Le coefficient de stockage de la couche est constant, cependant, la transmissivité varie et est calculée à partir de l'épaisseur saturée et la conductivité hydraulique
SIG	Système d'information géographique (ArcView)
Fichier ASCII (Code Américain Standard pour l'Echange d'Informations)	Données ou fichier texte qui contiennent uniquement des caractères ASCII.
Hauteur d'eau écoulée	L'écoulement total d'un bassin drainant divisé par la superficie
Evaporation d'eau du bac	Taux de perte hydrique par évaporation à la surface d'eau du bac

## **1. Description Générale**

### **1.1 Objectifs du Manuel**

La région du Tafilalet a connu de graves sécheresses depuis 1997. L'ORMVA/TF, qui a réalisé plusieurs projets dans le but d'assurer l'approvisionnement en eau agricole, constate qu'il est encore nécessaire de réaliser d'autres projets pour préserver les ressources en eau souterraine, parmi lesquels les ouvrages de recharge des aquifères qui alimentent de manière continue les khetaras et les stations de pompage pendant les années de sécheresse. Pour mieux exploiter les ressources en eau souterraine par le biais des khetaras et des stations de pompage, il faudrait disposer des données indispensables à la réalisation des projets dans ce domaine, tels que les données météo hydrologiques ou les enregistrements piézométriques.

Ce manuel définit les termes techniques d'ordre général et ceux plus précis ayant trait à l'exploitation et la planification des ouvrages de recharge, notamment dans un but de préservation des ressources en eau des khetaras.

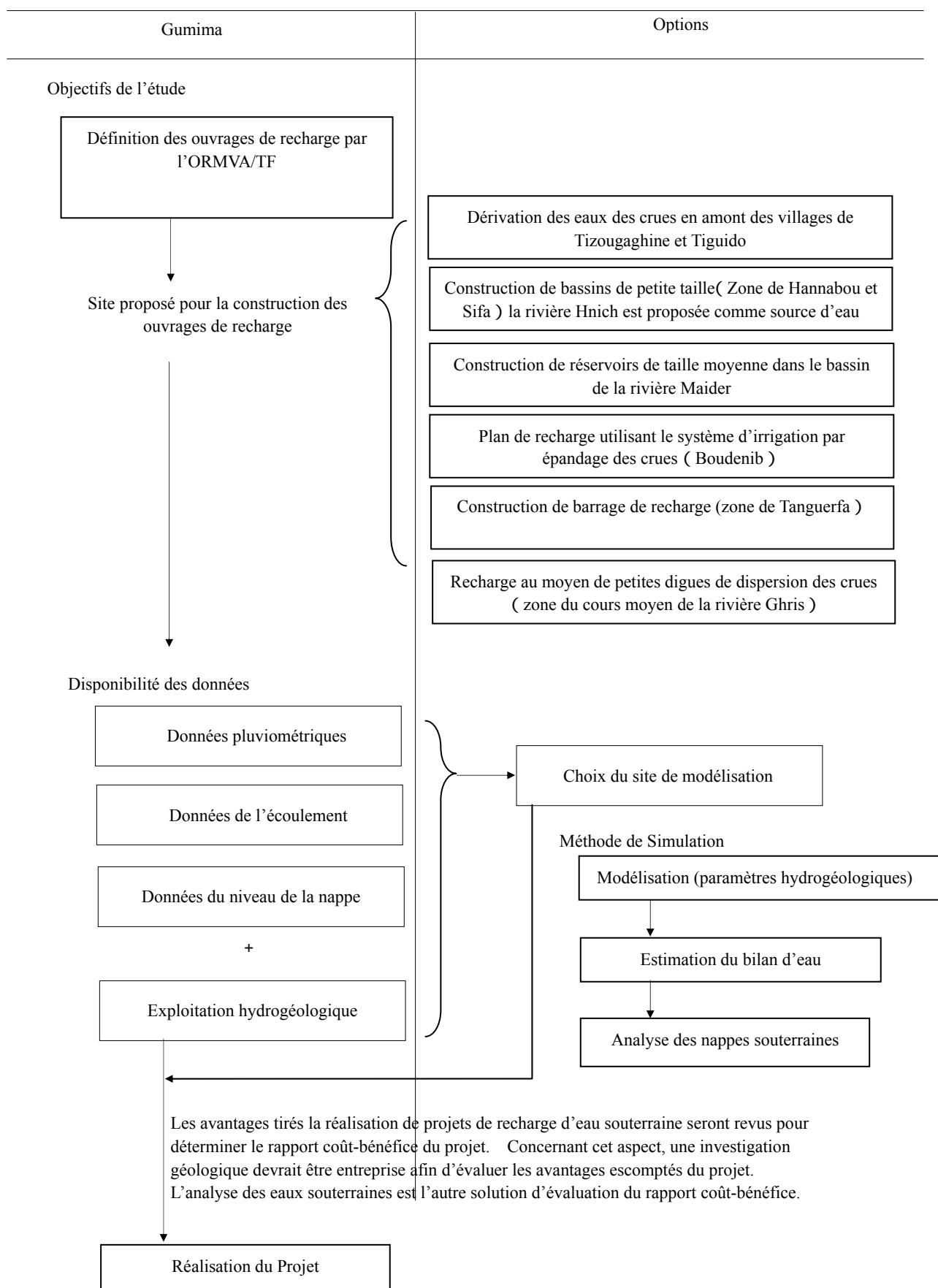
### **1.2 Portée du Manuel**

Ce manuel concerne l'exploitation des données météo hydrologiques et l'analyse des eaux souterraines pour la planification des ouvrages de recharge.

Comme nous l'avons indiqué au paragraphe précédent, l'ORMVA/TF projette de réaliser plusieurs projets de recharge des eaux souterraines. Cependant, il serait nécessaire d'entreprendre des études détaillées pour que ces projets voient le jour : bilans d'eau (précipitations, écoulement, évaporation et recharge), et prospections hydrogéologiques (forage d'investigation géologique, essais de pompage d'évaluation du gradient hydraulique et du coefficient d'emmagasinement, essai de résistivité, etc.).

Le manuel expose le processus de collecte de données météo hydrologiques et hydrogéologiques et la méthode d'analyse et d'évaluation des eaux souterraines (méthode de simulation).

## Collecte de données pour le planning des ouvrages de recharge



## **2. Collecte de Données Météo Hydrologiques**

### **2.1 Généralités**

Les données météo hydrologiques sont continuellement collectées par l'ORMVA/TF et la DRH, et des relevés du niveau des nappes souterraines sont également faits à chaque puits public installé par l'ORMVA/TF ainsi qu'aux puits d'observation de la DRH.

### **2.2 Données météo hydrologiques**

Les données météo hydrologiques suivantes reprises dans la Fig. 2.2.1 sont ont été recueillies dans la région du Tafilalet:

- Les précipitations (Mensuelles)
- La Température (Moyenne mensuelle, maxima, minima)
- L'humidité (Moyenne mensuelle, maxima, minima)
- La vitesse du vent
- L'évaporation (Moyenne journalière)
- Les données de l'écoulement (Mensuelles)

Les données collectées sont reprises dans les Tableaux 2.2.1 et la Fig. 2.2.2 et nous donnent la période pendant laquelle les relevés pluviométriques ont été effectués.

### **2.3 Enregistrements du Niveau des Eaux Souterraines**

La Fig. 2.3.1 montre la période d'observation du niveau des eaux souterraines.

### **2.4 Données des Stations de Pompage**

Ces stations ont été créées par l'ORMVA/TF comme sources d'eau d'irrigation en temps de sécheresse sévère.

### **3. Analyse des Eaux Souterraines**

#### **3.1 Généralités**

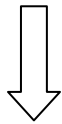
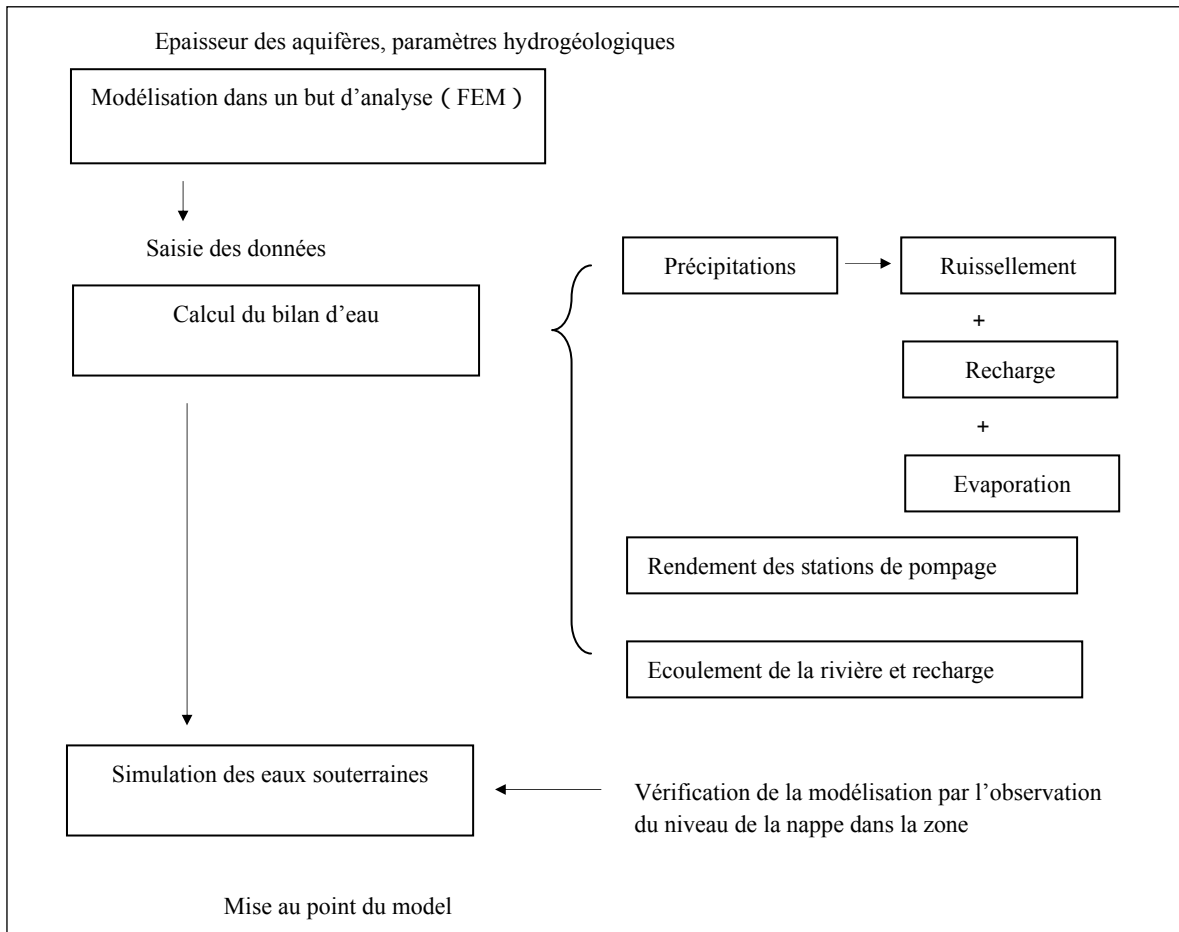
L'analyse des eaux souterraines (simulation) est efficace pour expliquer les fluctuations de la surface de la nappe souterraine, les phénomènes de mouvement et de dispersion tels que ceux d'eau saline et des déchets dangereux contenus dans les nappes souterraines. Concernant la planification des ouvrages de recharge, l'analyse des eaux souterraines est l'une des méthodes de pronostique des effets escomptés telles que la montée du niveau de la nappe phréatique et l'augmentation du volume d'eau de recharge ainsi que la magnitude des effets de la recharge une fois le projet réalisé.

En général, la simulation du mouvement des eaux souterraines doit être faite selon une méthode systématique comme l'illustre la figure de la page suivante. Initialement, une identification d'un modèle en termes de calcul du bilan d'eau (conditions météo hydrologiques) et de plusieurs autres paramètres hydrogéologiques (coefficients hydrogéologiques) est faite dans le cadre d'une étude des conditions actuelles des eaux souterraines vérifiées par les données issues de la nappe phréatique objet de l'observation, etc.

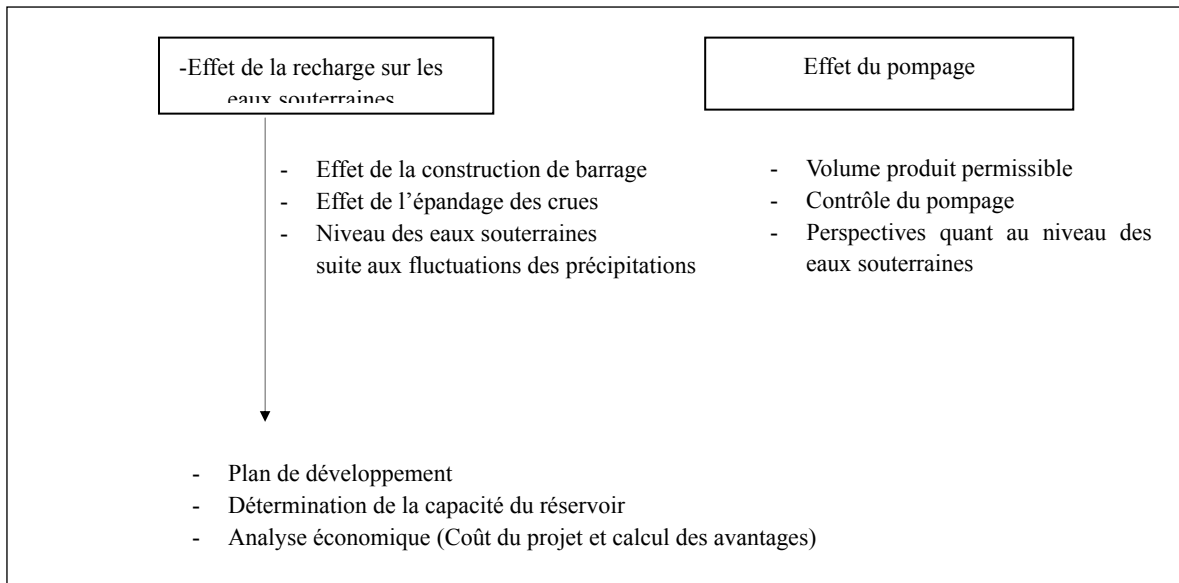
Ensuite, une série de données, (données de recharge, données du débit capté par pompage) sont introduites dans le modèle afin de produire une simulation du mouvement des eaux souterraines. Les résultats expliciteront les effets de la recharge, la montée du niveau de la nappe, et en conséquence, l'augmentation du débit de la khattara.



## I. Modélisation (informations hydrogéologiques)



## II. Simulation par le Model



### 3.2 Zone de modélisation

La zone de Jorf est proposée comme zone de modélisation pour l'analyse des eaux souterraines en tenant compte des conditions suivantes:

- 1) Du point de vue économique, un ouvrage de recharge desservira plusieurs khattaras. Donc, la zone de Jorf est proposée comme zone de modélisation répondant à cette condition. Il existe cinquante khattaras dans et autour de la zone de Jorf, Ksars de Fezna, Jorf, Monkara, Bouya, Krair, Hannabou et Sifa.
- 2) Des données géo-hydrologiques et des observations des eaux souterraines suffisantes sont nécessaires à la vérification du modèle de simulation. On dispose d'un grand nombre de données sur la région de Jorf et du Tafilalet, obtenues des puits d'observation de la DRH, des puits de pompage publics construits par l'ORMVA/TF ainsi que des puits d'observation installés par l'Equipe d'Etude de la JICA.
- 3) Des données météo hydrologiques précises sont également requises pour le calcul du bilan d'eau, particulièrement celles de l'écoulement dans les rivières et celles obtenues au niveau des stations de Tadighoust et Maroucha qui serviront aux simulations des eaux souterraines de la zone de Jorf.

La zone de modélisation est montrée dans la Fig.3.2.1.

Zone de Modélisation

	Latitude	Longitude
(Coordonnées; m)	80,000 - 120,000 (40 km)	570,000 - 605,000 (35 km)
Elément	1 km x 1 km	

Les images de satellite exploitées par l'application ArcView sont utilisées pour la modélisation, ainsi que comme source d'informations géologiques et hydrogéologiques.

### 3.3 Données d'Entrée

- (1) Données géo-topographiques

Les altitudes du terrain naturel sont extraites des cartes topographiques à échelle 1:50.000 publiées par l'administration de la cartographie du Maroc. En outre, les données des levés topographiques lors des explorations géo-hydrologiques engagées par l'Equipe d'Etude de la JICA sont disponibles.

Quant aux données géologiques, c'est-à-dire celles relatives à la couche imperméable (le substratum rocheux) et à la couche perméable (l'aquifère), on exploite les résultats des forages et les essais de résistivité réalisés en amont des zones de Hannabou et de Monkara. Les coupes géologiques en amont des zones de Hannabou et Monkara sont données dans les Fig. 3.3.1 et Fig. 3.3.2, respectivement.

Le niveau de la surface de la couche imperméable est déterminé par les profils géologiques en amont des zones de Hannabou et Monkara. Les profils détaillés des forages entrepris par l'Equipe d'Etude en amont des zones de Hannabou et Monkara sont illustrés par les Fig. 3.3.3 et Fig. 3.3.4.

(2) Données météorologiques

Les données pluviométriques suivantes sont disponibles. Alors que pour la simulation des eaux souterraines, les données relevées à la station de Merroucha, tenant compte de son emplacement et la fiabilité de ses données, sont utilisées comme données de base pour le calcul des volumes d'eau de recharge des aquifères dans la zone de modélisation.

Données Pluviométriques

Bassin de Rivière	Station	Période d'Observation
Gheris river	Amouguer Taghia	1966 – 2004 (à ce jour)
	Tagighoust	1962 – 2004 (à ce jour)
	La'Hmida	1977 – 2004 (à ce jour)
Ferkla river	<b>Merroucha</b>	1977 – 2004 (à ce jour)
	Ait Bouijane	1966 – 2004 (à ce jour)
	Akerouz	1996 - 2004 (à ce jour)

(3) Données hydrologiques

Nous disposons des données d'écoulement qui figurent dans le tableau suivant. Pour la simulation des eaux souterraines, les données relevées aux stations de Tadighoust (en amont de la rivière Gheris) et Merroucha (en amont du bassin de la rivière Ferkla) sont exploitées comme données de base afin de calculer l'écoulement dans les lits des rivières dans la zone de modélisation.

Données Pluviométriques

Bassin de rivière	Station	Période d'Observation
Gheris river	<b>Tadighoust</b>	1970 - 1997
	La'Hmida	1976 - 2001
Ferkla river	Ait Bouijane	1975 - 2001
	<b>Merroucha</b>	1985 - 2001

(4) Données des Eaux Souterraines

Les stations d'observation des eaux souterraines sont énumérées ci-dessous:

### Niveau des Eaux Souterraines (DRH)

Zones	Stations	Administration chargée des observations
Erfoud	457/57	DRH
Jorf, Hannabou	1028/57 (Mosquée de Fezna)	
	1029/57 (Mosquée de Bouya)	
	3628/57 (Mosquée de Jorf Nord )	
	3630/57 (Mosquée de Jorf Sud)	
Sifa, Rissani	1048/57 (Mosquée de Hannabou)	

### Niveau des Eaux Souterraines (JICA)

Zones	Stations	Latitude (m)	Longitude (m)	Profondeur du puits (m)
Hannabou	HS(B-2)	31°27'43"	4°25'49"	70
Monkara	MKS B-6	31°28'56"	4°28'41"	50

### Niveau des Eaux Souterraines (Stations de Pompage Publiques, ORMVA/TF)

ORMVA/TF	Stations	Emplacement	Période d'Observation
Erfoud	Ben Rehal Med	Maadid	1995 – 2004 (à ce jour)
	Gheriss	Route Jorf	-do-
	Mustapha Bouras	Sehb	-do-
	Mosque	M'Hiriguia	-do-
	Mosque	Od Bouzian	-do-
	Mosque	My Brahim	-do-
	Aouni Larbi	El Brouj	-do-
	ORMVA/TF	CMV703, Erfoud	-do-
	Hannabou	Hannabou	-do-

#### (5) Données sur les khattaras

Lors de l'élaboration de la modélisation, les données de restitution de la khattara sont indispensables pour la présentation d'un bilan d'eau fiable et pour l'estimation des effets escomptés de la construction des ouvrages de recharge. L'étude des khattaras a été menée par l'Equipe d'Etude de la JICA dans la zone de Jorf. Les résultats de l'étude, c'est à dire l'emplacement des puits de tête, et la profondeur des aquifères sont donnés dans la Tableau 3.3.1.

En sus de l'étude susmentionnée, le débit a fait l'objet de collecte de données pendant les travaux d'inventaire et constituent une source importante de données pour le model de simulation.

### 3.4 Préparation de la Saisie des Données

(1) Programme logiciel de simulation

La simulation des eaux souterraines faite par l'application Visual MODFLOW en raison de son environnement de modélisation intégré et son interface conviviale, permettant une modélisation trois dimensionnelle de l'écoulement des eaux souterraines, mais aussi la simulation du flux des contaminants.

La configuration matérielle minimum de traitement par ordinateur est la suivante:

- a) Pentium II, 300 MHz (ou équivalent)
- b) 64 MB ou RAM (128 MB recommandés)
- c) Lecteur de CD ROM
- e) Windows 98/2000/XP/NT 4.0 (Service Pack 3)

(2) Saisie des informations générales

L'interface de saisie de Visual MODFLOW est utilisée pour définir:

- a) la grille en 3D à différences finies
- b) la situation et la description des stations de pompage et des puits d'observation.
- c) propriétés du sol requises par l'écoulement et le transport des contaminants.
- d) conditions aux limites pour l'écoulement et le transport des contaminants.
- e) parcours des particules pour retracer le trajet de l'écoulement.
- f) zones d'observation pour la détermination des bilans d'écoulement et de masse

(3) Propriétés

Un modèle d'écoulement des eaux souterraines requiert plusieurs catégories de données pour pouvoir faire la simulation des processus hydrogéologiques et hydrogéochimiques susceptibles d'influencer l'écoulement des eaux souterraines. En Visual MODFLOW, les caractéristiques hydrogéologiques et hydrogéochimiques du model sont classifiées selon des propriétés des éléments saisis suivantes:

- a) Propriété de l'écoulement
  - Conductivité ( $K_x, K_y, K_z$ )
  - Emmagasinement ( $S_s, S_y, P_{eff}, P_{tot}$ )
  - Charges initiales
  - Zone vadose.

Pour l'instant, on ne dispose pas de données sur les propriétés indiquées ci-dessus. A cet égard, des caractéristiques d'ordre général de perméabilité des aquifères sont utilisées en modélisation.

## Propriétés de l'Écoulement

Propriétés	Propriété de l'écoulement des aquifères
Conductivité	$K_x=K_y=K_z=1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$
Emmagasinement	$S_s=S_y=0.2 - 0.3$
Charges initiales	5m au dessus de la base de la roche imperméable (ou bien faire l'estimation de la charge initiale dans des "conditions constantes" du processus de simulation)

### 3.5 Simulation des Eaux Souterraines

#### 3.5.1 Finalité de la Simulation

Comme indiqué au chapitre 1, la diminution de l'écoulement des khattaras conséquent au rabattement des nappes d'eaux souterraines sont à l'origine des difficultés rencontrées pour maintenir des activités agricoles viables et pour protéger la vie rurale dans la région du Tafilalet. Sachant qu'un grand nombre de villageois émigrent vers les centres urbains à la recherche d'emplois, il est urgent de rétablir des conditions viables en termes d'eaux souterraines par la construction d'ouvrages de recharge aussi bien que par les travaux de réhabilitation des khattaras.

Le travail de simulation vise le transfert technologique à l'ORMVA/TF en matière de modélisation et de simulation de l'écoulement des eaux souterraines. L'ORMVA/TF fera l'étude de projets de réalisation d'ouvrages de recharge y compris leur planning et leur conception. Dans ce sens, la zone de Jorf a été choisie comme plateforme pour mener ce travail de simulation à cause de la disponibilité des données et aussi en raison des besoins locaux qui requièrent la recharge des nappes souterraines pour alimenter les khattaras.

La simulation du mouvement des eaux souterraines devrait nous permettre d'aboutir aux résultats suivants:

- 1) Etude de l'écoulement réel des eaux souterraines et l'identification des sources d'eau alimentant les khattaras dans et autour de la zone de Jorf.
- 2) Planning des ouvrages de recharge
  - utilisation de l'écoulement à hauteur de la rivière Hnich et des montagnes environnantes de la rive droite de la rivière Ghris pour la recharge.
- 3) Planning des ouvrages
  - Une série de bassins de recharge et seuils de dérivation connexes
  - Des canaux de dérivation connectés à de grands affluents en vue d'orienter les apports en eau vers la recharge des khattaras.
  - La construction de seuils sur les rivières pour orienter l'écoulement vers les zones de khattaras.

- Des bassins de petite taille pour stocker temporairement les pluies et les écoulements de courte durée afin d'accélérer la recharge à proximité des puits de tête des khetaras.

### 3.5.2 Modèle

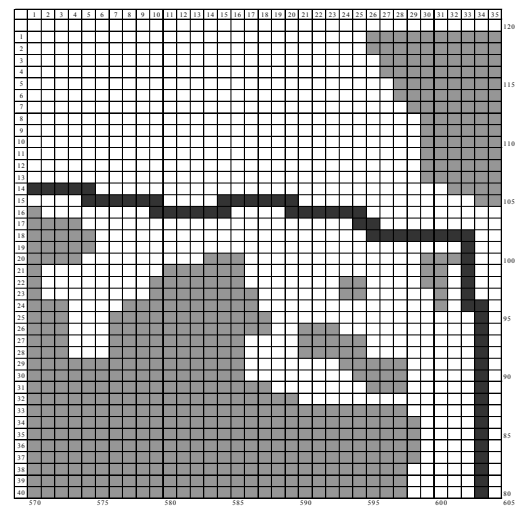
Le modèle simulé (le nombre des éléments) est illustré par la Fig. 3.5.1. Les éléments en gris ne sont pas utilisés pour la simulation étant donné que les fondations dans ces zones de montagne sont rocheuses, en conséquence, l'écoulement des eaux souterraines est négligeable.

### 3.5.3 Données d'entrée

#### (1) Quantité d'eau de recharge de la rivière Ghris

Pour estimer l'écoulement de la rivière Ghris on fait la somme des données relevées aux stations hydrométriques de Tadighoust et Meroutcha. (zone en gris de la Fig. 3.5.2) La simulation fait ressortir une quantité de recharge de 10 % de la totalité de l'écoulement. Cette quantité est uniformément distribuée à tous les éléments traversés par la rivière.

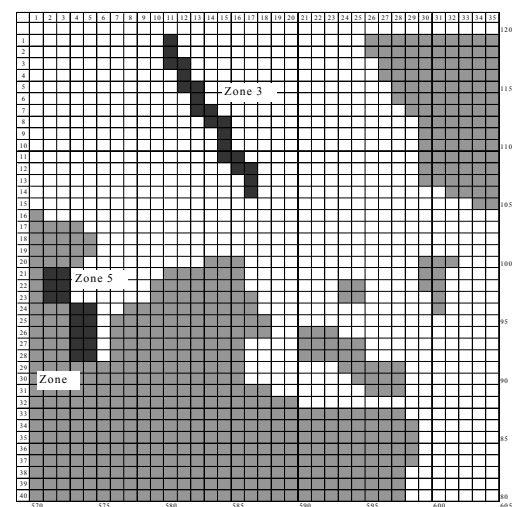
Les données d'émergence seront converties en profondeur d'écoulement. L'écoulement mensuel total est uniformément distribué sur 63 mailles du modèle tel qu'il apparaît dans la figure à droite (La zone 4 des données du programme).



#### (2) Quantité d'eau de recharge des affluents

La quantité de recharge des affluents indiquée en blanc dans la Fig. 3.5.2, est calculée en supposant que 4 % des précipitations atteint l'aquifère. Les données de la recharge sont appliquées aux éléments distribués tout au long de la frontière du domaine du modèle de simulation. Les surfaces de drainage des affluents sont évaluées dans les figures 3.5.2 et 3.5.3.

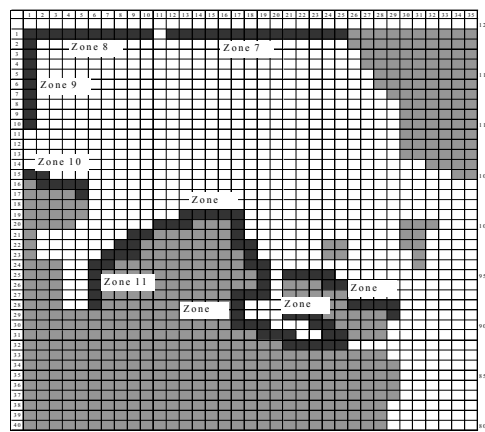
Les secteurs de recharge de la zone 3 située au nord, et des zones 5 et 6 situées à l'ouest sont indiqués dans la figure ci-contre.



(3) Quantité de la recharge des petites surfaces de drainage

Les petites surfaces de drainage sont divisées en 9 zones, énumérées de 7 à 15 tel que le montre la figure ci-contre.

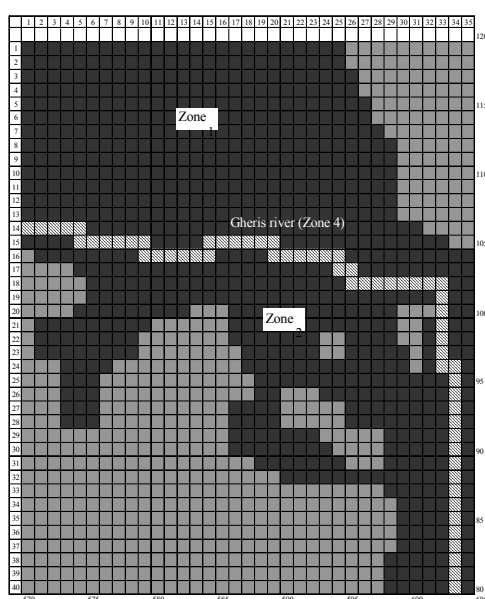
La quantité d'eau de recharge à partir des surfaces de drainage est évaluée à 4 % de l'ensemble des précipitations.



(4) Quantité d'eau de recharge dans la zone de modélisation (précipitations).

La quantité d'eau de recharge en zone de modélisation d'origine pluviale est évaluée à 4 % de la totalité des précipitations.

Du point de vue topographique, la zone de recharge est divisée en deux (2) zones, c'est-à-dire la zone 1 (au nord de la rivière Gheris) et la zone 2 (au sud de la rivière Gheris), cependant, il n'existe pas de différence entre les deux en quantités de recharge (profondeur de la charge).



(5) Zone de restitution (khattara et zones de pompage)

Sur la base des enquêtes sur le terrain dans la zone de Jorf, les caractéristiques du maillage sont données ci-après en tant que zone du débit capté :

Zone de production

	Désignation dans le modèle	Emplacement
Débit des khattaras	Zone 16	Jorf
	Zone 17	Monkara
	Zone 18	Bouya
	Zone 19	Hannabou
	Zone 20	Sifa
Débits de pompage	Zone 21	Fezna, Jorf





### 3.5.4 Conditions limites de l'écoulement

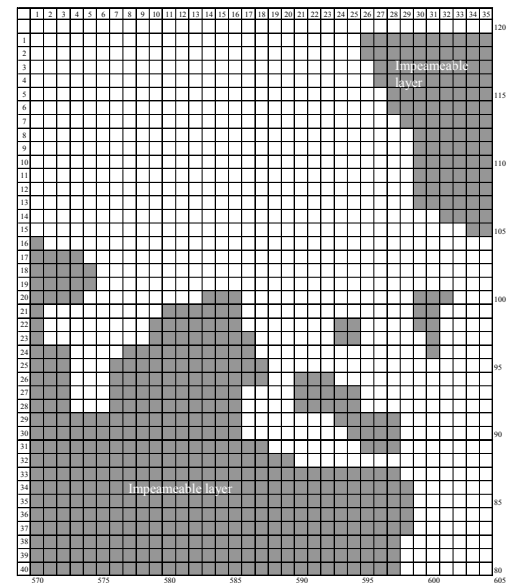
La conception du modèle requiert que les conditions limites soient déterminées avec précision. Les conditions limites influent sur le réseau d'écoulement des eaux souterraines aussi bien dans la situation d'écoulement stable que dans les conditions variables lorsque la charge hydrologique atteint les conditions limites du modèle. Les conditions limites du réseau des eaux souterraines sont, de façon générale, classifiées en conditions limites physiques et celles géo-hydrologiques. Les conditions limites physiques sont constituées de couches imperméables ou d'un système hydrologique de surface tels que les rivières, les lacs. Cependant, les zones limitrophes géo-hydrologiques sont divisées, du point de vue mathématique, en trois catégories :

- 1) Catégorie 1: la charge d'eau sur la base des conditions limites connues, en termes de pression et d'écoulement (conditions de Dirichlet)
- 2) Catégorie 2: le flux à travers les conditions limites du modèle. Le flux zéro est donné sous des conditions limites en absence d'écoulement. (conditions de Neumann)
- 3) Catégorie 3: catégorie dépendante de la charge (le flux est calculé au moyen de la charge d'eau (type de Cauchy)

Les rivières et les petits affluents ne sont pas désignés en tant que limites physiques du fait que la surface des eaux souterraines est considérée inférieure au lit de la rivière lors du calcul de l'écoulement transitoire.

La section en gris de la figure ci-contre est identifiée en tant que limite zéro du flux en raison de l'imperméabilité de la couche (couche rocheuse)

La limite de la charge d'eau doit être indiquée tout au long de la ligne du modèle limitrophe d'Erfoud et de Rissani (le bord droit du modèle). La distribution des eaux souterraines est montrée, pour référence, par la figure .



### 3.5.5 Bilan d'Eau

Le bilan d'eau obtenu de la différence entre la recharge et le débit capté est primordial à la vérification du modèle de simulation. Les ressources en eau de recharge sont constituées des précipitations, des crues, des eaux stockées en surface, etc. Le débit restitué est constitué de l'écoulement de base des rivières, du pompage, de l'évaporation, etc. Il est nécessaire d'évaluer le bilan d'eau en comparant les données relevées et celles obtenues par les calculs de la simulation.

La Figure A présente le bilan d'eau entre la recharge et le débit de restitution de toute la zone couverte par le modèle. Le bilan d'eau des 25 années concernées par la simulation atteint 242 Mm<sup>3</sup> (différence entre le volume de recharge total de 504 Mm<sup>3</sup> et le volume du débit de restitution de 262 Mm<sup>3</sup>).

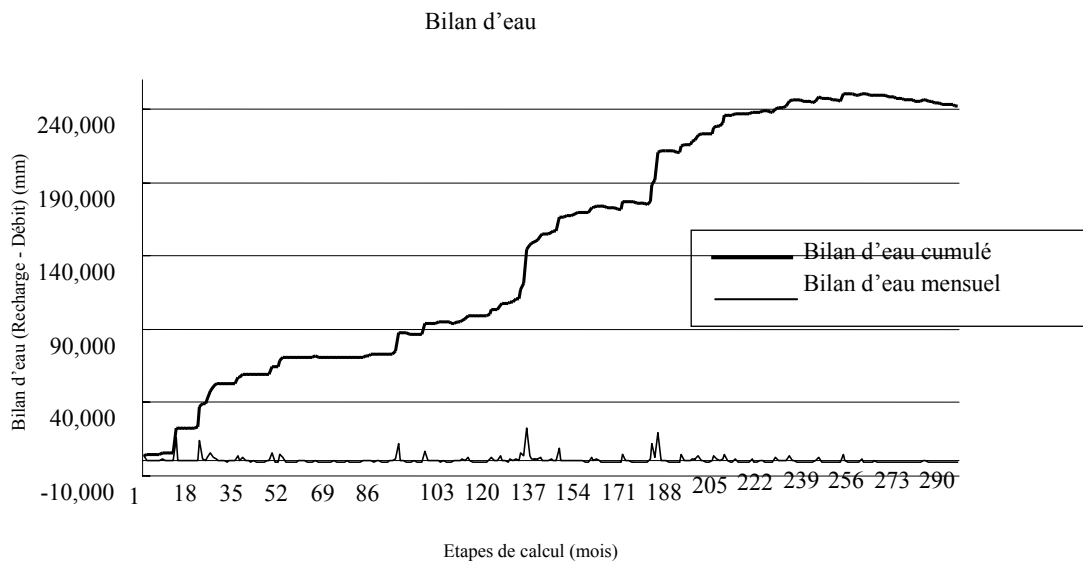


Figure A Bilan d'eau des données saisies Balance of Input Data

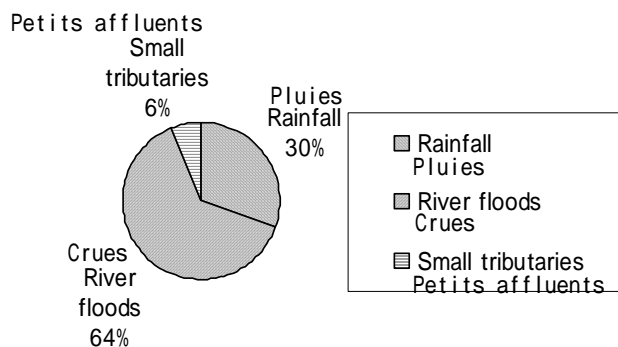


Figure B Pourcentage des ressources (Recharge)

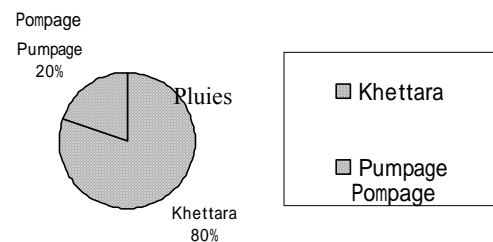


Figure C Pourcentage des ressources (débit)

La Figure D présente la proportion de chaque ressource en eau contribuant à la recharge des eaux souterraines des khattaras. Les apports des eaux des crues en amont de Gheris et Todra sont de 53 % du volume de recharge, ceux des pluies sont de 39 % alors que les infiltrations n'atteignent que 8 %.

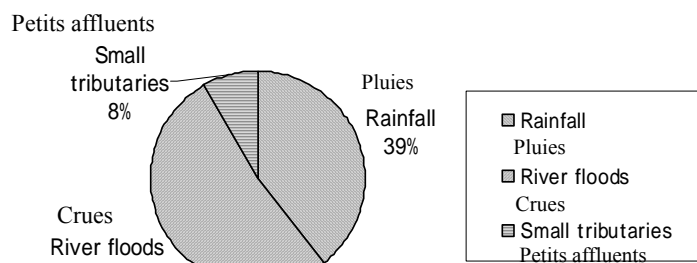
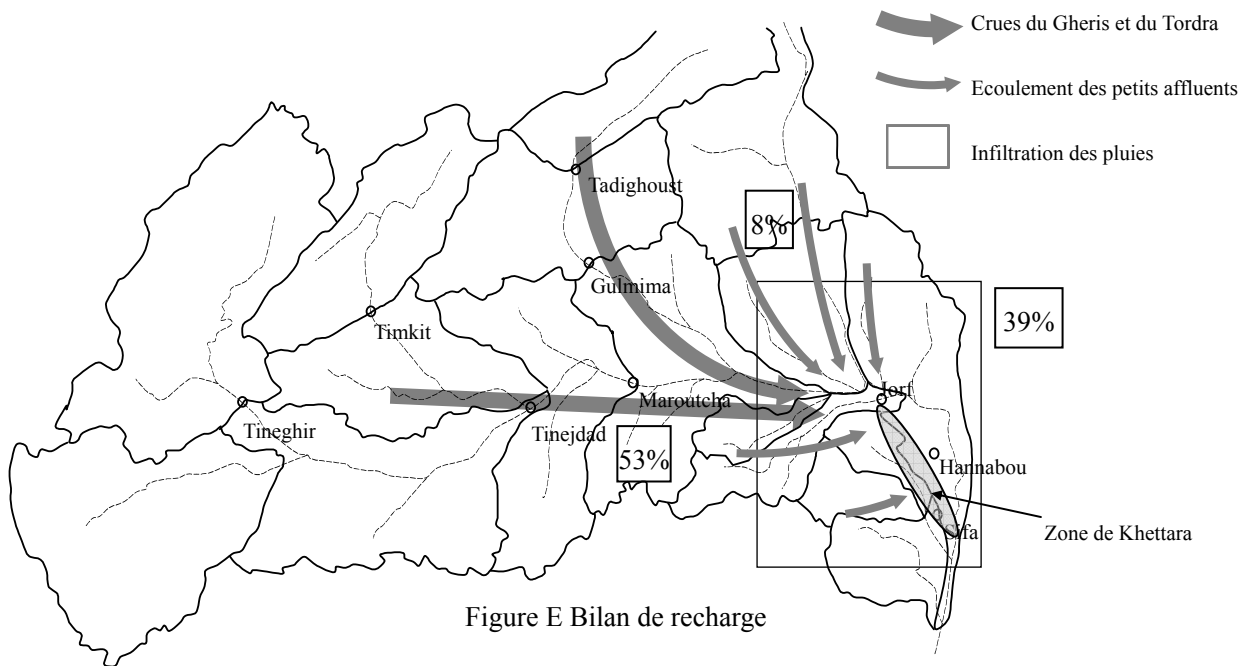


Figure D Pourcentage des ressources (Recharge)



### 3.5.6 Résultats de la Simulation

Les propriétés topographiques et hydrogéologiques introduites dans le modèle sont données ci-après.

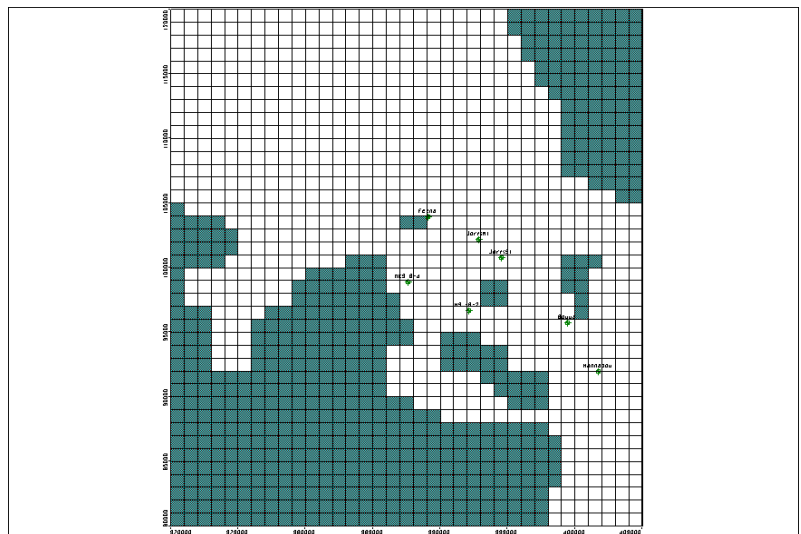
#### Informations topographiques

Modèle	Description
Coordonnées de la zone	x : 570,000 - 605,000 m (longueur 35 km) y : 80,000 - 120,000 m (longueur 40 km )
Niveau d'élévation	Les cotes du niveau des grilles sont données dans le modèle à partir de cartes de 1/50000.
Puits d'observation	Puits de la DRH: Fezna, Jorf(1), Jorf(2), Bouya, Hannabou Puits de la JICA: MKS B-6, HS (B-2)
Charge initiale	5m au-dessus de la roche imperméable (ou bien faire l'évaluation de la charge initiale pour une simulation dans un "état stabilisé")

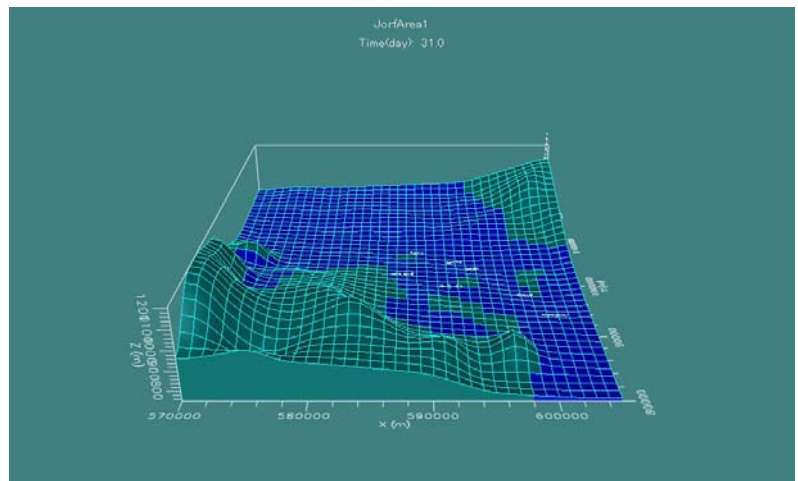
#### Informations Hydrogéologiques

Propriétés	Propriété d'écoulement de l'aquifère	Propriété d'écoulement de la roche de fondation
Conductivité	$K_x=K_y=1 \times 10^{-2}$ cm/sec $K_z=1 \times 10^{-3}$ cm/sec	$K_x=K_y=K_z=1 \times 10^{-7}$ cm/sec
Coefficient d'emmagasinement	$S_s=0.000125$ (1/m) $S_y=0.001$ Eff. Por. = 0.22 Tot. Por. = 0.22	$S_s=1 \times 10^{-7}$ (1/m) $S_y=1 \times 10^{-7}$ Eff. Por. = $1 \times 10^{-7}$ Tot. Por. = $1 \times 10^{-7}$

Le plan du modèle est présenté ci-dessus. La partie en vert est identifiée en tant que limite du flux égal à zéro (voir le sous-chapitre 3.5.4). L'emplacement des puits d'observation est également restitué sur le plan.



Le modèle est présenté en trois dimensions. La partie en vert illustre l'affleurement de la fondation rocheuse et elle est identifiée comme limite du flux zéro. La partie en bleu montre l'aquifère formé au dessus du substratum rocheux par les apports des crues.



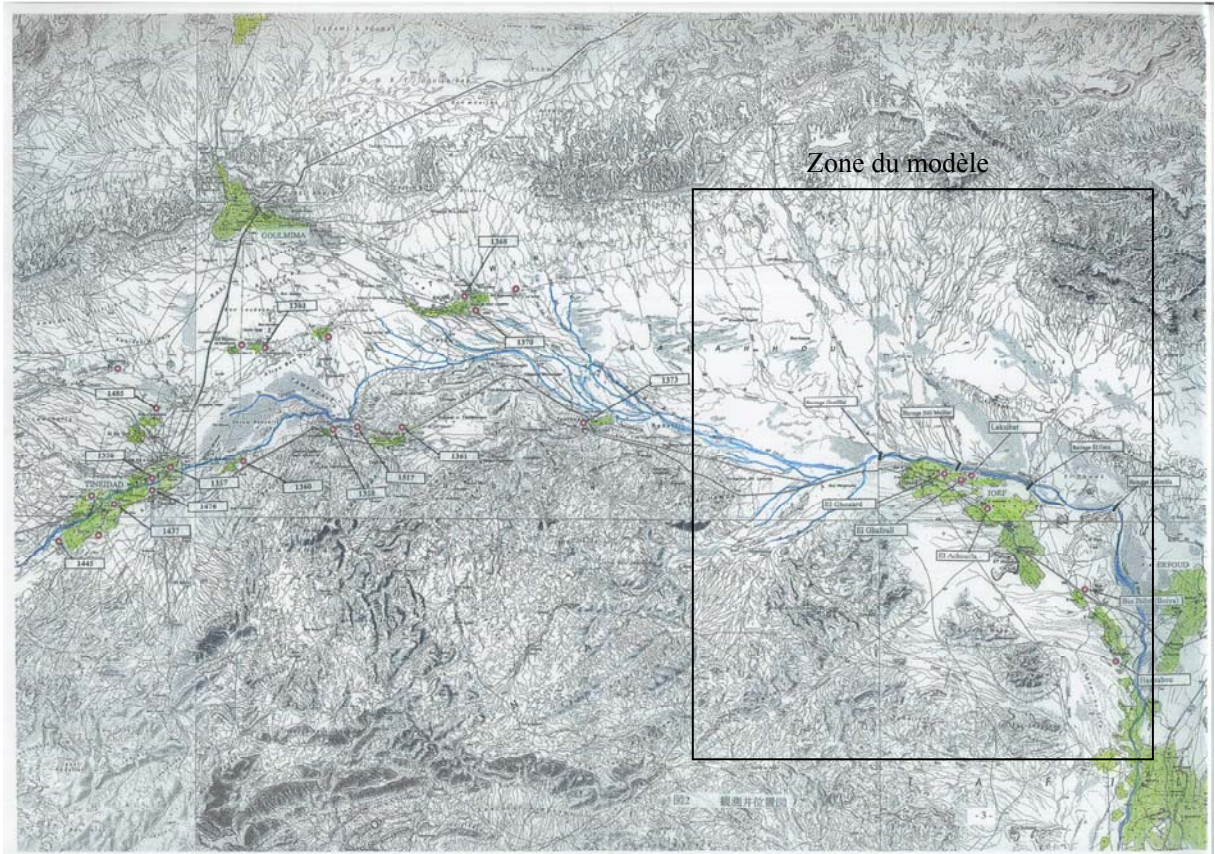
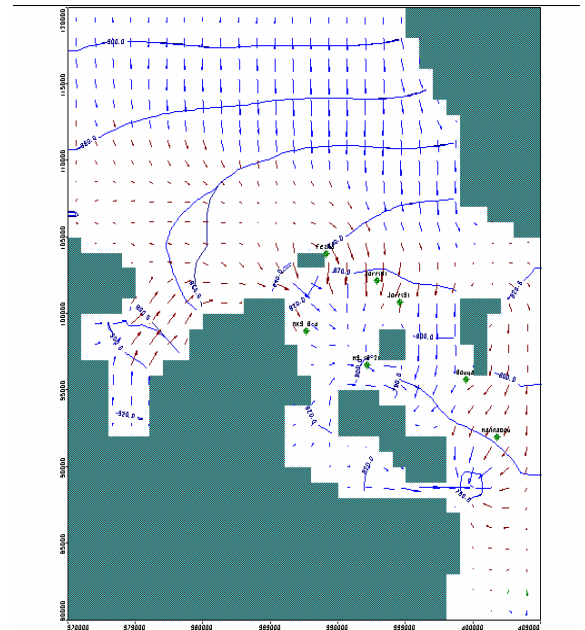


Figure F Carte topographique indiquant la zone du modèle

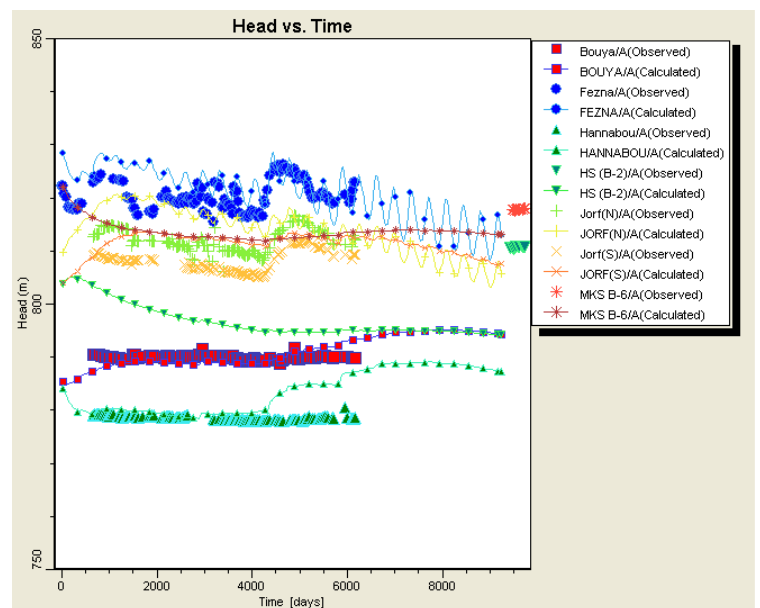
La figure ci-contre montre la courbe de niveau de la surface de la nappe souterraine en 1990 où l'on a observé une récupération des eaux de la nappe consécutive à une forte pluviométrie et aux crues.

Cette figure montre également le vecteur de la vitesse et du sens d'écoulement des eaux souterraines. Les zones à grande vitesse se situent au nord, la partie ouest de la vallée et les zones en amont des khetaras de Jorf, Monkara, Hannabou et Sifa. Ceci s'explique pour les zones au nord par la présence d'une forte pente de l'aquifère située sur des couches rocheuses imperméables, alors que pour les secondes, les autres zones, ce phénomène s'explique par la production d'eau autour des puits de tête et les activités de pompage autour de la zone de Jorf (Fezna, Jorf).



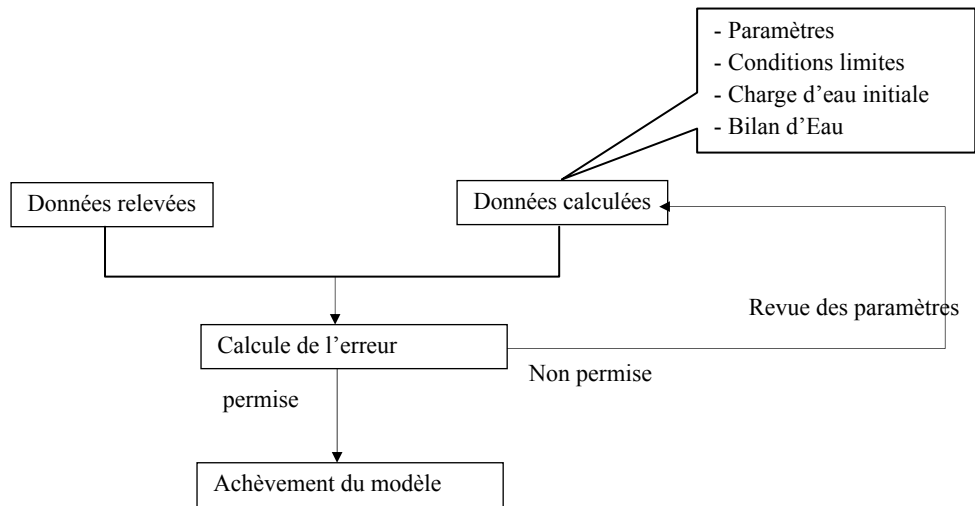
### 3.5.7 Calage du Modèle

Le calage du modèle peut être utile pour évaluer les paramètres par la méthode inverse lorsque les données géo-hydrologiques caractérisant les paramètres du modèle ne sont pas fiables. On rencontre souvent des difficultés théoriques lorsqu'on interprète les données relevées aux puits d'observation qui sont faiblement caractérisés. Le calage ne garantit pas toujours que le modèle soit une représentation fiable du système et donc doit être utilisé avec réserve.



On compte 6 puits d'observation. La figure ci-contre donne aussi bien les résultats des observations de la cote du niveau du plan d'eau que ceux obtenus par calcul. Les données obtenues par calcul correspondent largement à celles relevées dans la zone de Jorf où les crues de la rivière Gheris pénètrent dans le sous sol. Par contre, les données des calculs de Bouya et Hannabou qui sont situés loin de la même rivière montrent une tendance à l'augmentation bien que les données relevées sont plutôt constantes. Ce phénomène peut être provoqué par les conditions limites tout au long de la frontière du domaine du modèle.

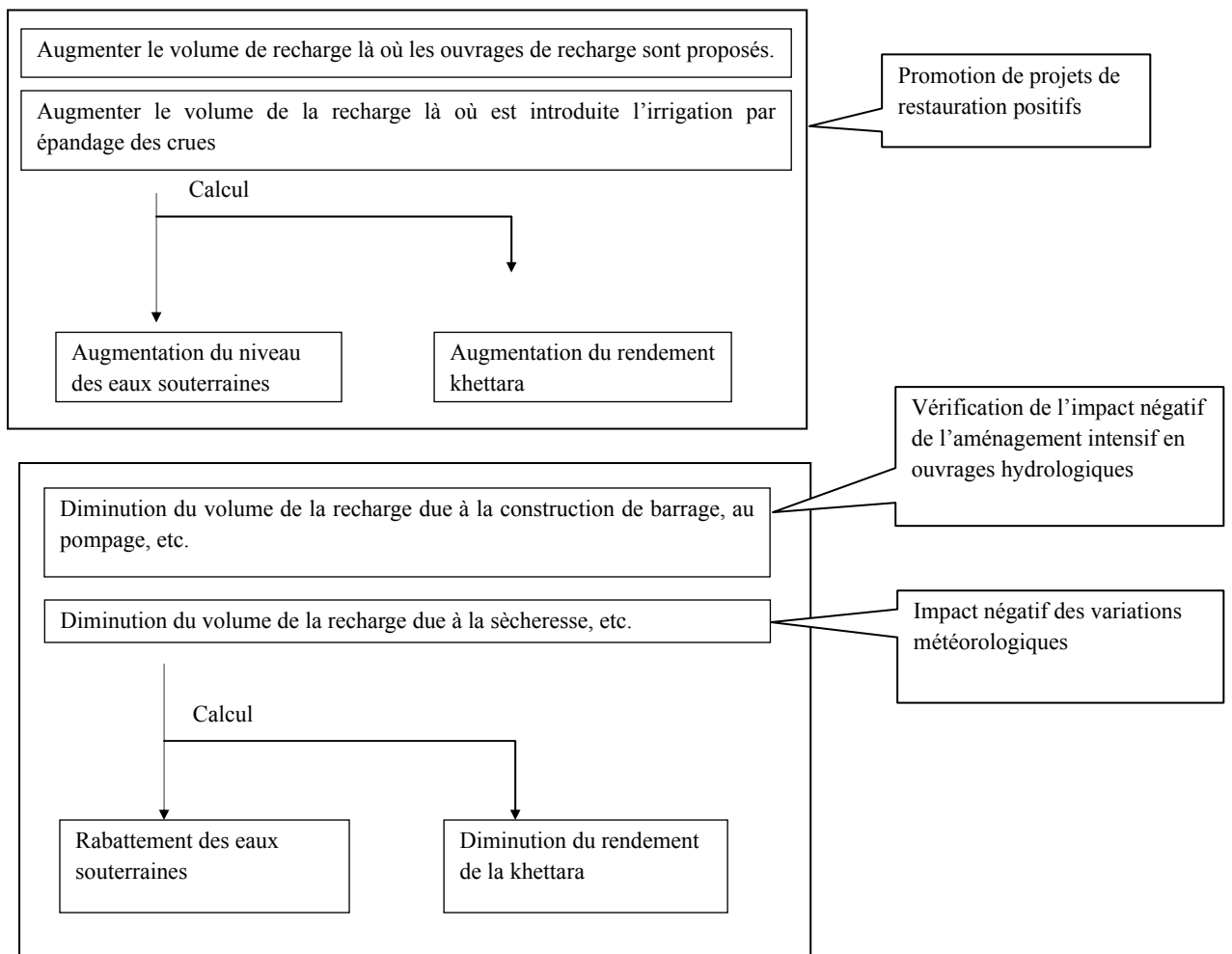
La figure ci-après explicite le processus de calage du modèle :



Flux du Calage du Modèle

### 3.5.8 Projection

Une étude prévisionnelle est faite par l'utilisation d'un modèle bien calé. Pour faire l'évaluation des effets de la recharge par des moyens artificiels, on recommande le procédé de calcul suivant:



### 3.5.9 Simulation des effets de recharge

#### (1) Conditions de recharge

Site de construction : Oukhit, rive droite de l'affluent du Hydrologique, Mellaab

Superficie de drainage: 75,6 km<sup>2</sup> (Confluent du Hydrologique)

Recharge area : Cas-1 tout de suite en aval du site de barrage

Cas-2 Zone de recharge des khetaras situées en amont de Jorf à Hannabou

Volume de recharge : Correspond au volume du barrage

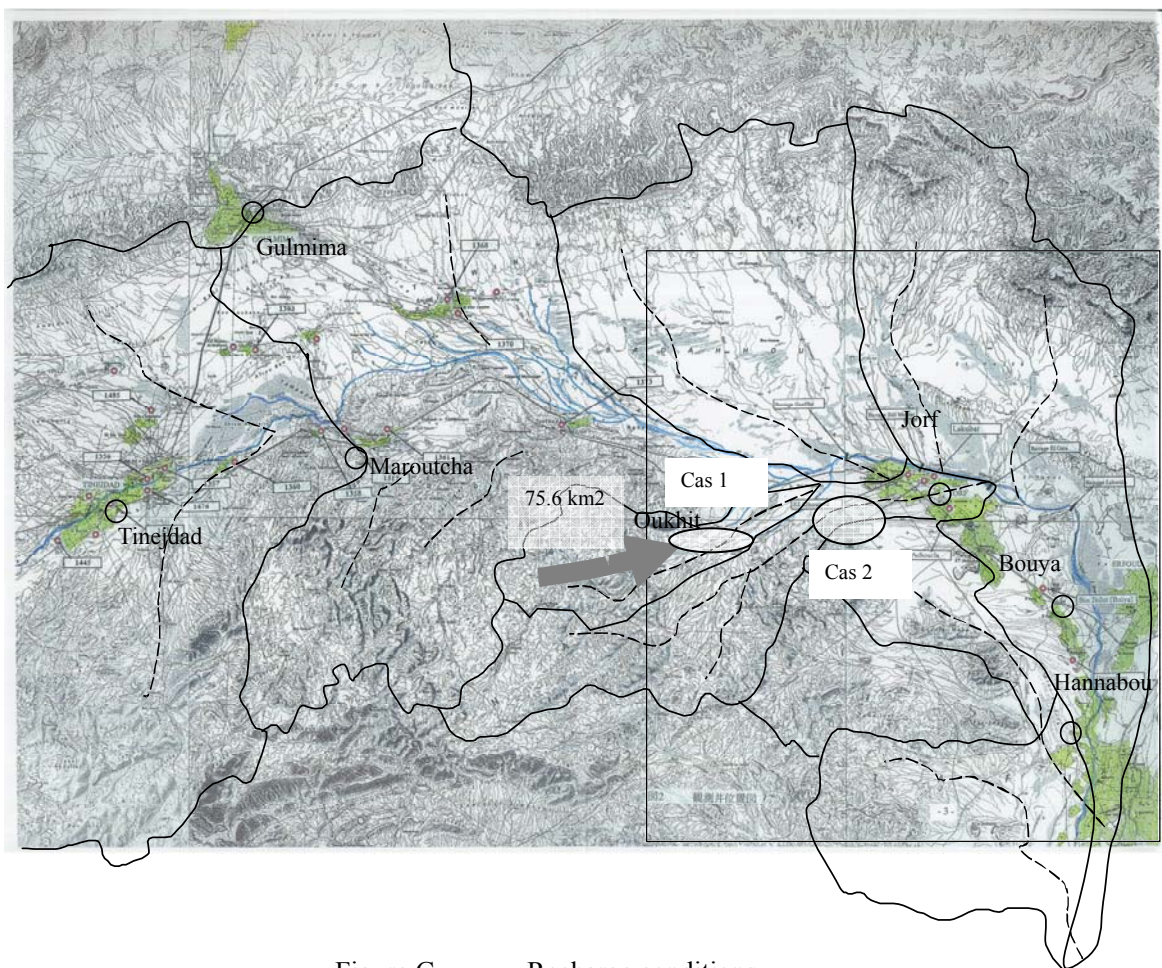


Figure G Recharge conditions



## (2) Taux d'écoulement de la zone de drainage

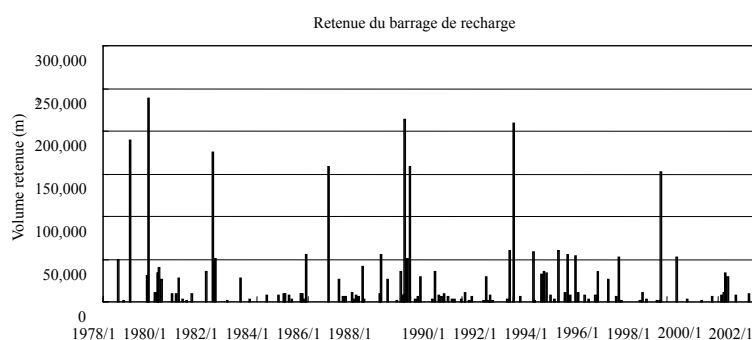
Le taux d'écoulement estimé ci-dessous à partir des données réellement observées par rapport au volume mensuel des pluies.

### Taux d'écoulement

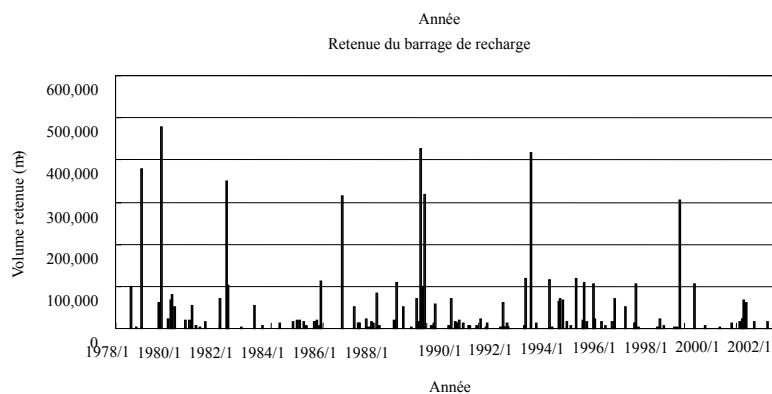
Pluies mensuelles (mm/mois)	Écoulement
R < 5 mm	0,0 %
5 ≤ R < 10 mm	1,0 %
10 ≤ R < 20 mm	2,0 %
20 ≤ R < 50 mm	4,0 %
50 mm ≤ R	10,0 %

Les volumes de recharge ont été évalués à partir des taux d'écoulement ci-dessus :

Cas A: L'ensemble des écoulements s'infiltre dans le sol. Sur 27 années (1978 à 2003), le volume total de recharge a été d'environ 3 200 000 m<sup>3</sup> (1,7 % des pluies qui sont de 191 Mm<sup>3</sup>).



Cas B: Deux fois les écoulements rechargent le sol si la gestion des bassins hydrauliques sont bien aménagées. (alternatives quantitatives)



## (3) Simulation

Nous indiquons ci-après les cas de simulation :

	Zone de recharge	Volume de recharge	Remarques
1)	Cas 1	Cas A	Recharge de 1,7 % des précipitations en moyenne tout de suite en aval du barrage de recharge.
2)	Cas 1	Cas A	Recharge de 1,7 % en moyenne des précipitations près de la zone de recharge des khetaras.
3)	Cas 2	Cas B	Recharge de 3,4 % en moyenne des précipitations près de la zone de recharge des khetaras.

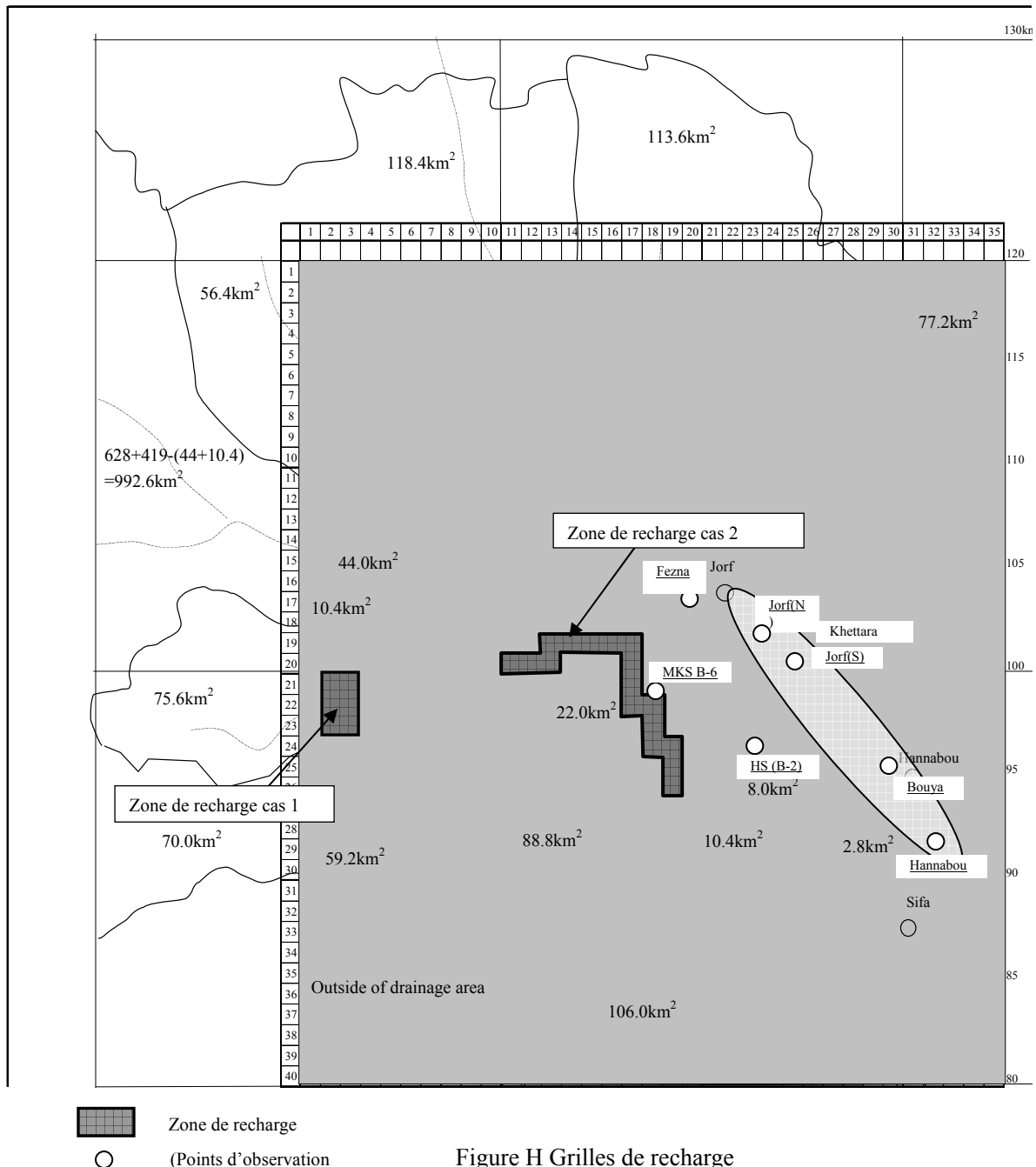


Figure H Grilles de recharge

#### (4) Résultats de la simulation

La simulation donne les résultats suivants :

- 1) Lorsque la zone de recharge se trouve tout de suite en aval du barrage de recharge (cas 1, cas A) les effets de la recharge ne s'observent pas clairement en amont des khetarras.
- 2) Lorsque la zone de recharge se trouve en amont des khetarras (Cas 2, Cas B), le niveau piézométrique de la nappe augmente de 0,05 à 0,1 m à Fezna, en amont de Monkara. Cependant, le niveau de la nappe augmente très faiblement à ksar Bouya et Hannabou.
- 3) Lorsque la zone de recharge se trouve en amont des khetarras (Cas 2, Case B), le niveau de la

nappe augmente de 0,1 à 0,2 m à Fezna, en amont de Monkara. Le niveau de la nappe augmente de 0,05 m à peine à ksar Bouya et Hannabou.

Des résultats ci-dessus il ressort que la zone de recharge doit se situer en amont des khattaras si l'on veut réellement augmenter le niveau piézométrique près de la zone de recharge des khattaras selon une recharge naturelle. La figure ci-dessous indique le contour du niveau de la nappe en janvier 1994. Il y avait environ 400 000 m<sup>3</sup> de recharge (Cas 2, Case B). Les lignes bleues indiquent l'emplacement des khattaras de Monkara et Hannabou. La plupart des parties en amont des khattaras sont situées dans une zone de gradient hydraulique escarpé du fait que l'aquifère est étroit. Le prolongement de la galerie devrait donc augmenter le débit de la khattara.

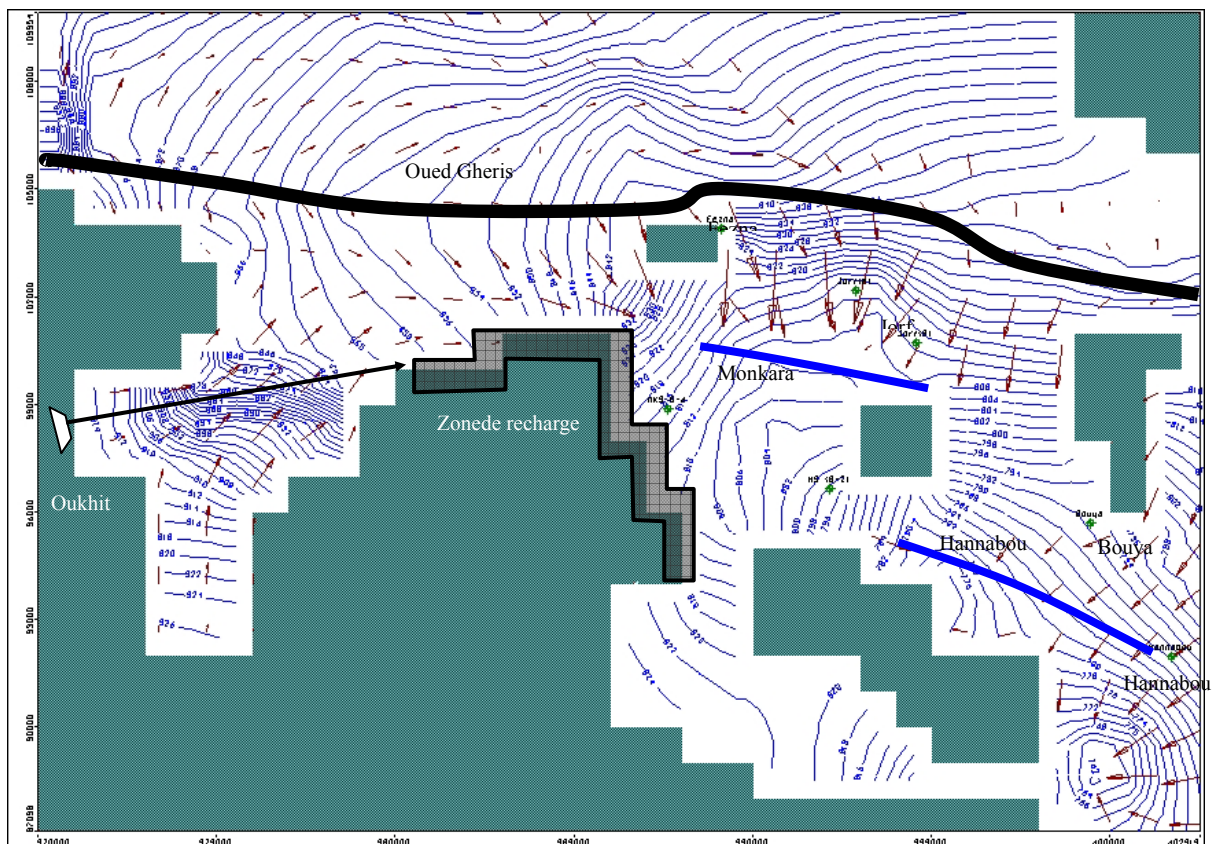


Figure I Niveau piézométrique de la nappe et vecteur de vitesse du courant

Cette simulation a été faite avec peu de données hydrogéologiques. Pour la simulation de direction du débit il faut impérativement avoir des données exactes sur l'aquifère et sur l'élévation du lit rocheux (couche imperméable). En outre, au stade de la planification des ouvrages de recharge, il est important d'avoir les données hydrogéologiques telles que l'écoulement de l'oued, l'évaporation par exemple, si l'on veut que la simulation des ruissellements souterrains soit correcte. Il va sans dire que le plus important est de trouver comment recharger les nappes avec les eaux de surface. Les sédiments charriés par les crues risquent d'obstruer le vide des aquifères.

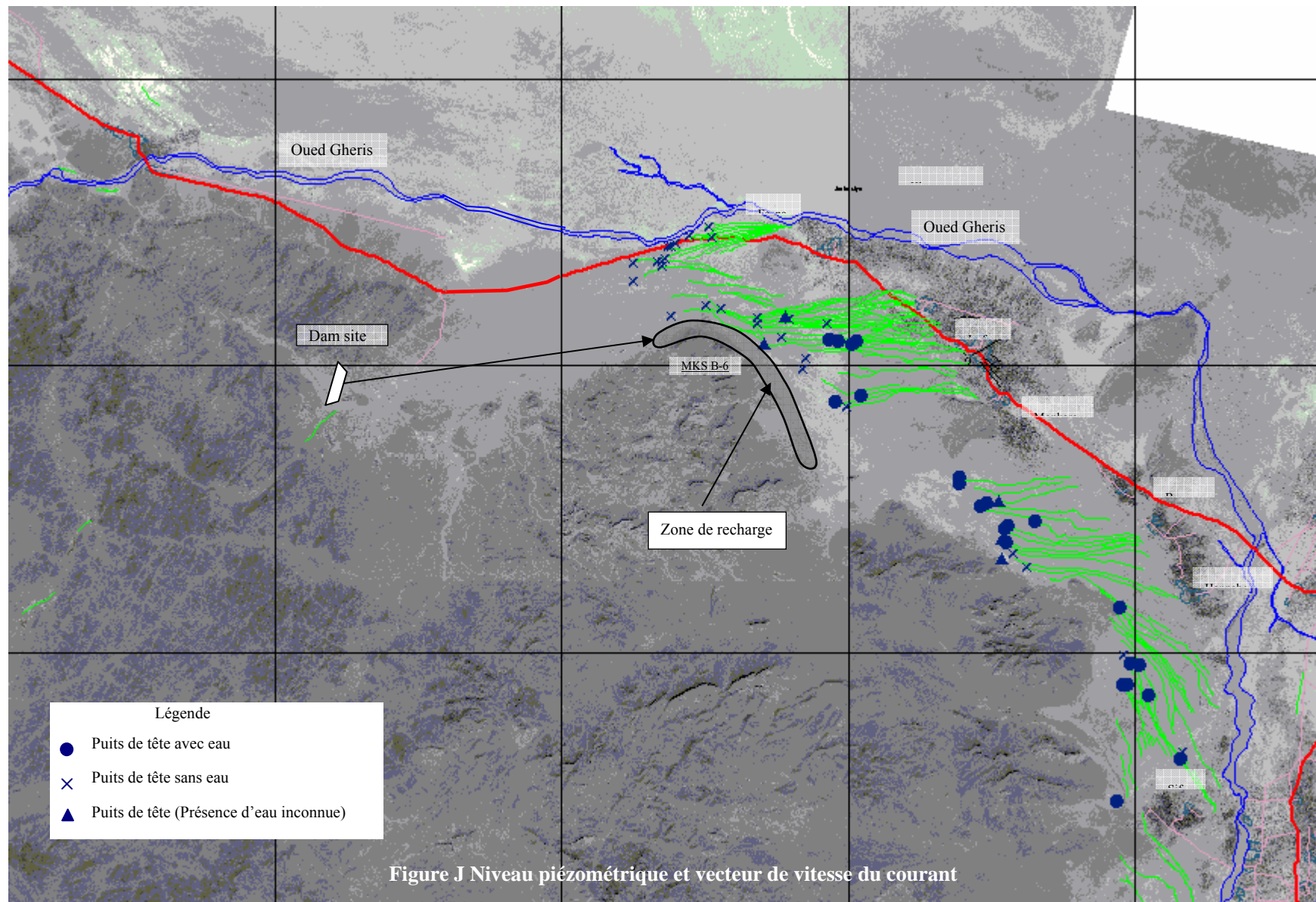


Figure J Niveau piézométrique et vecteur de vitesse du courant











Tableau 2.2.1(5) Précipitations (Mensuelles dans le bassin versant de Ziz)-1

Basin versant: Ziz

Station: Amouqguer+Mizel

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOUT	ANNEE																					
AnnéeHydr	6970	7071	7172	7273	7374	7475	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	0000	0101	0203	0304
Average	20.8	19.4	14.9	15.2	10.7	12.8	15.8	22.0	21.3	12.2	3.8	3.6	173.9																					

Basin versant: Ziz

Station: Foum Zaabel

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOUT	ANNEE																					
AnnéeHydr	6970	7071	7172	7273	7374	7475	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	0001	0102	0203	0304
Average	17.3	23.8	20.5	16.0	10.7	13.8	12.6	23.2	15.6	7.9	2.3	7.0	176.8																					

Tableau 2.2.1(6) Précipitations (Mensuelles dans le bassin versant de Ziz)-2

Basin versant: Ziz  
Station: Fomm Tillich

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOUT	ANNEE																	
AnnéeHydr	7475	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	7475	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	7475	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average

Basin versant: Ziz  
Station: B.H.H.dedakkhl

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOUT	ANNEE																
AnnéeHydr	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	7576	7677	7778	7879	7980	8081	8182	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average

Basin versant ZIZ ORNVA du TAFILALET  
Station: SEMVA D'ERRACHIDIA

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOUT	ANNEE									
AnnéeHydr	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	8283	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average

Basin versant ZIZ  
Station: Radier Erfoud

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	AOUT	ANNEE								
AnnéeHydr	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average
AnnéeHydr	8384	8485	8586	8687	8788	8889	8990	9091	9192	9293	9394	9495	9596	9697	9798	9899	9900	0001	0102	0203	Average

Tableau 2.2.1(7) Précipitations (Mensuelles dans le bassin versant de Maider)

Basin versant : Regg  
Station: Almif

MOIS Année-Hydr.	SEP	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	ANNEE
75/76	-	18.4	5.0	2.0	18.4	5.0	2.0	19.6	0.1	0.5	T	-	96.3
76/77	47.5	0.6	1.5	18.9	14.6	0.3	T	10.5	2.4	-	-	-	97.3
77/78	9.9	6.0	3.6	10.3	52.4	8.3	-	T	-	-	T	6.3	93.4
78/79	2.5	4.1	T	1.6	80.3	2.8	T	2.1	T	-	T	-	205.1
79/80	20.5	86.8	4.6	-	11.6	50.1	24.6	4.9	T	-	T	-	86.6
80/81	3.6	T	10.7	36.1	1.0	9.7	T	33.8	27.9	3.0	1.0	0.9	66.0
81/82	4.2	T	T	-	16.1	3.9	T	0.6	13.4	-	-	T	33.4
82/83	13.3	1.1	1.8	-	T	3.2	T	0.5	9.8	3.7	-	T	29.6
83/84	T	11.7	0.7	T	3.5	-	-	28.1	12.1	T	T	-	76.7
84/85	T	-	17.3	-	5.4	13.8	-	30.4	2.3	T	1.1	0.4	39.1
85/86	4.0	5.4	3.2	17.0	3.9	1.8	T	-	6.3	T	-	-	81.2
86/87	7.2	37.3	-	-	-	T	13.5	4.2	3.5	-	-	0.1	57.2
87/88	9.6	5.0	6.8	10.3	4.2	35.1	T	13.4	T	16.5	1.3	6.3	150.0
88/89	0.8	10.6	66.0	-	-	35.1	T	15.7	8.6	T	17.0	T	151.2
89/90	3.8	34.0	30.6	48.4	T	-	13.1	11.5	1.8	8.0	0.6	6.4	85.5
90/91	18.9	1.7	-	29.5	-	5.7	8.4	2.6	107.0	0.4	1.2	1.3	142.8
91/92	-	3.0	-	13.2	-	30.8	4.2	-	0.4	-	-	0.2	65.6
92/93	1.7	2.1	1.4	23.2	1.0	-	-	0.1	1.0	-	1.6	T	0.1
93/94	-	10.0	24.6	2.6	29.3	-	-	14.1	20.9	T	-	1.8	68
94/95	0.6	80.6	-	-	-	T	-	11.3	13.9	-	0.1	57.3	180.0
95/96	0.5	37.1	-	11.3	9.5	33.3	-	6.6	35.9	-	T	22.2	77.2
96/97	-	2.0	-	4.1	4.2	2.2	6.6	2.6	-	2.9	1.6	1.3	2.6
97/98	14.2	-	-	-	13.8	47.9	7.8	-	5.0	T	-	37.7	71.8
98/99	0.3	0.3	0.2	15.8	7.3	2.6	2.6	-	0.2	35.3	0.3	-	2.9
99/00	T	34.4	-	-	-	-	-	-	1.0	0.1	T	-	1.3
00/01	-	7.1	T	3.4	-	T	-	-	10.2	10.2	2.3	3.1	85.4
01/02	0.3	10.7	0.7	2.5	0.5	0.9	25.8	28.4	10.2	T	-	-	-
02/03	8.9	0.7	0.7	1.9	T	5.0	13.3	T	-	-	-	-	-
Average	7.2	15.7	7.0	9.6	11.1	11.6	9.0	10.6	11.7	5.6	2.7	4.9	90.1

Basin versant: Tarrbalt  
Station: Tazarine

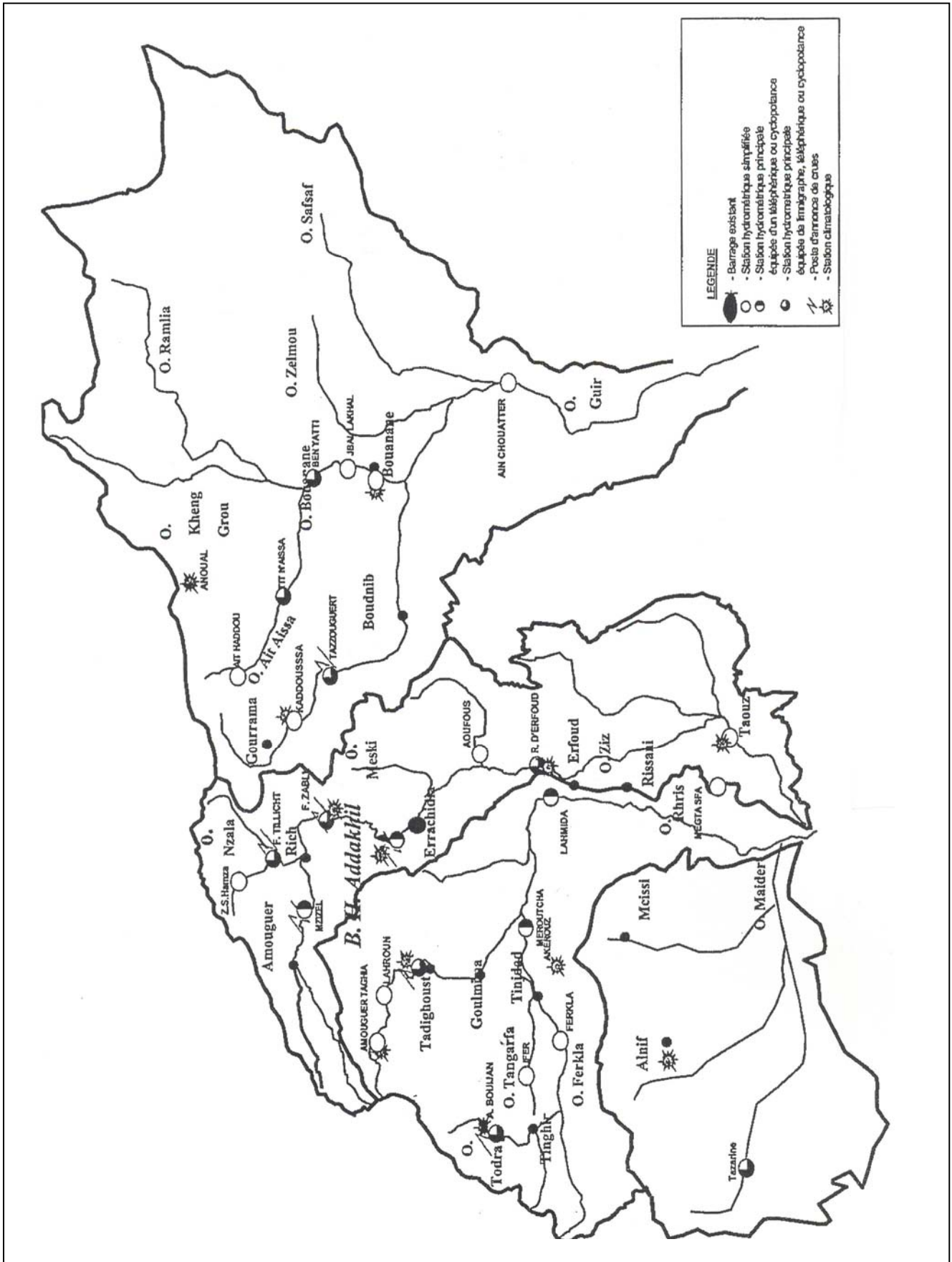
MOIS Année-Hydr.	SEP	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	ANNEE
96/97	-	-	-	-	-	-	5.9	20.2	1.5	-	-	30.7	105.4
97/98	23.0	-	-	-	10.2	53.4	14.1	-	-	1.0	-	3.7	69.1
98/99	-	-	-	8.0	20.5	1.0	13.5	-	-	-	5.5	20.6	82.0
99/00	-	38.5	-	1.5	-	-	0.5	1.0	32.0	2.0	-	6.5	290.0
00/01	-	17.0	3.5	1.5	-	-	-	-	2.0	28.5	40.0	300	117.0
01/02	1.0	3.5	-	6.0	-	2.0	28.5	40.0	300	2.0	1.0	3.0	80.5
02/03	4.0	1.0	0.5	5.5	-	1.0	23.0	10.2	10.9	1.0	1.3	11.6	80.5
Average	4.7	10.0	0.7	3.8	5.1	9.6	12.2	10.2	10.9	1.0	1.3	11.6	80.5

Tableau 3.3.1 Investigation sur des Khetaras

No	Nom	Zone	Eau	Coordonnées		Latitude		Longitude		Profondeur (m)		
				X	Y	°	'	°	'			
1	Jdida	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 85 132	001 04 787	31	32	0	0	0.0	0.0
2	Maataaouiya	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 85 234	001 04 418	31	31	4	30	351	9.6
3	Bouya	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 84 465	001 04 472	31	31	4	30	642	
4	Tarbouya	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 83 966	001 04 251	31	31	4	30	958	
5	Zmitia	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 33 787	001 04 124	31	31	4	31	73	
6	El Hamria	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 33 696	001 04 107	31	31	4	31	130	
7	El Assria	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 33 611	001 03 704	31	31	4	31	184	
8	El Yayouia	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 82 504	001 03 557	31	31	4	31	837	
9	Charkia	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 83 359	001 03 582	31	31	4	31	347	
10	Diabia	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 82 486	001 02 917	31	31	4	31	900	
11	El Bahmouya	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 83 486	001 03 603	31	31	4	31	266	
12	Jdida	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 83 512	001 03 410	31	31	4	31	250	
13	Essadkia	Fezna	oui non	n'est pas sur	005 83 830	001 01 672	31	30	4	31	59	
14	Lahloua	Mounkara	oui non	n'est pas sur	005 89 506	000 98 649	31	28	4	27	4910	17
15	Lambarkia	Mounkara	oui non	n'est pas sur	005 89 954	000 98 542	31	28	4	27	2100	16.7
16	Issaouia	Mounkara	oui non	n'est pas sur	005 90 397	000 98 910	31	28	4	26	9270	17.5
17	Jdida koudia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 88 404	000 99 850	31	29	4	28	1800	15.5
18	Kdima jorf	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 88 522	001 00 213	31	29	4	28	1010	
19	Satdia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 90 104	001 00 665	31	29	4	27	1020	18
20	Issaouia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 90 264	001 00 796	31	29	4	27	0	17.5
21	Souihia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 89 633	001 00 807	31	29	4	27	3990	18.5
22	Lambarkia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 89 326	001 00 834	31	29	4	27	5900	17.5
23	Boushibia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 87 671	001 00 968	31	30	4	28	6370	16
24	El Ouria	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 87 948	001 01 568	31	30	4	28	459	14
25	Idrissia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 86 804	001 01 611	31	30	4	29	181	
26	El Ghanemia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 85 536	001 01 951	31	30	4	29	978	
27	Issmailia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 85 008	001 02 046	31	30	4	30	311	
28	Ezzarga	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 87 041	001 00 739	31	29	4	29	36	
29	El Baghdadia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 86 823	001 01 434	31	30	4	29	170	18

Tableau 3.3.1 Investigation sur des Khetaras

No	Nom	Zone	Eau	Coordonnées		Latitude			Longitude			Profondeur (m)	
				X	Y	°	'	"	°	'	"		
30	Lakbira	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 87 763	001 01 713	31	30	0.0	4	28	575	0.0
31	Labrikia	Jorf	oui non	n'est pas sur	005 89 268	001 01 428	31	30	816	4	27	626	17
32	El Mostafia	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 99 444	000 91 516	31	25	65	4	21	261	14.6
33	El Alouia	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 96 226	000 92 965	31	25	701	4	23	283	14
34	Grimia	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 95 322	000 93 306	31	25	888	4	23	537	15.5
35	Mdimia	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 95 778	000 93 454	31	25	969	4	23	562	
36	Kdima	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 95 500	000 93 821	31	26	169	4	23	737	17
37	Oustania	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 95 351	000 93 993	31	26	263	4	23	329	16.5
38	Fouganja	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 95 414	000 94 269	31	26	412	4	23	790	16.5
39	Khetara	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 95 565	000 94 395	31	26	481	4	23	693	12.5
40	Khetetera	Hannabou	oui non	n'est pas sur	005 96 485	000 94 541	31	26	553	4	23	111	15.6
41	Barhoumia	Bouya	oui non	n'est pas sur	005 95 235	000 95 274	31	26	957	4	23	896	
42	Kdima Krair	Krair	oui non	n'est pas sur	005 94 815	000 95 176	31	26	906	4	24	158	7
43	Jdida Krair	Krair	oui non	n'est pas sur	005 94 584	000 95 063	31	26	345	4	24	307	17.3
44	Kdima bouya	Bouya	oui non	n'est pas sur	005 93 833	000 95 877	31	27	290	4	24	737	17
45	Jdida bouya	Bouya	oui non	n'est pas sur	005 93 837	000 96 067	31	27	303	4	24	770	17
46	El Glaglia	Sifa	oui non	n'est pas sur	005 99 357	000 84 791	31	22	885	4	21	342	12
47	Hadj Allal	Sifa	oui non	n'est pas sur	005 99 563	000 88 820	31	23	441	4	21	203	13
48	Cherchnia	Sifa	oui non	n'est pas sur	005 99 717	000 88 837	31	23	481	4	21	103	14.5
49	Laksibia	Sifa	oui non	n'est pas sur	005 99 619	000 89 925	31	24	38	4	21	162	13
50	Lihoudia	Sifa	oui non	n'est pas sur	005 99 825	000 89 595	31	24	21	4	21	32	16
51	Kdima sifa	Sifa	oui non	n'est pas sur	006 00 125	000 89 523	31	23	818	4	20	848	15.5
52	Ramlia	Sifa	oui non	n'est pas sur	006 00 476	000 88 464	31	23	243	4	20	632	12.8
53	Jdida sifa	Sifa	oui non	n'est pas sur	006 01 674	000 86 494	31	22	172	4	19	890	
54	Ighzer	Sifa	oui non	n'est pas sur	006 01 585	000 86 257	31	22	44	4	19	947	9



Projet de Développement des Communautés Rurales  
à travers la Réhabilitation des Khetaras dans les Régions Semi-arides de  
l'Est Sud-Atlasique du Royaume du Maroc

Agence japonaise de coopération internationale

Figure. 2.2.1  
Carte de situation des stations  
d'observation Météo-hydrologiques

Figure: 2.2.2 Période d'observation des données météo-hydrologiques

Meteorological data

1. Monthly Rainfall

	Location	Sub-Basin	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03						
1.1	Guir basin	Sub-Basin	-53	-54	-55	-56	-57	-58	-59	-60	-61	-62	-63	-64	-65	-66	-67	-68	-69	-70	-71	-72	-73	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84	-85	-86	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98	-99	-00	-01	-02	-03	-04						
	1.1.1	Annoual																																																										
	1.1.2	Tit N'Aissa																																																										
	1.1.3	Ait Haddou																																																										
	1.1.4	Beni Yatti																																																										
	1.1.5	Kaddoussa																																																										
	1.1.6	Tazouguert																																																										
	1.1.7	Buanane																																																										
1.2	Ziz basin																																																											
	1.2.1	Amouguer																																																										
	1.2.2	Foum Zaabel																																																										
	1.2.3	BH,Eddakhil																																																										
	1.2.4	Radier Erfoud																																																										
		Foum Tillicht																																																										
		Semva																																																										
		Errachidia																																																										
1.3	Gheris basin																																																											
	1.3.1	Amouguer																																																										
		Ait Boujane																																																										
		Tadigoust																																																										
		Akrouz																																																										
		Merrouitcha																																																										
		L'Hmida																																																										
		Taouz																																																										
1.4	Maide	Alnif																																																										
		Alnif																																																										
		Tazarine																																																										







1. Monthly Groundwater Level

	Location	No.				58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	
2.1.9	K. Ghardmi	IRE1476/56																																																		
2.1.10	K. Ksiba	IRE1485/56																																																		
2.1.11	Tinejda	IRE1510/56																																																		
2.2	Gheris basin																																																			
2.1	Goulmima																																																			
2.2.1	Zinba Taziat	IRE682/47																																																		
2.2.2	Ialtafraout	IRE755/47																																																		
2.2.3	Boutamfit	IRE663/47																																																		
2.2.4	Ait Yahya	IRE670/47																																																		
2.2.5	Tiaouanine	IRE678/47																																																		
2.2.6	Toughza	IRE691/47																																																		
2.2.7	Goulmima	IRE764/47																																																		
2.3	Ziz basin																																																			
2.3	Rich																																																			
2.3.1	Ait Hikou	IRE498/39																																																		
2.3.2	Tazmamart	IRE587/39																																																		
2.3.3	Ait Tikart	IRE597/39																																																		
2.3.4	Ait Salah	IRE1195/48																																																		





1. Monthly Groundwater Level

	Location	No.	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03										
7.	Maidar basin																																																											
	7.1.1	Daya Maidei																																																										
		IRE178/65																																																										
	7.1.2																																																											
		IRE181/65																																																										
	7.1.3																																																											
		IRE185/65																																																										
	7.1.4																																																											
		IRE192/65																																																										



1. Monthly Groundwater Level

	Location	No.			56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03
9.	Pumping Station (ORMVA/TF)																																																			
	9.3	Rissani																																																		
	9.3.1	Guiouz																																																		
	9.3.2	Jbil																																																		
	9.3.3	Z. Rmal																																																		
	9.3.4	Chorf Bahaj																																																		
	9.3.5	Tabouassamet																																																		
	9.3.6	Tinaghras																																																		
	9.3.7	Sidi Boubker																																																		
	9.3.8	Grinfoud																																																		
	9.3.9	Abadou																																																		
	9.3.10	Zet Sidi Ali																																																		
	9.3.11	Dar My Talet																																																		
	9.3.12	Amara																																																		
	9.3.13	Graoua																																																		
	9.3.14	Jdida																																																		
	9.3.15	Zet Taboubakkarte																																																		
	9.3.16	Ammar																																																		

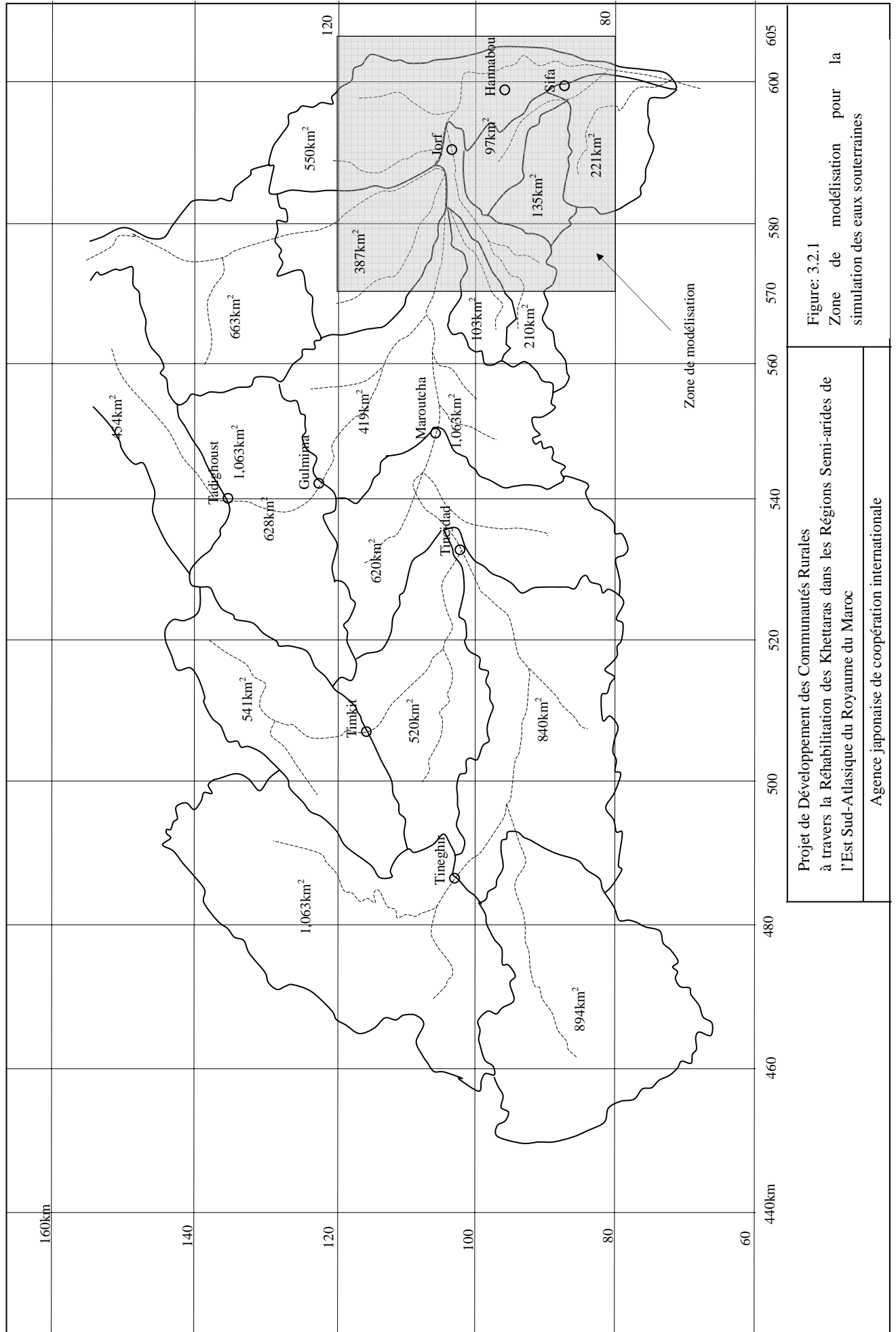


Figure: 3.2.1  
 Zone de modélisation pour la  
 simulation des eaux souterraines

Projet de Développement des Communautés Rurales  
 à travers la Réhabilitation des Khettras dans les Régions Semi-arides de  
 l'Est Sud-Atlantique du Royaume du Maroc

Agence japonaise de coopération internationale



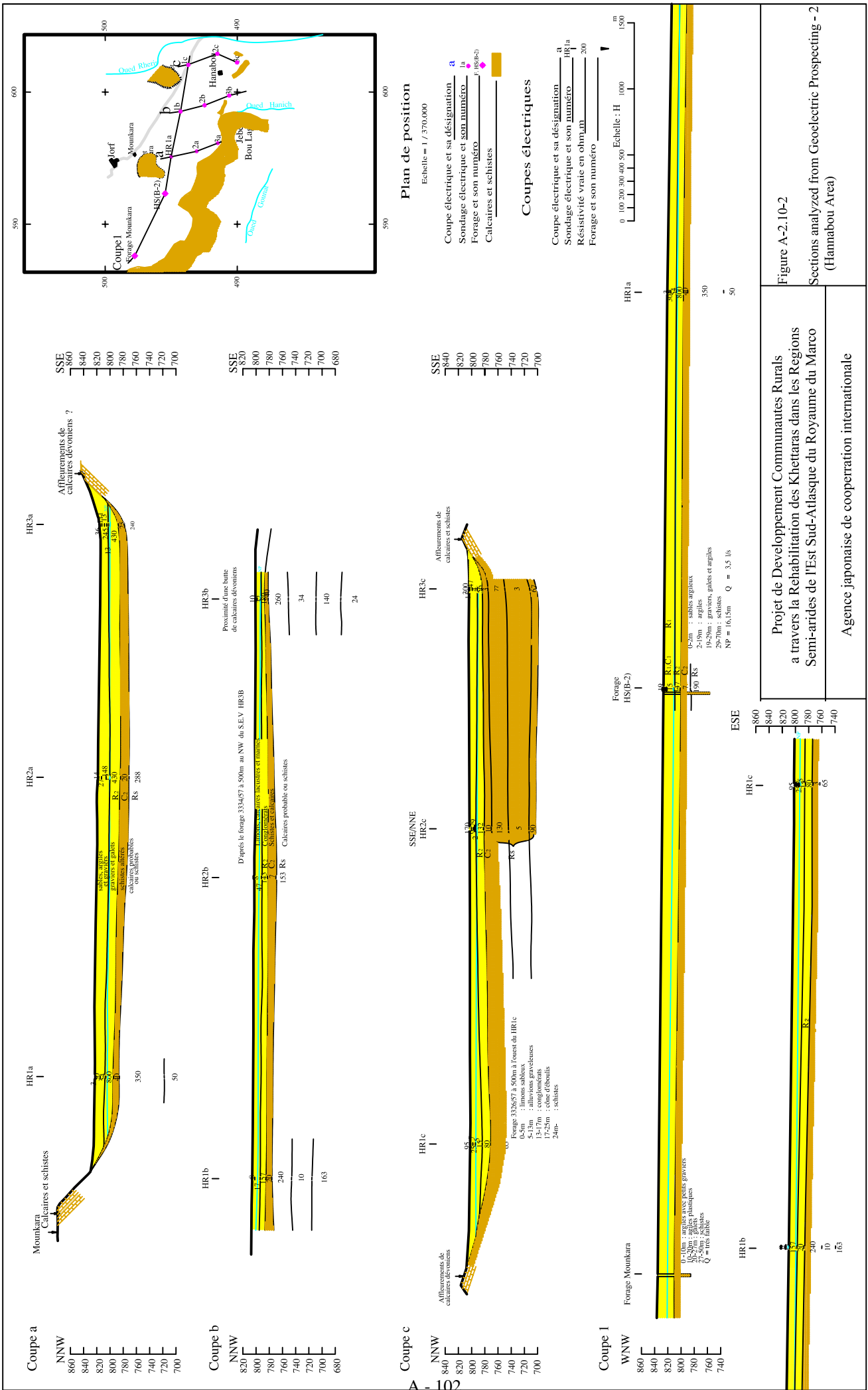


Figure A-2.10-2  
Sections analyzed from Geoelectric Prospecting - 2  
(Hannabou Area)

Projet de Développement Communautés Rurales  
à travers la Réhabilitation des Kheffaras dans les Régions  
Semi-arides de l'Est Sud-Atlasque du Royaume du Maroc

Agence japonaise de coopération internationale