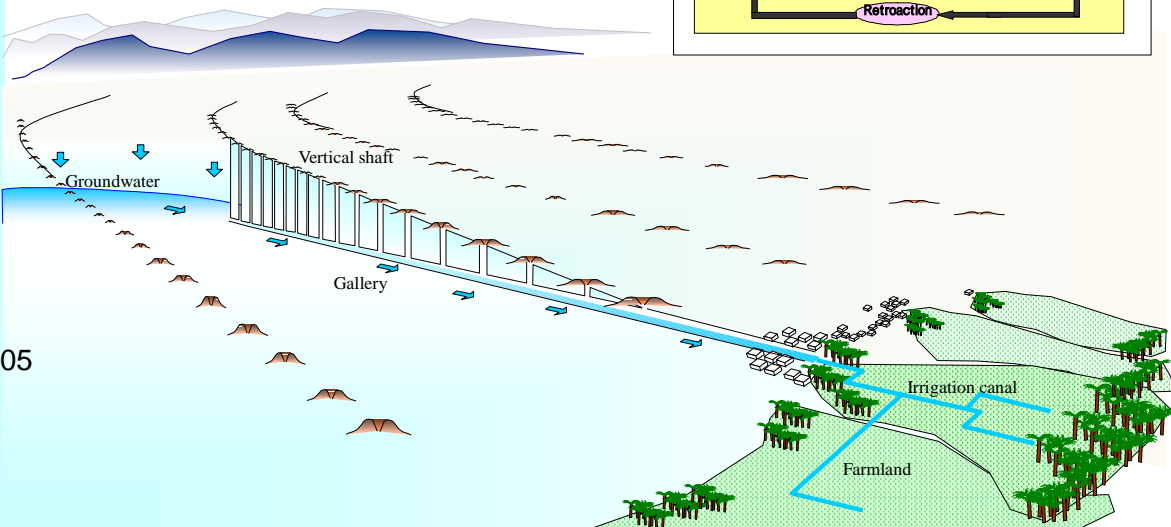
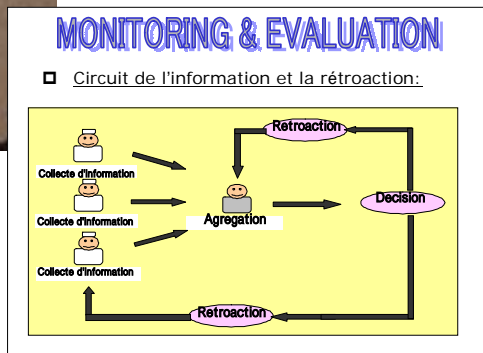


AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DU DEVELOPPEMENT RURAL  
ET DES PECHEES MARITIMES DU ROYAUME DU MAROC  
OFFICE REGIONAL DE MISE EN VALEUR AGRICOLE DU TAFILALET  
ROYAUME DU MAROC

# ETUDE DE DEVELOPPEMENT DU PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUD-ATLASIQUE

## TEXTE DES SEMINAIRES



DECEMBRE 2005

NIPPON GIKEN  
NIPPON KOEI

RD
JR
05 - 84

**Étude de Développement du Projet de Développement des Communautés Rurales à Travers la  
Réhabilitation des Khettaras dans les Régions Semi-Arides de l'Est Sud-Atlasique  
Au Royaume du Maroc**

**Texte des séminaires**

Table des matières

**1ère siminar en Octobre 2003**

Informations générales sur le séminaire .....	1 - 1
Dr. TAKAMURA, Université Rissho- Japon.....	1 - 3
Thème : Apport des études géotechniques et hydro-géologiques dans la stabilité et l'alimentation artificielle des khettaras dans le Tafilalet.	
M. M.OURAHOU, ORMVA du Tafilalet .....	1 - 6
Thème: Etude de sauvegarde des khettaras dans le Tafilalet; Cas d'étude : Fezna- Jorf et Hannabou - 1ère Phase -	
Dr. BOUKHARI, E.N.A de Meknes .....	1 - 10
Thème : Approche DIGRAP et quelques résultats de l'étude socio-économique relative à l'étude en cours sur les khettaras.	
M. A. ABAOUZ, ORMVA du Tafilalet.....	1 - 20
Thème : Rationalisation de l'utilisation des eaux d'irrigation	
Dr. M. KABIRI, F.S.T. Errachidia .....	1 - 22
Thème : Apport d'une ONG locale à la gestion de l'eau; Cas de Tinjdad	
M. H. LAMRANI, Association de l'environnement et de la lutte contre l'ensablement.....	1 - 27
Thème : Les khettaras dans le 3ème Millénaire : Cas de Jorf	
Annexe	
Annexe 1 : Etude comparative sur les canalisations d'eau .....	1 - 30
souterraines Foggara et Mambo	
- <b>Hiroki TAKAMURA, Faculté des sciences géo-environnementales, Université Rissho, Japon</b>	
Annexe 2 : Modes d'utilisation de l'eau dans le desert du sahara.....	1 - 38
(Le mensuel « Geography », Vol. 25, N° 7, 1980)	
- <b>Hiroki TAKAMURA, Faculté des sciences géo-environnementales, Université Rissho, Japon</b>	
Annexe 3 : Méthode de creusement traditionnel des qanats en Iran (Khettaras au Maroc).....	1 - 47
- <b>Hiroki TAKAMURA, Faculté des sciences géo-environnementales, Université Rissho, Japon</b>	

## **2ème Seminar en octobre 2005**

Informations générales sur le séminaire .....	2 - 1
M. Abdelhafid MEFTAHA, Mohamed SAADA, Service d'Equipement ORMVA/TF.....	2 - 3
Thème : Réhabilitation des khattaras et réseau d'irrigation	
M. Abdelkader BABA-KHOUYA, Service de Gestion Réseau d'irrigation, ORMVA/TF .	2 - 9
Thème : Importance de l'irrigation à économie en eau goutte à goutte et son application sous khattaras	
Mm. Zahra AIT BELLA, Service de Vulgarisation et organization .....	2 - 10
Thème : Irrigation à économie d'eau dans les parcelles de démonstration JICA et organisations professionnelles	
Mm. Fatima JARI, Service de Vulgarisation et organization.....	2 - 15
Thème : Activités génératrices de revenu	
M. Kerfal, A. Chikhi, Institut National de la Recherche Agronomique .....	2 - 20
Thème: Performances de reproduction et de production de la race D'Man au Domaine Expérimental de l'INRA d'Errachidia au Maroc	
Dr. BOUKHARI, E.N.A de Meknes .....	2 - 32
Thème : Evaluation participative Projet de Développement des Communautés Rurales à Travers la Réhabilitation des Khattaras.	
Dr. L. EDDAHBY, F.S.T. Errachidia .....	2 - 42
Thème : Salinité et Agriculture	
P.V DE SÉMINAIRE DE CLÔTURE 19-20 OCTOBRE 2005 .....	3 - 1

*1<sup>ère</sup> séminaire  
en octobre 2003*

## Informations générales sur le séminaire

### 1. Thème du séminaire

Thème 「 Le Développement des Communautés Rurales par la Réhabilitation des Khéttaras 」

Sub-Thème Reconnaître les caractéristiques des khettaras dans le domaine hydrogéologique

Quel seraient les actions à engager par l'ORMVA/TF et la JICA à l'endroit du Développement des Communautés Rurales par la réhabilitation des khettaras ?

Que devraient faire les agriculteurs pour la même finalité ?

2. Date: le 22 et le 23 octobre, 2003

3. Lieu: Salle de Conférences de ORMVA/TF

### 4. Participants

le 22, octobre : JICA, l'ORMVA du Tafilalet, DRH d'Errachidia, ONEP d'Errachidia, FST d'Errachidia

le 23, octobre ; -Agriculteurs de la zone d'action. l'ORMVA du Tafilalet. JICA

## Journée du 22 Octobre 2003

- Exposé du Dr. TAKAMURA, Université Rissho- Japon  
*Thème: Présentation des techniques concernant les installations de prise d'eau souterraines traditionnelles (Khetaras) et modes d'irrigation des terres arides*
  - Exposé du Dr. L. EDDAHBY., F.S.T. Errachidia  
*Thème : Apport des études géotechniques et hydro-géologiques dans la stabilité et l'alimentation artificielle des khettaras dans le Tafilalet.*
  - Exposé du M. M.OURAHOU, ORMVA du Tafilalet  
*Thème : Etude de sauvegarde des khettaras dans le Tafilalet; Cas d'étude : Fezna- Jorf et Hannabou Phase -*
  - Exposé du Dr. BOUKHARI., E.N.A de Meknes  
*Sujet : Approche DIGRAP et quelques résultats de l'étude socio-économique relative à l'étude en cours khettaras.*
  - **Exposé du M. H. RAHAOUI et A. OUBERHOU, ORMVA du Tafilalet**  
*Thème : Expérience étrangère sur les Falajs ; Voyage d'étude à Sultanat d'Oman*
  - Exposé du M. S. Allaouzi, DRH d'Errachidia  
*Thème : Le ressources en eau de la plain de Tafilalet, les apports superficiels*
  - Exposé du M. K. El Mouquadem, DRH d'Errachidia  
*Thème : Le ressources en eau de la plain de Tafilalet, Potentiel des eaux souterraines*
  - Discussions et débats
- Participants :- JICA, l'ORMVA du Tafilalet, DRH d'Errachidia, ONEP d'Errachidia, FST d'Errachidia

## **Journée du 23 Octobre 2003**

- Réception
- Ouverture du séminaire
- Exposé du M. A. ABAOUZ., ORMVA du Tafilalet  
*Thème :Rationalisation de l'utilisation des eaux d'irrigation*
- Exposé du Dr. M. KABIRI, F.S.T. Errachidia  
*Thème :Apport d'une ONG locale à la gestion de l'eau; Cas de Tinjdad*
- Exposé du Dr. BOUKHARI., E.N.A de Mekhnès  
*Sujet : Approche participative et les organisations des agriculteurs.*
- Exposé du M. H. LAMRANI, Association de l'environnement et de la lutte contre l'ensablement  
*Sujet : Les khattaras dans le 3ème Millénaire : Cas de Jorf*
- Discussions et débats
  
- Déjeuner au club de l'ORMVA du Tafilalet

Participants :       Agriculteurs de la zone d'action.   l'ORMVA du Tafilalet.   JICA.

**N.B : Les présentations du 23/10/2003, seront en langue Arabe.**

## Modes d'irrigation des terres arides

Hiroki Takamura  
Faculté des sciences  
géo-environnementales  
Université Rissho, Japon

### 1. Utilisation pratique et amélioration des techniques traditionnelles de petite irrigation

- (1) Sachant que l'irrigation à grande échelle ne donne pas toujours les résultats escomptés, on se repenche sur l'irrigation traditionnelle à petite échelle. La petite irrigation, dont l'application technique et la gestion des canaux sont aisés pour les agriculteurs repose sur le principe d'une utilisation concrète des techniques et des matériaux locaux et place les agriculteurs au centre de cette constituante.
- (2) L'irrigation par marécages est traditionnellement utilisée dans les régions sub-sahariennes. Elle se divise en irrigation des marais de mangroves et littoraux et en irrigation des marais des ravins intérieurs, la première forme consistant à construire des digues et des talus de terre pour éviter les infiltrations d'eau de mer, et accumuler l'eau douce pour la culture du riz. On retrouve cette forme d'irrigation sur toute la côte Atlantique, de la Gambie au Libéria. La deuxième forme d'irrigation consiste à cultiver du riz sur les terres marécageuses intérieures sur une superficie pouvant aller jusqu'à 100 ha.
- (3) L'irrigation par épandage des eaux de crues est une technique développée en Afrique du Nord par les Romains. On l'appelle aussi "épandage". En général la technique, très répandue dans la péninsule arabique et en Afrique du Nord, consiste à capter l'eau des oueds et à la répandre sur les terres ou les prairies. Dans les régions sub-sahariennes elle n'est pas encore très généralisée, bien qu'utilisée au Soudan pour la culture du sorgho et du hima avec les eaux du fleuve Gassh et en Ethiopie pour les cultures maraichères et les cultures de fourrages dans les ravins du fleuve Omo. C'est une forme d'irrigation très dynamique dont le captage et l'épandage des eaux exigent des techniques de haut niveau et beaucoup d'expérience.
- (4) L'irrigation des plaines par ruissellement des crues des rivières se fait en principe à la saison des pluies pour la culture du riz.
  - 1) Irrigation par ruissellement réglé : l'apport d'eau est contrôlé à 30 mm par jour pour les rizières ordinaires et à 50 mm par jour pour les rizières profondes. Le système peut être constitué de simples talus en terre ou de canaux et vannes selon les niveaux techniques (FAO, 2001). Pendant la saison sèche on utilise diverses techniques gravitaires ou le pompage afin d'exploiter soit l'eau des nappes peu profondes soit l'eau accumulée après les crues.
  - 2) Irrigation résiduelle : lorsque les crues diminuent l'eau est retenue par de petits talus en terre et utilisée ensuite pour l'irrigation. Ce type d'irrigation se retrouve sur les terres inondées d'Afrique de l'Ouest pour la culture du riz et près du lac Tchad pour la culture du maïs et du sorgho.
  - 3) Utilisation des eaux résiduelles : cette méthode ressemble à la précédente sauf qu'elle n'utilise pas les eaux résiduelles de surface mais les eaux stockées à l'intérieur de digues en terre. Cette technique est une forme d'agriculture commune à toutes les régions aux inondations importantes. En Afrique de l'Est, on la retrouve sur de nombreux petits marécages saisonniers appelés "dambos".
  - 4) Irrigation par pompage : le pompage de l'eau des rivières, des ruisseaux ou des lacs est simple et généralisé, souvent géré à titre individuel. Comme il exige des frais supplémentaires, ce type d'irrigation est plutôt réservé à la culture des produits à forte valeur marchande plutôt qu'aux céréales.

- 5) L'irrigation des collines est très répandue au centre de l'Ethiopie, en Tanzanie, à Malawi. Les ressources hydrauliques proviennent des petits lacs collinaires alimentés par les rivières de montagne. L'eau est amenée sur les terres irriguées par des canaux ouverts ou en basse pression par mode gravitaire ou par pompage simple. Ce type d'irrigation se pratique soit par ferme isolée soit en groupe. (FAO 2001).
- 6) L'irrigation avec l'eau des nappes aquifères de plus de 30 m de profondeur se pratique toute l'année mais en revanche elle exige des techniques plus sophistiquées, car elle utilise des pompes immergées actionnées soit par un moteur électrique soit par un moteur diesel. Avec ce type d'irrigation économiquement lucratif on peut observer plusieurs modes de pompage ou de d'exploitations agricoles, mais comme le forage des puits et les frais de pompage coûtent cher il est réservé aux cultures industrielles ou aux cultures subventionnées par des aides quelconques. (FAO 2001).

## **2. Irrigation dans les régions sub-sahariennes**

Diverses propositions fondées sur les expériences passées ont été faites par les organismes internationaux dont la Banque Mondiale ou par les chercheurs pour réussir l'irrigation dans les régions sub-sahariennes. En général, les méthodes qui réussissent présentent les particularités suivantes :

- (1) L'irrigation va dans le sens souhaité par les agriculteurs, qui participent à l'opération dès le début de la mise en place, et continue à s'investir dans l'entretien des installations après leur achèvement (gestion participative),
- (2) Les techniques utilisées sont simples, les agriculteurs s'y familiarisent vite et leur coût est faible.
- (3) Plusieurs options sont prévues comme mesures de prévention adaptées au différents facteurs critiques de la sécheresse,
- (4) Utilisation des matériaux et pièces pouvant être fournies sur place pour l'entretien des installations,
- (5) Achat des matériaux d'investissement et aménagement des infrastructures d'acheminement des produits excédentaires vers les marchés
- (6) Possibilité d'avoir au moins 2 formes de cultures, pour cultiver non seulement des produits industriels mais aussi des cultures à usage domestique .
- (7) Utilisation des ressources humaines et intellectuelles locales,
- (8) Compréhension des agriculteurs afin qu'ils ne pompent que dans la mesure des possibilités d'exploitation dans une optique de conservation des ressources en eau lorsqu'il n'y a pas de plan d'utilisation des ressources ou lorsque les possibilités d'exploitation rapides des surplus des nappes superficielles existent et que celles-ci sont facilement accessibles,
- (9) Les agriculteurs sont sensibilisés par les problèmes d'environnement et de santé, et savent que l'irrigation a des effets sur la santé, freine le drainage de l'eau et l'érosion.

Le développement de l'irrigation dans les régions sub-sahariennes est entravé par des problèmes de coût, d'environnement, de bilharziose et autres maladies endémiques transmises par l'eau. Il faut donc porter une attention particulière aux facteurs suivants :

- (1) Rassembler les données hydroclimatologiques précises et tenir particulièrement compte des fluctuations climatiques sur de longues périodes,
- (2) Donner la priorité à des programmes de petite irrigation dont les installations seront d'entretien facile et bon marché,
- (3) Apporter un soutien aux modes de culture avec irrigation traditionnelle adaptée au relief du pays qui donnent de bons résultats et nécessitent peu d'investissements, (par exemple irrigation complémentaire aux cultures irriguées avec les eaux résiduelles dans les régions inondées),
- (4) Participation des agriculteurs bénéficiaires et bonne compréhension de l'irrigation entre le stade de la planification et des travaux,
- (5) Mise en place d'une gestion participative de l'irrigation pour réduire les coûts d'entretien et



- augmenter ses résultats,
- (6) Respecter les droits fonciers et les droits d'eau des agriculteurs,
  - (7) Planification d'installations et de systèmes de gestion de l'eau qui tiennent compte de l'environnement (accumulations de sel par exemple),
  - (8) Depuis quelques années se développent des techniques à faible coût adaptées à chaque région sub-saharienne pour prévenir et lutter contre les maladies endémiques transmises par l'eau, et un véritable échange d'informations à l'intérieur de chaque secteur devrait augmenter la productivité dans une large mesure.

### **3. Pour garantir une eau saine en zone rurale**

Dans les régions sub-sahariennes, le taux de mortalité était de 10,7 % en 1990 et 10,1 % des maladies étaient causées par la précarité des fournitures d'eau, des égouts et des installations sanitaires. Pratiquement 87 % des décès étaient dûs à des dysenteries qui se manifestaient dans 87 % des cas chez des enfants entre 0 et 14 ans (Murray et Lopez, 1996). Pour sortir de cette situation dramatique il faut d'avantage d'installations sanitaires, d'eaux résiduelles, et d'alimentation en eau en milieu rural.

Le pourcentage de la population rurale ayant accès à une eau saine est le plus faible au Congo avec 8 % et le plus élevé à l'île Maurice avec 92 % (OMS, 1996). A l'eau courante les chiffres "d'eau saine" de l'OMS s'ajoute l'eau des puits et des sources non traitée mais pas les eaux de rivière et les eaux des lacs. En outre, "la notion d'accès raisonnable" à l'eau signifie que les femmes ne dépensent pas trop de temps pour aller puiser l'eau nécessaire au ménage et une distance facile à parcourir de 200 m.

L'OMS évalue les besoins en eau pour le métabolisme, l'hygiène et le ménage à 20 l par jour et par personne (OMS, 1996). Les fondements de cette norme OMS ne sont pas très clairs, mais ce chiffre est considéré comme le minimum vital. Certains chercheurs prétendent que 25 l par jour et par personne suffisent pour assurer l'eau potable et l'hygiène, mais qu'il faut ajouter 25 l supplémentaires pour le bain et la cuisine, soit 50 l en tout (Gleick, 1998). Les volumes d'eau utilisés dans les pays développés dépassent largement ces chiffres, puisque les pays qui consomment le moins d'eau en utilisent 110 l par jour et par personne. Le Japon en consomme 342 l et les Etats Unis 668 l (Rosen et Vincent, 2001).

Dans les pays sub-sahéliens la consommation d'eau journalière présenterait des différences énormes allant de 1,3 à 48,5 l par personne et serait en moyenne de 10 l par jour et par personne, ce qui est bien inférieur à la norme de 20 l/jour fixée par l'OMS. Ces études ne tiennent pas compte des lessives et des bains en rivière, de sorte que les chiffres moyens réels sont bien supérieurs. (Yoshinobu Kitamura, 2003, "Recherches sur le désert" dans le magazine de la Société académique japonaise du désert)

# **ETUDE DE SAUVEGARDE DES KHETTARAS DANS LA ZONE DE FEZNA –JORF- HANNABOU**

OURAHOU Mohamed  
Ingénieur d'état Génie Rural  
Chef de subdivision SER  
ORMVA/TF, Erfoud

*Au Tafilalet 1 Mm<sup>3</sup> /an permet de faire 3 à 4 habitants par hectare irrigué par les eaux de crues, et près de 15 lorsqu'il s'agit d'un débit pérenne, soit 4 à 5 fois (j. Margat)*

La Zone d'étude s'étend sur la rive droite de l'Oued Gheris avec une superficie agricole dominée d'environ 4000ha est uniquement irriguée par les khettaras. Le reste est par les stations de pompage et les eaux de crues.

Son climat est de type saharien à hiver froid avec une pluviométrie ne dépassant pas 100 mm/an, une évaporation moyenne annuelle de 2200 mm.

Pour les ressources hydriques, la zone présente :

- Quatre barrage (Barrage El Guefifat, Sidi Mejbar, El Gara et Lahmida) dérivant environ 42m<sup>3</sup>/s ;
- Plus de 197stations de pompage avec un volume de 8 Mm<sup>3</sup>/an ;
- Et 60 khettaras dont une vingtaine est uniquement fonctionnelles avec un débit faible.

## ***1- Objet de l'étude***

Cette étude a pour objet de faire ressortir les techniques et propositions de sauvegarde du patrimoine khettara, Ainsi, il devient indispensable de :

- Mettre au point la conjoncture actuelle des khettaras à travers leur fonctionnement, leur gestion et leur organisation ;
- Etudier géologiquement et hydrogéologiquement la zone de captage des khettaras ;
- Esquisser les différents systèmes et techniques appliquées et envisageables pour la réhabilitation des khettaras ;

## ***2- Méthodologie de l'étude***

Elle a été basée sur :

- Etude bibliographique entamée dans la zone et dans les autres pays similaires ;
- Inventaire de toutes les 60 khettaras de la zone d'étude par le biais des fiches d'inventaire et des interviews ;
- Inventaire d'environ 197stations de pompage ;
- Suivi et encadrement des mémoires de fin d'études entamées dans la zone ;
- Suivi de la piézométrie de la nappe ;
- Mesure des débits des khettaras ;
- Mesure de la salinité des eaux des khettaras ;
- Analyse de quelques échantillons du sol ;
- Mission sur les lieux de l'étude en collaboration avec les agriculteurs.

## ***3- Aperçu sur le système khettara.***

❖ *Généralités*

La zone d'action de L'ORMVAT/TF présente environ 570 khettaras dont environ 170 fonctionnelles en 2003, permettant d'irriguer 3500 ha, la longueur totale de ces khettaras est de 2900km et la superficie dominée est de 16.500 ha. Le volume moyen dérivé annuellement est estimé à 90 Mm<sup>3</sup>.

Pour la zone de fezna- jorf- hannabou à superficie dominée de 4000ha, on dénombre environ 60 khettaras ayant une longueur de 417km. Le nombre de khettaras en service n'est que d'une vingtaine ne permettant d'irriguer que 420 ha avec un débit de 123 l/s.

La gestion des eaux de la khettaras administrée par le « cheikh » et ses mezregs est régit par les lois coutumières des « droits d'eau » répartis en unité hydraulique « nouba ». chaque nouba est équivalente à 12 heures d'exploitation. La répartition des eaux se fait par « tour d'eau ».

#### ❖ *Conjoncture actuelle*

Les khettaras souffrent actuellement de :

- Rabattement de nappe suite aux années de sécheresse successive et à la surexploitation de la nappe par les stations de pompage ; ce qui entraîné un tarissement de 65% des khettaras et une diminution remarquable des débits ;
- Effondrement et éboulement des galeries et des regards de visite ;
- Ensablement des regards et des périmètres irrigués ;
- Mauvais profilage des galeries ;
- Pertes énormes en infiltration (30- 70%)

### **4- Géologie et hydrogéologie de la zone**

#### *4-1 Géologie*

La géologie de la zone est constitué de deux éléments nettement distincts :

- Un socle primaire plissé : dont la tectonique est relativement simple avec une direction Est-Ouest et caractérisé par une stratigraphie ayant une épaisseur dépassent les 500m (Ordovicien, Gothlandien, Dévonien et Carbonifère)
- Un recouvrement alluvionnaire quaternaire : ce recouvrement est constitué par les formations éoliennes, les « regs », les alluvions actuels de l'oued et le recouvrement fluvio-lacustre dont l'épaisseur dépasse 15m et composé, généralement, de limons, marnes et poudingues. Ces poudingues sont le lieu de cheminement essentiel et le gîte de réserve de la nappe phréatique.

#### *4-2 Pédologie*

Pour une profondeur n'excédent pas 20 cm de profondeur, la texture est généralement équilibré avec prédominance des sables et limons. Cet équilibre est dû au travail annuel et fréquent des sols. Au-delà de 20cm, la texture est très variée (équilibrée à limoneuse). En générale, la teneur en sel est élevé au niveau des horizons superficiels à cause de la remontée capillaire.

#### *4-3 ydrodynamique de la nappe*

Cette nappe s'est constituée en période quaternaire où les précipitations sont importantes. Et a cause des infiltrations abondantes et l'existence d'un substratum primaire imperméable. La réserve moyenne de la nappe est estimé à 50Mm<sup>3</sup> (actuellement 25 Mm<sup>3</sup>).

#### *a- Régime de la nappe*

Le suivi du niveau piézométrique (1995-2000) a montré que les fluctuations sont importantes en amont (Fezna) qu'en aval vers hannabou : Au niveau Fezna, Achouria, la variation annuelle peut atteindre 900 m, tandis qu'en Krair et Hannabou le niveau est presque stable. Ainsi, la forme de la nappe parait convexe, mais perturbé par des axes de drainage naturel de l'Oued Gheris e des eaux d'épandage par les crues.

*b- Ecoulement de la nappe*

Il apparaît que la direction de l'écoulement de la nappe est sensiblement Ouest- Nord-Ouest à Est-Sud-Est avec un gradient hydraulique moyen de 2%. La direction de la nappe et particulièrement de ses exutoire est influencé par la ride dévonienne ( Jbel Ougnat, Koudiats tantana, Mounkara, Maha et Bin Jbilat) qui joue le rôle d'un barrage souterrain naturel.

*c- Nature chimique des eaux*

D'après les analyses effectuées sur les eaux de la khetaras, il a été constaté que la conductivité électrique moyenne est de 2.73 mmhos/ cm. La classification des eaux est généralement C3-S1 et C4-S1 et sont chlorés sodiques La teneur en sel des eaux est décroissant d'amont en aval.

De ce fait, on peut distinguer deux nappes à nature chimique des eaux différente :

- ✓ Une nappe s'étendant au Nord, qui longe Oued Gheris et s'écoule au-delà de jorf ;
- ✓ Une nappe au Sud-Ouest, qui afflue vers la nappe de Tafilalet et dans laquelle se fait les prélèvements des khetaras

Salinité des eaux des khetaras dans la zone de Fezna-Jorf-Hannabou

N° Labo	Zone	Nom Khetara	Salinité (g/l)	CE (mmhos/cm)	Classe	CE moyenne
38	Jorf	Lambarkia Fougania	1.77	2.47	C4	2..99 i.e. class C4
47		Souihla	2.88	4.03	C4	
56		El Aissaouiya	1.72	2.40	C4	
57		Saidia	1.57	2.19	C3	
39		Lakbira	2.77	2.87	C4	
41	Mounkara	Lambarkia Tahtania	2.83	3.96	C4	2..46 i.e. class C4
48		Lahloua	1.72	2.40	C4	
55		El Aissaouiya	2.84	3.97	C4	
43	Bouya	Jdida	1.77	2.47	C4	2..43 i.e. class C4
54		Lakdima	1.72	2.40	C4	
42	Krair	Jdida	1.71	2.39	C4	2..39 i.e. class C4
50		Lakdima	1.72	2.40	C4	
40	Hannabou	El Oustania	1.78	2.49	C4	2..47 i.e. class C4
44		Khtitira	1.42	1.98	C3	
45		El Alaouiya	1.78	2.49	C4	
46		El Moustaphia	1.77	2.47	C4	
49		El fougania	1.82	2.54	C4	
51		Sayed	1.88	2.78	C4	
52		Lakdima	1.74	2.43	C4	
53		Lagrinia	1.83	2.56	C4	
Moyenne			1.95	2.73	C4	2..73 i.e. class C4

**Salinité des eaux des SP et puits dans la zone de Fezna-Jorf-Hannabou**

N° Labo	Zone	Nom Khettara	Salinité (g/l)	CE (mmhos/cm)	Classe	CE moyenne
38	Fezna	SP El Ghafouli	2.78	3.97	C4	3.36 i.e. class C4
47		SP Laksba	1.94	2.78	C4	
56		Puits Fezna	2.35	3.35	C4	
43	Achouria	Puits Achouria	2.46	3.51	C4	3.86 i.e. class C4
54		SP Achouria	2.95	4.21	C4	
42	Jorf	SP Sidi Mejbar	1.99	2.85	C4	2.85 i.e. class C4
Moyenne			2.41	3.45	C4	3.45 i.e. class C4

*d- Bilan de la nappe*

Actif	Passif
- Exoulement souterrain amont : 12.2 Mm3 - Infiltrations eaux de crues : 2.2 Mm3 - Infiltrations de pluies : -	-Ecoulement aval : 11.0 Mm3 - Prélèvements : 11.7 Mm3 - pompage : 8.0 Mm3 - khettaras : 3.7 Mm3 - Emergences : 0.5 Mm3 - Evapotranspiration : 2.2 Mm3
Total : 25.4 Mm3	Total 25.4 Mm3

L7infiltration par épandage (43%) joue un rôle important dans l'alimentation de la nappe.

**5- Technique d'aménagement des khettaras**

Pour y remédier, plusieurs techniques ont été appliquées par les agriculteurs et les services techniques :

- Techniques traditionnelles à base de pierres sèches, feuillets de pierres et palmes et faisant appel aux moyens rudimentaires et l'empirisme des agriculteurs ;
- Techniques mixtes qui jumelle les techniques des agriculteurs aux techniques améliorées (construction des parois en maçonnerie de moellons ou en béton ordinaire et couverture en feuillets avec une couche superficielle de mortiers de ciment) ;
- Techniques modernes basées sur la maîtrise des données (levés topographiques, étude hydrogéologique, étude géotechnique, étude pédologie, mesure de débit,...) ;

**6- Propositions de sauvegarde de ce patrimoine**

Pour la sauvegarde de ces khettaras, il est essentiel d'améliorer ou au moins de maintenir le niveau hydrostatique de la nappe. Ainsi, il faut :

- Limiter le nombre de stations de pompage et les regrouper en collectives ;
- Edifier les barrages collinaires sur oued El Batha et Oued Ougnat et les bassins d'accumulation sur oued Hnich ;
- Réhabiliter les barrages de dérivation et les réseaux d'épandage des eaux de crues qui joue un rôle primordial dans l'alimentation da la nappe ;
- Réhabilitation des khettaras et da leurs réseaux d'irrigation ;
- Protection des périmètres irrigués contre l'ensablement.

## Démarche et Méthodologie pour la réalisation du Diagnostic, Global, Rapide et Participatif ( DIGRAP ) :

Dr. BOUKHARI, E.N.A de Mekhnès

### Diagnostic Global, Rapide et Participatif (DIGRAP)<sup>1</sup>

Cette méthode permet d'évaluer la situation actuelle d'un système en identifiant un ensemble de contraintes et d'atouts, de rechercher et de proposer des solutions ou plans d'actions.

Le Diagnostic Global, Rapide et Participatif (DIGRAP) peut être défini comme l'ensemble des activités d'échange entre intervenants et populations, d'information et de raisonnement qui permettent :

- D'identifier :
  - Les contraintes : problèmes, besoins, attentes... (Tout ce qui ne fonctionne pas ou qui manque) ;
  - Les atouts : les avantages, les potentialités, les ressources... (Possibilités d'améliorations).
- De hiérarchiser les problèmes, de rechercher les priorités et les questions pertinentes ;
- De rechercher et trouver des solutions ;
- De proposer et négocier avec les acteurs locaux des actions à mener pour améliorer la situation actuelle ;
- D'évaluer les coûts, les avantages, l'impact et risques de la mise en œuvre d'un programme ;
- De définir « qui doit faire quoi » et de déterminer les responsabilités.

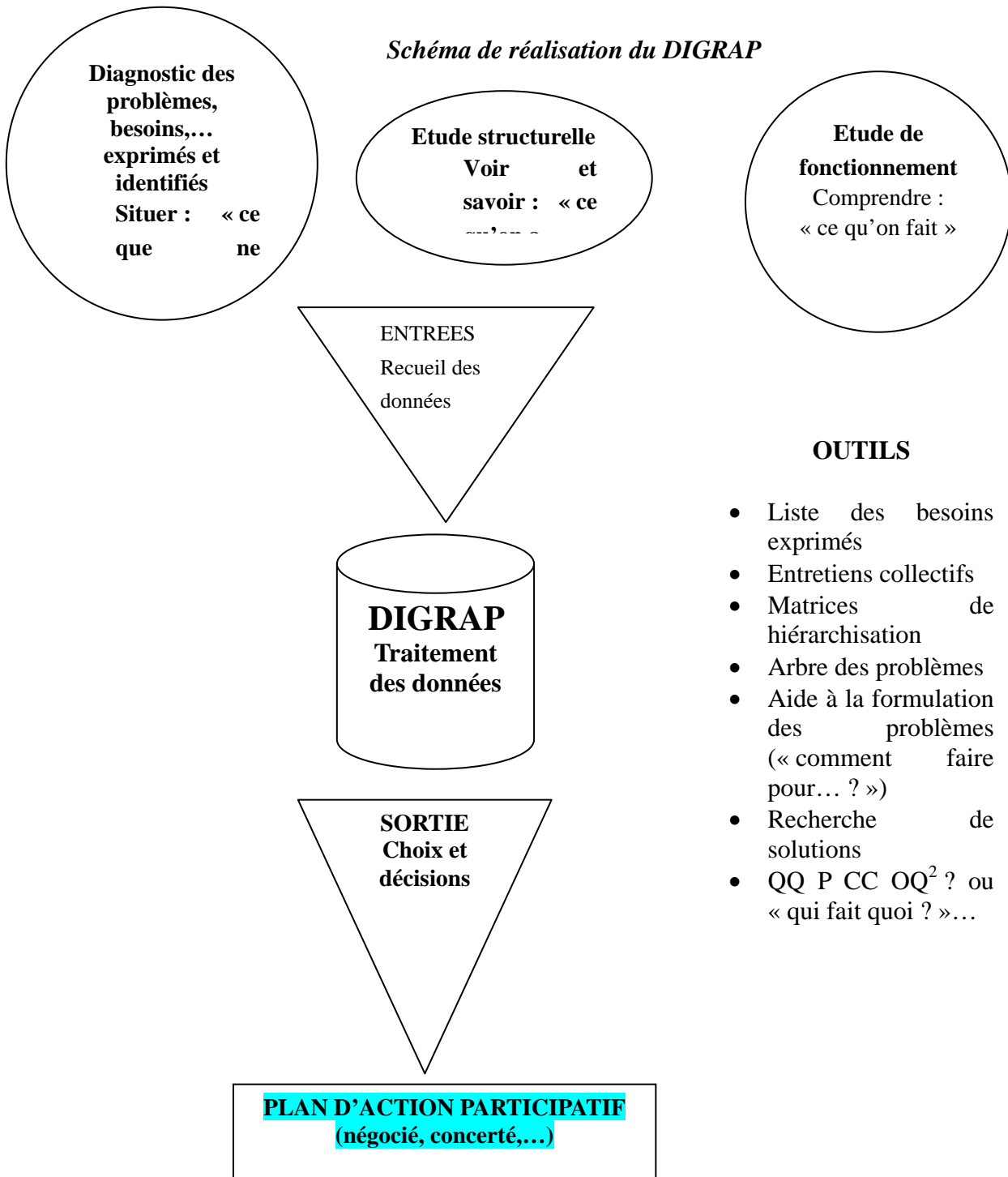
L'utilisation du DIGRAP en tant que système permet de mieux organiser l'intervention et propose un cadre de réflexion qui doit améliorer les processus de communication. La méthode DIGRAP consiste à échanger le savoir et à recueillir les données, à analyser, raisonner, comparer, à aider les populations à résoudre leurs problèmes et à les amener à participer à l'élaboration des PDDP (Plan de Développement Douar Participatif) en suivant une démarche systémique :

- « S'élever pour voir » : étude de la structure du système, de l'existant et des ressources ;
- « Relier pour comprendre » en s'intéressant aux échanges de flux ou interactions intra système et les flux entrants et sortants, pour avoir une idée claire sur le type de fonctionnement ;
- « Situer pour agir » : c'est l'étude diagnostic pour proposer des actions complémentaires et intégrées dans un plan de développement participatif concernant le Douar et le terroir .

---

<sup>1</sup> détails supplémentaires relatifs à la méthode DIGRAP sont disponibles dans le « Rapport de formation sur l'approche participative et partenariale.

## *Schéma de réalisation du DIGRAP*



<sup>2</sup> QQ P CC OQ : « Quoi, Qui, Pourquoi, Comment, Combien, Où, Quand ? ».

4-1- Tableau synthétique de la démarche DIGRAP

ETAPES	ACTIVITES & PRODUITS	OUTILS et METHODES
1-Etape préliminaire	Information, formation, documentation, préparation	Données II, informateurs préviligiés, ...
2- Liste des Attentes, Problèmes Besoins	Identification des problèmes prioritarisation,...	Entretiens collectifs, brainstorming, Chicklist
3- Analyse et compréhension du système	Comprendre Comment et pourquoi “ ce qu’on a” et “ ce qu’on fait”	Cartes, transect, calendriers, Profil historique, schéma des flux, camemberts, SEPO ;...
4- Formulation des problèmes et recherche de solutions	Passer des problèmes aux solutions et choix des actions et formulation des objectifs	“ Comment faire pour...?, Arbre des prblèmes, PPO,...
5- Elaboration du plan d’actions participatif indicatif	Cadre logique, Schéma de Planification des Projet et activités SPP et SPA , Plan Développement Douar Participatif	Questions systématiques: <b>QQ</b> <b>P CC OQ,</b> <b>Qui fait quoi ? ...</b>
6- Concertation, négociation et approbation par les intervenants et partenaires services	Partenariats, Intégrations et coordinations des interventions en plan d’actions cohérent et faisabilité technique et financière	Etudes complémentaires, Coordination du projet, expertise et Etude de faisabilité
7- Organisation des populations ( Association, comité,.)	Associations organisées, formées, responsabilisées,..	Appui, Accompagnement, Formation des organisations
8- Validation et signature des contrats-programmes	Contrats- programmes signés et plan d’actions validé	PPO, Planification participative
9- Operationalisation des objectifs et choix des IOV	Objectifs operationnels, Simple,observable et mesurable ( Réalisations physiques et CAP )	APO, cadre logique et Schéma de planification de projet SPP
10- Réalisation participative des actions programmées	Appropriation des actions par les populations qui participent	Gestion participative Décision partagée Contribution, concertation, négociation,...
11- Suivi-évaluation participatif	Système de suivi-évaluation participatif fonctionnel	Tableau de bord avec indicateurs simples lisibles et significatifs

1<sup>ère</sup> étape : Préalables à la réalisation du Diagnostic, Global, Rapide et Participatif pour l’élaboration de plan d’actions de développement participatif et durable

✓ **Formation des participants, Motivation et création de l’esprit d’équipe :**

Cette première étape est importante pour échanger, informer, former les nouveaux membres de l’équipe et clarifier, préciser, harmoniser les différentes conceptions que chacun peut avoir concernant les concepts de base, notions et termes utilisés dans le domaine de l’élaboration des plans de développement durable et participatif.

- L’approche systémique,
- Le développement local,
- Le développement durable,
- Le développement participatif,
- Le changement des mentalités ou CAP ( Connaissances, Attitudes et Pratiques) ou SPF ( qu’est ce qu’on Sait ?, Comment on Pense ? qu’est ce qu’on Fait ? )
- Montage de projet participatif et cadre logique,
- Les principes et outils de la communication participative,
- L’approche participative,
- Les méthodes rapides / méthodes conventionnelles



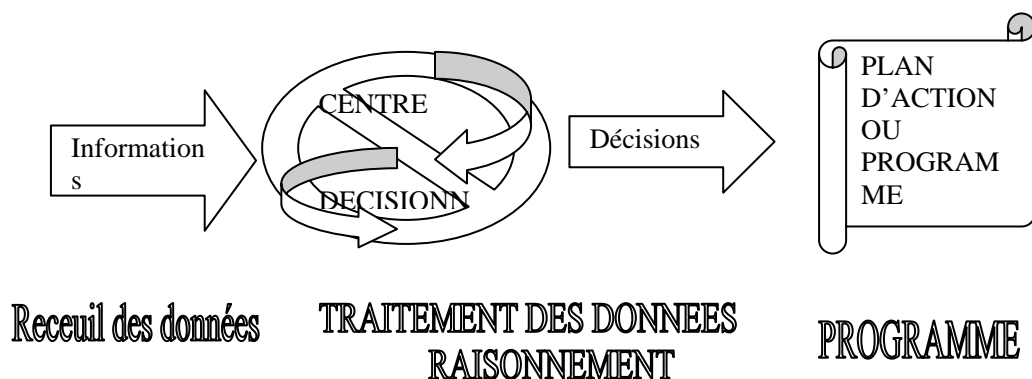
- Quelques méthodes de diagnostic participatif,
- Le DIGRAP ,
- La planification participative,
- L'approche Genre et ASEG ( Analyse socioéconomique selon le genre)

**Information des populations, des autres intervenants et les autorités locales et fixation des rendez-vous et lieux des travaux.**

Il est capital de donner le plus d'informations concernant le projet, les objectifs, l'approche, les intervenants, le bailleur de fond, les exigences,...

La pertinence et la qualité d'un plan d'actions est fortement dépendante de la qualité et la pertinence de l'information nécessaire pour son élaboration.

Car comme nous le montre le schéma suivant : on ne peut élaborer un plan d'action qu'en traitant l'information recueillie.



*Pour agir il faut comprendre*, pour comprendre il faut avoir des données sur le système sur quoi on veut agir. Pour cela il est impératif *de filtrer l'information utile* car beaucoup d'information ne va qu'alourdir le processus de traitement pour aboutir à de *bonnes décisions* et concevoir un *plan d'actions pertinentes*.

C'est pour cette raison qu'il faudrait bien choisir, identifier et cibler le minimum d'information utile, nécessaire et suffisant et jamais encombrer le système par n'importe quelle information non utilisable. Une fois les premières opérations sont lancées nous pouvons repérer des informations manquantes, à ce moment seulement il est plus judicieux de compléter que de perdre le temps et les moyens, car le processus est itératif.

Dans une approche participative la population n'est pas un gisement d'information mais est un partenaire avec qui *il faut échanger et partager l'information utile*. De même le traitement des données qui n'est plus l'affaire des experts mais plutôt il faut analyser et raisonner avec les populations pour comparer les alternatives, choisir et décider ensemble les actions à entreprendre. Car comme nous avons mentionné dans la première partie : se concerter et impliquer les populations dans les prises des décisions est le principe fondamental de la participation : c'est le partage de savoir et de pouvoir.

Il faut rappeler que dans ce cadre nous travaillons avec des cadres et techniciens riches en informations concernant leurs domaines ou disciplines et ne croyant qu'à leur savoir cartésien théorique ou pratique « considéré » plus logique et rationnel par rapport aux connaissances ou savoir des paysans illettrés, analphabètes ou simplement non scolarisés.

Mais le principe essentiel de l'approche participative est le partage de savoir c'est à dire le respect de l'autre, l'échange de l'information, la négociation d'un compromis entre les différents savoir, les différents opinions ou attitudes, les différents choix ou décisions.

2<sup>ème</sup> étape : Etablissement d'une liste de problèmes et besoins exprimés et hiérarchisées par les

populations :

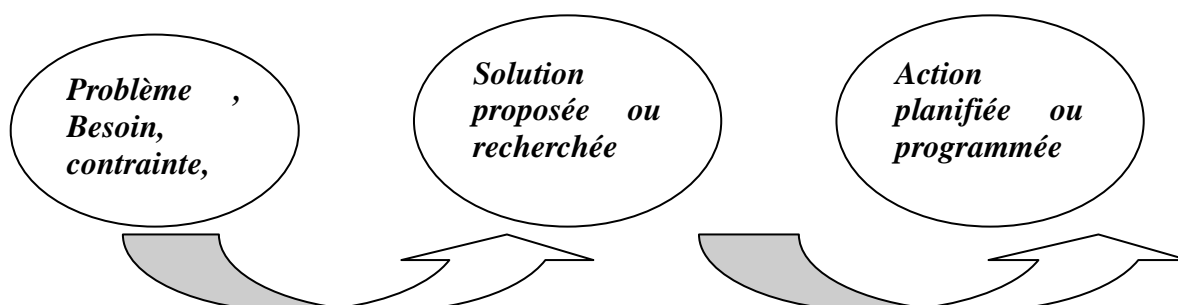
Nous définissons un problème comme étant un obstacle ou contrainte qui limite ou bloque la réalisation d'un objectif donné ou l'accomplissement d'une activité voulue.

Nous arrêtons une liste des problèmes, besoins, attentes,...des populations en répondant (dans des entretiens collectifs en exprimant librement et sous forme d'un brainstorming ) à la question :  
« *Quels sont les problèmes et les besoins relatifs à... ?* »

✓ **Aller directement aux problèmes :**

Nous aimons rappeler le schéma que nous avons élaboré en première partie concernant le processus d'élaboration d'une action :

**une action n'est qu'une solution à un problème donné:**



Donc pour cette première séance de travail avec les populations il faut se contenter de les écouter s'exprimer sur la question suivante :

« *Qu'est ce que ne marche pas ou qui manque pour mieux... ?* »

Cette question est à compléter en y ajoutant l'activité ou la composante sur la quelle on veut travailler. Exemple « Qu'est ce ne marche pas ou qui manque pour mieux exploiter les ressources naturelles ? » .

Ou encore « *Quels sont les problèmes relatifs à l'utilisation des ressources naturelles... ?* »

En d'autres termes si nous laissons les populations s'exprimer et lister l'ensemble des problèmes relatifs à la composante en question nous aboutirons à :

« *la liste des problèmes, besoins, attentes,... exprimés par les populations* »

**Pour l'utilisation du DIGRAP comme méthode d'élaboration de programme participatif nous suggérons de commencer par la première entrée qui est la liste des problèmes et besoins ( voir schéma du DIGRAP ), ce n'est qu'après qu'il faut aborder les autres aspects pour comprendre le système avec les deux autres entrées : l'étude structurelle « ce qu'on a » et l'étude de fonctionnement « ce qu'on fait ».**

Pour établir cette liste de problèmes et besoins exprimés nous engageons des discussions ou entretiens collectifs avec des groupes des populations

1°- « *Qu'est ce qu'on a ?* » ça nous donne une idée sur **les ressources disponibles...**et comment sont réparties, les droits de propriété ou rapports sociaux liés

2°- « *Qu'est ce qu'on en fait ?* » ça nous renseigne sur **le fonctionnement ou les**

*utilisations et la gestion* des ressources naturelles ou utilisation des espaces...

3°- « *Quels sont les problèmes et les besoins... ?* » (relatifs à l'alimentation des animaux et l'exploitaion des parcours et forêts...

Après avoir inventorier les problèmes et les besoins exprimés par les populations il faut procéder à leur **hiérarchisation, prioritarisation** et classement par importance du point de vue des populations...

*Puis* passer à l'étude exploratoire participante du système ce qui permettrait aux membres de l'équipe intervenante de comprendre la liaison entre les problèmes et besoins exprimés par les populations avec la structure du système « ce qu'on a » et le fonctionnement « ce qu'on fait » ce qui permettrait aussi (selon les compétences et le profil de chacun d'identifier d'autres problèmes, besoins et potentialités ou contraintes et atouts par les spécialistes matières ou experts.

Nous avons utilisé les principes de *l'approche systémique* comme cadre de conception du DIGRAP.

Pour cela l'utilisation du **DIGRAP** en tant que système organise mieux l'intervention et présente aussi un *cadre de réflexion* qui permettrait de mieux

- *Travailler avec les populations ( et non pas travailler pour les populations),*
- *communiquer,*
- *échanger le savoir et recueillir les données*
- *analyser, raisonner, comparer,...et donc réfléchir avec*
- *aider les populations à résoudre leurs problèmes*
- *et faire participer les populations à l'élaboration des PDDP ( Plan de Développement Douar Participatif )*

Nous avons adopté l'approche participative pour l'information, la sensibilisation, la conscientisation, la concertation, la négociation, l'implication et la responsabilisation des populations utilisatrices des ressources naturelles.

Pour se faire nous avons commencer par contacter les responsables et agents du développement et les autorités locales pour les informer à propos de l'approche et se concerter avec eux sur le programme et déroulement des ateliers de l'approche participative.

3<sup>ème</sup> étape : Etude et compréhension participante du système :

**(« ce qu'on a » et « ce qu'on fait »)**

**pour comprendre et identifier les contraintes et atouts :**

Donc normalement l'étape qui doit suivre l'établissement de la liste des problèmes et besoins exprimés et hiérarchisés par les populations est l'établissement d'une deuxième liste complémentaire de problèmes et besoins identifiés par les intervenants.

*Dans ce cas il faut discuter ces besoins et problèmes identifiés par les intervenants et non exprimés par les populations pour en savoir la situation actuelle des CAP ( Connaissances, Attitudes et Pratiques) ça serait un premier niveau de conscientisation, sensibilisation et information car ces moments d'échanges ce sont des moments d'apprentissage participatif...*

Dans cette étape nous pouvons utiliser les deux autres batteries d'entrées d'informations au DIGRAP qui sont : ( voir schéma du DIGRAP )

- *Etude Structurelle ou décrire globalement « ce qu'on a » :*
- *Etude de fonctionnement ou comprendre pourquoi et comment on réalise tel ou tel système d'activité « ce qu'on fait » :*

La finalité de cette étape est de est d'essayer de bien comprendre les déterminants ou différentes causes des problèmes et besoins exprimés par les populations et identifier d'autres.

Les moments de travail de recueil et de traitement des données durant cette étape nous pouvons les considérer comme les principaux moments de la communication participative.

Car c'est le moment de construire des schémas synthétisant des données qui représentent la réalité comme elle est vécue et vue par les populations et comprise et perçue par les intervenants.

*Pour se faire nous pouvons utiliser quelques outils de synthèse parmi ceux qui suivent pour échanger, analyser, comparer, comprendre, et situer les points faibles ou problèmes et points forts ou potentialités pour mieux agir et identifier les actions pertinentes.*

4<sup>ème</sup> étape : Formulation des problèmes et recherche de solutions pertinentes proposées et prescrites :

*Aide à la formulation des problèmes :*

*ou le passage des **plaintes** aux **problèmes**: en utilisant la formule « **Comment faire pour... ?** »*

Reprendre tous les points évoqués comme « problèmes » qui ne sont en premier moment que des plaintes, et les traduire en vrais problèmes en utilisant la formule : « *Comment faire pour ... ?* »

A ce niveau nous considérons que ce ne sont ici que des plaintes ce qui ne peut aider à la recherche de solutions. Pour être plus opérationnel nous essayons de formuler ces plaintes sous forme de questions, car la question interroge mieux l'esprit et oriente mieux la réflexion.

Pour formuler une plainte en problème nous pouvons utiliser la formule suivante : « Comment faire pour... ? »

5<sup>ème</sup> étape : Elaboration du plan d'actions participatif :

Pour mieux faire impliquer et communiquer avec les populations on peut utiliser le Questionnement systématique QQ P CC OQ ?

La participation est la négociation, la concertation pour les choix des solutions et actions . ( partage de prise de décision dans l'élaboration du PDDP : Plan de Développement Douar Participatif ) en utilisant le questionnement *systématique QQ P CC OQ*

*Q : QUOI : l'objet de l'action ou le problème à lever ;*

*Q : QUI : qui va faire quoi ? les partenaires intervenants et la participation de la population à la réalisation, gestion, entretien et suivi...*

*P : POURQUOI ? les objectifs et résultats*

*C : Comment ? les activités et les méthodes,..*

*C : Combien ? Les quantifications et mesures et le rapport coûts / avantages*

*O : Où ? lieux et sites ;*

*Q : Quand ? Le calendrier, moments temps et durée des interventions.*

6<sup>ème</sup> étape: Choix des Indicateurs Objectivement Vérifiables (IOV) Opérationnalisation des objectifs: ( APO ) : Analyse Par Objectifs,

Un des problèmes essentiels pour toute activité du suivi-évaluation, la planification et la réalisation reste le manque d'objectifs opérationnels. Car généralement lors de la formulation des objectifs on s'arrête au niveau des objectifs globaux

De tels objectifs sont difficile à planifier, à réaliser, à suivre et à évaluer ; car l'efficacité se mesure en comparant les réalisations / objectifs. Alors si les objectifs ne sont pas clairement définis l'évaluation ne peut être fonctionnelle.

Cette méthode d'analyse par objectifs ( APO ) permet d'opérationnaliser les objectifs globaux en procédant à une dérivation ou décomposition en objectifs de plus en plus simples.

La dérivation ou la décomposition d'un objectif permet de simplifier et de clarifier les objectifs jusqu'à un certain niveau qu'on considère que l'objectif est opérationnel.

Un objectif peut être considéré comme étant opérationnel lorsqu'il correspondrait à une réalisation physique ( équipement, construction, aménagement,...) ou un changement de comportement qui peut être **Simple, Observable et Mesurable ou Appréciable...**

Il faut continuer à préciser et à définir les activités et tâches jusqu'au niveau d'opérations les plus élémentaires, simples, claires et précises possibles qu'on peut considérer comme but résultat opérationnel.

7<sup>ème</sup> étape : Etablissement de fiche d'intentions ( ou contrat programme ) et responsabilisation d'une organisation villageoise :

Nous rappelons qu'il n'y aurait jamais de participation sans qu'il y ait une organisation qui serait responsable de l'entretien et durabilité et le reproduction des réalisations d'un projet.

Mais nous considérons il faut penser à discuter ces points d'organisation, de contrat ou déclaration d'intention même d'une façon informelle car ça permet de responsabiliser les gens en sachant « **Qui doit faire quoi ?** »

Pour travailler avec les populations en utilisant cette méthode de DIGRAP il faut en rappeler quelques fondements.

1-Nous avons innové, adopté et adapté cette nouvelle méthode, même s'il existe une multitude d'autres ( RRA, MARP,...) pour les raisons suivantes :

A - La **MARP** et autres méthodes sont des méthodes qui sont des modèles transférés peuvent être efficaces et opérationnelles dans leurs contextes, **mais pas totalement adaptées pour notre contexte marocain.**

B- Ces méthodes ont été élaboré dans des systèmes où le principal voir l'unique intervenant est une ou plusieurs ONG dans un milieu sud- saharien où on note « Peu d'Etat » pour ne pas dire la quasi absence de l'Etat . Alors que dans notre cas généralement il existe déjà beaucoup d'intervenants administratifs et on peut dire à l'inverse qu'on a « **trop d'Etat** » **des Organismes internationaux et de plus en plus actuellement des ONG** , donc se pose le **problème de coordination des procédures du système intervenant.** ( voir plus haut le système de développement et système intervenant).

C- A l'inverse les **populations sont moins Organisées**, car nous vivons dans un système social où les anciennes structures communautaires sont peu fonctionnelles et non vivaces et les organisations succitées ou créés par l'administration selon le modèle coopératif n'a pas formé chez les populations l'esprit coopératif fonctionnel .

D- En matière de communication surtout si on veut appliquer les **outils de communication utilisées dans les autres méthodes ils s'avèrent non opérationnels car la culture du paysan marocain est très différente.** Nous en citerons comme exemples des contraintes que nous avons rencontré

pour l'utilisation de ces outils non adaptés à la culture : Les jeux de rôles ou les représentations scènes théâtrales, marionnettes et les maquettes surtout pour les groupes d'hommes.

Le choix des localités et groupes de populations avec les quelles nous avons travaillé pour la réalisation du Diagnostic Global Rapide et Participatif ( DIGRAP) nous avons informé les principaux acteurs sur la démarche proposée pour l'étude de l'ensemble du territoire comme étant un système dans sa globalité. C'est dans ce sens que nous avons identifié avec eux et sur la base de la visite et observation participante l'ensemble des différents types de terroirs villageois et groupements des populations riveraines exploitantes des ressources naturelles et par conséquent pouvant dégrader ou lutter contre la dégradation ,l'érosion et gérer ensemble leurs ressources naturelles .

Lors de ces ateliers différents outils et méthodes de l'approche participative DIGRAP ont été utilisés dans le cadre d'une approche systémique pour identifier les problèmes, besoins et attentes des populations pour la lutte contre la dégradation et l'aménagement de leurs terroirs.

Pour que le projet rencontre l'adhésion et la participation des populations, il faut donc qu'il y ait des retombées sensibles sur le niveau économique des foyers et l'amélioration de leur cadre de vie intensification de productions agricoles, diversification des activités économiques (notamment des activités féminines), amélioration des structures socio-économiques, promotion du travail social par l'éducation et la vulgarisation formation, etc)

Un des premiers maillons d'entraînement d'un véritable projet participatif à la base est l'information des différents acteurs concernés. Une information insuffisante ou biaisée pourrait un véritable handicap pour le démarrage du projet. C'est une véritable stratégie de marketing social qui devrait être mise en œuvre avant le démarrage et poursuivie tout au long du processus.

Il est aussi nécessaire de rappeler l'importance capitale de **l'animation** et de la **négociation**, donc de la pédagogie de la communication. Les animateurs mais aussi les techniciens appelés à travailler les populations devraient avoir des capacités spécifiques: capacités d'écoute et de **communication**, respect des valeurs et usages des communautés avec lesquelles ils seront appelés à collaborer. Tous devraient avoir une bonne connaissance des objectifs du projet et des exigences de **l'approche participative** et des possibilités techniques qu'il offre aux communautés. Ils devraient, dans la mesure du possible, se détacher de l'attitude classique "d'agent d'exécution" dominé par le souci des réalisations techniques pour jouer un rôle de médiation et de relais entre ses supérieurs hiérarchiques et les communautés. Ce principe implique que la **formation** de ce personnel à un rôle aussi nouveau, pour la majorité des personnes qui seront mobilisées, devrait constituer une des composantes essentielles du projet. ( voir programme et contenu de formation en approches participatives assurée dans le cadre de ce projet )

Matériel, Temps et conditions de réalisation:

Concernant le matériel nécessaire pour la technique VIP ( Visualisation des Idées des Participant) nous aurons besoin d'une vingtaine de feuilles grand format ( 1m x 64cm) , trois à quatre stylos marqueurs permanents ( à tête bisautée), un rouleau de scotch papier pour l'affichage sur les murs en dur de l'école, Mosquée, maisons ou des punaises pour affichage sur les murs en pisé.

Concernant le temps nécessaire et pour l'accomplissement des étapes nous ne pouvons pas prescrire des recettes car ça dépend énormément de la dynamique, historique et évolution des projets, des interventions et approches de travail avec les populations de la région concernée.

Mais après que cette première action test est programmée, le projet s'est engagé et l'action est réalisée en dépit de toutes les contraintes et difficultés,...nous avons assisté à un effet d'entraînement " en boule de neige" à tel point que les populations touchées ont changé le sens des relations avec le projet, car se sont

elles qui viennent frapper à la porte du projet. Concernant les Douars n'ont touchés , une fois informés du sérieux du bien fondé de l'approche participative, du partenariat et de la qualité des services du projet ont brulées des étapes préliminaires pour s'organiser et venir présenter leur partenariat et leur volonté de participer au projet.

Il serait plus intéressant d'organiser le séjour sur les lieux et vivre durant toute la période du déroulement du DIGRAP avec les populations sur place. Cette convivialité entre les membres de l'équipe et les communautés locales permettrait un meilleur échange dans une meilleure ambiance de confiance et de respect mutuel .

Le séjour continue au Douar durant la période de déroulement du DIGRAP éviterait le gaspillage du temps, des frais de transport et augmente le temps et les chances de recueil et traitement des données avec les populations. Les allers-retours au Douar retardent souvent le redémarrage des séances formelles de travail. Alors que nous remarquons que si on passe la nuit avec les populations ceci permet d'aborder les vrais sujets pertinents et plus enrichissants à cœur plus ouvert, dans une ambiance plus détendue et plus informelle.

Ces nuitées passées ensemble permettent même aux membres de l'équipe de mieux se connaître mieux, de se familiariser plus et de mieux communiquer ce qui renforcerait l'esprit d'équipe.

Ne jamais oublier d'éviter qu'on soit une charge assez lourde pour des populations fortement démunis même si on s'attache à l'hospitalité il faut prendre en charge au moins les frais des repas collectifs préparés par eux.

Ce séjour ne doit ne doit jamais dépasser les trois jours par localité même si on n'a pas encore « tout terminé » et ça nécessiterait qu'on y retourne pour une plus courte visite.

Il est préférable de programmer des séances des entretiens collectifs aussi bien avec les hommes que les femmes l'après-midi à juste après la prière d'Al Assr ( à partir de 16 H par exemple ), pour les paysans c'est le moment des retours des champs.

Pendant les matinées il est préférable de travailler en groupe pour le traitement, l'analyse, la synthèse, la préparation des documents et les échanges des données sous forme d'exposés pour les autres membres de l'équipe. En fin de ces séances il faut repérer les aspects, sujets et données à aborder pendant la séance d'après avec les populations.

Le nombre de groupe dépend des groupes des populations à participer aux entretiens collectifs et dépend du domaine d'intervention, composantes du programme, type de projet, actions à entreprendre et populations cibles.

Pour intégrer le mainstreaming de l'approche genre à la base et dès cette phase de diagnostic il faudrait organiser en parallèle des ateliers avec des groupes d'hommes et des groupes de femmes, jeunes, vieux, garçons , filles, pauvres , riches,...

## **Rationalisation de l'exploitation des eaux de l'irrigation**

Abrouz Ali, ingénieur spécialité hydrogéo-technique.

La région de Tafilalet dans le Sud-Est du Royaume est considérée comme l'une des plus anciennes régions de l'irrigation traditionnelle au Maroc. Malgré l'aridité du climat, la pénurie en eau et l'aggravation des conditions climatiques, dégradation des différences de la chaleur ; le cultivateur Filali (de Tafilalet) a toujours survécu essentiellement sur les eaux des crues et le captage des eaux souterraines par divers moyens.

Nous prendrons comme exemple le système des khetaras colonne vertébrale de l'irrigation depuis des siècles et qui est considéré comme un patrimoine civilisationnel et humanitaire qui a permis à l'homme d'extraire l'eau des nappes phréatiques vers la surface pour l'irrigation gravitaire. Cet ancien système d'exploitation des eaux souterraines nous permet de mettre en exergue l'importance des eaux et les efforts titanesques que fournissent les cultivateurs pour l'extraire. L'ORMVA/TF tente chaque année de maintenir ces efforts dans le but de conserver ces systèmes par la réparation et la modernisation.

Concernant l'eau de surface, il existe un autre système vieux comme le monde qui consiste à utiliser cette eau des crues et des sources par la construction des barrages en pierres sèches pour la dérivation. On utilise aussi soit la chaux ou le bois entassé.

L'eau dérivée par ces barrages et seuils suscités permet l'irrigation des cultures et la recherche des eaux souterraines. Ces ouvrages bénéficient aussi des projets de maintenance et de modernisation que l'office régional réalise annuellement.

Ajoutant à cela à ces systèmes cités ci-dessus, la région a bénéficié d'un système de réparation hydro-agricole très important et qui n'est autre que le barrage HASSAN EDDAKHIL sur la rivière de Ziz.

Parallèlement à ces réalisations traditionnelles des canalisations modernes ont été installées pour permettre au réseau existant de continuer la distribution des eaux tout en en augmentant le débit.

D'autre part, l'exploitation des eaux en profondeur par le biais du pompage a connu une amélioration notable pendant les années récentes la densification de la population des plantes et leur sauvegarde en tant de sécheresse.

Malgré tous ces efforts et les moyens déployés, la région de Tafilalet en général a connu et connaît encore des crises de pénurie d'eau et qui se manifeste au niveau de l'offre et la demande à l'échelle de la région.

L'état actuel des choses exige des extra-efforts pour assurer la continuité écologique de la région. Ceci dit, il faudrait user d'une stratégie cohérente et précise prenant en considération l'économie de l'eau. Nous citerons entre autres :

- . L'augmentation du rendement des canaux et les réseaux utilisés dans le transport de l'eau et sa distribution.
- . L'augmentation du rendement dans les parcelles.



- . L'introduction de techniques nouvelles pour l'amélioration de l'irrigation et sa modernisation.
- . La création et la formation des associations des usagers des eaux agricoles pour la gestion participative de l'irrigation.
- . L'encouragement des cultivateurs à la création de coopératives de pompage.
- . Octroyer des permissions et des privilèges pour l'utilisation du domaine hydrologique public institutionnalisées par le plan directeur pour le plan intégré des ressources d'eau dans sa zone d'action.

## Apport d'une ONG locale à la gestion de l'eau; Cas de Tinjdad

Dr. M. KABIRI, F.S.T. Errachidia

(1) Laboratoire des formations géologiques superficielles

Branche : Géologie.

Faculté des sciences techniques Errachidia.

Université Moulay Ismail.

(2) Association de l'oasis Ferkla de l'environnement et du patrimoine – Tinejdad- Errachidia Maroc .

Cette intervention rentre dans le cadre du projet de développement pour les habitants du monde rural et financé par le gouvernement Japonais. Il consiste à planifier les khetarras dans les régions arides et semi-arides.

22 Octobre 2003.

Objet :

Participation d'une association non gouvernementale locale dans l'exploitation rationnelle des eaux dans l'oasis de Ferkla.

( Tinejdad, Errachidia, Maroc)

### **\* Introduction :**

L'oasis de Ferkla se situe dans le Sud du Maroc à une distance approximative de 70 km Sud-Ouest de la ville d'Errachidia. Le nombre de ces habitants s'élève à 40000 habitants (1) . son altitude varie entre 950 et 1100 m – au dessus de la surface de la mer- le nombre de palmiers prend la première place du point de vue quantité(2).

Cette région a connue un manque très aigu en ce qui concerne l'eau potable celle de l'irrigation ; un facteur qui pousse l'habitant a creuser des puits et l'utilisation de matériel de pompage pour l'exploitation de la nappe phréatique selon des techniques archaïques qui étaient utilisées depuis la nuit des temps et ceci concerne les systèmes Aghrou et les Khetarras.

### **\* L'eau et le climat :**

Trois(3) rivières sont la colonne vertébrale de l'oasis de Ferkla, la rivière <Essat > (6<sup>eme</sup>) au Sud, Ferkla au milieu, et <Tatgharfa> au Nord, la pluviométrie ne dépasse pas 150 mm et démunie à fur et à mesure quand on se dirige au Nord vers le Sud (voir annexe).

Ces mêmes précipitations connaissent des variations radicales annuellement et même durant la même année.

Cette zone a connue nombreux d'année de sécheresse et nous citerons en particulier les années suivantes : 1913/1918/1927/1931/1933/1939/1945/1947/1955/1957/1973/1976/1979/1984/1987/1988/1993/1995/199

8/2001.

**\* La géologie :**

l'oasis de Ferkla s'est constituée entre les montagnes du haut Atlas au Nord et l'Anti-Atlas au Sud.

Il est divisé géologiquement en trois parties :

- La partie Nord comporte le bassin.
- La partie du milieu : la plaine de Ferkla (quaternaire).
- La partie Sud ; l'Anti-Atlas (paléozoïque et Précambrien).

L'hydrogéologie :

Les ressources d'eau leur distribution, leur qualité sont liées directement aux changements climatiques et les formations géologiques. On peut résumer ces ressources comme suit :

- Ressources d'eau liées au quaternaire ; Elles sont réparties avec les principaux oueds (rivières) de la région.
- Ressources concernant l'Infracénomanien.
- Les ressources ayant rapport avec les couches géologiques profondes (l'ère géologique première, le précambrien au Sud et le Jurassique au Nord).
- L'exploitation des eaux et les techniques d'irrigation.

Selon les études classiques (5) les ressources en eau dans cette région étaient comme suite : 61% eau pérenne ; 30% eau souterraine et 9% eau des crues.

Pendant ce temps passé, l'homme à Ferkla avait utilisé ces eaux pour l'irrigation et pour la boisson. Il avait aussi exploité les ressources souterraines en eau en adoptant des méthodes traditionnelles comme Aghrour et la khattara, et aussi quelques pompes à eau des coopératives agricoles (5,7), cette exploitation traditionnelle n'a pas eu d'impact sur la nappe phréatique vu la quantité exploitée et le sérieux qu'on s'est imposé dans l'exploitation de l'eau. Mais les années successives de sécheresse que le Maroc en général avait connu et la région en particulier avaient eu un effet négatif sur les ressources en eau à la surface. Et vu le développement technologique, les fellahs de Ferkla ont utilisé un grand nombre de pompes modernes dans toutes les zones de Ferkla en général et en particulier les périmètres du Bour (champs irrigués par les eaux de pluie). Telle région qui a connu une prospérité agricole dans les premières années.

- L'utilisation des pompes modernes et d'une manière désordonnée et aléatoire d'une part vint au départ d'Aghrour qui a été éliminé définitivement et aussi les khattaras dont un petit nombre d'elles a survécu (1) et d'autre part la faiblesse d'alimentation de la couverture souterraine ont emmené à l'exploitation du résidu en eau de la couverture. Chose qui a abouti à des résultats écologiques dangereuses sans précédent dans cette région(7,6) d'où perte d'équilibre

environnemental. Parmi les conséquences fâcheuses de cette catastrophe de l'environnement, la mort des plantes, l'extinction des animaux et la déflagration de la pauvreté et du chômage (hommes, femmes et jeunes).

Partant de cette situation tragique, le gouvernement marocain a fourni des efforts notables dans la région de Tinejdad afin de sauver ce que peut encore l'être en cultures et en bétail. Pourtant malgré les efforts fournis, Ferkla vit encore une crise écologique très aiguë résultant en particulier du manque de l'encadrement.

A partir de là, et par notre croyance de ce que le travail associatif peut faire par son support pour sauver ce que peut être sauvé dans cette belle oasis.

Un groupe de personnes de bonne foi ont créé une association dénommée : Association de l'oasis de Ferkla pour l'environnement et le patrimoine, parmi les objectifs tracés dans son code constitutif on peut citer ce que suit :

- 1- la sensibilisation sur l'importance de la préservation de l'environnement .
- 2- La lutte contre la sécheresse et la désertification.
- 3- la sauvegarde des espaces verts.
- 4- La participation aux recherches hydrologiques et géologiques dans la région.

Et depuis sa création le 13/05/2001 ; l'association a pu profiter de financement des projets de développement reliés directement à l'eau.

Projet 1 : Soutien aux actions de préservation des oasis du Sud du Maroc Ferkla comme modèle et ce avec :

- Les organisations internationales pour l'environnement.
- Les programmes des petits dons.
- Le programme des Nations Unies pour le développement.

L'objectif principal est la participation à la préservation des systèmes écologiques de l'oasis. Afin d'atteindre ces objectifs on a souligné ce que suit :

- La participation à la recherche des solutions à même d'améliorer les modes d'irrigation dans l'oasis.
- La participation dans le dépôt des idées et les solutions pour alléger l'oppression sur la couverture

végétale.

- Le renforcement et le soutien des compétences locales afin de préserver l'environnement orasien.

Projet 2 : Le projet de l'espoir pour le renfort des ressources d'eau de khattara Ihandar.

Ce projet s'effectue avec la coopération de : l'Agence de développement social.

L'objectif principal de ce projet est l'augmentation du débit pour élargir la superficie agricole irriguée pour contrecarrer le fléau de la pauvreté dans cette région de ferkla.

Le troisième projet : l'exploitation rationnelle de l'eau d'irrigation- ferkla comme model.

\* Ce projet est un don de la part d la FIDA :

L'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole du Tafilalet.

\* L'association de Ferkla pour l'Environnement et le Poitrimoine a été choisie comme association comme non gouvernementale pour ce projet. Parmi ses rôles essentiels la participation à la création d'associations d'irrigation par de pompage, la mobilisation des eaux des crues et des khattaras. Elle a aussi comme rôle la sensibilisation, la formation et l'encadrement ainsi que la liaison entre l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole du Tafilalet et les associations spécialisées en irrigation (A.U.E.A).

#### Bibliographie :

(1) **ORMVAT** (Office Régional de mise en valeur Agricole de Tafilalet).

- a) 1997 : Monography du Centre de Mise en Valeur agricole de Tinejda.
- b) 2001 : Rapport d'activités de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Tafilalet.

(2) **DRPE** ( Direction de recherche de Planification de l'Eau).

- a) 1991 : Etude du pré-plan directeur de l'aménagement des eaux des bassins de Guir, Ziz, Ghéris et Drâa.Rabat. volumes 1, 2 et 3.
- b) 1990 : Etude de plusieurs systèmes aquifères du Maroc à l'aide des isotopes du milieu .
- c) 1992 : note sur les ressources de la nappe Ain El Ati : utilisation de l'eau et salures des sols dans la plaine de Tafilalet.
- d) 1994 : note sur la nappe de Ain El Ati.

(3) **EL OUALI A – 1999** : Modalité d'alimentation et échange entre aquifères de piémonts en conditions climatiques arides. Cas des systèmes aquifères du haut Atlas-bassin crétacé d'Errachidia (Maroc). Thèse d'état. Univ. Mohamed V, Ecole Mohamadia

d'ingénieurs Rabat.177p.

(4) **BENMOHAMMADI A, BENMOHAMMADI L, BALLAIS JL et RISER J. – 2000** : Analyse des

inter-relations anthropique et naturelle : leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification au sud-est du Maroc(vallée de Drâa et vallée de Ziz Sécheresse ; 11(4) :297-308.

(5) **MARGAT J, - 1958** : les recherches hydrogéologies et l'exploitation des eaux souterraines au Tafilalet. Mines et géologie. Rabat, n°4, p.43-68.

(6) **KABIRI L.2001** : Ressources en eau dans les oasis de Tafilalet, Ghéris et Ferkla. Séminaire international sur les petits barrages dans le pourtour méditerranéen. 28-30 Mai.Tunis, Poster.

(7) **KABIRI L.** ( Projet thématique d'Appui à la recherche Scientifique <<P2T3/13>>) : Rapport d'activité -2001 : Enquête sur le nombre des puits et des années de sécheresse dans l'oasis de ferkla, Questionnaire.

## **Le travail associatif pour la promotion des khattaras pour le troisième millénaire -La région de Jorf comme model-**

L'hassan Lamrani Mohamed Kerroumi

L'association de la lutte contre la désertification et la préservation de l'environnement à Jorf.

\* Contenu de l'allocution :

- un mot de remerciement.
- Projection d'un film sur les khattaras entre l'abondance et la rareté de l'eau.
- Préservation de l'allocution, le travail associatif pour la promotion du tourisme millénaire.

\* Présentation: les sociétés des oasis dans les régions arides et semi-arides sont considérées comme des sociétés qui gèrent le mieux l'abondance et la rareté. Elles se basent sur un système de survie pouvant faire face aux crises chroniques (qui récidivent).

Le model apparent accrédité dans ces domaines, reste le système des khattaras. Est ce que ce système est adapté aux exigences des temps présents et est en mesure de se moderniser pour faire face aux défis actuels ? ou alors faudra-t-il le considérer comme un moyen archaïque qui requiert une attention particulière pour le préserver comme héritage humain ? comment les associations pourront-elles participer à la promotion des < khattaras > pour les faire revivre et ainsi elles pourront jouer un rôle capital dans le développement économique de la région.

### **I- Les khattaras un patrimoine et un style pour éviter à l'humanité les guerres de l'eau dans le futur.**

Les khattaras sont considérés comme le résultat d'un esprit créatif des populations des oasis et qui a ses racines pour assurer à l'humanité. Une lutte contre la rareté de l'eau. Nous devons ainsi être efficace fier du système des khattaras car sur système comporte des normes susceptibles d'éviter à l'humanité les guerres d'eau durant le troisième millénaires. La reconnaissance du droit de l'autre à l'eau et le respect de la quantité et le temps dans l'exploitation partagé de l'eau évitera au monde durant ce millénaire les accrochages entre pays dans le futur.

### **II- Les khattaras de Jorf est une richesse historique dans une réalité négative et de durs changement.**

La région de Jorf s'est distinguée par 11,2% du total des khattaras existant dans le périmètre sous l'influence de l'office régionale de mise en valeur agricole du Tafilalet. 65 de ces khattaras se situent sur la rive droite e la rivière ghris et trois sur la rive gauche.

#### **1-la secheresse et l'avancement des sables sont des aspects négatifs :**

la surface irriguée par la khattara a été estimée a 4000 hectares et vu la succession des années de sécheresse dans la région , la saison 1999-2000 ; la surface irriguée n'a présenté que 12% et 25% a été irriguée par pompage industriel ce qui englobe 37% tandis que 63% est restée non irriguée.

Le phénomène de la poussé des sables demeure le grand danger de l'infrastructure, les images par satellite ont démontré depuis 1951 jusqu'au 1978 que les sables ont changé à une distance de 347 m ce qui revienne à une moyenne de 24,2 % mètres par an. Comme les études ont démontré.

## **2-La stabilisation des habitants dans la région :**

Si l'oasis a assuré la stabilité des habitants dans le passé, actuellement et malgré le taux de l'expansion démographique naturel notable et ceci réside dans l'expansion de la particularité et l'amélioration générale des conditions de santé et la diminution du taux de mortalité. Le facteur de l'exode reste négatif.

### III- Les associations : un nouveau système pour promouvoir les khettaras et l'être humain.

#### **1- Nécessité de promouvoir l'être humain :**

Tous les projets effectués sont importants et nécessaires pour le développement de la région, mais la plus part d'eux ont négligé la promotion de l'être humain pour la bonne gestion des constructions et l'exploitation des ressources en eau.

#### **2- le système traditionnel des khattaras :**

malgré la continuité de ce système pendant le troisième millénaire, les coutumes, la spontanéité, l'improvisation et la confiance en la conscience personnelle du Cheikh et ses collaborateurs parmi les Mezrags a fait de lui un système renfermé sur soi même et ne pas concourir le temps moderne.

#### **3- Associations pour promouvoir les khettaras pour la modernisation du système et son développement.**

Si l'apparition des associations des khettaras à Jorf est objectif vu que la région comprend un grand nombre de khettaras, ses créations viennent pour évoquer la cause de ce système de nouveaux et la recherche des moyens pour les promouvoir.

En l'an 2000, avec la coordination de l'office régional de mise en valeur agricole de Tafilalet, l'association pour combattre la désertification et la préservation de l'environnement a entrepris une action pour aider les propriétaires à constituer 9 associations 91% de ses membres sont des agriculteurs et 57 % des Cheikh(chefs de tribu) et Mezrags en plus de ça 72% d'eux leur age dépasse 40 ans mais leur niveau scolaire est plus bas car 42% d'eux n'ont jamais été à l'école. et 40% ont un niveau d'école primaire sauf 2 d'entre eux ont une licence.

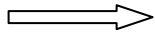
Cette première génération fondatrice ne peut pas mener un rôle prépondérant c'est pour cela qu'on peut dire que les espérances, des propriétaires, de ces offices sont toujours les mêmes espérances traditionnelles.

➡ Trouver les ressources financières pour l'aménagement.

➡ Hausser la quantité des ressources en eau et la surface irriguée.

➡ Maîtriser la gestion financière et administrative du système.





Lutte contre l'ensablement.

#### 4- Les grandes espérances :

Ces espérances des propriétaires dans cette période sont des espérances traditionnelles, ce que les associations doivent accomplir, c'est le développement humain en vue de la rationalisation de l'exploitation des ressources et pour faire des khetaras un investissement prometteur et compétitif adapté aux exigences de la globalisation au niveau local, régional, national et international et pour veilles à la continuité, à la stabilisation et à la sécurité des habitants.

#### **Conclusion :**

A la fin on peut poser la question .

Quels sont les besoins immédiats des khetaras ?

- le financement et la technologie adéquate pour le domaine comme il est pré connu par les pays développés .
- ou tout simplement à faire revivre les systèmes de l'ancienne oasis et ses lois et coutumes ?.
- ou on peut dire que les khetaras ont besoin de poser une stratégie intégrée et complète pour l'exploitation de l'eau.
- Les khetaras sont un patrimoine humain noyé dans plusieurs problèmes c'est pour cela qu'il faut multiplier les efforts de tous les secteurs gouvernementaux et la société civile voire la société internationale pour les sauver et les préserver. Et si les groupes fondateurs du travail associatif n'ont pas encore atteint la place et le niveau escomptés et elles ont besoins de beaucoup d'assistance, d'aide de tous les partenaires va mettre les khetaras en position de retrouver sa place économique et va revivre son passé glorieux et donner une relance économique pour la région.

ETUDE COMPARATIVE SUR LES CANALISATIONS D'EAU SOUTERRAINES

Foggara et Mambo

**Hiroki TAKAMURA**

Faculté des sciences géo-environnementales

Université Risscho, Japon

Chikasui – Les Défis Actuels Relatifs aux Eaux Souterraines

Une Publication commémorative pour le 25<sup>ème</sup> anniversaire

De l'Association Japonaise d'Hydrologie des Eaux Souterraines

(volume séparé)

1884

**Les objectifs**

Depuis que M.A. Butler (1934) et H. Hartung (1935) et d'autres auteurs ont publié leurs rapports sur les (foggaras) en Inde, des ouvrages de prise d'eau souterraine de type similaire ont été identifiés dans diverses régions du monde, y compris le Moyen Orient, l'Afrique du Nord et l'Asie Centrale (Wulff, 1968). Cependant, Hisashi Koyanagi (1931), Yoshio Hattori (1971) parmi d'autres auteurs ont publiés des études sur le même type d'ouvrages de prise d'eau souterraine appelés « mambo » au Japon, illustrant des cas dans la ville de Suzuka et du bassin de Tarui, entre autres. Malgré les ressemblances qui existent entre ces conduites appelées « foggara » et « mambo » sur le plan de leur structure, des études comparatives spécifiques sont bien rares. En particulier, il y eu à peine quelques études en matière de structure, des usages et de l'origine (afin de déterminer s'ils émanent d'une source unique ou de plusieurs sources et si l'origine est unique ou multiple).

Afin d'apporter sa contribution à ces études et combler le vide en la matière, l'auteur fit, de 1969 à 1980, des études sur les mambos situées aux pieds de la pente orientale des montagnes Suzuka, et spécialement dans la ville de Suzuka, au Hokusei-cho et Tarui-cho (Takamura, 1973) et, en 1976 et 1981, sur les foggaras dans l'Asie Centrale et en Afrique du Nord (Takamura, 1980a). Cet article constitue une étude comparative de l'auteur au sujet des foggaras et des mambos, en mettant le point sur les similitudes et les différences, et propose les ouvrages et la bibliographie publiés.

## 1. La distribution des Mambos et des Foggaras et les variations de leurs appellations

Il existe des variations de noms donnés aux aménagements similaires aux mambos et foggaras dans différents pays et régions du monde (Wuff, H.E., 1968, Takamura 1980b). Les mambos semblent dériver leur existence des tunnels, des chemins souterrains, des galeries de mines (mabu). On les appelle "mambo" dans la préfecture de Niigata, Haibara-gun dans la préfecture de Sizuoka, Shitara-gun dans la préfecture de Aichi, Kitamuro-gun et la ville de Suzuka dans la préfecture de Mie, Hokuseicho à Inabe-gun dans la préfecture de Mie, et Tarui-cho à Fuwa-gun dans la préfecture de Gifu, "mamboh" à Higashi-Tsukuma-gun dans la préfecture de Nagano, Shimada dans la préfecture de Shizuoka, Gamo-gun dans la préfecture de Shiga, et dans Tenkawa à Yoshino-gun dans la préfecture de Nara, « mampo » dans Enuma-gun dans la préfecture de Kyoto, « mampu » à Ono-gun dans la préfecture de Fukui et Takeno-gun dans la préfecture de Kyoto, et « mambori » à Uda dans la préfecture de Nara, cela traduit des variations marquées par le goût local.

« Foggara » est l'équivalent de qanat (Qanat) en arabe. Comme c'est le cas pour « mambo », il existe une grande variation de dénominations pour les différents pays. En Iran, par exemple, des aménagements identiques sont désignés par Connought, Kanayet, Qanat, Ghanat ou Khad. En Iraq et en Afghanistan, on les désigne également sous les noms de Karaz, Kariz, Kahrez, Karaz et Kakoriz. En Arabie (Oman), on les appelle Falaj, Fellej, Felledj ou Aflaj. En Algérie, on les appelle Foggara, Mayon, Iffili, Ngoura, Khettara, Khottara, ou Rhettra. En Tunisie, ce sont les Rettara, Rettarha et Rhetgara, Socavones au Chili, Kanchin (Kan-tin) en Chine (Shindand), ma-nu-po en Corée, et mampo, manpo, manpho, or manbho au Japon. Des aménagements similaires existent au Mexique et au Pérou, mais leurs noms demeurent inconnus.

Bref, on trouve les mambos dans onze préfectures, principalement dans le district de Kinki. Phonétiquement, ils peuvent être groupés en trois catégories. D'après d'anciens documents, des idéogrammes différents ont désignés des groupes différents.

Un certain nombre de chercheurs partage l'hypothèse selon laquelle les qanats trouvent leur origine en Perse, étant donné que les moyens pour invalider l'hypothèse de la multiplicité des sources sont faibles. Cependant, du point de vue historique, on suppose que la technique utilisée peut avoir connu deux voies d'expansion, une vers l'est et l'autre vers l'ouest, à partir de la Perse comme centre de diffusion. La voie vers l'est semble avoir abouti au Japon par la route de la soie, en passant par le Pakistan, l'Afghanistan, la Russie, la Chine et la Péninsule Coréenne.

D'autre part, vers l'ouest, le Roi Darius, au 6<sup>ème</sup> siècle A.C., introduisit la technique en Grèce, d'où elle a rayonnée vers la Tunisie et l'Algérie. En outre, on peut présumer que cette technique fut introduite en Espagne, au Portugal et au Maroc par les routes qui défilent vers le Nord et vers le Sud autour du Bassin Méditerranéen, et puis vers l'Amérique Latine (le Mexique, le Pérou et le Chili).

Ce qu'on appelle « mambo » au Japon et ce qu'on désigne par « ma-nu-po » en Corée sont très proches l'un de l'autre sur le plan des caractéristiques et de la prononciation des mots les désignant. De ce fait, des auteurs ont conclu que la mambo japonaise a ses origines dans la Péninsule de Corée (Kayane, 1973).

## 2. L'état des sites et les Méthodes de Prise d'eau

1) Une caractéristique commune est l'acuité des besoins en ressources en eau qui s'avère être très élevé. Cependant, les foggaras dans les régions arides sont situées dans des zones où l'eau est relativement accessible (zones où l'eau est abondante) alors que les mambos sont situés dans des zones où l'eau est relativement rare (zones déficitaires). Il va sans dire que cette affirmation est fondée sur une classification relative qui prend en considération l'environnement climatique des zones respectives. Quant aux volumes d'eau, la première catégorie fournit de l'eau en quantité relativement constante tout au long de l'année, tandis que la dernière est sujette à des fluctuations des apports selon la saison, les mambos tarissant en saison sèche. Le degré d'indépendance est également différent. Les foggaras sont vitales pour les communautés dans les oasis tout au long de l'année, en tant que source d'eau potable, d'eau d'irrigation et d'abreuvement du cheptel, alors que les mambos sont surtout exploitées pour l'irrigation.

### 2) Modes de captage

En général, les mambos collectent l'eau du sous-sol au moyen de conduites. Par contre, une foggara type utilise un sar-char (puits mère) en amont, tel que l'illustre la fig. 1 (Takamura, 1980b). En conséquence, le rôle des galeries latérales varie ; leur fonction de collecte est une exigence absolue pour certaines sections de la mambo (voir fig.2), alors qu'elle est une nécessité mais pas une exigence absolue pour le cas des foggaras. En d'autres termes, la galerie de la foggara est plus importante en tant que canal de distribution que comme dispositif de captage.

Aussi, la foggara fonctionne comme un moyen de lutte contre les effets de la chaleur intense notamment l'évaporation et le réchauffement.

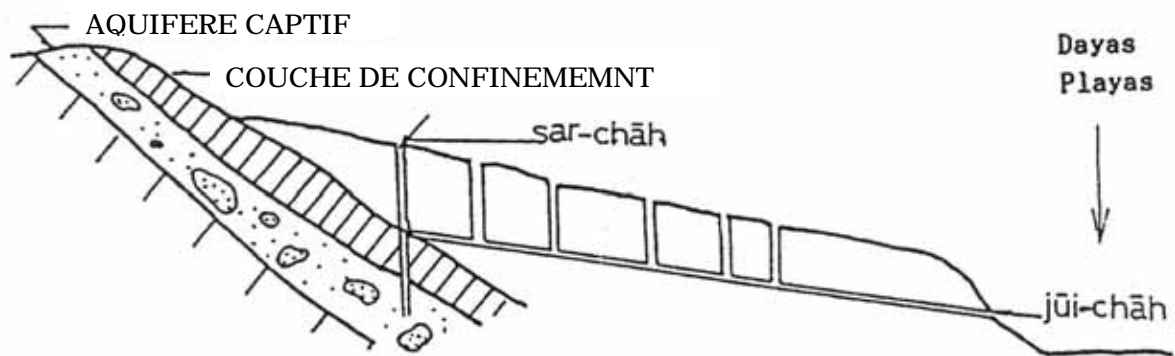
Ainsi que l'ont indiqué Kayane et d'autres auteurs, la section en amont d'une mambo se situe en dessous de la surface de la nappe d'eau souterraine et sa section en aval au dessus de cette surface. Du mois d'avril jusqu'au mois d'août, ou, en particulier, pendant la période des hautes eaux, la recharge de la nappe par infiltration des eaux de pluie et celle des eaux provenant des ouvrages d'irrigation (canaux et rizières) font que le niveau de la nappe soit plus élevé que le niveau du fond de la mambo, lui permettant pleinement de remplir sa fonction de puits collecteur d'eau. Cependant, à l'instar de la mambo Okubo située dans un cône alluvial à l'embouchure de la rivière Utsube dans la ville de Suzuka, la source d'eau de certaines mambos provient des écoulements hypodermiques ou des cuvettes, donnant lieu à des ouvrages de prise de types différents. Les résultats d'études antérieures et certaines publications suggèrent que les ouvrages de prise d'eau peuvent être classifiés tel que l'illustre la fig. 3 : (1) Ceux dont la seule source d'eau est l'eau souterraine, (2) ceux dont la seule source d'eau est l'eau de rivière, (3) ceux dont les ressources proviennent aussi bien de la rivière que de la nappe, et (4) ceux qui collectent l'eau de

l'écoulement hypodermique et de l'eau souterraine.

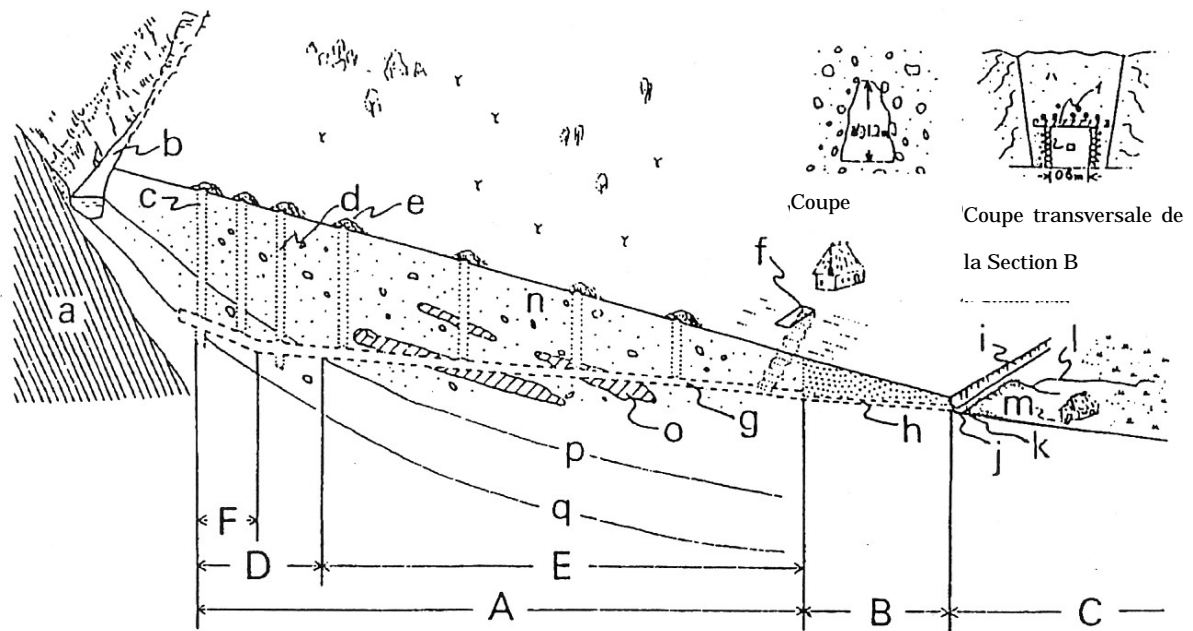
D'autre part, les puits ont été principalement construits pour les besoins de la ventilation, du déblaiement des matériaux lors des travaux d'excavation, aussi bien dans le cas des foggaras que des mambos, sans qu'aucune autre fonction soit identifiée. Néanmoins, certains puits ont été consolidés avec des cadres en pierres, tel que l'illustre la fig. 4, puisque les mambos/foggaras sont menacées par l'effondrement des parois aux endroits où les fondations sont faibles.

### 3) Différences de fonction

Les différences de fonction entre les mambos (M) et les foggaras (F) sont résumées dans la table 1.



**Fig 1. Coupe longitudinale de la Foggara**



A: Section non étayée  
ouvert

B: Section Fusekoshi cachée

C: Section de conduite à ciel

D: Section de recharge

E: Section de captage

F: Section étendue

a: Roche de la fondation

b: rivière

c: puits supplémentaire

d: puits

e: monticule de la mambo

f: entrée des escaliers vers la galerie

g: galerie

h: conduite cachée

i: falaise en terrasses

j: colature

k: seuil

l: canal d'irrigation

m: canal d'eau domestique

n: couche de gravier

o: lit en argile

p: niveau élevé de la nappe souterraine

q: niveau bas de la nappe souterraine

**Fig 2. Illustration du cône alluvial d'une mambo sur la pente orientale Des montagnes Suzuka**

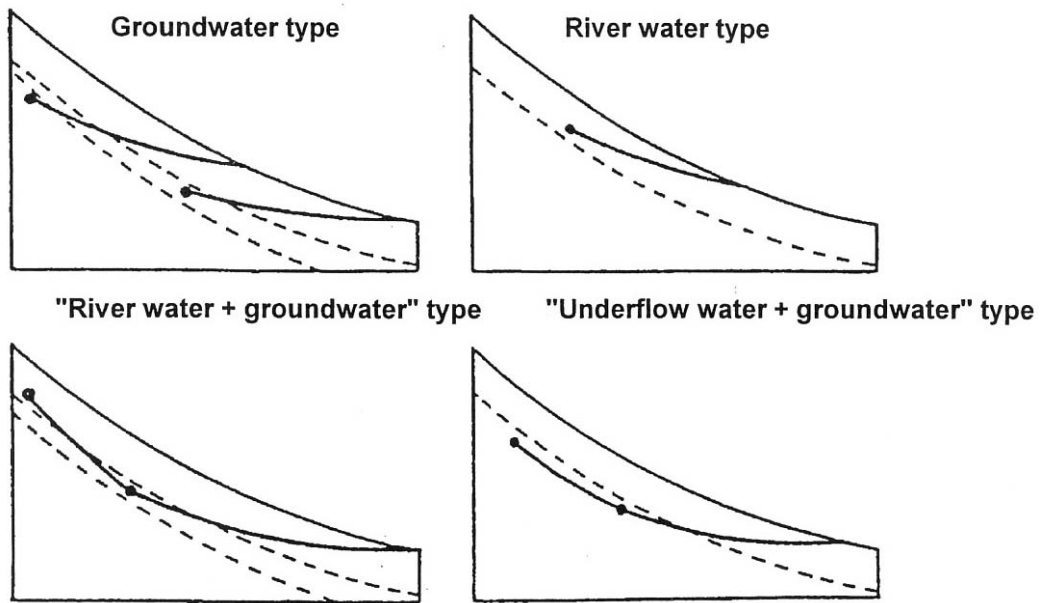
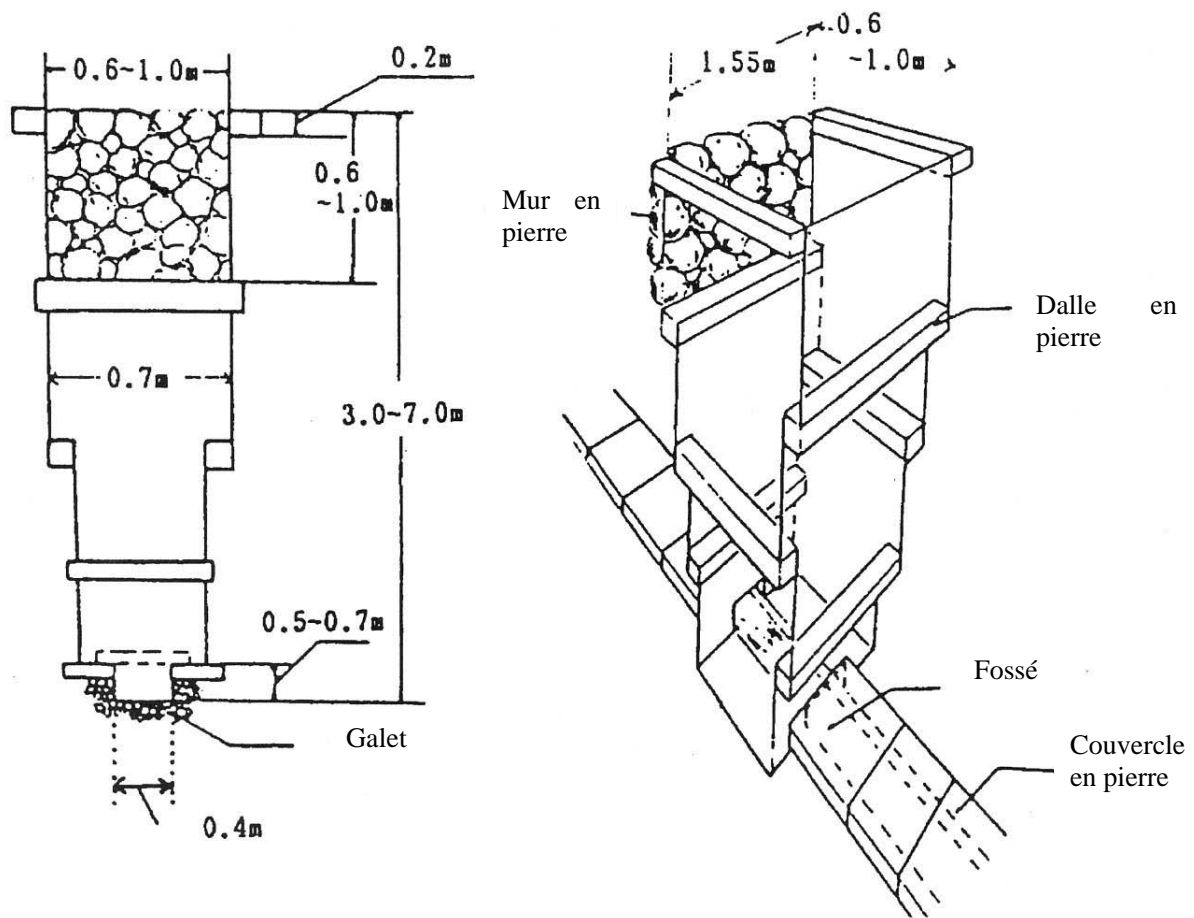


Fig. 3. Types de mambos selon la source de recharge de la nappe



**Tableau 1 Comparaison entre la Mambo et la foggara**

	Mambo	Foggara
Ressource d'eau	Eau souterraine non artésienne et écoulement hypodermique	Principalement eau souterraine non artésienne
Conduite	Longueur totale : plusieurs centaines de mètre – 1.6 km Recharge et collecte d'eau	Longueur totale : 5 km (dans un cône alluvial) – 35 km (sur un plateau)
Puits	Profondeur : plusieurs mètres – 14 ou 15 m Pente : 10-25 m Structure non soutenue (pierre/bois)	Profondeur : plusieurs mètres à une douzaine de mètres Pente : 35-300 Structure non soutenue (pierre/débris/briques)
Caractéristiques topographiques	Cône alluvial/colline en terrasses Pentes abruptes	N'est pas limitée aux cônes alluviaux/Terre de dépôts colluviaux (glacis colluvial) Pentes douces
Méthode de distribution des eaux	Seuil de distribution/horloge solaire	Par Kesria Chegfa/Horloge solaire
Droits d'eau	Syndicat de la mambo	Agissant en société par actions
Main d'œuvre pour les travaux de construction	Agriculteurs	Travailleurs agricoles
Différence de fonction	Collecte d'eau	Distribution de d'eau
Ouverture latérale	Collecte d'eau	Prévention de l'évaporation

Généralement, aussi bien les mambos que les foggaras ont, du point de vue fonctionnel, deux segments : le segment de la recharge et celui de la distribution. Afin d'empêcher l'évaporation et renforcer l'approvisionnement en eau en temps sec, le segment de distribution des foggaras doit être aussi long que possible. Par contre, c'est la partie collectrice (là où les galeries latérales se trouvent en dessous des nappes d'eau artésiennes) des mambos qui doit être aussi longue que possible, et, en termes de performance de la distribution de l'eau, les mambos pourront fonctionner convenablement même sans aqueduc tant que les conduits latéraux sont situés sous la couche d'argile.

#### 4. Considérations

L'auteur a saisi toutes les occasions possibles pour mener des études comparatives sur la technique et les méthodes de captage d'eau souterraine au Japon et à l'étranger, y compris les comparaisons entre les foggaras et les mambos dans les pays de l'Afrique du Nord comme l'Algérie, le Maroc et l'Egypte, entre les puits de St Patrick aux escaliers à double hélice en Italie et les puits en spirale (puits maimazu) du Japon, et entre la technique chinoise et la méthode Kazusabori de creusement des puits au Japon.

Toutes les études mentionnées ci-dessus, y compris cet article, indiquent que des conditions environnementales similaires, y compris les caractéristiques géographiques/géologiques et climatiques, peuvent entraîner le développement de modes de captage similaires dans différents pays et dans différentes régions, abstraction faite des habitudes et des coutumes locales. Bien qu'il serait un défi



véritable que de rechercher les traces historiques à cela à une échelle globale, l'auteur est tout à fait sûr que l'étude historique relative aux migrations des populations et des échanges aux époques anciennes et médiévales contribuera à la découverte de la route ou des routes de propagation des cultures d'utilisation des eaux souterraines (ou propagation des cultures hydrologiques) qui remontent à la même origine.

En guise de conclusion, l'hypothèse selon laquelle la technique utilisée dans le cas des mambos japonaises a été transmise de la Péninsule Coréenne ou de la Chine avant l'ère Edo peut être étayée par des preuves plus qu'aucune autre hypothèse.

### **Bibliographie**

Hisashi Koyanagi et Kazuo Kikuchi (1941): Utilization of Groundwater at mambos in Suzuka-gun, Mie Prefecture (Report &). *Academic report from Mie Technical College of Agriculture and Forestry*, 11, pages 1 – 7.

Yoshitaka Horiuchi (1966): Study on Water Utilization among Communities in the Nara Basin, *Geography Review*, 39, pages 159 – 165.

Wulff, H.E. (1968): The quanats in Iran, *Scientific American*, 218, pages 94 – 105.

Yoshio Hattori (1971): Study on Mambo-based Water Recharge Systems in Northern Foothills of Suzuka Mountains in Mie Prefecture, *Aichi College of Education Geographic Study Report*, N° 36 & 37 (numéro double), pages 95 – 101.

Isamu Kayane (1973): Mambos of Mie Prefecture, *Geography Review*, 46, pages 600 – 604.

Hiroki Takamura (1974): Distribution and structure of mambos in Suzuka-City, *Association of Japanese Geographers – Collection of Draft Papers*, 6, pages 190 – 191.

Shoichi Mizutani and Yoshio Kimoto (1975): Mambos and Local Agriculture, *Environmental culture*, 20, pages 50 – 55.

Hiroki Takamura (1980a): Comparative Studies on Mambos and Foggaras, *Association of Japanese Geographers – Collection of Draft Papers*, 18, pages 172 – 173.

## **MODES D'UTILISATION DE L'EAU DANS LE DESERT DU SAHARA**

(Le mensuel « *Geography* », Vol. 25, N° 7, 1980)

**Hiroki TAKAMURA**

**Faculté des Sciences Géo-environnementales  
Rissho University, Japon**

### **Introduction**

J'ai eu l'occasion de faire des recherches sur les conditions d'utilisation des ressources en eau en Algérie, au Niger, en Egypte et au Maroc entre le mois de janvier et le mois de mars 1979. Puisque le temps réservé à cette recherche était très court, je n'ai pas pu l'approfondir. Cependant, je me contenterai de rendre compte principalement des conditions d'utilisation de l'eau dans le désert du Sahara Algérien en citant des publications et des ouvrages de référence.

« La terre vide écorchée par le soleil », le désert du Sahara s'étend sur une bretelle tout au long du Tropique du Cancer dans le Continent Africain et couvre une superficie d'à peu près 9065 millions km<sup>2</sup>. Cependant, la désertification dans les régions arides est une tendance mondiale et sa vitesse est supposée être de plusieurs kilomètres ou des dizaines de kilomètres mais la situation actuelle est inconnue. Le désert du Sahara n'est pas une exception en matière de désertification. Cependant, ils ne sont pas peu nombreux les scientifiques qui ont expliqué que les facteurs qui ont provoqué ce phénomène et son acuité sont l'agriculture de la terre brûlée, et la déforestation pratiquée par les nomades ainsi que le pâturage intensif.

Plusieurs pays en développement sont situés dans le désert du Sahara. Les gouvernements de ces pays font de grands efforts afin de favoriser l'environnement dans lequel les nomades puissent se sédentariser et s'investir dans des projets tels que « le creusement des puits », « la construction de complexes d'habitations et l'enrichissement des oasis » et la formation professionnelle » comme des mesures d'accompagnement du reboisement du désert en coopération avec le FAO et l'UNESCO etc. En outre, l'exploitation des ressources souterraines tels que l'uranium, le pétrole et le gaz naturel, ainsi que la construction d'infrastructures liées à ces ressources contribuent grandement à la construction et à la maintenance des routes principales et au développement des oasis. Par contre, les jeunes gens des villages et des oasis émigrent vers les grandes villes et cet exode dépeuple les zones rurales et participe au surpeuplement des grandes villes. Cette tendance est surtout perceptible en Algérie, en Libye et au Niger, et constitue un sérieux problème social.

Le développement dans le désert du Sahara est encouragé principalement par la construction de nouvelles agglomérations rurales bénéficiant d'infrastructures pour l'exploitation des ressources d'eau souterraine en tant qu'assise pour le développement, l'enrichissement/maintenance des oasis avec pour finalité la sédentarisation des nomades. Cependant, comme ces zones sont situées sans exception à l'intérieur des terres, les denrées de grande nécessité tels que la viande, les légumes, les fruits ainsi que l'habillement ne peuvent pas être obtenus régulièrement des lieux de leur production qui se situent en grande partie dans les villes côtières bien que le réseau routier est accessible et est plutôt bien maintenu. Donc, ces zones sont largement dépendantes des oasis et la stabilité de leur environnement est primordiale pour ces nations. Néanmoins, le fondement du développement d'oasis stable n'est autre que la stabilité de la fourniture

d'eau. En outre, lorsqu'on considère la vie nomade des Touaregs qui survécurent pendant des siècles dans le désert, on constate qu'elle est étroitement liée à la question de l'existence des ressources en eau, c'est-à-dire la quantité et la qualité d'eau disponibles. Ces peuples ont adroitement intégré les voies de recherche des sources d'eau aux itinéraires qu'ils empruntent dans leur quête de pâturages. Ces itinéraires ont été améliorés après l'accumulation de plusieurs échecs par leurs ancêtres depuis les temps immémoriaux. Les lieux des sources d'eau recherchés sont variables tels que les lits de rivières dans les wadis, les fissures sous les falaises, l'eau des marres et des puits.

### **L'Environnement Hydrologique du Désert du Sahara**

Il a été mentionné ci-dessus que la vie et l'habitat dans le désert du Sahara sont limités par la situation de la distribution des ressources en eau. Cependant, la distribution et la quantité d'eau emmagasinée dans les sites de stockage sont influencées par la pluviosité, les caractéristiques géographiques et les formations géologiques. Ainsi, avant d'aborder le vif du sujet, on examinera l'environnement hydrologique des zones en question.

La pluviométrie dans le désert du Sahara varie d'année en année. Cependant, les zones les plus continentales reçoivent moins de pluie dont la quantité demeure inférieure à 100 millimètres par an excepté dans les zones de montagne. Le modèle climatique en termes de pluviométrie dans la localité de Ghardaia, située à environ 700 kilomètres au sud d'Alger, fait ressortir des étés secs et des hivers humides. La quantité de pluie est de 116.3 mm en 1958 (journées pluvieuses : 24 jours), 22.9 mm en 1961 (journées pluvieuses : 14 jours) et 96.7 mm en 1969 (journées pluvieuses : 12 jours). Selon les enregistrements opérés pendant 25 ans, de 1913 à 1938, la moyenne pluviométrique annuelle est de 115 mm (le minimum est 9 mm, le maximum : 200 mm) ; la moyenne annuelle en journées pluvieuses est de 22 jours ; le mois le plus pluvieux est le mois de novembre (la moyenne est de 15 mm) ; le mois le moins pluvieux est le mois de juillet (la moyenne mensuelle est de 3 mm). Dans cette zone, une pluviométrie moyenne de 30 mm ou plus en 24 heures a été enregistrée une dizaine de fois pendant ces 25 années.

En outre, à l'intérieur des terres, à Agades au Niger, la pluviosité est très faible et n'est que de quelques millimètres à une dizaine de millimètres. Il existe plusieurs zones du désert où l'écoulement en surface fait son apparition dès que la pluviométrie atteint 10-20 mm en un court laps de temps. Bien que la majeure partie des pluies s'évapore ou s'infilte dans le sol, cette quantité demeure infime. L'écoulement en surface forme des cuvettes et des dépressions, conformément aux caractéristiques géophysiques et aux conditions géologiques. Cependant, la plupart d'entre elles sont des lacs salins avec une qualité d'eau qui varie entre 3000-10000 p.p.m. de STD (Substance Total Dissoute). L'eau des lacs salés est rarement utilisée pour l'irrigation, et encore moins comme eau potable. L'eau des lacs formés dans les dépressions creusées par l'érosion éolienne et rejoignant le niveau de l'eau souterraine est parfois neutralisée. Dans ce cas, cette eau est de bonne qualité et est utilisée à plusieurs fins.

### **Les modes d'utilisation de l'eau**

En termes de sources d'eau, il en existe six catégories, l'eau des nappes souterraines, l'eau des rivières,

l'eau de source, l'eau de source chaude, l'eau de surface et l'eau d'épandage des crues. L'un des modes typiques de puiser l'eau souterraine dans les régions du Sahara est la « foggara ». On décrira la foggara dans une section réservée à cet effet. Il y'a souvent de l'eau souterraine à des profondeurs de 10-50 mètres au niveau des cônes alluviaux. A ces endroits, l'eau souterraine est normalement tirée par l'ouverture des puits qui y sont aménagés. Puisque l'eau est relativement abondante, les puits ne tarissent pas très souvent.

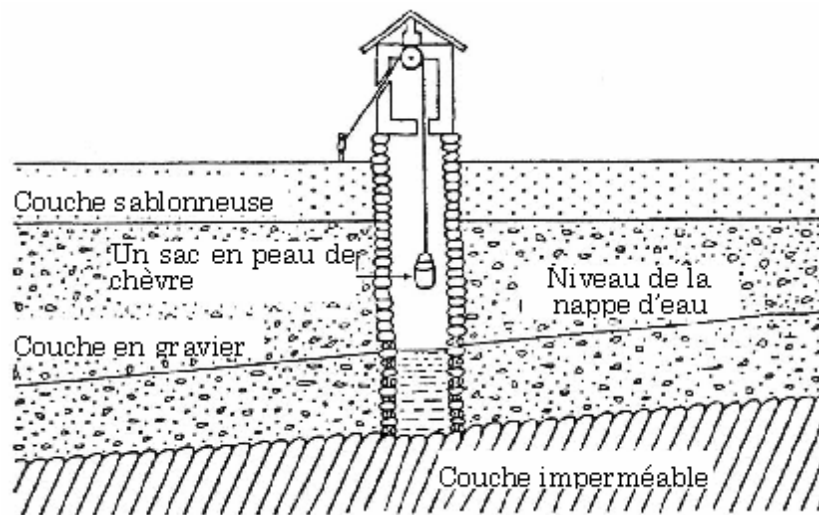


Fig. 1 : Puits ouvert type dans le désert du Sahara

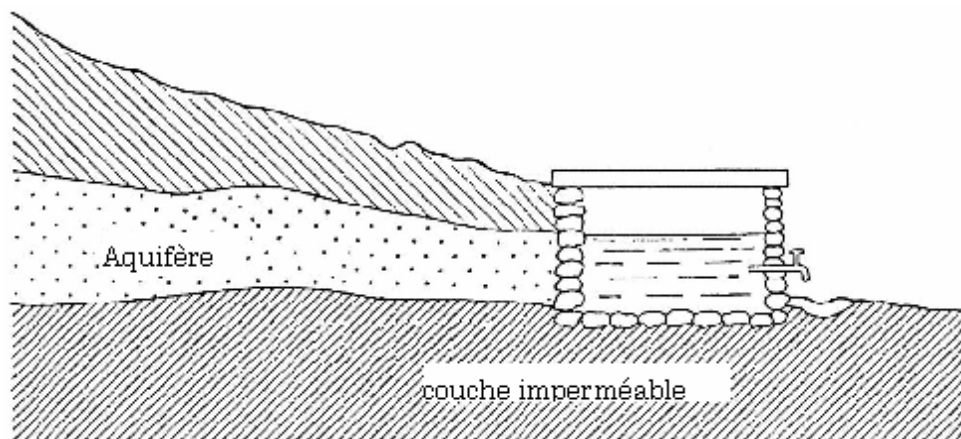


Fig 2. Réservoir d'eau pour emmagasiner l'eau de printemps

Cependant, les habitats humains ne se sont pas multipliés.

Dans les wadis où les rivières sont assez larges, et les dépôts diluviens et éoliens sont épais, l'eau des rivières est abondante et on relève l'existence de plusieurs ouvrages de prise d'eau. Par exemple, une prise d'eau ayant un diamètre de 4-5 mètres et une profondeur de 5-10 mètres est construite pour servir à l'approvisionnement en eau d'irrigation, en eau potable, en eau d'abreuvement du cheptel etc. Dans de tels endroits, l'agriculture dans les oasis est pratiquée à grande échelle et son produit (légumes, fruits et viandes d'abattage) est écoulé vers le marché local. Cependant, dans les zones où l'écoulement de l'eau des

lits des rivières des wadis n'est pas régulier tout au long de l'année, l'eau tarie en saison sèche et est de peu d'utilité. A proximité des falaises du plateau de Tinghert, l'eau de printemps qui apparaît dans les crevasses est stockée dans des réservoirs en terre ou en briques et est utilisée en cas de besoin.

Dans les contrées où l'eau souterraine peu profonde ne peut être extraite, on a recours aux puits profonds. Cette forme d'extraction d'eau est largement répandue dans le désert du Sahara et contribue largement au maintien de la vie dans les oasis, ainsi qu'à la construction d'ouvrages d'exploitation des ressources souterraines et le reboisement dans le désert. Par exemple, les infrastructures des puits d'exploitation du gaz naturel tels que celles construites à Hassi R'mel, à Amenas, à El Agreb n'auront jamais pu exister sans l'utilisation des eaux souterraines. Cependant, à certains endroits où l'eau atteint 60° C (K18 : 5600  $\mu$  mho/cm) jaillit d'une profondeur de 350 mètres (couche du Cénomanién) telle que celle de Zelfana. A Zelfana, la température de l'eau est réduite à 40°C dans un bassin de refroidissement et l'eau est utilisée pour l'irrigation.

Hassi Rmel est une petite bourgade qui s'est développée autour d'un puits ouvert (profondeur : 20 mètres, hauteur de l'eau : 12 mètres, couche du Sénonien) qui a été creusé en 1891 à l'époque de la colonisation française. La température de l'eau dans ce puits est de 18,5°C, sa conductivité électrique est de 740  $\mu$  mho/cm, sa concentration en sel est de 430 ppm. L'eau de ce puits et du forage qui lui est proche dont la profondeur est de 80 mètres (température de l'eau : 18°C, K18 : 490  $\mu$  mho/cm, couche Albienne) est desservie au site d'aménagement d'un forage de gaz naturel de Nikki Corp., entreprise japonaise, en sus de son utilisation domestique par les populations locales.

A Zarzaitine, l'eau (STD : 10 000 ppm) séparée du gaz naturel et jaillissant du puits d'une profondeur de 80-100° mètres (couche dévonienne) est traitée jusqu'à ce que sont STD atteigne 3000 ppm. Elle est alors utilisée pour irriguer les plantations qui s'y trouve. Outre le traitement par des méthodes chimiques, l'eau est neutralisée au moyen de l'eau souterraine de la couche du Sénonien.

Dans le désert du Sahara, l'utilisation des eaux de ruissellement n'a pas été intensifiée. Néanmoins, dans une partie des montagnes du Hoggar, on remarque souvent un puits vertical creusé dans la rive de la rivière. L'eau du lit de la rivière est alors amenée par un conduit horizontal, creusé sous le lit de la rivière, vers le puits vertical. L'eau est ainsi pompée à partir de ce puits.

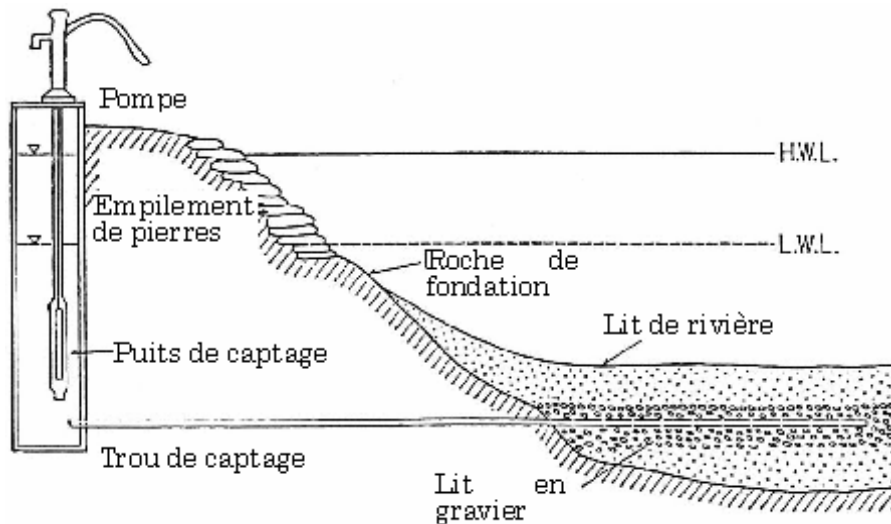


Fig. 3 : Utilisation de l'eau de rivière

Le fondement du développement de l'espace culturel des oasis n'est rien d'autre que leur stabilité, en d'autres termes, la stabilité de la fourniture de l'eau. On a constaté que l'émergence des oasis a deux origines : l'une est l'eau des sources et du ruissellement de surface et l'autre origine est artificielle et découle de l'acheminement de l'eau à partir d'endroits où l'eau souterraine peut facilement être extraite. Dans les deux cas, l'oasis se trouve sur un terrain plat à un niveau légèrement inférieur à celui des zones environnantes, tels que les wadis, les daiyas, les Playas. Récemment, la majorité des oasis ont été aménagés suite à la diminution des ressources en eau locales provoquée par l'augmentation de la demande et les changements climatiques. Je vais introduire ci-après l'oasis d'Aoulef, oasis située en Algérie, en tant que modèle type d'oasis créée par l'effort humain dans le désert du Sahara.

Aoulef est une oasis située entre la ville InSalah et le village de Reggane, sur le plateau de Tidekelt. Elle est formée de trois habitats humains : Arabe, Timokten et Cheurfa. La condition initiale de fixation de ces habitats est la présence du ruissellement de surface et l'obtention d'eau claire de plus de 50 foggaras (y compris celles qui n'ont pas été examinées) qui représentent aujourd'hui encore un soutien vital de ces habitats.

La Foggara est une galerie souterraine servant à capter l'eau du sous sol. C'est une technique qui a vu le jour 3000 ans AC dans la contrée qu'on appelle, de nos jours, l'Iran. On pense que l'usage de la foggara fut étendue à tout le monde connu par deux voies : la route occidentale et la route orientale. A l'Ouest, on considère qu'elle s'est répandue par la route du Nord et la route du Sud de la Mer Méditerranée, c'est-à-dire qu'elle a été introduite par le roi Darius au sixième siècle AC en Grèce et, plus tard, a été amenée en Tunisie et en Algérie. Par la suite, cette technique a été utilisée pour l'irrigation de cultures que les Phéniciens ont répandues dans ces régions en passant par l'Egypte au dixième siècle AC, et, plus tard, fut introduite en Espagne. En direction de l'Est, on suppose que cette technique a emprunté la route de la soie et a atteint la Corée et le Japon en passant par le Pakistan, l'Afghanistan, l'Inde et la Chine. On peut

aussi rechercher historiquement qu'elle a atteint le Continent Américain par le biais de l'Espagne. Le terme « fogarra » varie de région en région. Elle est appelée Qanat (Iran), Khettara (Morocco), Karaz (Afghanistan), Kanchin (Chine), ma-nu-po (Corée) et mambo (Japon). Cependant, sa structure demeure identique dans toutes ces régions.

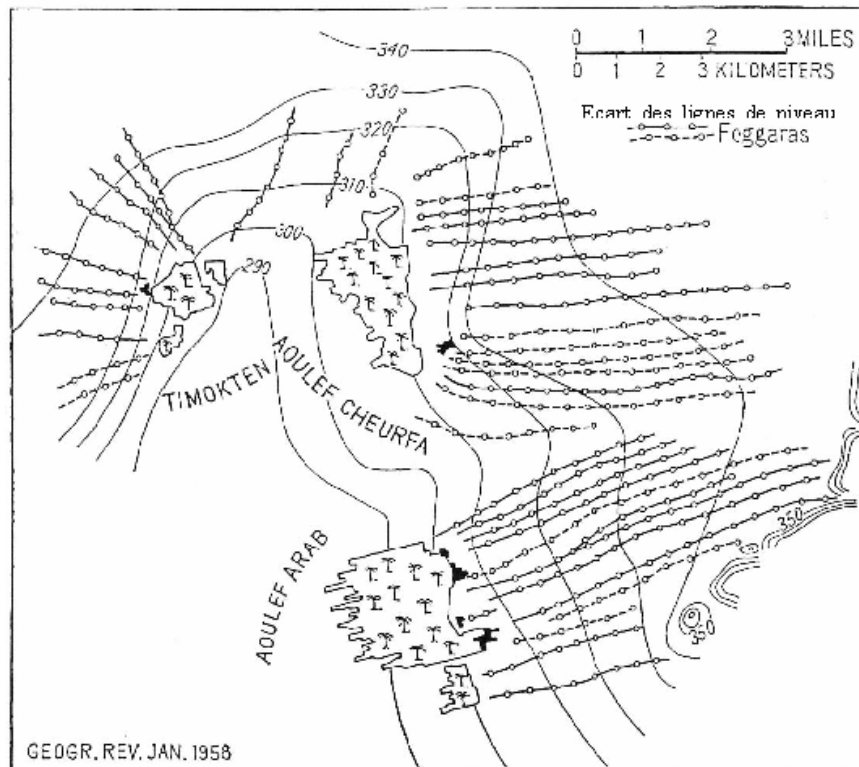


Fig. 4 : La distribution de la foggara en Aoulef

La distribution des foggaras dans le désert du Sahara est généralement très dense dans des zones à caractéristiques géographiques spécifiques tels que les cônes alluviaux et les sols colluviaux. La foggara se présente comme une structure ayant une galerie horizontale haute de 1.2 – 1.3 mètres, et large de 0.6 – 0.7 mètres et des puits verticaux ayant un diamètre de 0.6 – 0.7 mètres. La galerie horizontale est courte (100 – 500 mètres en moyenne) là où le sol est une pente abrupte et étendue (une dizaine de kilomètres au plus) là où le plateau accuse une légère inclinaison. Les puits verticaux sont utilisés pour extraire les roches vers l'air libre pendant le creusement de la galerie horizontale mais pour la ventilation. La plupart des puits verticaux ont une profondeur de 10 – 50 mètres.

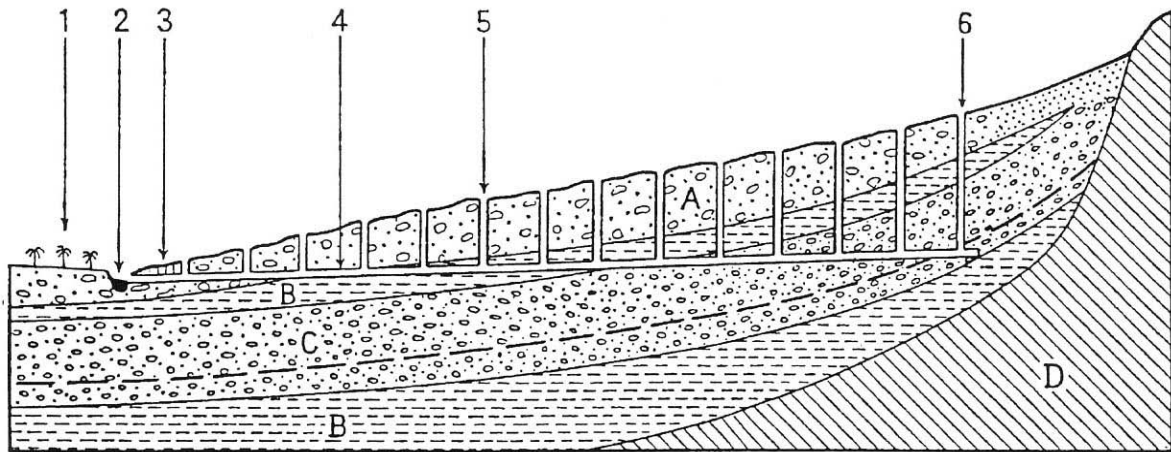


Fig. 5 : Une coupe transversale schématique de la Foggara

1. Oasis
  2. Conduite à ciel ouvert
  3. conduite fermée
  4. conduite souterraine (galerie horizontale)
  5. puits vertical
  6. Puits mère
- A. Gravier du cône alluvial B. couche argileuse C. couche graveleuse D. Calcaire (couche du sénonien).

En ce qui concerne la méthode de prise de l'eau souterraine, l'eau sous pression est collectée à partir du puits mère vertical creusé tout à fait en amont, et est amenée par la galerie horizontale. Dans les zones où l'eau souterraine est pressurisée et est facilement collectée, aucun puits mère n'est creusé et la galerie horizontale a pour fonction la collecte des eaux de la partie de la foggara en amont (là où le fond de la galerie est inférieur au niveau de la nappe souterraine). La galerie horizontale est creusée à partir du niveau inférieur vers le niveau supérieur et cette action est suspendue dès qu'on obtient l'eau souterraine, qu'elle soit sous pression ou non, est obtenue. Cependant, les sources de l'eau sont sécurisées, selon la situation climatique des années, en creusant davantage horizontalement sur une longueur supplémentaire et ce lorsqu'on constate que le niveau de l'eau souterraine a baissé et l'eau du puits mère a diminué.



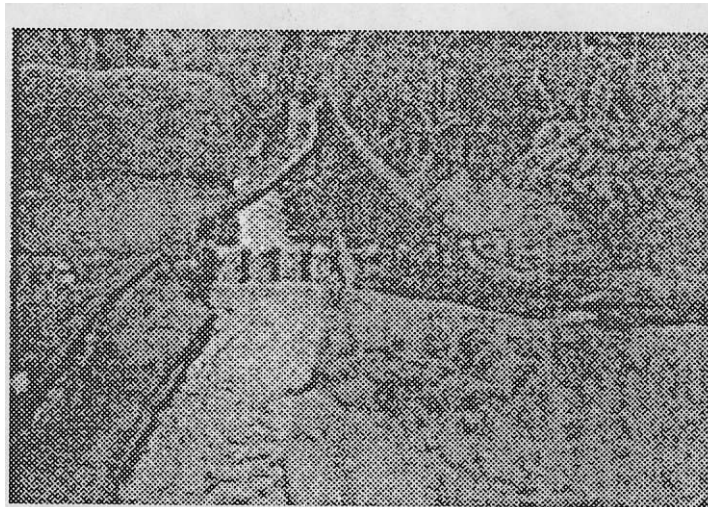


*Foggara in Aoulef:*

*Puisque la foggara d'Aoulef est située sur un relief relativement plat, la galerie horizontale s'étend sur plus d'une dizaine de kilomètres. Donc, cette galerie est profonde. En outre, l'espacement entre les puits verticaux est réduit.*

L'eau des foggaras est une source d'eau potable pour les habitants et est aussi utilisée pour l'irrigation et l'élevage pratiqués à l'intérieur des oasis. La quantité d'eau utilisée s'élève à plusieurs dizaines de milliers de tonnes par jour. Dans ces zones, la qualité de l'eau souterraine se dégrade au fur et à mesure que l'eau est collectée de plus en plus profondément (concentration en sel : de quelques p.p.m. à 10 000 p.p.m.) et elle s'améliore lorsque la collecte de l'eau se fait à un niveau peu profond (concentration en sel : 300 – 500 p.p.m.). La température de l'eau est de 15°C. Par conséquent, cette eau convient davantage à l'irrigation et non pas comme eau potable surtout si en prend en considération la température de la surface du sol. Au point où la galerie de la khattara débouche sur le canal à ciel ouvert le relief est généralement plat, et une installation sous forme de peigne, appelé Kesria, est construite à cet endroit afin de fournir de l'eau aux foyers et aux terres agricoles. Il est coutumier dans ces régions de mesurer la quantité d'eau à fournir aux usagers proportionnellement aux parts de participation (Khappa, mahbouud) détenues par une personne et acquises par transaction. Selon la coutume, un notable musulman, un Chaheed, joue le rôle d'observateur lors des transactions des parts. Il existe plusieurs agriculteurs détenant des parts. Ils sont chargés de la maintenance et de la gestion de la foggara. Ces actions sont financées moyennant les fonds collectés lors du Khappa.mahbuod. Pendant la colonisation française, les foggaras ont été largement subventionnées, et jusqu'à l'avènement de l'indépendance de l'Algérie, l'exploitation des foggaras s'est déroulée dans de bonnes conditions. Cependant, récemment, le nombre des foggaras dans le désert du Sahara a accusé un recul dû à la tendance de l'Etat de promouvoir des projets de forage de profonds puits et la prédominance des petites stations de pompage. En exemple, on peut citer des foggaras telles que celle d'Adrar, Timimoun, In Salah, Forgaret qui se sont effondrées ou sont utilisées comme décharges publiques. La maintenance et la gestion constatées dans le cas d'Aoulef ne sont pas faites dans toutes les foggaras et elles ont cessées de remplir leurs rôles.

L'agriculture dans les oasis est pratiquée à l'intérieur d'enceintes construites en matériaux durs mesurant 3 à 4 mètres de haut. Une grande variété de cultures y sont pratiquées tels que le palmier dattier, le laurier, les raisins, les orangers, les pruniers, les citronniers, les tomates, les choux, les carottes qui font des oasis de vrais paradis au milieu du désert. Les oasis sont entourées par des murs et suffisamment pourvues en eau douce des foggaras ce qui en fait un monde plein de verdure susceptible de faire oublier aux gens les conditions sévères du monde extérieur.



*Kesria of Foggara in Aoulef:*

Un ouvrage en forme de peigne, la Kesria sert à partager les ressources en eau entre le nombre d'agriculteurs détenteurs de parts (Khappa.mahbuod) acquises sous la supervision du Chaheed (un notable religieux)

**Méthode de creusement traditionnel des qanats en Iran  
(Khetarras au Maroc)**

Hiroki Takamura  
Faculté des sciences géo-environnementales  
Université Rissho, Japon

**Comment reconnaître un sol qui contient de l'eau**

Il y a de l'eau "résiduelle souterraine" dans les terres au pied des montagnes, et elle est particulièrement abondante dans les sols très poreux. On dit aussi depuis toujours que lorsque la terre des basses plaines est noire c'est qu'il y a de l'eau.

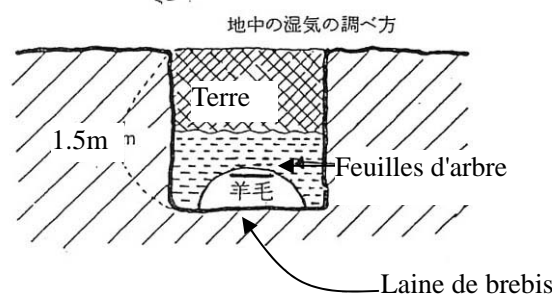
Il y a de l'eau dans le sous-sol lorsque le long des vallées de montagne les traces d'inondation persistent en surface. Quand la végétation pousse sur les pierres c'est qu'il y a de "l'eau résiduelle" dans le sol.

Il y a de l'eau si le matin on note des volumes importants de rosée, de brouillard ou de vapeur à la surface du sol. Pour mesurer le degré d'humidité des sols, nous proposons la méthode suivante.

Coller un peu de laine de brebis dans une coupole en zinc ou en cuivre ou au fond d'un pot en terre avec de la cire. Lorsque le soleil est couché, creuser un trou de 1,5 m environ, y poser le pot à l'envers, recouvrir le pot de feuilles vertes, et boucher le trou avec de la terre. Retirer le pot le lendemain matin de bonne heure. Si le pot est humide ou si la laine de brebis est mouillée au point de se détacher du pot, c'est qu'il y a de l'eau dans le sol.

Il est possible aussi de faire cette vérification de jour ; pour cela il faut allumer un feu et l'éteindre avant d'enterrer le pot dans le trou selon la méthode indiquée ci-dessus (figure 1).

Figure 1



Vérification de l'humidité souterraine

**Relevés topographiques****(1) Méthode traditionnelle**

Pour creuser des qanats (khetarras), les relevés topographiques sont essentiels. Dans le cas des qanats (khetarras) avec des drains souterrains de très grande longueur il est impossible d'assurer la sortie avec précision si le relevé n'est pas correctement fait, et comme nous le verrons plus loin il n'est pas possible non plus de fixer correctement la profondeur de fonçage.

Comme nous allons l'expliquer par la suite, au 10<sup>ème</sup> et au 11<sup>ème</sup> siècles aussi on faisait des relevés topographiques.

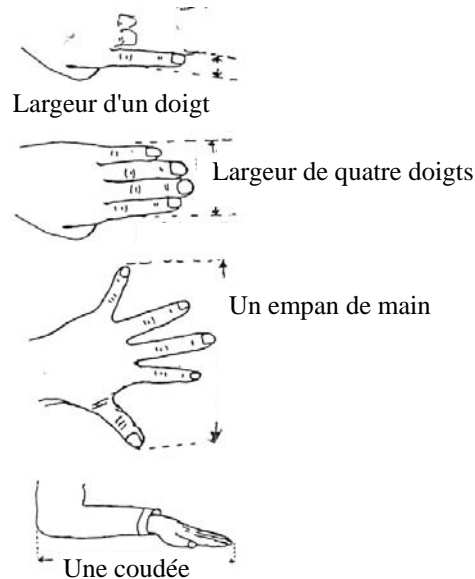
Relevés avec un niveau et deux jalons.

Comme jalons on utilise des bâtons en bois d'environ 6 empan de main (1 empan étant d'environ 20 cm). Sur un côté du bâton on trace 60 graduations que l'on divise encore en autant d'unités possibles. Pour vérifier que les jalons sont bien posés à la verticale on tend un fil horizontal entre le haut des jalons et on descend un fil en plomb.

Voici comment se fait le relevé :

Tout d'abord on prend deux points d'arpentage sur lesquels on plante un jalon à la verticale. Ensuite, on tend un cordon sur le haut des deux jalons, et on suspend un niveau au centre du cordon. Un cordon long peut mesurer 30 coudées soit environ 15 m (1 coudée = environ 50 cm). (figure 2)

Figure 2



Différents types de niveaux étaient (longueur entre la pointe des doigts et le coude)

Niveau en tube de verre (figure 3) :

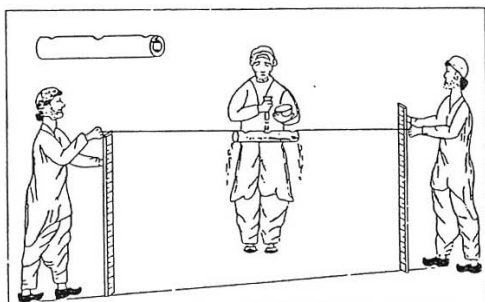
On perce un trou au centre d'un tube de verre (ou d'un tube en bois ou en roseau) de 30 cms environ (un empan et demi) que l'on suspend et lorsqu'il est bien horizontal l'eau versée par le trou central doit sortir par les deux extrémités du tube en même temps.

Le niveau est suspendu au cordon tendu entre les deux jalons et on verse de l'eau par le trou central. Si l'eau sort par une des extrémités du niveau on fait descendre ou monter le cordon jusqu'à ce que l'eau sorte des deux côtés en même temps. Le cordon est ainsi tendu bien horizontal et on peut ainsi relever les différences de niveau des deux points du terrain d'après les graduations faites sur les jalons.

Comme cordon tendu entre les jalons on peut utiliser un fil de soie ou de lin passé à la cire en faisant attention de ne pas le tendre ou le détendre trop.

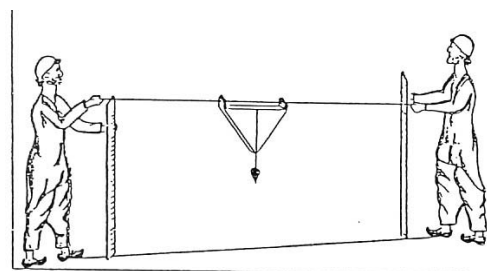
Le deuxième type de niveau est un appareil fait d'un triangle isocèle en matériau le plus léger possible, soit en bois dur non flexible soit en zinc. On trace un trait perpendiculaire à partir du centre de la base du triangle jusqu'au sommet ; on fait descendre un fil de soie à partir du centre du triangle en le faisant dépasser de deux doigts (un doigt = 2 cms) et on y accroche un poids en bronze ou en plomb de 30 g environ (3 dirhams). On fait descendre ce niveau sur le cordon tendu entre les deux jalons. Pour que le cordon soit horizontal il faut que le fil à plomb superpose le trait perpendiculaire. (Figure 4)

Figure 3



Tendre le cordon afin que l'eau sorte des deux extrémités du tube à la fois, et relever les différences de niveau sur les graduations des jalons.

Figure 4

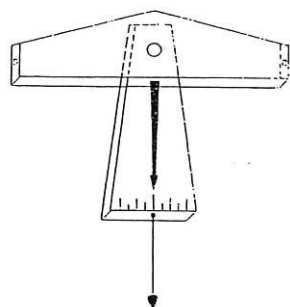


Tendre le cordon de manière à ce que le fil auquel le poids est attaché passe par le sommet du triangle et relever les différences de niveau sur les graduations des jalons.

Il existait également un niveau en fer en forme de balance. Pour ce type de niveau on utilisait aussi une plaque en fer léger suffisamment dure pour ne pas plier avec un poids de 50 g (5 dirhams) au bout d'un cordon fin comme indiqué à la figure 5. Le poids est plat et le bout en forme de flèche.

Il y avait encore un niveau en tube de verre aux deux extrémités fermées et avec un trou central. Un trait horizontal était tracé sur le côté du tube accroché au cordon horizontal par les deux extrémités et on versait de l'eau dans le trou pour que l'eau et le trait horizontal se recouvrent (figure 6). L'utilisation est la même.

Figure 5



Niveau en forme de balance

Figure 6



Niveau en tube de verre. Les pointillés représentent la partie remplie d'eau

## (2) Relevés topographiques selon les méthodes Karaji

On faisait donc les arpentages avec les méthodes qui consistaient à tendre un cordon entre les jalons et à relever les différences de niveau entre les deux points du terrain sur les graduations des deux jalons. La méthode Karaji est une méthode plus évoluée, conçue pour relever les différences de niveau sur le niveau lui-même.

Voici le premier niveau de ce type :

On utilise une plaque carrée en bois ou en laiton. On perce un trou en son centre sur le haut et on trace un trait entre ce trou et le centre de la plaque en bas. On accroche un fil à plomb dans le trou percé.

On place deux jalons divisés en 60 graduations à la verticale sur un terrain sans dénivellation et on tend un cordon d'environ 15 m (30 coudées) au centre duquel on suspend la plaque carrée. On descend un jalon de la valeur d'une graduation et on trace un repère sur l'intersection du fil à plomb et du bas de la planche carrée.

Cette opération se poursuit jusqu'à la dernière graduation du jalon. Quand un jalon est ainsi terminé on fait descendre le cordon sur l'autre jalon et de la même manière on marque les points de croisement. La graduation des jalons est alors terminée.

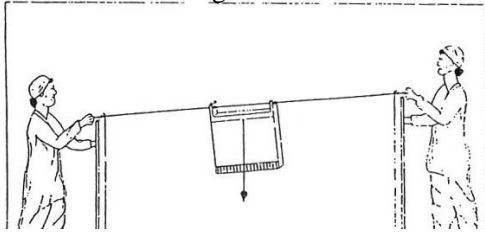
Voici comment se font les relevés topographiques avec ce type de niveau.

On pose un jalon sur le point à relever, on tend un cordon sur l'extrémité du jalon et on accroche le niveau au centre du cordon. On relève la graduation indiquée par le fil à plomb sur la planche carrée. On connaît ainsi la différence de niveau des deux points de mesure. (Figure 7). Avec cette méthode il n'est pas nécessaire de relever ou abaisser le cordon pour le mettre à l'horizontale puisqu'on peut relever les différences de niveau sur le niveau. Dans ce cas il faut que la graduation du niveau soit faite avec beaucoup de précision et de précautions.

On obtient un niveau plus léger et encore plus précis si on remplace la planche carrée par une en demi-cercle et que l'on découpe le centre en forme d'arc.

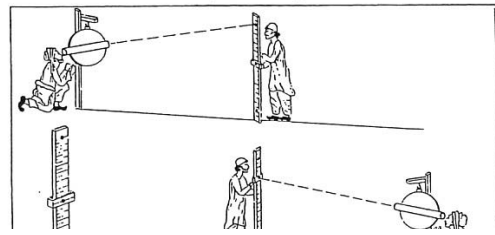
Karaji a conçu un niveau encore plus performant. (figure 8)

Figure 7



Le cordon n'est pas horizontal mais on relève les différences de niveaux sur les graduations du niveau.

Figure 8



Collimatage du repère sur le haut du jalon (en haut à gauche). Ensuite, on se met de l'autre côté et sans changer l'angle du tube on collimate le repère sur le curseur du jalon (en bas à droite). On relève les différences de niveau sur les graduations du jalon.

Au centre d'une planche en bois ou en laiton ronde ou carrée on pose un tube en laiton de 1,5 empans de main (environ 30 cm) avec un axe au milieu pour le faire tourner de comme pour une lunette d'astronome. Le tube est légèrement plus long que le diamètre du disque.

On pose un arrêtair sur le disque et on l'accroche à un étau vertical de 4 empans de main (environ 80 cm) de manière à ce que le tube soit à la hauteur des yeux lorsque l'on se met à genoux.

Comme jalon on utilise un parallélépipède rectangle d'environ 1,8 m (1 brasse – 9 empans). Sur une face du jalon on trace 60 graduations que l'on divise ensuite en la plus petite unité possible. Sur une largeur de 8 cm environ (1 largeur de main) en haut et en bas du jalon on ne trace pas de graduation. La première graduation et la dernière sont marquées en rouge ou en noir de la grosseur d'un dirham afin d'être bien visibles de loin. On insère un curseur carré en bois sur le jalon de manière à ce qu'il coulisse. Sur le curseur on trace les mêmes repères en gros que sur le haut et le bas du jalon.

Ensuite, on prépare un cordon en soie ou en fibre de bois de 100 coudées (50 m) que l'on tord bien pour le rendre résistant, et on fait un anneau à chaque extrémité. On tend le cordon à l'horizontale afin de maintenir une distance fixe entre le niveau et le jalon. La longueur du cordon est décidée en fonction de la vue de l'arpenteur, de sorte que si la personne peut voir au-delà de 50 m il pourra être plus long.

Le niveau, le jalon et le cordon sont en fait utilisés comme suit.

Tout d'abord on pose le cordon et le jalon sur l'étau vertical du niveau. On tire le cordon en déplaçant le jalon. Si le niveau se trouve plus haut que le jalon on abaisse les extrémités du cordon au pied de l'étau vertical du niveau. Lorsque le cordon est horizontal on le retire du côté du jalon et on accroche une pierre à l'extrémité rendue libre ; on pose un jalon à l'endroit où la pierre tombe. Si le jalon est plus haut, au contraire à l'endroit où la pierre tombe on pose le niveau.

Voyons la figure 9 :

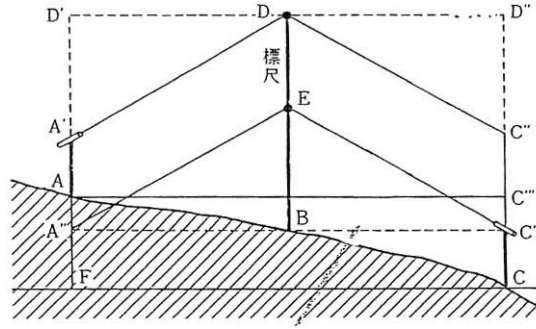
A partir du point A de position du niveau, on pointe le tube vers le jalon afin de voir le repère D marqué sur le haut du jalon.

Ensuite, on déplace le niveau du côté opposé du jalon sur une distance égale à la longueur du cordon seulement. On maintient l'angle du tube et on regarde à nouveau le jalon. Ensuite, on déplace le curseur du jalon pour voir le repère E du curseur.

On relève la graduation entre le repère D du jalon observé à partir de A et le repère E du curseur observé à partir de C. La différence DE est la hauteur spécifique AF des deux points A et C.

Karaji a démontré que l'on peut trouver la hauteur spécifique des deux points en combinant deux parallélogrammes (A'A"ED et DEC"C").

Figure 9



### Démonstration de Karaji

On tend EA'' à partir de E parallèlement à DA'

On tend DC'' à partir de D parallèlement à EC'

$A'A'' // DE // C''C'$

$DD' = DD''$

Les deux quadrilatères (A'A''ED et DEC''C'') sont coincidentes

$\angle A''EB = \angle BEC'$ ,  $A''E = EC'$

$EA''B = \angle BEC'$

$\angle EBA'' = \angle EBC' = 90^\circ$

$A''C' // FC$ ,  $AF = C''C'$

$A'A = C'C = A''F$

$AF = A'A = C''C' = DE$

Donc, DE est égal à la différence de niveau (AF)

### Procédé de réalisation des qanat (khattaras) (qanats)

#### (1) Fouille d'un puits de tête

Ainsi quand on a trouvé le terrain propice au creusement d'une qanat (khattara) par rapport à la topographie et à la végétation, on creuse un puits de tête.

Tout d'abord, on fait le relevé topographique du terrain entre la sortie prévu pour la qanat (khattara) (mazhal) et le lieu prévu pour le puits de tête (gomané) selon les méthodes décrites ci-dessus, pour trouver la hauteur relative (différence de niveau).

A Yazoud, il paraît que l'on n'utilise pas de jalon. On pose le bout du cordon sur la tête d'un arpenteur, et on le tire à l'horizontale pour mesurer la hauteur relative avec un niveau en verre (figure 6).

Ensuite on creuse le puits de tête que l'on prend comme point de départ de la qanat (khattara) dans la mesure où la profondeur de forage jusqu'à la surface de l'eau est inférieure à la hauteur relative relevée, c'est-à-dire si le terrain prévu pour la sortie est plus bas que la surface de l'eau. On creuse un drain entre le fond du puits d'essai et la surface de l'eau pour faire sortir l'eau au point d'irrigation prévu sur le champ.

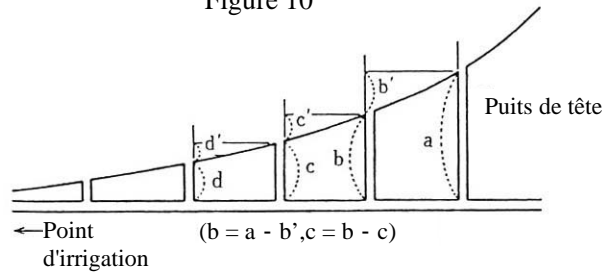
Il arrive que la sortie soit plus basse que le point d'irrigation lorsque le puits est creusé trop profond. Dans ce cas, on répète le forage du puits de tête jusqu'à ce que l'on trouve le bon endroit.

Il est bon d'entreprendre cette opération pendant la saison sèche (qui se situe en Iran entre la fin août et la fin octobre), de vider le puits de toute eau résiduelle et de vérifier si le volume d'eau accumulé est suffisant (il doit atteindre environ 2 m en une nuit).

#### (2) Creusement des qanats (khattaras)

Ensuite on creuse des puits entre le puits de tête et le point d'irrigation. Le fond du puits doit être à l'horizontale du fond du puits de tête. En d'autres termes, la profondeur du puits (b) est égale à la profondeur du puits de tête (a) moins la différence de niveau entre la surface du puits de tête et puits (b') (figure 10).

Figure 10



Définition de la profondeur des puits d'une qanat

Pour creuser le canal souterrain, on commence par la couche perméable qui ne retient pas l'eau et on creuse dans les deux sens à partir de deux puits à la fois. Il faut creuser le plus droit possible, en essayant de ne pas créer de dénivellation.

Pour vérifier si le canal est bien horizontal, on utilise un Té (figure 11). Une fois que l'on a creusé sur une longueur de 50 centimètres environ, on pose le té au fond du canal, et on vérifie si le fil à plomb du té recouvre le trait de l'équerre afin de vérifier si le canal est horizontal.

Karaji utilise une méthode très ingénieuse pour cela, qui consiste en un niveau doté d'un tube en laiton d'environ 30 cm et de la grosseur du petit doigt (figure 12).

Figure 11

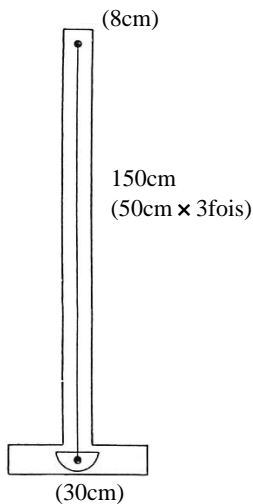
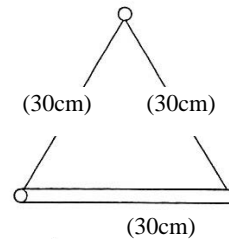


Figure 12



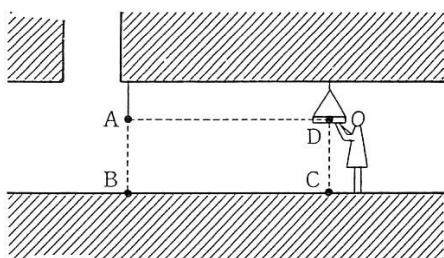
On pose une chaîne ou un fil de fer à chaque extrémité du tube et on l'accroche à un anneau de manière à ce que le tube en laiton soit horizontal. Pour vérifier l'horizontalité du tube on procède comme suit.

On plante un étançon à 15 coudées d'un mur (environ 7,5 m) et on y suspend le niveau. On observe le mur à partir du tube et on trace un repère sur le mur pour marquer le point observé. On retourne ensuite le niveau et on regarde à nouveau à travers le tube : si on voit le repère tracé sur le mur c'est que le niveau est horizontal.

Sur le plafond du point de départ du creusement on suspend un cordon auquel est accroché un marron ; après avoir creusé environ 75 cm on suspend le niveau au plafond de manière à ce qu'il soit à la même hauteur que le marron ( $AB = CD$ ) et on observe le marron à travers le niveau (figure 13). Si on voit le marron c'est que le canal est tracé droit (si on voit le marron ABCD est un rectangle et BC est horizontal). Ensuite on vérifie la direction comme indiqué sur la figure 14).

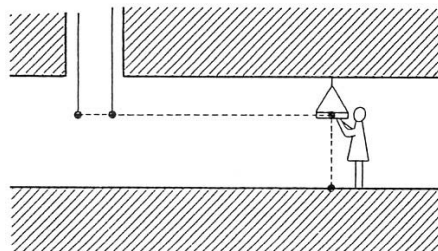


Figure 13



Méthode pour vérifier que le canal est horizontal

Figure 14



1e1 Méthode pour vérifier que le canal est droit

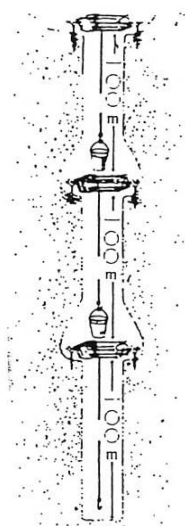
attache un cordon muni de deux poids (marrons). Quand on a creusé un certain volume on suspend le niveau au centre de la voûte du canal et on vérifie si les deux marrons se superposent sur une même ligne. En d'autres termes, pour que le canal soit correct il faut que le fil auquel sont pendus les marrons soit dans la bonne direction et que le niveau se trouve sur son prolongement. De plus, le niveau et le marron doivent être suspendus de manière à ce qu'ils soient au même niveau que le fond de la qanat (khattara)

A l'intérieur de l'aquifère, étant donné que l'on connaît la hauteur du fond du canal à partir de la surface de l'eau, il faut creuser en tenant compte uniquement de la direction afin de ne pas créer de fluctuations de niveau. On prendra une petite pente afin d'éviter l'érosion par l'eau courante. Le gradient ne doit pas dépasser 1/3000ème, c'est à dire une pente de 0,5 m tous les 6 km.

Cette méthode est celle transmise par Karaji, mais on peut aussi procéder comme suit.

A Gonaabad en Hora-saan la profondeur des puits de la qanat (khattara) peut atteindre 300 m, auquel cas on pose un treuil tous les 100 m pour monter les seaux de sable pleins à la surface. Trois hommes sont postés sur les treuils (figure 15).

Figure 15



Dans les puits profonds on installe un treuil tous les 100 m

En ce qui concerne le HARIM (distance de sécurité entre deux puits), quelques thèses de recherche mentionnent les réglementations du code civil, mais Karaji en donne des explications détaillées.

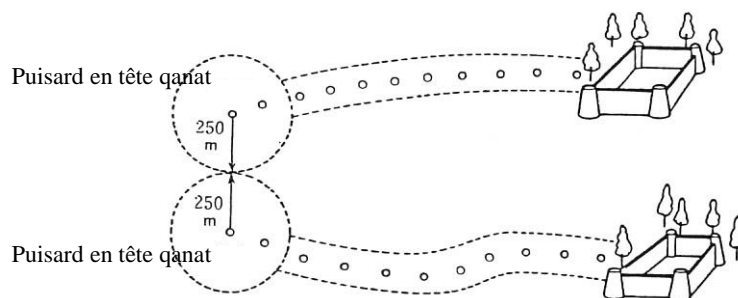
Dans le cas du HARIM, de même que pour d'autres questions, il existe des divergences de vues entre les théologues musulmans. Concernant le HARIM des puits, Abou Hanifa (699-767) de l'école Hanafi préconise un rayon de 20 m pour les puits destinés à l'eau des moutons, et un rayon de 30 m pour les puits destinés à l'eau du gros bétail et des chameaux et à l'irrigation. D'un autre côté, Hassan Bassouri (642-728,

théologue renommé de la dynastie Oumeya) ou encore Zoufourri (671-742) scientifique renommé de la tribu Kuraishe, préconisent un rayons de 20 m aussi pour les puits destinés au bétail. Certains juristes prétendent que le rayon du HARIM ne doit pas dépasser 30 m pour une longueur de corde du seau supérieure à 20 m.

Sur ce point, le code civil (du 8 mai 1928) définit le "HARIM d'un puits à 20 m pour l'eau potable et à 30 m pour l'eau des cultures (Article 137).

D'après Karaji, Abou Hanifa, Abou Youssouf (frère de Abou Hanifa, 731-798) ou Zoufourri fixent le HARIM des qanats (khattaras) à 500 coudées (environ 250 m). Chaque qanat (khattara) comportant un HARIM de 250 m il faut donc qu'une nouvelle qanat (khattara) soit à 500 m de distance de la précédente (figure 16).

Figure 16



HARIM d'une qanat (khattara)

Le rayon de HARIM diffère en fonction de la nature du sol. Le code civil le fixe à 500 m pour les sols mous et à 250 m pour les sols durs (article 138).

Karaji, sur cette question, indique que le HARIM doit être plus court pour les qanats (khattaras) construites sur les sols durs que pour celles construites sur des sols mous, et que plus le sol est dur plus le HARIM doit être court mais avec une longueur minimum de 40 coudées (environ 20 m).

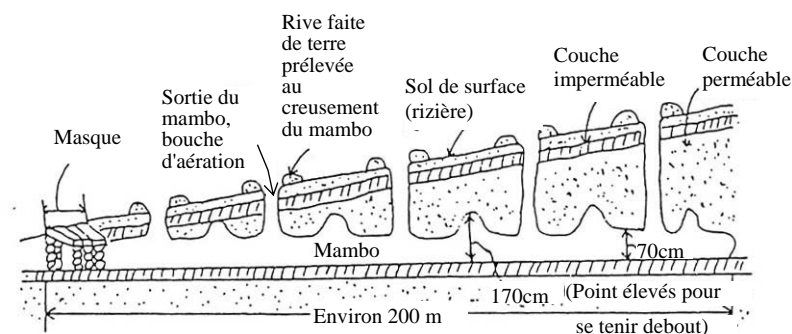
En outre, le code civil permet d'ajouter la longueur nécessaire à la distance définie si celle-ci ne suffit pas pour éviter les dommages (article 138).

Les qanat (khattara) sont protégées par le HARIM ; personne ne peut creuser ou construire sur la partie délimitée par les lignes pointillées

#### Les Qanats – Canaux souterrains en Iran

Masataka Osaki (1984)

Figure 17



Profil en long d'un MAMBO (tunnel d'irrigation japonais)

Figure 18 Un mambo japonais

