

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DU DEVELOPPEMENT RURAL
ET DES PECHEES MARITIMES
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
AU ROYAUME DU MAROC**

**MANUEL POUR LA REHABILITATION DES KHETTARAS
ET LES TRAVAUX DE MAINTENANCE**

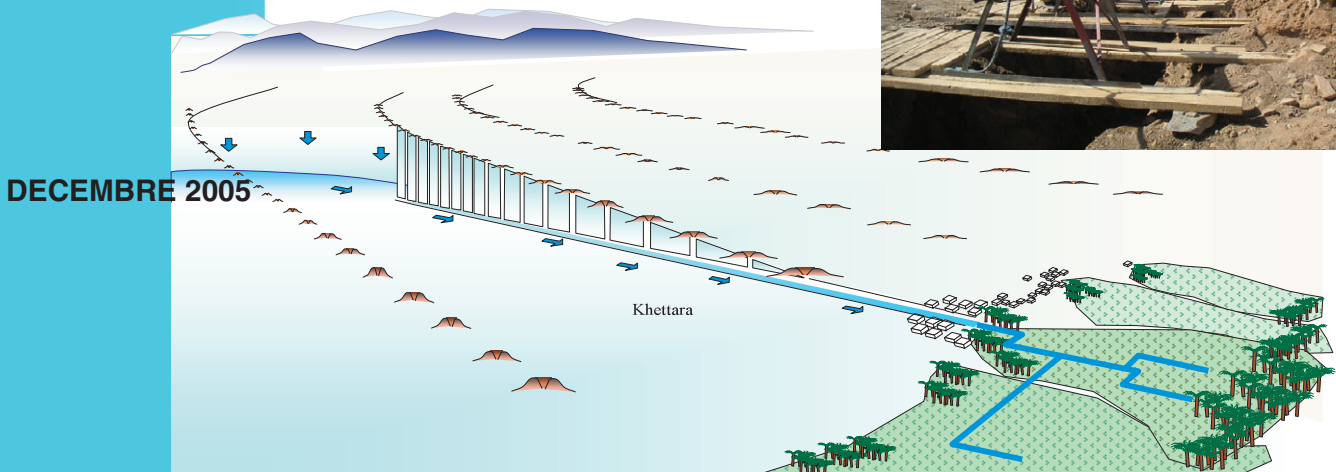


Table des Matières

	Page
1. Description Générale	
1.1 Objectifs du Manuel	1
1.2 Portée du Manuel	1
1.3 Considérations de Base au Cours des Investigations	1
1.4 Considérations de Base en Conception	1
1.5 Considérations de Base du Plan de Fourniture des Matériaux	2
1.6 Considérations de Base du Plan de Reconstruction des Structures Détériorées	2
1.7 Considérations de Base du Planning des Constructions	3
1.8 Considérations de Base pour la Maintenance	3
2. Investigations	
2.1 Plan des Investigations	4
2.1.1 Composantes Générales	4
2.1.2 Les Etapes des Investigations	4
2.2 Composantes Objet des Investigations	6
2.3 Investigations	7
2.3.1 Investigations et Levés Topographiques	7
2.3.2 Investigations Géologiques et du Sol	8
2.3.3 Investigations Météorologiques et Hydrologiques	8
2.3.4 Investigations des Conditions des Sites	8
3. Conception de Base	
3.1 Généralités	11
3.1.1 Concepts Généraux	11
3.1.2 Procédure Appliquée à la Conception	11
3.1.3 Débit et Niveau d'eau de Projet	13
3.1.4 Choix du Type de Canal	13
3.1.5 Sélection de la Structure du Canal de Type Ouvert	13
3.1.6 Choix de la Structure du Canal pour les Travaux en Tunnel	15
3.1.7 Les Informations dont il faut tenir Compte pour le Choix de l'itinéraire et de la Structure du Canal	16
3.2 Conception Hydraulique	16
3.2.1 Vitesse de l'Écoulement	16
3.2.2 Formule de l'Écoulement	20
3.3 Conception des Structures	23
3.3.1 Généralités	23
3.3.2 Charges	23
3.3.3 Béton Ordinaire et Béton Armé	25
3.4 Conception des Charges	29
3.5 Cas d'Étude	33
3.6 Conception Structurelle des Conduites (Conduites flexibles)	42
3.7 Pente du Lit de la Galerie	49

	Page
4. Plan de Fourniture des Matériaux	
4.1 Travaux en Béton	51
4.2 Granulats du Béton.....	52
4.3 Acier d'Armature	53
4.4 Autres Catégories de Conduite.....	55
5. Plan de Reconstruction des Structures Détériorées	
5.1 Généralités.....	56
5.2 Résultats des Investigations.....	56
5.3 Plan des Réhabilitation.....	57
6. Planning des Constructions	60
7. Maintenance des Khettaras	
7.1 Généralités.....	63
7.2 Réhabilitation des Khettaras.....	64
7.2.1 Etude Préliminaire	64
7.2.2 Etude Détaillée.....	68
7.2.3 Inspections et Maintenances Périodiques.....	74
8. Enregistrement Relatifs à la Réhabilitation des Khettaras	
8.1 Enregistrements Relatifs aux Réhabilitations	76
8.2 Analyse de l'Historique des Réhabilitations.....	76
9. Normes Appliquées à la Conception et Interprétations.....	86
10. Plan Standard.....	92

Tableaux

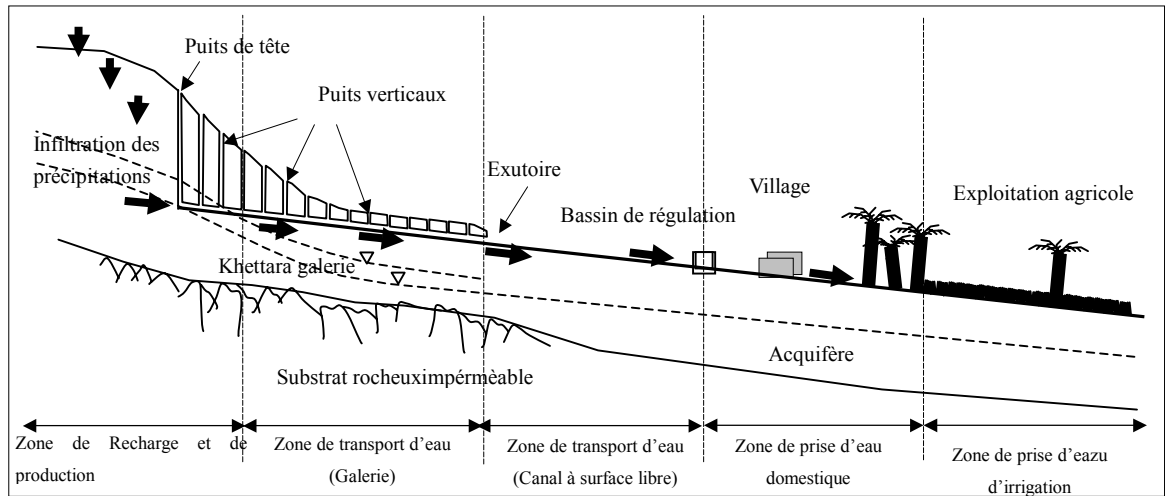
Tableau 2.2.1	Eléments de l'Eléments de l'Investigation de la Conception Sommaire	6
Tableau 2.2.2	Composantes de l'Etude pour les Conceptions et les Constructions	6
Tableau 2.2.3	Composantes des Investigations pour la Maintenance	6
Tableau 2.3.1	Les Cartes du Plan du Levé.....	8
Tableau 3.1.1	Type d'Ecoulement	13
Tableau 3.1.2	Sélection de la Structure des Canaux à Surface Libre.....	14
Tableau 3.1.3	Sélection de la Structure des Canaux pour les Travaux en Tunnel.....	15
Tableau 3.2.1	Taille des Grains	17
Tableau 3.2.2	Calcul de la Force de Traction	18
Tableau 3.2.3	Vitesse Admissible Maximum.....	20
Tableau 3.2.4	Coefficient de Rugosité.....	21
Tableau 3.2.5	Coefficient de Vitesse (C).....	21
Tableau 3.3.1	Sélection des Charges	23
Tableau 3.3.2	Poids Unitaire des Matériaux.....	23

	Page
Tableau 3.3.3	Conditions des Charges..... 24
Tableau 3.3.4	Constantes du Sols 24
Tableau 3.3.5	Contrainte Admissible du Béton Ordinaire 25
Tableau 3.3.6	Contrainte Admissible du Béton Armé..... 25
Tableau 3.3.7	Classification du Béton 25
Tableau 3.3.8	Contrainte admissible des Barres d'Acier 25
Tableau 3.6.1	Formule Applicable pour les Calculs Relatifs aux Conduites 42
Tableau 3.6.2	Moment sous Diverses Conditions de Charge..... 44
Tableau 3.6.3	Angles de Support Retenus pour la Conception..... 45
	du Sol Compacté des Fondations (unit : °)
Tableau 3.7.1	Reprofilage de la Galerie 49
Tableau 3.7.2	Calcul des Pertes ce Charge Hydrauliques..... 50
Tableau 4.1.1	Proportion de la Gâchée Standard..... 51
Tableau 4.1.2	Essais sur Site de Contrôle de Qualité du Béton 52
Tableau 4.2.1	Classifications des Granulats Grossiers 53
Tableau 4.2.2	Granulométrie des Granulats Fins..... 53
Tableau 4.3.1	Caractéristiques du Fe E 40 54
Tableau 4.3.2	Longueurs des Recouvrements..... 54
Tableau 4.3.3	Couverture des Ronds 55
Tableau 4.4.1	Caractéristiques des Conduites en Béton Armé..... 55
Tableau 4.4.2	Caractéristiques des Demi Buses en Béton Armé 56
Tableau 7.2.1	Composantes de l'Etude Préliminaire 64
Tableau 7.2.2	Questionnaire pour les Khetaras 65
Tableau 7.2.3	Fiche Résumé de l'Etude Préliminaire..... 67
Tableau 7.2.4	Composantes et Méthodes de l'Etude Détaillée..... 68
Tableau 7.2.5	Evaluation Standard (Par unité d'étude) 69
Tableau 7.2.6	Fiche d'Inspection du Béton (Etude détaillée)..... 70
Tableau 7.2.7	Fiche d'Inspection de la Maçonnerie (Etude détaillée)..... 71
Tableau 7.2.8	Imprimé d'Inspection du Tronçon en Terre (Etude détaillée) 72
Tableau 7.2.9	Fiche Résumé de l'Etude Détaillée 73
Tableau 7.2.10	Imprimé des Enregistrements de l'Inspection Périodique 75
	et les Travaux de Maintenance
Tableau 8.2.1	Rehabilitation Rate by Zone..... 77
Tableau 8.2.2	Enregistrements des réhabilitations des khetaras (191 Khetaras) 76

Figures

Figure 2.1.1	Aperçu des Etapes des Investigations 5
Figure 2.3.1	Situations des Images Satellite..... 9
Figure 2.3.2	Location of Aerial Photographs 10
Figure 3.1.1	Flux de la Conception Globale..... 12
Figure 3.6.1	Situations variables des conduites..... 43
Figure 7.1.1	Flux de l'Inspection et des Travaux de Réhabilitation 63

Diagramme Schématisé de la Khattara



Définitions

Termes	Description
Puits de tête	Le puits qui capte l'eau souterraine situé à l'extrémité amont de la khettara
Puits vertical	Le puits qui permet de retirer les déblais, d'aérer et d'avoir accès à la galerie pour l'entretien.
Galerie de Khettara	Tronçon du tunnel d'une khettara, qui transporte l'eau de la zone de captage vers la surface
Exutoire	L'extrémité aval du tunnel de la galerie
Bassin de régulation	Bassin de stockage de l'eau qui permet de contrôler l'alimentation en eau de la zone desservie. Il est construit en béton et est situé, en générale, immédiatement en aval de la khettara.
Zone de recharge et de production d'eau	Zone située en amont de la khettara là où les précipitations ou les écoulements de surface s'infiltrent dans l'aquifère.
Zone adductrice (Galerie)	Tronçon de la galerie (ou du tunnel) qui amène l'eau vers l'aval et où on peut constater l'existence d'infiltrations.
Zone de transport d'eau (canal à surface libre)	Tronçon du canal à ciel ouvert transportant l'eau vers l'aval.
Zone de prise d'eau domestique	Située immédiatement en amont du bassin de régulation là où les habitants prélèvent l'eau potable, l'eau domestique et l'eau d'abreuvement du bétail.
Zone de prise d'eau d'irrigation	Située en aval du bassin de régulation;
Acquifère	Les aquifères sont des formations rocheuses ou sédimentaires permettant le stockage des eaux souterraines et sont caractérisés par une forte porosité et une forte perméabilité.
Bassin de décantation	Bassin d'accumulation des matériaux en suspension dans l'eau tels que le sable et installé dans la galerie de la khettara.
Creusement	Surcreusement du lit de la galerie pour atteindre le niveau inférieur au niveau des eaux souterraines afin d'augmenter le débit de la khettara.

Termes	Description
Canal à surface libre	Canal dont le plan d'eau est à ciel ouvert
Galerie	Voie d'eau dans un canal couvert
Canal d'amenée	Structure compose d'un radier et de parois
Conduite en PVC	Conduite en Chlorure de Polyvinyle
Conduite en PRF	Conduite en plastique renforcé de fibres
Gradient hydraulique	Diminution de la charge hydraulique par unité de distance dans le sens de l'écoulement.
Fuite, infiltration	Perte d'eau incontrôlée dans un ouvrage hydraulique artificiel due à la pression hydrostatique.
Année climatique	Une période de temps de douze mois continue qui détermine un cycle climatique annuel
Oued	Un ravin ou une vallée sans aucun écoulement sauf en saison humide

1. Description Générale

1.1 Objectifs du Manuel

Ce manuel définit les normes techniques générales et fondamentales du planning, de la conception standard, de la construction ou de la réhabilitation, ainsi que de la maintenance des khattaras dans la région du Tafilalet au Sud-Est du Maroc. En conséquence, la conception et la construction de khattaras individuelles dans des conditions variables, exigent l'application de critères techniques et économiques conformes aux principes annoncés dans ce manuel, et en considération des conditions réelles des sites telles que les condition topographiques, hydro-géologiques, etc.

1.2 Portée du Manuel

Ce manuel est appliqué au planning, à la conception et à la construction des khattaras selon les règles spécifiées ci-dessous:

- 1) Les Investigations
- 2) La Conception
- 3) La Construction
- 4) La Maintenance

1.3 Considérations de Base au Cours des Investigations

Les investigations sont sensées apporter les données et informations de base permettant la détermination de l'alignement des khattaras, la sélection du type de réhabilitation telle que la construction de galeries en béton, des canaux d'amenée en béton ou l'installation de conduites, les méthodes de construction et les activités de maintenance, le tout du point de vue technique, économique et social. Elles sont donc systématiquement menées et contrôlées au départ par des ingénieurs expérimentés ayant de solides connaissances en construction, construction, fonctionnement et maintenance.

1.4 Considérations de Base en Conception

La conception du plan de réhabilitation des khattaras sera établie en tenant compte de la finalité de la réhabilitation, l'efficacité de la distribution du budget, la minimisation des coûts de construction aussi bien que les coûts de fonctionnement et de maintenance.

La conception de la section de khattara à réhabiliter nécessite la collecte de données précises, activité qui sera déployée tel qu'il suit :

- (1) Informations nécessaire à la conception
 - a) Débit

Les données du débit (y compris les fluctuations saisonnières), l'utilisation des eaux (usage domestique, etc.)

b) Etat actuel de la zone de couverture de la khattara

Etendu de la zone de couverture de la khattara, la topographie, la géologie, le climat, l'hydrologie, l'occupation des terres, la gestion des parcelles agricoles (distribution de l'eau, l'assolement, etc.)

c) Etat actuel des itinéraires des khattaras

La topographie, la géologie, l'occupation des terres et autres droits tout au long des itinéraires des khattaras, l'emplacement des aquifères, l'état du drainage, etc.

d) Mise en Service et Maintenance

Le coût des activités d'organisation (les associations des usagers des khattaras, etc.) et de la maintenance après l'achèvement des travaux de réhabilitation.

(2) Considérations de base en conception des khattaras

L'étude de conception des khattaras serait faite dans la perspective qu'elle puisse remplir sa fonction en minimisant les fuites d'eau et les travaux laborieux de maintenance ainsi que l'utilisation efficace du budget affecté aux travaux de réhabilitation des khattaras. A cet égard, il serait conforme aux normes de la conception de parvenir 1) au choix approprié de la section type de la galerie afin de maximiser les avantages du projet, e) à l'extension en longueur des réhabilitations¹, 3) au coût du cycle de vie 4) à la facilité dans l'exécution des activités de maintenance, etc.

1.5 Considérations de Base du Plan de Fourniture des Matériaux

La granulométrie est le facteur le plus important à l'obtention d'un béton de bonne qualité, surtout pour la résistance à la compression. Les granulats grossiers proviennent des stations de concassage alors que les granulats fins sont produits par tamisage dans la plupart des cas. La standardisation des granulats est expliquée dans ce manuel. En plus, les conduites (conduites en PVC, béton préfabriqué) sont aussi introduites dans le cadre de ce manuel.

1.6 Considérations de Base du Plan de Reconstruction des Structures Détériorées

Les fonctions de la khattara sont 1) la fonction structurelle, 2) la fonction hydraulique, 3) l'utilisation de l'eau, etc. La détérioration est classée en détérioration physique provoquée par l'usure dans le temps et en détérioration économique, par exemple l'augmentation du coût de l'entretien due à l'effondrement des parois de la galerie. Il est nécessaire d'examiner les causes de la détérioration quant il s'agit d'entreprendre des travaux de réhabilitation. La détérioration en rapport avec les conditions structurelles et hydrauliques est étudiée et des contre-mesures en sont proposées dans ce manuel.

¹ Le rapport du plan directeur indique que 30 % de la longueur totale de chaque khattara sera réhabilitée en tenant compte de l'analyse du coût/bénéfice. A cet égard, la réhabilitation sera réalisée là où les avantages à escompter sont les plus élevés.

1.7 Considérations de Base du Planning des Constructions

Afin de réaliser des travaux de réhabilitation de khattara selon les règles de l'art, il est primordial de superviser de très près les travaux de conception et de construction. Les points suivants ont été traités lors des travaux de réhabilitation.

- 1) Les terrassements (à ciel ouvert et en tunnel)
- 2) Les travaux d'assèchement
- 3) L'équipement de construction
- 4) Le béton préfabriqué

Le manuel précise les activités nécessaires à la réalisation des travaux de supervision.

1.8 Considérations de Base pour la Maintenance

Il est évident que l'endommagement de la galerie et l'effondrement spontané de ses parois réduit l'écoulement de la khattara. Ce manuel propose de procéder à des inspections et à la maintenance périodiques pour contrecarrer ces effets.

2. Investigations

2.1 Plan des Investigations

2.1.1 Composantes Générales

Un plan d'investigation approprié quant à l'étendue des investigations, les méthodes, la précision et d'autres conditions encore, sera établi afin de procéder à la collecte des données nécessaires aux travaux de réhabilitation de khetaras.

Les investigations relatives à la réhabilitation des khetaras peuvent inclure celles nécessaires 1) au planning 2) à la conception, 3) aux constructions et 4) au fonctionnement et à la maintenance. En outre, les méthodes d'investigation peuvent inclure 1) la collecte de données, 2) les travaux de reconnaissance, 3) les investigations sur le terrain 4) les levés topographiques, 5) les essais sur le terrain et de laboratoire 6) les essais de construction pendant et après les travaux.

Les investigations sont réparties, dans le cadre de ce manuel, en quatre étapes: 1) la conception sommaire, 2) la conception de base 3) la conception détaillée et 4) les investigations complémentaires pendant et après les travaux de construction.

2.1.2 Les Etapes des Investigations

(1) L'investigation pour la conception sommaire

La finalité des investigations est de faire une large évaluation des données météorologiques, hydrologiques, topographiques ainsi que de l'état des sites, mais aussi des visites de reconnaissance des sites et autres études nécessaires à l'établissement d'un plan de base. Généralement, plusieurs alternatives en matière de section de réhabilitation, d'alignement sont proposées pendant l'étape de l'étude de la conception sommaire.

(2) L'investigation pour la conception de base

Les investigations fournissent les données de base utilisées pour déterminer la section adoptée pour la réhabilitation, la des réhabilitations, le plan des travaux provisoires, c'est-à-dire le plan des travaux de drainage et de l'assèchement, ainsi que les estimations des coûts de réhabilitation. Les investigations consistent en la collecte des données, les levés topographiques, les estimations des coûts, etc.

(3) L'investigation pour la conception détaillée

Ces investigations permettent d'obtenir les données nécessaires à l'élaboration de la conception détaillée. Des essais de terrain supplémentaires, tels que les essais de forage, des essais du sol et des levés topographiques supplémentaires seront fait selon si requis. En outre, les données nécessaires au planning des constructions, y compris le programme et le planning provisoire, sont collectées.

(4) L'investigation complémentaire

Elle permet l'obtention de données complémentaires pendant les constructions. Un aperçu des étapes des investigations est donné dans la Figure 2.1.1.

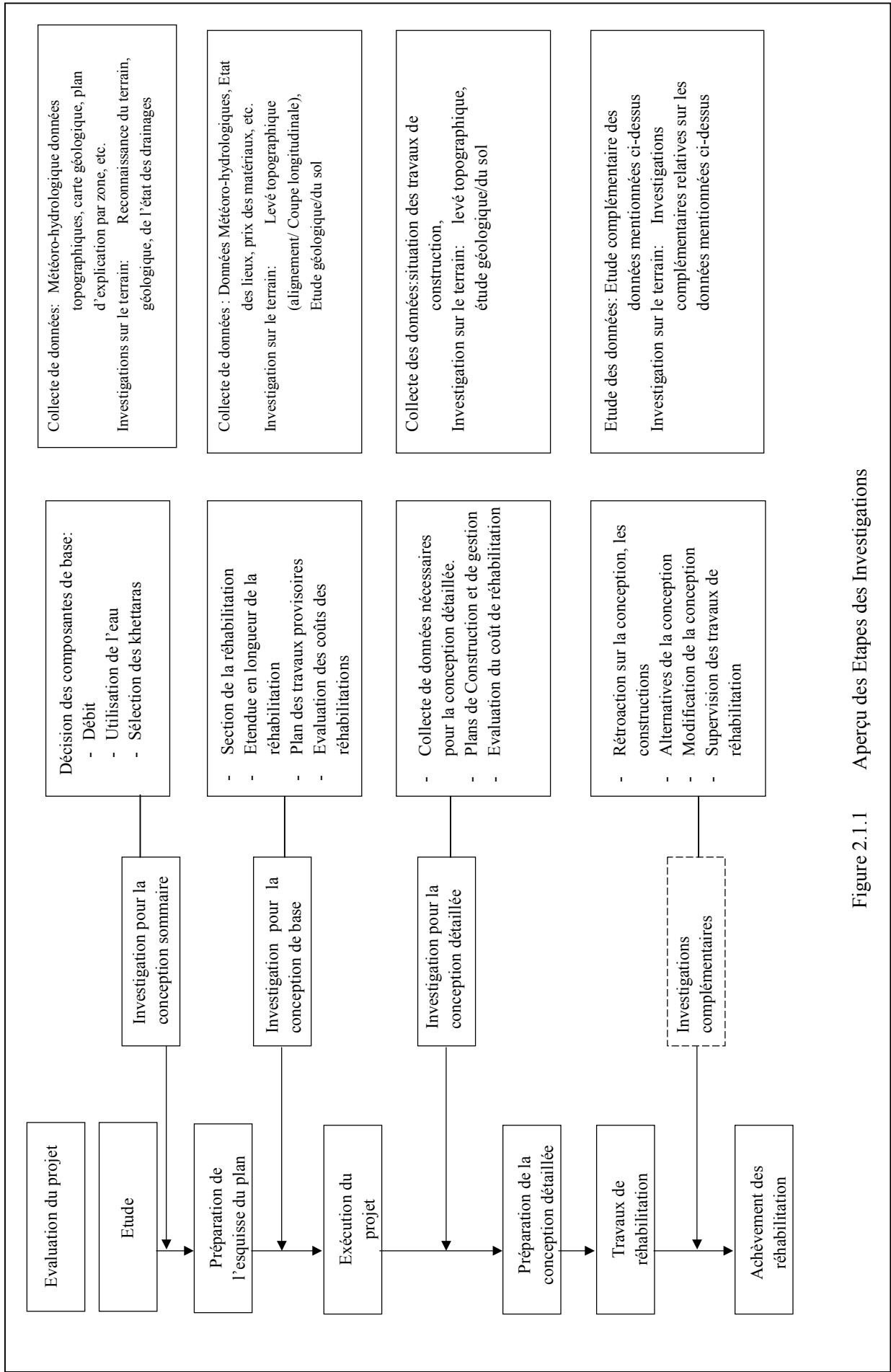


Figure 2.1.1 Aperçu des Etapes des Investigations

2.2 Composantes Objet des Investigations

Les composantes objet des investigations seront convenablement définies pour répondre aux finalités de la réhabilitation, les exigences locales ainsi qu'à d'autres facteurs permettant d'achever rationnellement et efficacement les investigations.

Les composantes dont l'étude est nécessaire à la réhabilitation des khetaras sont reprises dans les listes des Tableaux 2.1.1 à 2.2.3 correspondant à chaque stade de réalisation.

Table 2.2.1 Eléments de l'Eléments de l'Investigation de la Conception Sommaire

	Composantes de l'Etude	Remarques
1.	Zone du projet	Nom du ksar: Nom de la commune rurale
2.	Situation actuelle des Khetaras	Débit, longueur totale de la khetara, informations sur la réhabilitation (matériaux, date d'achèvement, etc.), section de la galerie, information sur la structure, utilisation de l'eau, occupation des terres, installations hydrologiques existantes (canaux, conduites, etc.)
3.	Informations sociales	Population, association des usagers des eaux, organisations d'agriculteurs
4.	Informations agricoles	Superficie des exploitations agricoles, superficie irrigable area, assolement, droits d'eau, autres ressources d'irrigation (irrigation par épandage des crues, stations de pompage, etc.)
5.	Conditions naturelles	Etat des rivières (drainage, crues)
6.	Plan de développement local	Rapport avec d'autres projets, plan de développement des ressources hydriques

Tableau 2.2.2 Composantes de l'Etude pour la Conception et les Constructions

	Composantes de l'étude	Remarques
1.	Topographie	Etude topographique
2.	Conditions géologiques	(y compris les propriétés du sol)
3.	Météorologie, hydrologie	Température, précipitation, khetara débit, état des rivières (drainage, crues),
4.	Etat des sites	Conditions sociales, état des constructions, situation environnementale, état des routes.

Tableau 2.2.3 Composantes des Investigations pour la Maintenance

	Composantes de l'Etude	Remarques
1.	Conditions locales	Activités des associations des usagers des eaux agricoles
2.	Système de distribution des eaux	Droits des eaux, Activités des associations des usagers des eaux agricoles
3.	Autres	Investigation alternative , investigations environnementales

2.3 Investigations

2.3.1 Investigations et Levés Topographiques

Investigations et Levés Topographiques comprend la préparation des cartes topographiques des itinéraires des khattaras proposées.

(1) Carte SIG

Les cartes SIG (images satellite) ayant une résolution de of 2.5 m pixels et 5.0 m pixels sont disponibles pour la préparation des cartes topographiques.

(2) Levé de l'itinéraire

Le levé d'itinéraire est réalisé sur la base de cartes et photographies aériennes ainsi que sur les images satellites. Le levé sur le terrain est le levé de fait visant l'obtention les données requises pour les travaux de la conception sommaire et la conception détaillée. Les photos aériennes de la zone et les images satellites sont disponibles tel que le montres les Figures 2.3.1 et 2.3.1

(3) Levé de la ligne centrale

Ce levé permet la localisation de la ligne centrale de la khattara in situ. Les piquets de la ligne centrale sont implantés à partir du point de départ et à intervalles déterminés et précis. Des piquets complémentaires tel que ceux des points d'intersection (PI) sont implantés selon les besoins.

(4) Levé longitudinal

Le levé longitudinal nous donne la côte des piquets, du sol et du lit de la galerie afin de pouvoir restituer le profil longitudinal de la ligne centrale de la galerie de la khattara. Les bornes utilisées comme référence sont placées tout au long des itinéraires.

(5) Levé du profil en travers

Les profils en travers sont établis aux positions des piquets centraux, On y surajoute les sections des terrassements et les remblayages. Ces profils sont appliqués lors de la conception de la réhabilitation de la khattara.

(6) Plan du levé topographique

Un plan du levé est réalisé en vue, le cas échéant, d'une indemnisation pour expropriation

Tableau 2.3.1 Les Cartes du Plan du Levé

Carte du levé	Méthode du levé	Etendue du levé	Echelle	Intervalle entre les stations du levé	Nécessité
Carte topographique	Images aériennes/satellites	Sur tout l'itinéraire	1/5,000 -1/2,500	---	△
Carte plane Carte /Profil Carte /Section	Levé de l'itinéraire Levé de la ligne centrale Profil longitudinal et transversal	D'un coté de l'itinéraire Approx. 30-100m	1/1,000-1/200 1/500-1/100 1/200-1/100	Approx. 50-100m	○ ○ △
Carte Cadastrale	---	---	---	---	△

○: obligatoire □: optionnel

2.3.2 Investigations Géologiques et du Sol

Les investigations du sol et les investigations géologiques, y compris la collecte des données, sont faites tout au long de la galerie de la khattara proposée afin de faire l'étude des propriétés physiques du sol, celle du niveau de la nappe et autres facteurs.

2.3.3 Investigations Météorologiques et Hydrologiques

Les points objets de l'étude en matière de météorologie et d'hydrologie sont la température, les précipitations, le débit des khattaras, le niveau de la nappe et les informations relatives aux crues au cas où la khattara longe ou est proche d'une rivière ou un fossé drainant. Le débit et le niveau d'eau sont des données indispensables pour le planning des constructions, spécialement en matière de drainage et d'assèchement. On recourt aux enquêtes et autres moyens pour obtenir les données existantes telles que celles relatives aux crues.

2.3.4 Investigations des Conditions des Sites

La réhabilitation des khattaras requiert la connaissance des conditions sociales, économiques et environnementales de la zone concernée. Ces conditions doivent faire l'objet d'investigations :

- (1) Investigations sur les conditions sociales
 - (a) Occupation des terres, systèmes d'irrigation et de drainage
 - (b) Réseau des rivières et droits d'eau
 - (c) Conditions des constructions

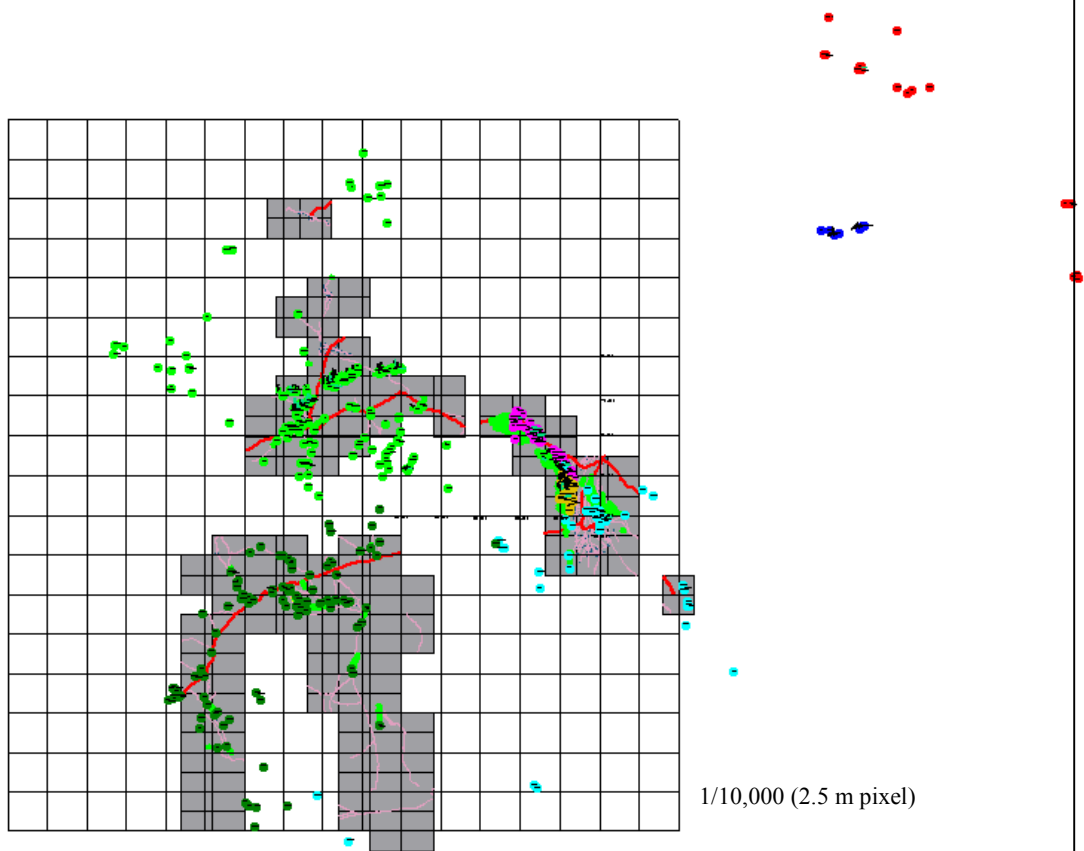
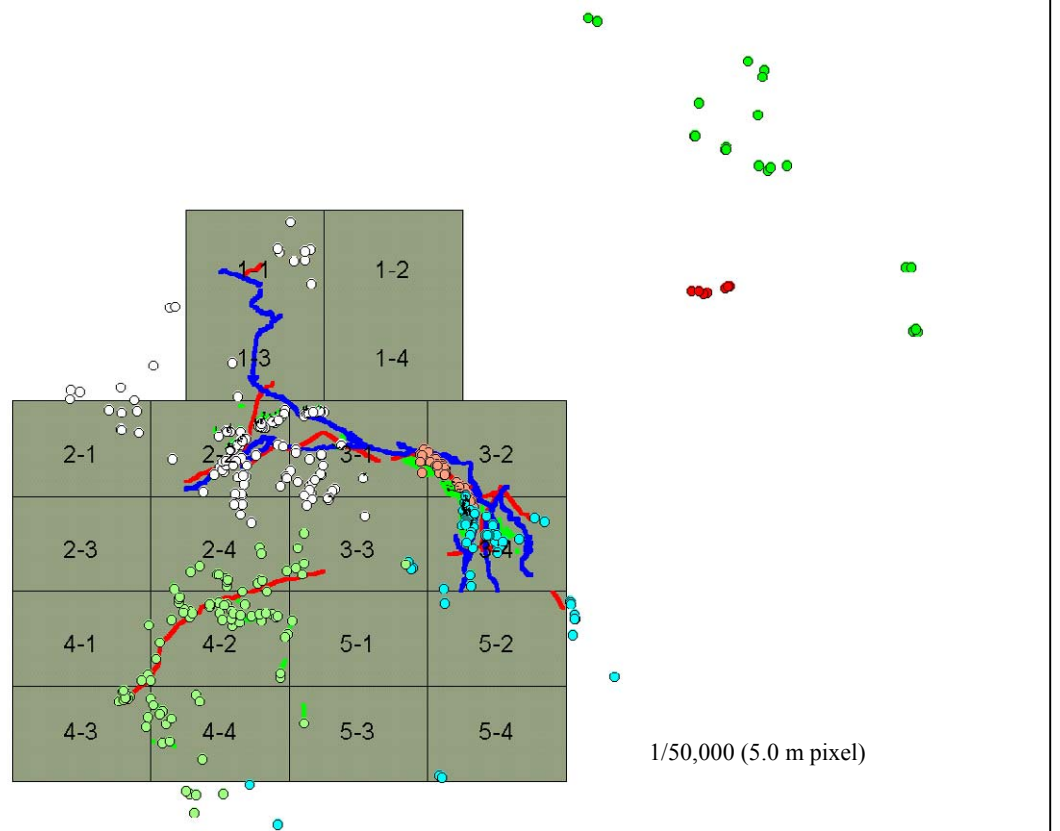


Figure 2.3.1 Situations des Images Satellite

3. Conception de Base

3.1 Généralités

3.1.1 Concepts Généraux

Les travaux de réhabilitation de khattaras seront proposés en tenant compte de l'aspect économique et sécuritaire, de la gestion indiquée des ressources en eau, de la réduction des travaux laborieux de maintenance, etc.

3.1.2 Procédure Appliquée à la Conception

Les procédures de conception globale sont montrées dans la Figure. 3.1.1

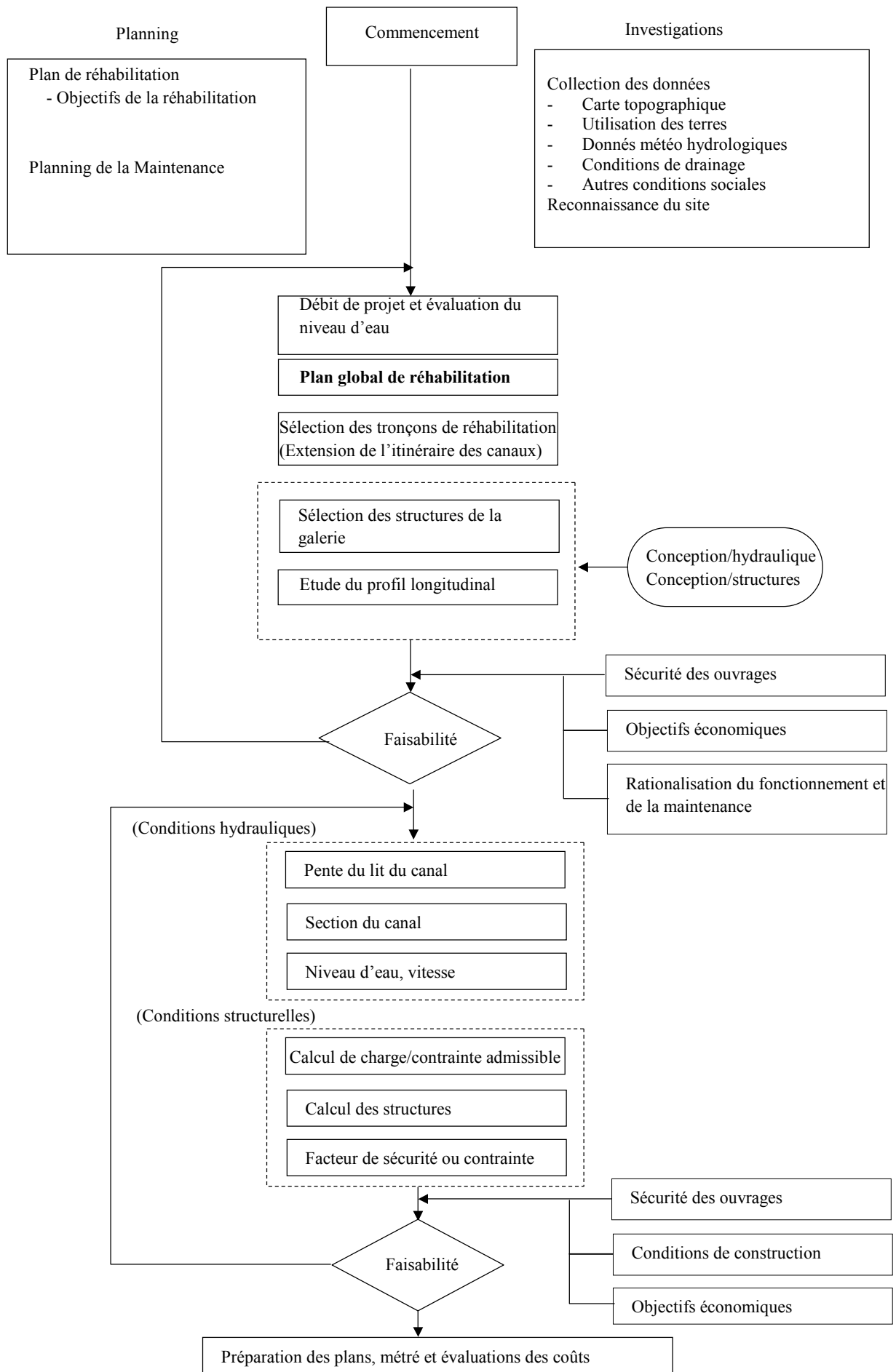


Figure 3.1.1 Flux de la Conception Globale

3.1.3 Débit et Niveau d'eau de Projet

(1) Débit de projet

Le débit de la khattara varie avec 1) les variations pluviométriques saisonnières, 2) les sécheresses consécutives, 3) la fréquence des crues, en outre, les conditions hydrauliques du tronçon de captage de la khattara, c'est-à-dire, la côte du radier, l'extension de la galerie et l'influence de l'excès de pompage autour de la khattara. En tenant compte de ces facteurs, le débit de projet devrait convenablement déterminé pour pouvoir correctement dimensionner le canal, la pente du radier tout en ayant en vue l'aspect économique.

(2) Niveau d'eau de projet

Le niveau d'eau de projet est une valeur importante pour la détermination des dimensions de la section du canal et le fonctionnement des installations. Tel que le montre diagramme de la page d'ouverture, il existe des bassins de régulation à l'aval de presque tous les exutoires des khattaras servant au stockage de l'eau d'irrigation. Au cas où la galerie a une pente douce, l'eau du bassin de régulation reflue dans le canal de la galerie. Le niveau d'eau de projet est déterminé en considération de ce reflue du point de vue de la maintenance et de la mise ne œuvre.

3.1.4 Choix du Type de Canal

Le choix du type de canal a un impact certain sur le coût de réhabilitation de la khattara. Il est donc nécessaire de considérer le coût de la réhabilitation ainsi que le coût de la maintenance lors du choix. Les moyens d'adduction sont classifiés en deux types, c'est-à-dire les canaux à surface libre (gravitaire) et les conduites (écoulement sous pression). Les premiers se présentent sous forme de canaux d'amenée et de galeries et les seconds sont, généralement, des conduites, etc. L'écoulement à surface libre est en général choisi pour pouvoir faciliter curer le canal. Les caractéristiques de chaque type sont données ci-après. Le choix du type d'adduction approprié passe par des considérations de maintenance des fonctions de tout le système.

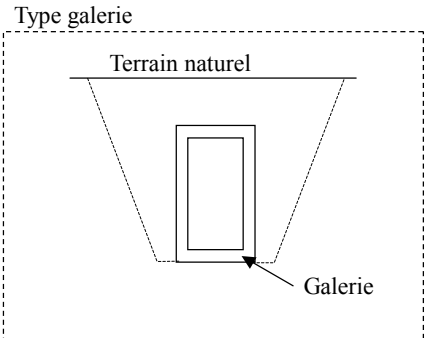
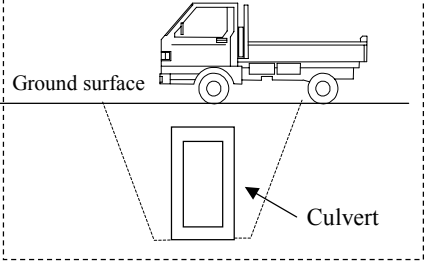
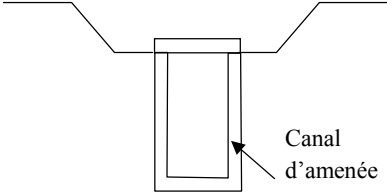
Tableau 3.1.1 Type d'Écoulement

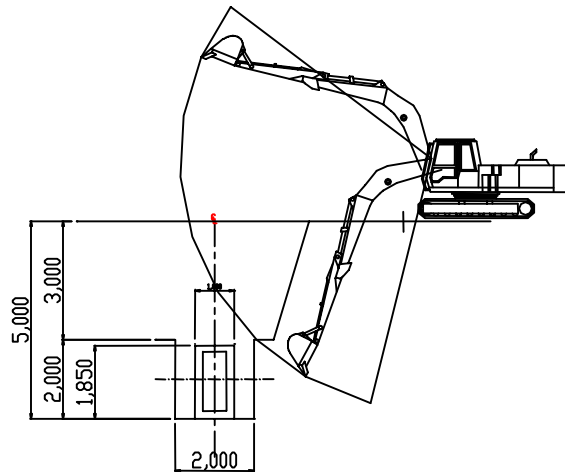
Type de canal	Description générale
Canal ouvert	- Le type de canal ouvert a généralement une capacité supérieure de flux que les conduites
Conduite	- Le coût des conduits est généralement faible. - Les dépôts à l'intérieur des conduites réduit leur capacité de transport de l'eau. Un bassin de décantation est dont requis pour éviter la présence de matériaux flottants.

3.1.5 Sélection de la Structure du Canal de Type Ouvert

Du point de vue de la structure, les canaux prennent deux formes, le type ouvert et le type en galerie. Quant à leur emplacement ils peuvent être construit en surface ou bien dans le sous sol (tunnel)

Tableau 3.1.2 Sélection de la Structure des Canaux à Surface Libre

No.	Description	Figure
1.	<p>La section de type galerie est proposée pour obtenir une structure solide pouvant résister à de fortes pressions des matériaux du sol, surtout dans le cas du type construit après terrassement à ciel ouvert.</p> <p>Lorsque la galerie est située très en profondeur par rapport au terrain naturel, le coût des terrassements s'avère être très élevé.</p> <p>Les travaux de réhabilitation avec galerie ont été appliqués là où les terrassements ont été entrepris sur des considérations économiques et des règles de l'art.</p>	
2.	<p>Conformément à la description donnée ci-dessus, le type de construction en galerie constitue une solide structure apte à supporter les lourdes charges.</p>	
3.	<p>De petites charges et un espace d'implantation étroit sont les conditions propices à la construction des conduits de type canal d'amenée.</p> <p>Les dalles en béton sont efficaces contre les dépôts des matériaux dans le canal.</p> <p>Ce type de conduit est proposé là où le haut du canal est à moins d'un mètre de la surface du terrain naturel.</p>	



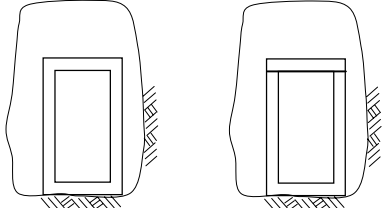
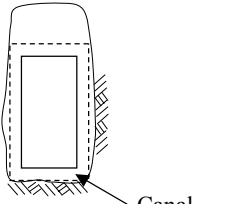
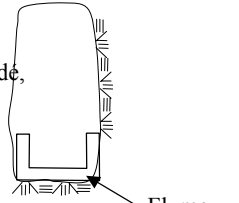
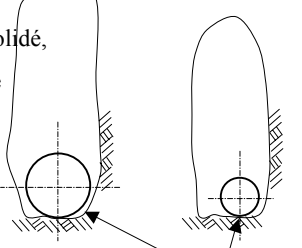
3.1.6 Choix de la Structure du Canal pour les Travaux en Tunnel

Au cas où la galerie est à 5 m de profondeur, la construction de la galerie est faite dans le tunnel (travaux en tunnel). ON opte pour les constructions des galeries couvertes (ou bien des canaux d'amenée couverts) pour éviter les dépôts des matériaux dans le canal lors des constructions de tronçons dont les parois sont meubles. Par ailleurs, on construit des canaux d'amenée lorsque les parois de la galerie sont rocheuses.

Il est nécessaire d'installer de drainer par pompage et par assèchement au moyen de conduits posées dans le tunnel pour maintenir la capacité d'irrigation en aval, autrement il faudrait envisager le déplacement de la galerie existante est propose.

Plusieurs sections sont proposées selon ce qui suit:

Tableau 3.1.3 Sélection de la Structure des Canaux pour les Travaux en Tunnel

No.	Description	Figure
1.	<p>Le type de construction en galerie est applicable aux tunnels existants. Les structures en canal d'amenée ne nécessitent pas beaucoup d'acier d'armature en raison des charges du sol plutôt faibles. En cas de charges importantes, le type de galerie fermée est sélectionné.</p> <p>Les dalles en béton sont efficaces pour éviter que les matériaux ne tombent dans le canal.</p> <p>De l'espace libre au dessus de la galerie est requis par les tâches de retrait des coffrages, des barres en acier, pour la mise en place des dalles en béton, etc. L'alignement tortueux de la khattara existante rend les travaux laborieux.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Type en galerie</u></p>  <p style="text-align: center;">Structure fermée Structure en canal d'amenée couvert</p>
2.	<p>Afin de minimiser le volume des terrassements, un mur est érigé là où les parois sont relativement dures. Il est nécessaire de prévenir les effondrements causés par l'alternance de l'humidité et de la sécheresse.</p>	 <p style="text-align: center;">Sable, gravier</p> <p style="text-align: right;">Canal</p>
3.	<p>Un canal d'amenée est construit pour pallier aux fuites d'eau au niveau de la fondation de la galerie.</p>	 <p style="text-align: center;">Gravier consolidé, Roche altérée</p> <p style="text-align: right;">Flume</p>
4.	<p>Les conduits en PVC réduisent le coût des réhabilitations. Etant donné que 6 m est la longueur standard de ces conduites, les travaux des tronçons rectilignes des galeries seront moins couteux, cependant, les tronçons tortueux rendent les coûts plus élevés, notamment à cause des terrassements et l'installation des joints.</p> <p>Plusieurs ouvertures sont nécessaires au curage des conduites.</p>	 <p style="text-align: center;">Gravier consolidé, Roche altérée</p> <p style="text-align: right;">PVC pipe</p>

3.1.7 Les Informations dont il faut tenir Compte pour le Choix de l'itinéraire et de la Structure du Canal

Les données suivantes sont prises en considération lors du choix de l'itinéraire:

- 1) Rayon minimum de la courbure du canal
- 2) Limites de la pente du canal
- 3) Couverture minimum du sol

(1) Rayon minimum de la courbure du canal

Au cas où l'on envisage l'utilisation de coffrages métalliques pour les canaux à surface libre, on recommande des rayons de courbure minimum (centre du canal) de plus de 30 m. Néanmoins, cette règle n'est pas observée si les conditions topographiques ou autres la rendent inapplicable.

(2) Pente longitudinale

Un canal à surface libre doit être conçu de manière à permettre une bonne stabilité hydraulique. Une vitesse trop faible ne conviendrait pas puisque cela peut entraîner des dépôts de matériaux dans le canal ou y favoriser l'apparition de la végétation.

(3) Couverture minimum du sol

Les épaisseurs minimales de la couverture du sol sont les suivantes:

- 1) Terre agricole : plus de 0.6 m de profondeur
- 2) Route : plus de 1.2 m de profondeur (à déterminer par concertation avec la Direction des Routes)
- 3) Rivière : plus de 2.0 m de profondeur (à déterminer par concertation avec l'Administration compétente)

Au cas où les couvertures minimales spécifiées ci-dessus sont réduites ou bien pas de matériaux de remblai sont fournis, les charges spécifiques, telles que les charges mobiles, pouvant avoir une certaine action sur les structures devraient être prises en compte lors de la conception.

3.2 Conception Hydraulique

3.2.1 Vitesse de l'Écoulement

(a) Vitesse minimum

En général, le sable ne se dépose pas lorsque la vitesse moyenne dans un canal est de 0,45 m/sec. Le Tableau 3.2.1 nous les résultats des calculs de la force de traction. La force de traction est évaluée au moyen des équations suivantes :

$$- u^2 = g R I$$

- u : vitesse de friction (cm/sec)
- R : Rayon hydraulique (cm)
- I : Pente du canal

- Force de traction critique

- u_{*c} : vitesse de friction critique (cm/sec)
- d : Taille des grains moyenne (cm)
- I : Pente du canal

Taille des Grains	Equations
d > 0.3030 cm	$u_{*c}^2 = 80.0 d$
0.1180 <d< 0.3030 cm	$134.6 d^{31/22}$
0.0565 <d< 0.1180 cm	$55.0 d$
0.0065 <d< 0.0565 cm	$8.41 d^{11/32}$
d < 0.0065 cm	$226 d$

Source: Equation de "Iwasaki, Japan"

Une vitesse d'écoulement supérieure à 0.15 m/sec déplace de petites particules de limon, 0,30 m/sec déplace du limon, 0,50 m/sec déplace du sable fin de 0,2 mm ou plus petit. On recommande de favoriser une grande vitesse moyennant une pente du canal plus prononcée pour éliminer les dépôts sédimentaires dans la galerie. Cependant, la vitesse est limitée à 0,2 m/sec à cause des conditions physiques des khetaras. Dans ce contexte, la vitesse minimum de l'écoulement ne sera pas prise en compte comme paramètre lors de la conception.

Tableau 3.2.1 Taille des Grains

Taille des Grains	0.074mm	0.42mm	2mm	5mm	20mm	75mm	30cm	
Colloidal	Limons	Sable fin	Sable grossier	Gravier fin	Gravier fin - grossier	Gravier grossier	Galet	Bloc
		Sable		Gravier				

Source: Système de classification unifiée des sols, Japon

Tableau 3.2.2 Calcul de la Force de Traction

Calcul de la Force de Traction

1. Calcul-Force de Traction

$$u^2 = g \cdot R \cdot I$$

u: Vitesse de friction (m/sec)

R: Rayon hydraulique (m)

I: Pente du canal

-Force de Traction critique

	$d \leq 0.303\text{cm}$	$0.118 < d < 0.303\text{cm}$	$0.0565 < d < 0.118\text{cm}$	$0.0065 < d < 0.0565\text{cm}$	$d < 0.0065\text{cm}$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$u_{*c}^2 =$	$80.9d$	$134.6d^{31/22}$	$55.0d$	$8.41d^{11/32}$	$226d$

u_{*c} : Vitesse de friction critique

d: Taille moyenne des grains (cm)

2-1 Calcul de la Force de Traction et résultats (Largeur du canal: 0.60 m, Pente du lit: 1/5,000, Vitesse: 0.17 m/sec)

(1) Conditions de calcul

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R (m):	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
I:	1/5000	1/5000	1/5000	1/5000	1/5000
d (cm):	0.303	0.21	0.087	0.032	0.0065
	Sable fin			Silt	

(2) Calcul de la force de Traction

$$u^2 = g \cdot R \cdot I$$

$$= 9.8 * 0.075 * 1/5000$$

$$= 0.00015 \quad \text{m}^2/\text{sec}^2$$

(3) Calcul de la force de Traction critique

$u_{*c}^2 =$	$80.9d$	$134.6d^{31/22}$	$55.0d$	$8.41d^{11/32}$	$226d$
$=$	$80.9 * 0.303$	$134.6 * 0.21^{31/22}$	$55.0 * 0.087$	$8.41 * 0.032^{11/32}$	$226 * 0.007$
$=(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$	24.5	14.9	4.8	2.6	1.5
$=(\text{m}^2/\text{sec}^2)$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015

(4) 1 Calcul de la Force de Traction et résultats

$u_*^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015
$u^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00015	0.00015	0.00015	0.00015	0.00015
Mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	mouvement

2-2 Calcul de la Force de Traction et résultats (Largeur du canal: 0.60 m, Pente: 1/2,000, Vitess: 0.23 m/sec)

(Conditions de calcul

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R (m):	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059
I:	1/2000	1/2000	1/2000	1/2000	1/2000
d (cm):	0.303	0.21	0.087	0.032	0.0065
	Sable fin			Limon	

(2) Calcul de la Force de Traction

$$u^2 = g \cdot R \cdot I$$

$$= 9.8 * 0.059 * 1/2000$$

$$= 0.00029 \quad \text{m}^2/\text{sec}^2$$

(3) Calcul de la force de Traction critique

$u_{*c}^2 =$	0.00245	$134.6d^{31/22}$	$55.0d$	$8.41d^{11/32}$	$226d$
$=$	$80.9 * 0.303$	$134.6 * 0.21^{31/22}$	$55.0 * 0.087$	$8.41 * 0.032^{11/32}$	$226 * 0.007$
$=(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$	24.5	14.9	4.8	2.6	1.5
$=(\text{m}^2/\text{sec}^2)$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015

(4) Calcul de la Force de Traction et résultats

$u_*^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015
$u^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
Mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Mouvement	Mouvement

2-3 Calcul de la Force de Traction et résultats (Largeur du canal: 0.60 m, Pente du lit: 1/1,000, Vitesse: 0.28 m/sec)

(1) Conditions de calcul

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R (m):	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049
I:	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
d (cm):	0.303	0.21	0.087	0.032	0.0065
	Sable fin			Limon	

(2) Calcul de la force de traction

$$u^2 = g \cdot R \cdot I = 9.8 * 0.049 * 1/1000 = 0.00048 \quad \text{m}^2/\text{sec}^2$$

(3) Calcul de la force de Traction critique

$u_*^2 =$	0.00245	$134.6d^{31/22}$	$55.0d$	$8.41d^{11/32}$	$226d$
=	$80.9 * 0.303$	$134.6 * 0.210^{31/22}$	$55.0 * 0.087$	$8.41 * 0.032^{11/32}$	$226 * 0.007$
$=(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$	24.5	14.9	4.8	2.6	1.5
$=(\text{m}^2/\text{sec}^2)$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015

(4) Calcul de la Force de Traction et résultats

$u_*^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015
$u^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048
Mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	mouvement	mouvement	mouvement

2-4 Calcul de la Force de Traction et résultats

(Largeur du canal: 0.60 m, Pente du radier: 1/500, Vitesse: 0.35 m/sec)

(1) Conditions de calcul

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R (m):	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
I:	1/500	1/500	1/500	1/500	1/500
d (cm):	0.303	0.21	0.087	0.032	0.0065
	Sable fin			Limon	

(2) Calcul de la Force de Traction

$$u^2 = g \cdot R \cdot I = 9.8 * 0.041 * 1/500 = 0.00080 \quad \text{m}^2/\text{sec}^2$$

(3) Calcul de la force de Traction critique

$u_*^2 =$	0.00245	$134.6d^{31/22}$	$55.0d$	$8.41d^{11/32}$	$226d$
=	$80.9 * 0.303$	$134.6 * 0.210^{31/22}$	$55.0 * 0.087$	$8.41 * 0.032^{11/32}$	$226 * 0.007$
$=(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$	24.5	14.9	4.8	2.6	1.5
$=(\text{m}^2/\text{sec}^2)$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015

(4) Calcul de la Force de Traction et résultats

$u_*^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015
$u^2(\text{m}^2/\text{sec}^2) =$	0.00080	0.00080	0.00080	0.00080	0.00080
Mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Mouvement	Mouvement	Mouvement

2-5 Calcul de la Force de Traction et résultats

(Largeur du canal: 0.60 m, Pente du lit: 1/200, Vitesse: 0.47 m/sec)

(1) Conditions de calcul

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R (m):	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
I:	1/200	1/200	1/200	1/200	1/200
d (cm):	0.303	0.21	0.087	0.032	0.0065
	Sable fin			Limon	

(2) Calcul de la force de traction

$$u^2 = g \cdot R \cdot I = 9.8 * 0.032 * 1/200 = 0.00157 \quad \text{m}^2/\text{sec}^2$$

(3) Calcul de la force de Traction critique

$u_*^2 =$	0.00245	$134.6d^{31/22}$	$55.0d$	$8.41d^{11/32}$	$226d$
=	$80.9 * 0.303$	$134.6 * 0.210^{31/22}$	$55.0 * 0.087$	$8.41 * 0.032^{11/32}$	$226 * 0.007$
$=(\text{cm}^2/\text{sec}^2)$	24.5	14.9	4.8	2.6	1.5
$=(\text{m}^2/\text{sec}^2)$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015

(4) Calcul de la force de traction et résultats

$u_*^2(m^2/sec^2)=$	0.00245	0.00149	0.00048	0.00026	0.00015
$u^2(m^2/sec^2)=$	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157
Mouvement	Pas de mouvement	mouvement	mouvement	mouvement	mouvement

(b) Vitesse maximum admissible

Les vitesses limites applicables aux différents types de matériaux sont données dans le Tableau 3.2.3

Tableau 3.2.3 Vitesse Admissible Maximum

Types	Vitesse (m/sec)
Sol sableux	0.45
Sol argileux	1.00
Argile sableuse	1.20
Roche tendre	2.00
Roche semi- tendre	2.50
Roche dure	3.00

3.2.2 Formule de l'Écoulement

Les formules de Manning et Hazen-Williams sont utilisées pour déterminer la vitesse moyenne de l'écoulement du gradient hydraulique en écoulement uniforme dans un canal à surface libre et dans les conduits, respectivement.

(a) Formule de Manning

$$Q = A \times V$$

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

- où,
- Q : débit de projet (m^3/sec)
 - V : vitesse moyenne de l'eau (m/sec)
 - n : Coefficient de rugosité de la formule de manning
 - R : Rayon hydraulique (m) A/P
 - A : aire de l'écoulement (m^2)
 - P : perimeter humide (m)
 - I : Gradient hydraulique du canal

Les coefficients de rugosité suivants sont recommandés selon les conditions des canaux respectifs..

Tableau 3.2.4 Coefficient de Rugosité

Conditions du canal	"n" de Manning = 1/K
(a) En terre/non revêtus	
Moins de 10 m³/s	0.028
1.0 - 5.0 m³/s	0.025
5.0 - 10.0 m³/s	0.235
10.0 and over	0.022
(b) Canal revêtu/structure	
- Béton	0.015
- Maçonnerie	0.0167
- Acier	0.0125

(2) Formule de Hazen-Williams

$$V = 0.35464 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

$$Q = 0.27853 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$$

$$D = 1.6258 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{0.54}$$

$$I = \frac{h_f}{L} = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

- où,
- Q : Débit de projet (m³/sec)
 - C : Coefficient de la vitesse
 - D : Diamètre de la conduite (m)
 - h_f : Perte de charge par friction (m)
 - I : Gradient hydraulique du canal
 - L : Longueur de la conduite (m)

Les coefficients suivants sont recommandés pour les travaux de conception

Tableau 3.2.5 Coefficient de Vitesse (C)

Conditions du Canal	Coefficient de vitesse		
	Maximum	Minimum	Normal
1) Conduite en fonte (peinte)	150	80	100
2) Conduite en acier (non peinte)	150	90	100
3) Conduite en béton	140	120	130
4) Conduite en béton précontraint	140	120	130
5) Conduite en PVC ⁽¹⁾	160	140	150
6) Conduite en Polyéthylène ⁽¹⁾	170	130	150
7) Conduite en plastique renforcé de fibres ⁽¹⁾	160	---	150

⁽¹⁾: C=140 pour une conduite de diamètre de 150mm ou moins

La fiche suivante est une référence pour le calcul de la profondeur d'écoulement uniforme des conduites:

Calcul de l'écoulement uniforme

La profondeur de l'écoulement uniforme est évaluée par l'utilisation du débit (Q), du rayon (r), de la pente (I), du coefficient de rugosité.

- 1) Calculer $\frac{Q \cdot n}{I^{1/2} \cdot r^{8/3}}$
- 2) Calculer la valeur de d/r
- 3) Profondeur de l'écoulement uniforme=
 $(d/r) \times r = d$

Exemple:

Rayon $r=0.4m$, pente du lit $I=1/500$, débit $Q=0.02 \text{ m}^3/\text{sec}$,
Conduite en PVC $n=0.012$

$$\frac{Q \cdot n}{I^{1/2} \cdot r^{8/3}} = \frac{0.02 \times 0.012}{(1/2000)^{1/2} \cdot 0.2^{8/3}} = 0.7846$$

$\frac{d}{r}$	$\frac{Q \cdot n}{I^{1/2} \cdot r^{8/3}}$
0.840	0.7288
0.840 + x	0.7846
0.880	0.7921

$$(0.88-0.84):x=(0.7921-0.7288):(0.7846-0.7288)$$

$$x = 0.0353$$

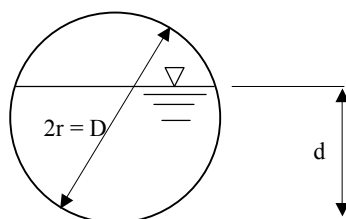
$$d/r = 0.875$$

$$d = 0.2 \times 0.875 = 0.175m$$

$$A/r^2 = 1.322$$

$$A = 1.322 \times 0.2^2 = 0.053m^2$$

$$V = Q/A = 0.02 / 0.053 = 0.377 \text{ m/sec}$$



d/r	$a=A/r^2$	$ab^{2/3}=Qn/I^{1/2}r^{8/3}$
2.000	3.1416	1.9791
1.960	3.1266	2.0913
1.920	3.0994	2.1203
1.880	3.0646	2.1289
1.840	3.0239	2.1241
1.800	2.9781	2.1093
1.760	2.9281	2.0863
1.720	2.8743	2.0565
1.680	2.8171	2.0208
1.640	2.7571	1.9799
1.600	2.6943	1.9345
1.560	2.6291	1.8851
1.520	2.5618	1.8323
1.480	2.4925	1.7764
1.440	2.4215	1.7178
1.400	2.3489	1.6570
1.360	2.2749	1.5942
1.320	2.1997	1.5297
1.280	2.1234	1.4640
1.240	2.0462	1.3972
1.200	1.9681	1.3296
1.160	1.8894	1.2616
1.120	1.8102	1.1933
1.080	1.7306	1.1251
1.040	1.6508	1.0571
1.000	1.5708	0.9895
0.960	1.4908	0.9227
0.920	1.4110	0.8569
0.880	1.3314	0.7921
0.840	1.2522	0.7288
0.800	1.1735	0.6669
0.760	1.0954	0.6068
0.720	1.0182	0.5487
0.680	0.9419	0.4926
0.640	0.8667	0.4389
0.600	0.7927	0.3876
0.560	0.7201	0.3389
0.520	0.6491	0.2930
0.480	0.5798	0.2500
0.440	0.5125	0.2100
0.400	0.4473	0.1733
0.360	0.3845	0.1399
0.320	0.3245	0.1099
0.280	0.2673	0.0834
0.240	0.2135	0.0605
0.200	0.1635	0.0413
0.160	0.1177	0.0258
0.120	0.0770	0.0140
0.080	0.0422	0.0059
0.040	0.0150	0.0013
0.000	0.000	0.0000

3.3 Conception des Structures

3.3.1 Généralités

Dans le cas de la conception des structures d'un canal, le type de structure, les conditions qui affectent le travail de conception et les détails de la structure sont déterminés par l'état du site, par des considérations économiques tout en satisfaisant aux exigences de la charge appliquée aux structures, des propriétés mécaniques du sol et des conditions météorologiques.

3.3.2 Charges

Les charges suivantes seront prises en compte, pendant le travail de conception, en ayant en vue les dimensions des structures, leur type, les matériaux à employer, les conditions du site, etc.

Tableau 3.3.1 Sélection des Charges

1	Poids mort	2	Pression de l'eau	3	Sous-pression
4	Poussée des terres	5	Charge des roues	6	Charge d'impact
7	Charge des personnes	8	Charge sismique	9	Charge du vent
10	Charge des constructions	11	Contrainte de la température	12	Contrainte de fluage du béton

(1) Poids mort

Le Tableau 3.3.2 donne le poids unitaire des matériaux. Cependant, on utilise le poids unitaire réel obtenu de l'expérimentation ou bien le poids unitaire spécifique s'il est disponible.

Tableau 3.3.2 Poids Unitaire des Matériaux

Matériaux	Poids unitaire (kN/m ³)	Matériaux	Poids unitaire (kN/m ³)
Acier, acier moulé	77.0	Béton précontraint	24.5
Fonte	71.0	Granite	27.0
Alliage d'aluminium	27.5	Grès	26.0
Béton armé	24.5	Terre (sèche)	16.0
Béton ordinaire	23.0	Terre (humide)	18.0
Mortier	21.0	Terre (saturée)	20.0
Revêtement en béton bitumeux	22.5	Terre (sub)	10.0
Bloc en béton (humide)	22.5	Eau	10.0
Bloc en béton (sec)	19.5		

(2) Flottabilité et sous pression

La flottabilité ou la sous pression doivent être pris en compte dans les calculs de la stabilité en termes de renversement et de glissement, mais sont négligées en calcul de portance (contrainte) des fondations.

(3) Contrainte du sol

La contrainte du sol est généralement classifiée en contraintes horizontales et verticales. La contrainte horizontale agit sur la paroi du canal selon les formules de Rankin et Coulomb. La contrainte verticale agit sur les structures remblayées par la formule de la contrainte de Marton et de la contrainte verticale. La contrainte horizontale agissant sur les structures remblayées est calculée par la contrainte au repos, les formules de Rankin et Spanglar.

Tableau 3.3.3 Conditions des Charges

		Ordinaire	Séisme	Angle de friction des parois
1	Type de galerie rectangulaire (sans mouvement, sans transformation)	Poussée des terres au repos	négligeable	négligeable
2	Type de canal d'amenée (sans mouvement, avec transformation)	Formule de Rankin Formule de Coulomb	Formule de Coulomb	A retenir
3	Mur de soutien (avec / mouvement, avec/ transformation)			A retenir

(4) Charge appliquée au canal

Les charges à retenir en conception des structures du canal sont en général les poids morts, la pression d'eau (interne et externe), la flottabilité/la sous pression, la poussée des terres, la surcharge y compris la charge d'impact et la réaction du sol.

(5) Constantes du sol

Pour la pression du sol on procède à des essais du sol pour évaluer des constantes du sol tels que le poids unitaire, l'angle de la friction interne, la cohésion, ainsi que d'autres paramètres. Cependant, ces investigations accaparent des moyens humains, beaucoup de temps, mais requièrent aussi une expérience suffisante et une technicité élevée pour pouvoir fixer une constante du sol adéquate. Donc, une valeur standard est donnée dans le Tableau ci-après pour les besoins des travaux de la conception.

Tableau 3.3.4 Constantes du Sol

		Poids unitaire saturé	Poids unitaire humide	Angle interne de friction
1	Gravier ou sable grossier contenant des matériaux fins à granulométrie inférieure à 5%. (GP, GW, SP, SW)	20 kN/m ³	18 kN/m ³	30
2	Gravier ou sol ayant des matériaux fins de 5 à 15 %. (GC, GM, SC, SM)	20 kN/m ³	18 kN/m ³	25
3	Sable limoneux fin ou gravier contenant de l'argile de 15 – 50%. (SM, GL)	20 kN/m ³	18 kN/m ³	20

3.3.3 Béton Ordinaire et Béton Armé

Tableau 3.3.5 Contrainte Admissible du Béton Ordinaire

(Unité: N/mm²)

28-jours de résistance à la Contrainte admissible	18	21	24
Contrainte de compression	4.5	5.0	5.4
Contrainte de traction par flexion	0.25	0.29	0.29
Portance	5.4	5.9	5.9

Tableau 3.3.6 Contrainte Admissible du Béton Armé

(Unité: N/mm²)

28-jours de résistance à la Contrainte admissible		18	21	24	30	40 ou plus	
Flexion de compression		7	8	9	11	14	
Cisaillement	Calcul pour les armatures tendues diagonales omisées	Poutrelles	0.4	0.42	0.45	0.5	0.55
		Dalles	0.8	0.85	0.9	1.0	1.1
	Calcul pour les armatures diagonales comprises	Effort de cisaillement seulement	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4
Adhé- rence	Ronds		0.7	0.75	0.8	0.9	1.0
	Ronds crénelés		1.4	1.5	1.6	1.8	2.0
Portance			5.4	6.3	7.2	9.0	12.0

Tableau 3.3.7 Classification du Béton

(Unité: N/mm²)

Résistance de calcul	Description
Béton ordinaire $\sigma_{ck}=18$	Béton maigre pour la fondation Béton ordinaire pour le radier
Béton armé $\sigma_{ck}=21$	Structures des canaux tels que les canaux d'amenée, les galeries, les siphons
Béton armé $\sigma_{ck}=24$	Structures soumises à l'usure En cas de cherté du béton, l'usage de barres d'acier à forte traction est efficace

Tableau 3.3.8 Contrainte admissible des Barres d'Acier

(Unité: N/mm²)

Barre d'acier	Contrainte de Traction Admissible			
	Ordinaire	Rupture par fatigue	En contact avec l'eau	Charge directe de la charge sur roue
Ordinaire	176	157	157	137
Séisme	264	264	264	264

(Référence)

Nous indiquons ci-dessous les normes de résistance nominales du béton en vigueur au Maroc.

Classes de résistances nominales

DESIGNATION DE LA CLASSE ET DESTINATION COURANTE DU BETON	RESISTANCE NOMINALE A 28 JOURS EN BARS	
	Compression sur cylindres σ'_{n28}	Traction par flexion sur éprouvettes prismatiques $\sigma'_{n28} = \frac{3,6M}{a^3}$
CLASSE B1 Bétons de résistance mécanique élevée (éléments en béton armé fortement sollicités et éléments en béton précontraint).	300	24,0
CLASSE B2 Bétons de résistance mécanique assez élevée (différents éléments des ouvrages en béton armé courant).	270	20 minimum 22,0
CLASSE B3 Bétons de résistance mécanique moyenne (différents éléments du béton armé courant).	230	non défini
CLASSE B4 Bétons de résistance mécanique peu élevée (éléments peu armés, de petites dimensions, dallages, éléments non armés assez fortement sollicités en compression).	180	non défini
CLASSE B5 Béton de résistance mécanique faible (éléments non armés, peu sollicités de grandes dimensions, béton coulé en grosse masse, gros massifs fondation, bétons de replissage).	130	non défini
CLASSE B4 et B5 Bétons des classes B4 et B5 de faible perméabilité.	130 à 180	non défini

Source: NORME MAROCAINE, BETONS DE CIMENTS USUELS (10-03-F-009)

Contraintes Admissibles du Béton Armé (Traction)

Dosage (kg/m ³)	Compression bars et (kg/cm ²)	Traction bars et (kg/cm ²)
250	54 (55)	5,3 (5,4)
300	69 (70)	6,2 (6,3)
350	81 (83)	7,0 (7,1)
400	90 (92)	7,5 (7,7)

Contraintes Admissibles du Béton Armé (Adhérence)

Compression du béton bars, (N/mm ²)	Adhérence bars, (N/mm ²)	
	on considéré le cas des ronds lisses	celui des barres à haute adhérence les plus courantes pour lesquelles
250 (25)	11 (1,1)	24 (2,4)
300 (30)	13 (1,3)	28 (2,8)
350 (35)	14 (1,4)	32 (3,2)
400 (40)	16 (1,6)	36 (3,6)

Source: REGLES TECHNIQUES de CONCEPTION ET DE CALCUL DES OUVRAGES ET
CONSTRUCTIONS EN BETON ARME (July, 1985)

Contraintes Admissibles du Barres

Nature des armatures	Classe de l'acier	Limite d'élasticité nominale sen et s'en (bars)	Contraintes admissibles $\bar{\sigma}_a$ et $\bar{\sigma}'_a$ (bars)	
			sous les Sollicitations du 1 ^{er} genre	sous les Sollicitations du 2 ^e genre
Barres lisses	Fe E 22	2 160 (2 200 kgf/cm ²)	1 440 (1 465kgf/cm ²)	2 160 (2 200kgf/cm ²)
	Fe E 24	2 350 (2 400 kgf/cm ²)	1 565 (1 600kgf/cm ²)	2 350 (2 400kgf/cm ²)
	Fe E 34	3 340 (3 400 kgf/cm ²)	2 220 (2 270kgf/cm ²)	3 335 (3 400kgf/cm ²)
Barres à haute adhérence	Fe E 40A	pour $\phi \leq 20$ mm 4 120 (4 200 kgf/cm ²)	2 745 (2 800kgf/cm ²)	4 120 (4 200kgf/cm ²)
	Fe E 40B	pour $\phi > 20$ mm 3 920 (4 000 kgf/cm ²)	2 610 (2 665kgf/cm ²)	3 920 (4 000kgf/cm ²)
	Fe E 45	4 410 (4 500 kgf/cm ²)	2 940 (3 000kgf/cm ²)	4 410 (4 500kgf/cm ²)
	Fe E 50	4 900 (5 000 kgf/cm ²)	3 260 (3 333kgf/cm ²)	4 900 (5 000kgf/cm ²)

Contraintes de traction et de compression

$$\bar{\sigma} = \rho_a \cdot \sigma_{cn}$$

$\rho_a = 2/3$ pour les sollicitations du premier genre

$\rho_a = 1$ pour les sollicitations du premier genre

Dans les justifications de calcul relatif à l'équilibre statique, à la résistance et à la stabilité de forme, on prend en compte les sollicitations totales pondérées, définies ci-dessous.

- (G) la sollicitation due à la charge permanente,
- (P) la sollicitation due aux surcharges d'exploitation (y compris les majorations éventuelles par effet dynamique),
- (V) la sollicitation due aux surcharges climatiques normales,
- (W) la sollicitation due aux surcharges climatiques extrêmes,
- (T) la sollicitation due aux effets de la température et du retrait,
- (SI) la sollicitation due aux séismes.

On considère, dans les justifications de type habituel, les sollicitations totales pondérées du premier genre, définies symboliquement par les égalités:

$$(S_1) = (G) + 1,2(P) + (T)$$

$$(S'_1) = (G) + (P) + (V) + (T)$$

On prend en compte les sollicitations totales pondérées du second genre, définies symboliquement par les égalités:

$$(S_2) = (G) + 1,5(P) + 1,5(W) + (T)$$

$$(S'_2) = (G) + (P) + (T) + (SI)$$

(L'équation ci-dessus indique un échantillon de combinaison de charge. Une combinaison sera proposée pour chaque projet.)

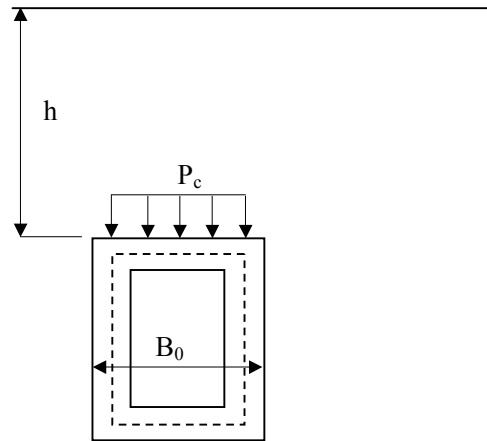
3.4 Conception des Charges

(1) Poids mort

(a) Compression

$$P_{vd} = \alpha \cdot \gamma \cdot h \dots\dots\dots(1.1.1)$$

- P_c : Compression (kN/m²)
- α : Coefficient de la pression verticale du sol
- γ : Ποιδος υνιταιρε δυ σολι (kN/m³)
- h : Profondeur du remblai (m)



(b) Charge horizontale

$$P_{ch} = K_0 \cdot \gamma \cdot z \dots\dots\dots(1.1.2)$$

- P_{ch} : Charge horizontale (kN/m²)
- K_0 : Coefficient de la pression statique du sol ($K_0=0.5$ en général)
- γ : Ποιδος υνιταιρε δυ σολι (kN/m³)
- z : Profondeur du sol du terrain naturel au point de calcul (m)

(2) Charge vive

$$P_{li} = \frac{2 \times \text{Charge sur roue}}{\text{Largeur du véhicule}} \times (1 + \text{Impact} \cdot \text{coefficient})$$

$$\text{Roue arri\ere} : P_{l1} = \frac{2 \times 40}{2.75} \times (1 + \text{Impact} \cdot \text{coefficient}) \dots\dots\dots(1.2.1)$$

$$\text{Roue avant} : P_{l2} = \frac{2 \times 10}{2.75} \times (1 + \text{Impact} \cdot \text{coefficient}) \dots\dots\dots(1.2.2)$$

i : Coefficient d'impact , (si $h < 4.0m$ alors $i=0.3$, si $h \geq 4.0m$ alors $i=0.0$)

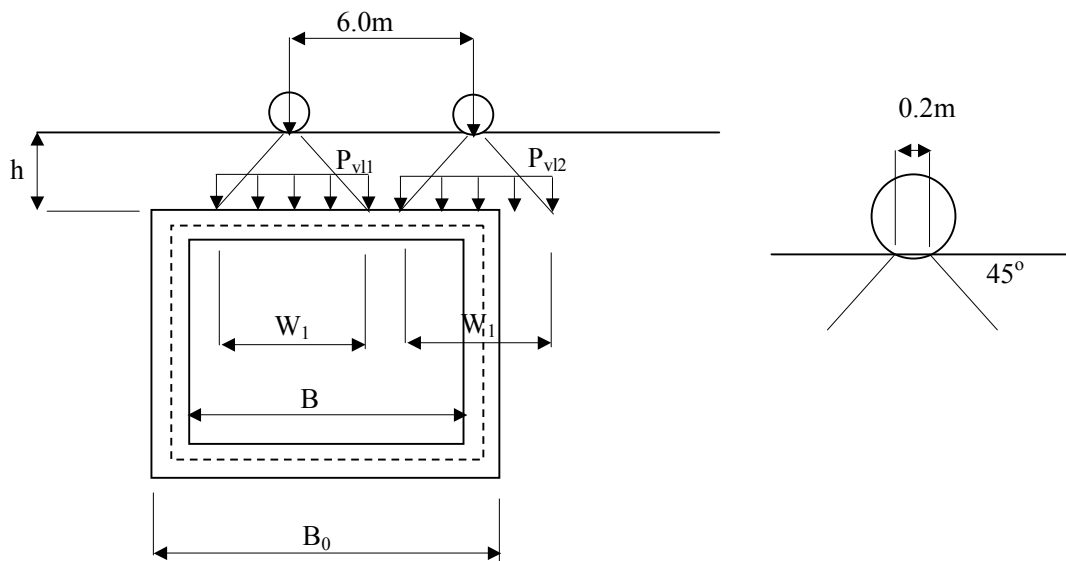
Les r\esistances de la charge vive des roues avant et arri\ere sont les suivantes:

$$P_{vl1} = \frac{P_{l1} \cdot \beta}{W_1} = \frac{P_{l1} \cdot \beta}{2h + 0.2} \dots\dots\dots(1.2.3)$$

$$P_{vl2} = \frac{P_{l2} \cdot \beta}{W_1} = \frac{P_{l2} \cdot \beta}{2h + 0.2}$$

β : La profondeur de la couverture du sol (m), correspondant à la largeur interne et à la hauteur de la galerie.

$H \leq 1\text{m}$ and $B \geq 4\text{m}$	Autre que du côté gauche
$\beta = 1.0$	$\beta = 0.9$

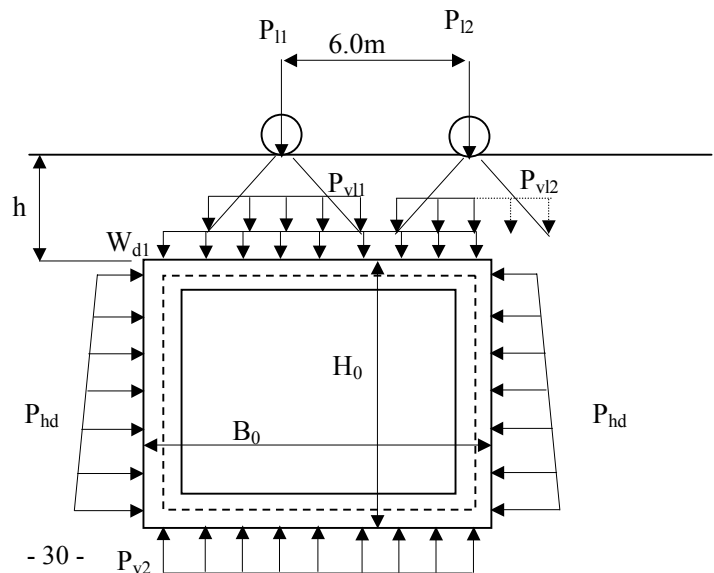


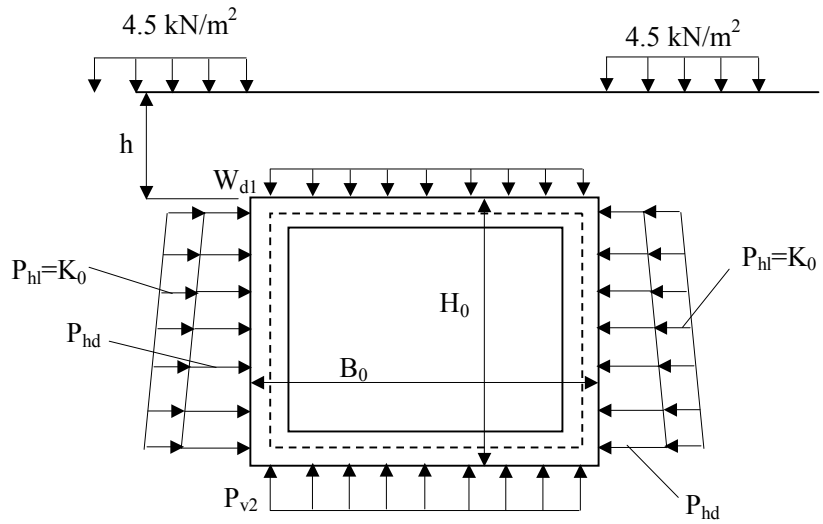
L'équation (1.2.3) est applicable lorsqu'une profondeur de couverture en terre est inférieure à 4.0 m . Au cas où la profondeur de couverture en terre est supérieure ou égale à 4.0 m , 4.5 kN/m^2 est applicable

(3) Combinaison de Charges

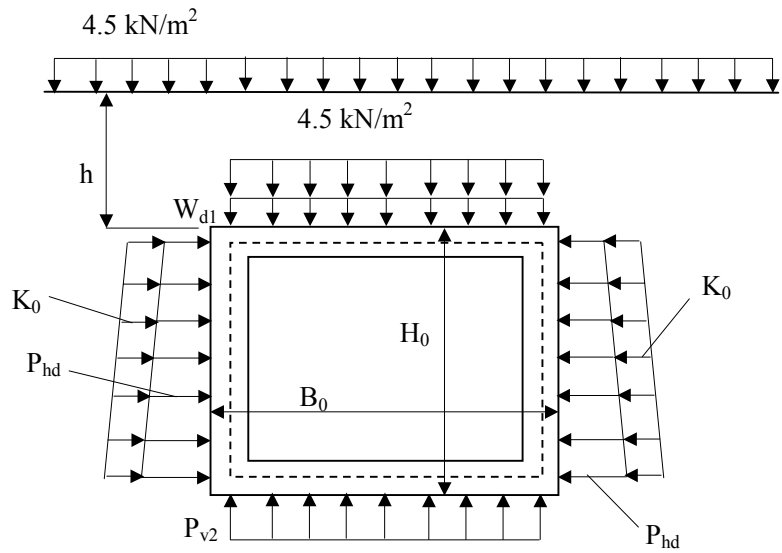
Les structures de type galerie en béton armé in situ doivent être conformes à la combinaison donnée ci-après:

(Profondeur du remblai en terre $h < 4.0\text{ m}$)





(Profondeur du remblai en terre $h \geq 4.0$ m)



(4) Poids Unitaire

Matériaux	Prix Unitaire (kN/m ³)	Matériaux	Prix Unitaire (kN/m ³)
Béton armé	24.5	Sable et gravier	20.0
Béton ordinaire	23.0	Sol sableux	19.0
Maçonnerie	(variable)	Sol argileux	18.0
Eau	9.8		
Acier	78.5		

(5) Résistance admissible des matériaux

Béton armé	Contraintes Admissibles
Contrainte de compression	8.0 (N/mm ²)
Contrainte de cisaillement	0.42 (N/mm ²)
Contrainte d'adhérence	1.5 (N/mm ²)
Rond en acier	
Contrainte de traction (σ_{sa})	180 (N/mm ²)
Contrainte de traction (σ_{sa1})	160 (N/mm ²)

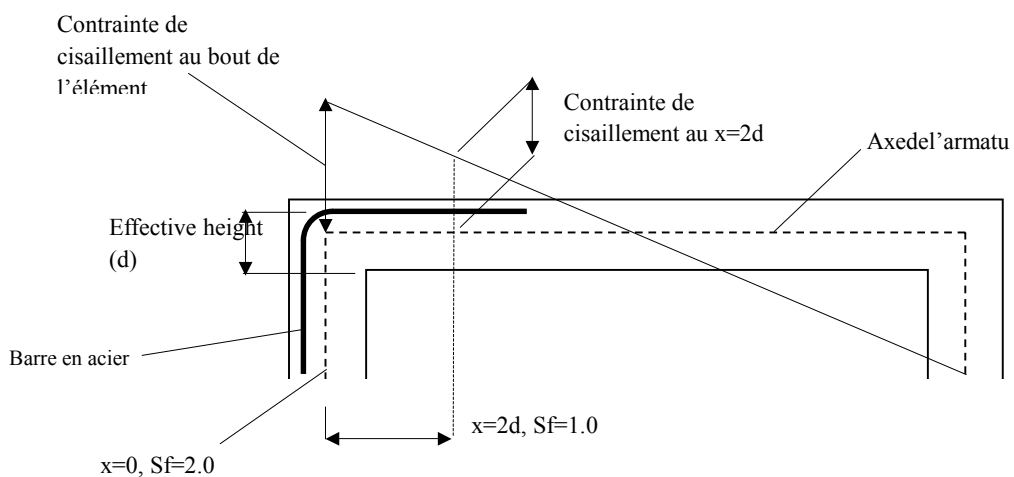
(6) Contrainte de cisaillement

Une contrainte supplémentaire admissible est applicable à un élément en béton conformément à l'équation suivante:

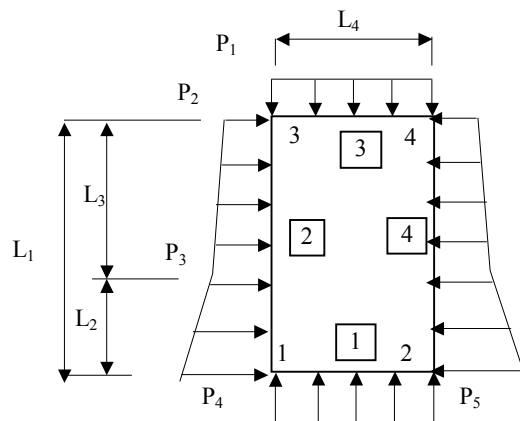
$$\alpha = 2 - \frac{x}{2d}$$

$$(1 \leq \alpha \leq 2)$$

- où,
- a : Contrainte supplémentaire admissible
 - x : Distance entre l'axe de l'armature et la section objet des calculs (cm)
 - d : Hauteur effective de l'élément (cm)



		Cas- 1	Cas- 2	
H	1.5 m	Top slab		
H1	1.675 m	P_{V11}	0.582 tf/m ²	0.000 tf/m ²
H2	5 m	W_{d1}	5.670 tf/m ²	5.670 tf/m ²
H3	1.85 m	W_{slab}	0.469 tf/m ²	0.469 tf/m ²
H4	3.15 m			
H5	1 m	Total	6.721 tf/m ²	6.139 tf/m ²
H6	0.9 m			
H7	0.775 m	Base slab		
		P_{hd}	9.221 tf/m ²	9.221 tf/m ²
B	0.6 m	U_{lift}	1.250 tf/m ²	1.250 tf/m ²
Tt	0.15 m			
Tb	0.2 m	Total	10.471 tf/m ²	10.471 tf/m ²
B1	0.8 m			
B0	1 m	Side wall	P_1	2.903 tf/m ²
Ww	1 tf/m ³		P_2	3.600 tf/m ²
Wc	2.5 tf/m ³		P_3	3.600 tf/m ²
Wt	1.8 tf/m ³		P_4	0.450 tf/m ²
Ww	2 tf/m ³		P_5	0.900 tf/m ²
Ws	1 tf/m ³		P_6	0.000 tf/m ²
Rear wheel	4 tf	Input data	P_1	6.721 tf/m ²
Front wheel	1 tf		P_2	2.903 tf/m ²
Liveloading	0.45 tf/m ²		P_3	3.600 tf/m ²
Impact	0.3		P_4	4.950 tf/m ²
β	1		P_5	10.471 tf/m ²
Pressure coe.	0.5		L_1	1.675 m
			L_2	0.900 m
			L_3	0.775 m
			L_4	0.800 m



(Matériaux)

Nbre des matériaux	Modules d' élasticité (tf/m2)	Superficie (m2)	Moment géométrique de l' inertie (m4)
1	2.55000E+06	.20000	.0006670
2	2.55000E+06	.15000	.0002810

(Données cumulées)

N° du Cumul	Valeur-X (m)	Valeur-Y (m)	Cumul X Y θ		
1	.000	1.675	1	1	0
2	.800	1.675	0	1	0
3	.000	.000	0	0	0
4	.800	.000	0	0	0

(Données individuelles)

Membre No. I J	Nbre de matériaux	Longueur (m)
1 - 3	1	1.675
2 - 4	1	1.675
1 - 2	1	.800
3 - 4	2	.800

(Données des charges)

N°	Type des charges	Titre des charges	Membre		Orientation	Paramètre des charges			
			I	J		P1	P2	P3	P4
1	TP1	Charge variant uniformément	1	2	Y	.000	.000	-10.470	-10.470
	TP1	Charge variant uniformément	3	4	Y	.000	.000	6.721	6.721
	TP1	Charge variant uniformément	1	3	Y	.000	.900	4.950	3.600
	TP1	Charge variant uniformément	1	3	Y	.900	.775	3.600	2.903
	TP1	Charge variant uniformément	2	4	Y	.000	.900	-4.950	-3.600
	TP1	Charge variant uniformément	2	4	Y	.900	.775	-3.600	-2.903

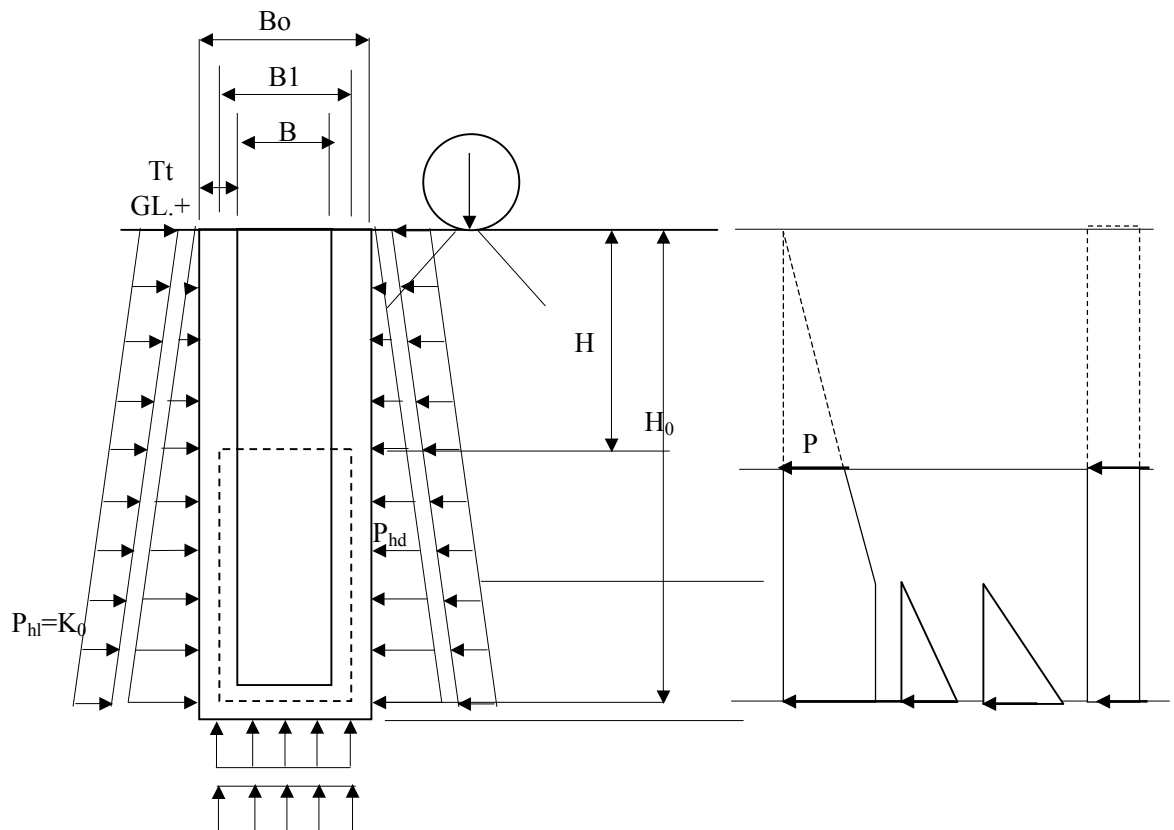
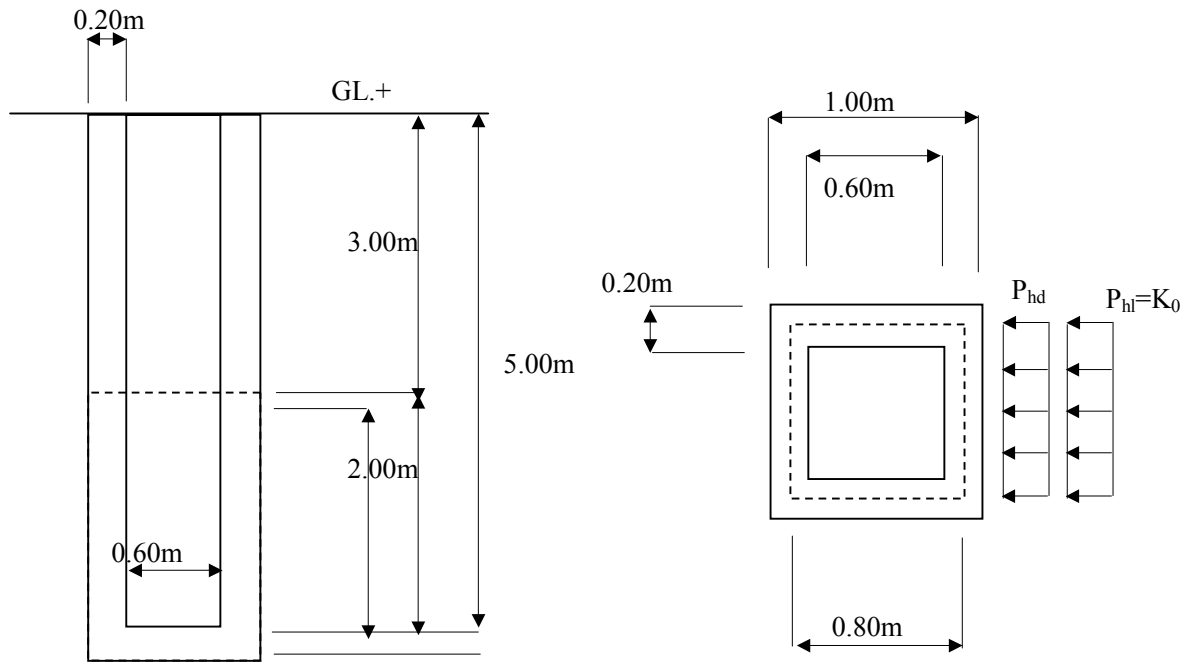
(Force au niveau des intersections)

Membre I J	Longueur (m)	Moment de torsion (tf·m)	Cisaillement (tf)	Axial (tf)
1 - 3	.000	-.858	3.657	2.688
	.280	-.023	2.330	2.688
	.419	.258	1.715	2.688
	.838	.616	.036	2.688
	1.256	.322	-1.415	2.688
	1.395	.094	-1.862	2.688
	1.675	-.548	-2.710	2.688
2 - 4	.000	.858	-3.657	2.688
	.280	.023	-2.330	2.688
	.419	-.258	-1.715	2.688
	.838	-.616	-.036	2.688
	1.256	-.322	1.415	2.688
	1.395	-.094	1.862	2.688
	1.675	.548	2.710	2.688
1 - 2	.000	.858	-4.188	3.657
	.280	.096	-1.256	3.657
	.400	.020	.000	3.657
	.520	.096	1.256	3.657
	.800	.858	4.188	3.657

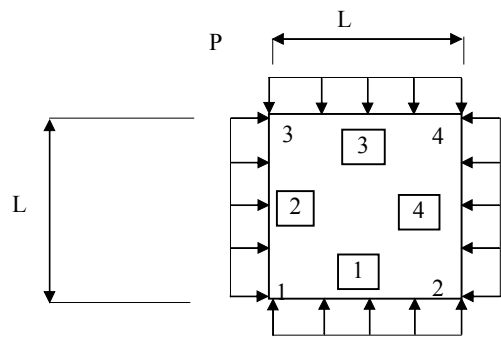
3 - 4	. 000	-. 548	2. 688	2. 710
	. 180	-. 172	1. 479	2. 710
	. 400	-. 010	. 000	2. 710
	. 620	-. 172	-1. 479	2. 710
	. 800	-. 548	-2. 688	2. 710

		Membre	1-3			1-2			3-4			
			x=	0	2d	Centre	0	2d	Centre	0	2d	Centre
Moment	M	kN·m	8,580	0,230	6,160	8,580	0,960	0,200	5,480	1,720	0,100	
Force de cisaillement	S	kN	36,570	23,300	0,360	41,880	12,560	0,000	26,880	14,790	0,000	
Force axiale	N	kN	26,880	26,880	26,880	36,570	36,570	36,570	27,100	27,100	27,100	
Contrainte admissible	Contrainte de traction de l'a	σ_{sa}	N/mm2	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	Contrainte de pression	σ_{ca}	N/mm2	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	Contrainte de cisaillement	τ_a	N/mm2	0,84	0,42	0,42	0,84	0,42	0,42	0,84	0,42	0,42
	Contrainte d'adhésion	τ_{oa}	N/mm2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
		n		15	15	15	15	15	15	15	15	15
		k		0,462	0,462	0,462	0,462	0,462	0,462	0,462	0,462	0,462
		j		0,846	0,846	0,846	0,846	0,846	0,846	0,846	0,846	0,846
		p		0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,006	0,006
		k'		0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0,339	0,339	0,339
	j'		0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,887	0,887	0,887	
Largeur du membre	d	cm	20	20	20	20	20	20	15	15	15	
Epaisseur de la couverture de l'acier	d1	cm	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Surface de renforcement	Surface requise	Asm=	cm2	5,17	0,14	3,71	5,17	0,58	0,12	5,14	1,61	0,09
	Surface installée	As=	cm2	5,23	5,23	5,23	5,23	5,23	5,23	5,23	5,23	5,23
		Diameter	mm	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10	D10
		Interval@	mm	150	150	150	150	150	150	150	150	150
		Diameter	mm									
		Interval@	mm									
Calcul des sollicitation	Contrainte de pression	σ_c	N/mm2	3,41	0,09	2,45	3,41	0,38	0,08	4,50	1,41	0,08
	Contrainte de pression	σ_s	N/mm2	129	3	93	129	14	3	131	41	2
	Contrainte de cisaillement	τ	N/mm2	0,29	0,18	0,00	0,33	0,10	0,00	0,34	0,19	0,00
	Contrainte d'adhésion	τ_o	N/mm2	1,20	0,77	0,01	1,38	0,41	0,00	1,40	0,77	0,00
	Vérification (béton)			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	Vérification (Acier)			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

(2) Puits verticaux avec dalles d'une épaisseur de 15 cm ($H=5.00\text{m}$)



H	3 m			
B	0,9 m		P_{hd}	2,700 tf/m ²
Tt	0,15 m		P_{ht}	0,225 tf/m ²
B1	1,05 m			
B0	1,2 m		Total	2,925 tf/m ²
Ww	1 tf/m ³	Input data	P	3,343 tf/m ²
Wc	2,5 tf/m ³		L	1,050 m
Wt	1,8 tf/m ³			
Ww	2 tf/m ³			
Ws	1 tf/m ³			
Charge vive	0,45 tf/m ²			
Coef. De pression	0,5			



(Matériaux)

N° Matériau	Modules d' élasticité (tf/m ²)	Superficie (m ²)	Moment géométrique d' inertie (m ⁴)
1	2.55000E+06	.15000	.0002810
2	2.55000E+06	.15000	.0002810

(Données des joints)

Joint No.	X-valeur (m)	Y-valeur (m)	Joint X	Joint Y	Joint θ
1	.000	1.050	1	1	0
2	1.050	1.050	0	1	0
3	.000	.000	0	0	0
4	1.050	.000	0	0	0

(Données des membres)

N° Membre	N° Matériau	Longueur (m)
I - J		
1 - 3	1	1.050
2 - 4	1	1.050
1 - 2	1	1.050
3 - 4	2	1.050

(Données de charges)

N° charges	Type des charges	Titre des charges	Membre I J	Orientation	Paramètres des charges			
					P1	P2	P3	P4
1	TP1	Charge variant uniformément	1 - 2	Y	.000	.000	-3.343	-3.343
1	TP1	Charge variant uniformément	3 - 4	Y	.000	.000	3.343	3.343
1	TP1	Charge variant uniformément	1 - 3	Y	.000	.000	3.343	3.343
1	TP1	Charge variant uniformément	2 - 4	Y	.000	.000	-3.343	-3.343

(Force d' intersection)

Membre		Longueur (m)	Moment de cintrage (tf·m)	Effort	Force
I	J			De cisaillement (tf)	Axiale (tf)
1 - 3		.000	-.307	1.755	1.755
		.180	-.045	1.153	1.755
		.525	.154	.000	1.755
		.870	-.045	-1.153	1.755
		1.050	-.307	-1.755	1.755
2 - 4		.000	.307	-1.755	1.755
		.180	.045	-1.153	1.755
		.525	-.154	.000	1.755
		.870	.045	1.153	1.755
		1.050	.307	1.755	1.755
1 - 2		.000	.307	-1.755	1.755
		.180	.045	-1.153	1.755
		.525	-.154	.000	1.755
		.870	.045	1.153	1.755
		1.050	.307	1.755	1.755
3 - 4		.000	-.307	1.755	1.755
		.180	-.045	1.153	1.755
		.525	.154	.000	1.755
		.870	-.045	-1.153	1.755
		1.050	-.307	-1.755	1.755

Calcul de la contrainte admissible : D10 (armature double)

σ_{ca}	8,0 N/mm ²
σ_{sa}	140 N/mm ²
τ_a	0,42 N/mm ²
τ_{oa}	1,5 N/mm ²
n	15,0

		Membre		1-3		
		x=		0	2d	Centre
Moment		M	kN·m	3,070	0,450	1,540
Force de cisaillement		S	kN	17,550	11,530	0,620
Force axiale		N	kN	17,550	17,550	17,550
Contrainte admissible	Contrainte de traction de l'acier	σ_{sa}	N/mm ²	140	140	140
	Contrainte de pression	σ_{ca}	N/mm ²	8,0	8,0	8,0
	Contrainte de cisaillement	τ_a	N/mm ²	0,84	0,42	0,42
	Contrainte d'adhésion	τ_{oa}	N/mm ²	1,5	1,5	1,5
		n		15	15	15
		k		0,462	0,462	0,462
		j		0,846	0,846	0,846
		p		0,006	0,006	0,006
		k'		0,351	0,351	0,351
	j'		0,883	0,883	0,883	
Largeur du membre		d	cm	15	15	15
Épaisseur de la couverture de l'acier		d1	cm	6	6	6
Surface de renforcement	Surface requise	Asm=	cm ²	2,88	0,42	1,44
	Surface installée	As=	cm ²	5,68	5,68	5,68
		Diamètre	mm	D10	D10	D10
		Intervalle	mm	125	125	125
		Diamètre	mm			
		Intervalle	mm			
Calcul des sollicitations	Contrainte de pression	σ_c	N/mm ²	2,45	0,36	1,23
	Contrainte de traction	σ_s	N/mm ²	68	10	34
	Contrainte de cisaillement	τ	N/mm ²	0,22	0,15	0,01
	Contrainte d'adhésion	τ_o	N/mm ²	0,87	0,57	0,03
	Vérification (Béton)			OK	OK	OK
	Vérification (Acier)			OK	OK	OK

Calcul de la contrainte admissible : D10 (armature simple)

roa 1,5 N/mm2
n 15,0

			Membre	1-3		
				x=	0	2d
Moment	M	kN·m		3,070	0,450	1,540
Force de cisaillement	S	kN		17,550	11,530	0,620
Force axiale	N	kN		17,550	17,550	17,550
Contrainte admissible	Tensil stress of bar	σ_s	N/mm2	140	140	140
	Contrainte de pression	σ_c	N/mm2	8,0	8,0	8,0
	Contrainte de cisaillement	τ_a	N/mm2	0,84	0,42	0,42
	Contrainte d'adhésion	roa	N/mm2	1,5	1,5	1,5
		n		15	15	15
		k		0,462	0,462	0,462
		j		0,846	0,846	0,846
		p		0,008	0,008	0,008
		k'		0,376	0,376	0,376
	j'		0,875	0,875	0,875	
Largeur du membre	d	cm		15	15	15
Epaisseur de la couverture de l'acier	d1	cm		7,5	7,5	7,5
Surface du renforcement	Surface requise	Asm=	cm2	3,46	0,51	1,73
	Surface installée	As=	cm2	5,68	5,68	5,68
		Diamètre	mm	D10	D10	D10
		Intervalle	mm	125	125	125
		Diamètre	mm			
		Intervalle	mm			
Calcul des sollicitations	Contrainte de pression	σ_c	N/mm2	3,32	0,49	1,66
	Contrainte de traction	σ_s	N/mm2	82	12	41
	Contrainte de cisaillement	τ	N/mm2	0,27	0,18	0,01
	Contrainte d'adhésion	τ_o	N/mm2	1,06	0,69	0,04
	Vérification (Béton)			OK	OK	OK
	Vérification (Acier)			OK	OK	OK

3.6 Conception Structurale des Conduites (Conduites flexibles)

(1) Charge du sol

La charge du sol sur les conduites rigides et les structures enterrées sont déterminées au moyen de la formule de Marston. Le calcul de la charge des matériaux, tenant compte des méthodes de construction ayant un impact sur la charge, sont classifiés selon trois situations, c'est-à-dire en tranchée, en saillie et en situation imparfaite de la tranchée.

(2) Formules de la charge du sol

Les équations ci-après sont appliquées aux méthodes de construction:

Tableau 3.6.1 Formule Applicable pour les Calculs Relatifs aux Conduites

Charges	Conditions	Formules
Pression du sol verticale	Charge de remblai	$W_w = C_d \cdot w \cdot \frac{B^2}{D_c}$ (formule de Marston)
	Charges des saillies	$W_v = C_c \cdot w \cdot D_c$ (formule de Marston)
Pression horizontale		$P_h = K \cdot w \cdot h$ (formule de Rankin)

W_v : Charge verticale sur la conduite (kgf/cm²)

P_h : Charge horizontale à "h" m de profondeur du terrain naturel surface (kgf/cm²)

B: Largeur horizontale de la tranchée au dessus de la conduite (cm)

D_c : Largeur extérieure à la conduite (cm)

w: Poids unitaire de conception des matériaux de remblai (kgf/cm³)

C_d : Coefficient de charge en tranchée

$$C_d = \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu' (H/B)}}{2K \cdot \mu'}$$

C_c : Coefficient de charge pour la condition en saillie (en saillie négative)

H < H_e (saillie positive)

$$C_c = \frac{e^{2K \cdot \mu (H/D_c)} - 1}{2K \cdot \mu}$$

H > H_e (saillie négative)

$$C_c = \frac{e^{2K \cdot \mu (H/D_c)} - 1}{2K \cdot \mu} + \left(\frac{H}{D_c} - \frac{H_e}{D_c} \right) \cdot e^{2K \cdot \mu (H_e/D_c)}$$

$$\frac{e^{2K \cdot \mu(H_c/D_c)} - 1}{2K \cdot \mu} \left\{ \frac{1}{2K \cdot \mu} + \left(\frac{H}{D_c} - \frac{H_e}{D_c} \right) + \frac{\gamma_{sd} \cdot P}{3} \right\} + \frac{1}{2} \left(\frac{H_c}{D_c} \right)^2 + \frac{\gamma_{sd} \cdot P}{3} \left(\frac{H}{D_c} - \frac{H_e}{D_c} \right) \cdot e^{2K \cdot \mu(H_c/D_c)}$$

$$- \frac{1}{2K \cdot \mu} \cdot \frac{H_e}{D_c} - \frac{H}{D_c} \cdot \frac{H_e}{D_c} = \gamma_{sd} \cdot P \cdot \frac{H}{D_c}$$

$$\frac{e^{2K \cdot \mu(H_c/D_c)} - 1}{2K \cdot \mu} \left\{ \frac{1}{2K \cdot \mu} + \left(\frac{H}{D_c} - \frac{H_e}{D_c} \right) + \frac{\gamma_{sd} \cdot P}{3} \right\} + \frac{1}{2} \left(\frac{H_c}{D_c} \right)^2 + \frac{\gamma_{sd} \cdot P}{3} \left(\frac{H}{D_c} - \frac{H_e}{D_c} \right) \cdot e^{2K \cdot \mu(H_c/D_c)}$$

$$- \frac{1}{2K \cdot \mu} \cdot \frac{H_e}{D_c} - \frac{H}{D_c} \cdot \frac{H_e}{D_c} = \gamma_{sd} \cdot P \cdot \frac{H}{D_c}$$

- H: Hauteur du remblai au dessus des conduites jusqu'au terrain naturel ou la surface du remblai (cm)
- H_e: Hauteur du remblai au dessus des conduites jusqu'à la surface du tassement (cm)
- K: Coefficient de Rankin de la pression du sol, $K = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$
- μ Coefficient du frottement interne des matériaux de remblayage μ = tan φ
- μ' Coefficient du frottement interne entre les matériaux de remblayage et les parois des tranchées μ' = tan φ' (=μ)
- φ: Frottement interne des matériaux de remblayage
- φ': Frottement interne des matériaux de remblayage avec les parois des tranchées
- P: Taux de la saillie positive, P = x/D_c (généralement P = 1.0)
- x: Distance verticale entre le côté supérieur des conduits et le sol adjacent existant (cm)
- γ_{sd}: Taux de tassement

Le coefficient de pression du sol dans les conditions de tranchée est théoriquement plus petit que l'état de sous saillie calculé par la formule de Marston. Au cas où la largeur au dessus de la conduite est relativement plus large, le coefficient dans les conditions de saillie donne de petites valeurs, et donc, un plus petit coefficient devrait être utilisé pour les conditions en tranchée et en saillie pour la conception des structures.

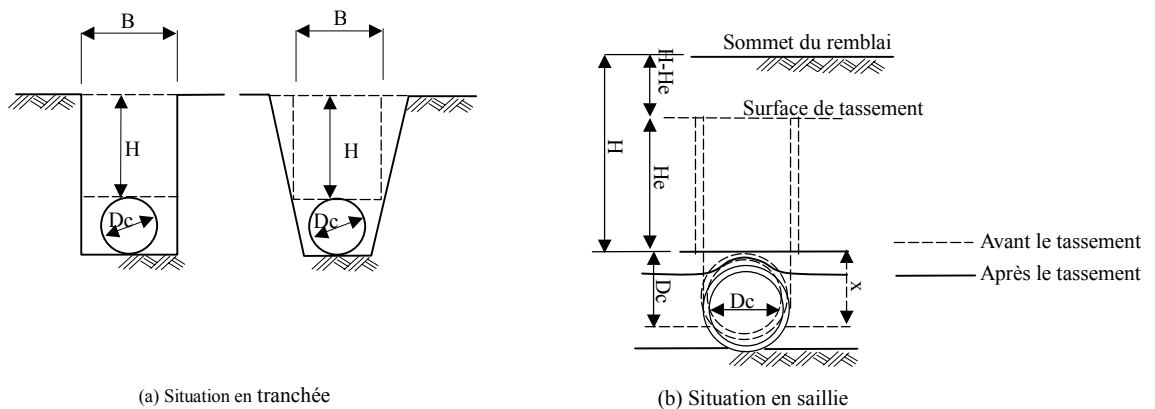


Figure 3.6.1 Situations variables des conduites

Tableau 3.6.2 Moment sous Diverses Conditions de Charge

Charges	Angle de Support(2θ°)	Support non fixe		Support fixe	
		Moment Maximum	Conditions de charge	Moment Maximum	Conditions maximum
Barre verticale (Barre uniforme)	60	$0.377 WR^2$		---	
	90	$0.314 WR^2$		---	
	120	$0.275 WR^2$		---	
	180	$(*)0.250 WR^2$		$0.220 WR^2$	
Charge de d'eau	60	$0.420 w_0R^3$		---	
	90	$0.321 w_0R^3$		---	
	120	$0.260 w_0R^3$		---	
	180	$(*)0.220 w_0R^3$		$0.055 w_0R^3$	
Charge de la conduite	60	$0.134 W_dR$		---	
	90	$0.102 W_dR$		---	
	120	$0.083 W_dR$		---	
	180	$(*)0.070 W_dR$		$(*)0.017 W_dR$	
Charge verticale	60	$-0.166 PR^2$		---	
	90	$-0.166 PR^2$		---	
	120	$-0.166 PR^2$		---	
	180	$(*)-0.166 PR^2$		$-(0.047P_1+0.060P_2)R^2$	

W: Charge verticale sur la conduite (kgf/cm²)

W = Charge verticale du sol + charges verticales diverses

w₀: Poids unitaire de l'eau (0.001 kgf/cm³)

W_d: Poids des conduites par cm (kgf/cm)

P₁: Charge verticale au dessus de la conduite (kgf/cm²)

P₂: Action de la charge horizontale sur le fonds de la conduite (kgf/cm²)

R: Rayon de la conduite (centre de la conduite) (cm)

P: Action des charges horizontales au centre de la paroi de la conduite (kgf/cm²)

P = Charge horizontale du sol + poids de la conduite et de l'eau à l'intérieur + Charges mobiles intérieures et autres

Conception de l'angle de support

(1) Fondations

Tableau 3.6.3 Angles de Support Retenus pour la Conception du Sol Compacté des Fondations (unit : °)

	Conduites	Conduites flexibles		Conduites rigides
	Classification des sols	+ large que 120	+ large que 180	360
Gravier	G, GS	90	90	120
	GF	90	90	90
Sol sablonneux	SW, SW-G, SGW in S, SG	90	120	120
	SP, SP-G, SGP in S, SG	90	90	90
	Other soil classified in S, SG, SF	60	60	90

Notes: Les angles de support retenus pour la conception des couches du sol classifié en ML, CL sont de 30° pour les conduites rigides et 60° pour les conduites flexibles respectivement à condition d'installer une fondation des conduites faite de gravier et de sable.

(1) Calcul de l'épaisseur de la conduite déterminé par le rapport des charges internes/externes

$$t \geq \frac{0.5D \cdot h + \sqrt{(0.5D \cdot h)^2 + 24\alpha \cdot \sigma_a \cdot M}}{2\sigma_a} \text{-----(Equation (a))}$$

t: Epaisseur de la conduite (8cm)

D: Diamètre interne de la conduite (cm)

h: Pression de l'eau de projet (kgf/cm²)

M: Moment maximum par charges externes (kgf cm/cm) (voir Tableau)

α: Tension de traction/tension de flexion

Conduite en PVC: 0.55

Conduite en Polyéthylène: 0.75

σ_a: Contrainte de traction admise (kgf/cm²)

Conduite en PVC: 170 kgf/cm² (facteur de sécurité = 3)

Conduite en Polyéthylène: 65 kgf/cm² (facteur de sécurité = 3)

(2) Equation pour l'évaluation de l'épaisseur nécessaire de la conduite par rapport à la flexion

L'équation suivante est applicable pour faire l'estimation de l'épaisseur nécessaire des conduites:

$$\frac{\Delta X}{2R} \times 100 = \frac{F_1 (K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w}{\frac{E \cdot I}{R^3} + 0.061e'} \times 100(\%)$$

- ΔX : Longueur de flexion horizontalement (cm)
 ΔX_1 : Longueur de flexion par charges mortes (cm)
 ΔX_2 : Longueur de flexion par charges vives (cm)
 R : Rayon de la conduite (centre de la conduite) (cm)
 W_v : Charges verticales de la pression du sol, etc. (kgf/cm²)
 W_w : Charges verticales des charges vives (kgf/cm²)
 w_0 : Poids unitaire de l'eau (0.001 kgf/cm³)
 W_p : Poids de la conduite par cm (kgf/cm²)
 Conduite en PVC: 1.43
 Conduite en Polyéthylène: 0.96
 Conduite en fibre renforcée: 2.00

K, K_0, K_p : Coefficients déterminés par angle de support de la fondation

Les valeurs standard de K

Angle de support à la base	0°	30°	60°	90°	120°	180°
K	0.110	0.108	0.103	0.096	0.089	0.083
K_0	0.107	0.104	0.096	0.085	0.075	0.065
K_p	0.215	0.208	0.191	0.169	0.149	0.131

F_1 : Coefficient de retard de la flèche par charges mortes

Coefficient de retard de la déformabilité par charges mortes

Matériaux de la fondation / Matériaux de la couche originale	Matériaux sableux/Sandy	Sol graveleux
Sol graveleux	1.0	1.0
Sol sableux	1.1	1.0
Sol cohésif	1.3	1.2
Autres	1.5 ou plus	1.5

Note: $F_1=1.0$ est appliqué aux conduites à diamètre de 300mm ou inférieur.

F_2 : Coefficient de retard de la flèche par charges mortes ($F_2=1.0$ en général)

E: Module d'élasticité: E (x10¹⁰ kgf/m²)

Conduites	E
Conduite en PVC	0.03
Conduite en Polyéthylène	0.01
Conduite en fibre renforcée	0.15

I: Moment géométrique de l'inertie de la paroi de la conduite (cm⁴/cm)

e': Coefficient de réaction du sol de fondation (kgf/cm²)

Coefficient de réaction du sol de fondation

Matériaux de la fondation	Matériaux sableux	Sol graveleux
Materiaux de la couche originale		
Sol graveleux	45	60
Sol sableux	40	55
Sol cohésif	30	40
Autres	15	20

Note: "Autres" comprend du sol organique ou du sol meuble.

Le moment géométrique de l'inertie de la paroi de la conduite est évalué à partir des conditions de pose des conduites et la longueur de flexion horizontale, (voir le tableau ci-dessus).

$$I = \frac{R^3}{E} \cdot \left\{ \frac{F_1(K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w}{\frac{\Delta X}{2R}} - 0.061e' \right\}$$

Comme le moment géométrique de l'inertie donné est $b \cdot t^3 / 12$, donc, lorsque $b=1.0$ cm, et l'épaisseur nécessaire de la conduite donnée est $t \geq \sqrt[3]{12 \cdot I}$. -----Equation (b)

La longueur de flexion horizontale (ΔX) est :

Longueur de flexion horizontale

Compaction	Valeur D 90% (General)	Valeur D 95% (Spécialement)
Taux de déformabilité admis (%)	5	5
Taux de dispersion de la déformabilité (%)	2 (1) 3 (4)	1 4
Taux de la déformabilité de projet (%)		

Notes: La valeur en () est appliquée à la base en sol graveleux.

L'épaisseur de la conduite qui satisfait aux deux équations a et b est appliqué à la conduite.

(Exemple)

L'épaisseur nécessaire de la conduite est évaluée comme suit:

Condition de la conception:

Conduite: conduite en PVC. le diamètre est de 400 mm

Profondeur: 5 m à partir du terrain naturel (état de la tranchée, 120 °)

La profondeur de l'eau dans la conduite est négligeable.

1) Equation (a)

D (cm)	40	
R (cm)	20	
h (kgf/cm ²)	0	
H (cm)	500	
α	0.55	
σ _a (kgf/cm ²)	170	
M (kgf cm/cm)	$0.275WR^2 - 0.166PR^2$ $= 0.275 \cdot C_d \cdot w \cdot \frac{B^2}{D_c} \cdot R^2 - 0.166 \cdot PR^2$ $= 0.275 \times 1.606 \times 0.0018 \times \frac{200^2}{40} \times 20^2 - 0.166 \times 0.300 \times 20^2 = 298.068$	$C_d = \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu'(H/B)}}{2K \cdot \mu'}$ $= \frac{1 - e^{-2 \times 0.333 \times 0.577 \times 500 \div 200}}{2 \times 0.333 \times 0.577} = 1.606$ $P_h = K \cdot w \cdot H = 0.333 \times 0.0018 \times 500 = 0.300$
t (cm)	$t \geq \frac{0.5D \cdot h + \sqrt{(0.5D \cdot h)^2 + 24\alpha \cdot \sigma_a \cdot M}}{2\sigma_a}$ $= \frac{0.5 \times 20 \times 0.0 + \sqrt{(0.5 \times 20 \times 0.0)^2 + 24 \times 0.55 \times 170 \times 298.068}}{2 \times 170}$ $= 2.41$	

2) Equation (b)

Symbols	Equations / valeurs	Remarques
R (cm)	20	
E	0.03×10^{10} (kgf/m ²) = 0.03×10^6 (kgf/cm ²)	
F ₁	1.0	
F ₂	1.0	
K	0.089	
K ₀	0.075	
K _p	0.149	
W _v	$W_v = C_d \cdot w \cdot \frac{B^2}{D_c} = 1.606 \times 0.0018 \times \frac{200^2}{40} = 2.891$	$C_d = \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu'(H/B)}}{2K \cdot \mu'}$ $= \frac{1 - e^{-2 \times 0.333 \times 0.577 \times 500 \div 200}}{2 \times 0.333 \times 0.577} = 1.606$
w ₀ (kgf/c m ²)	0.001	
W _p (kgf/c m ²)	$0.00143 \times 1.2 = 0.0017$	

W_w (kgf/c m ²)	0.000	
$\frac{\Delta X}{2R}$	$\frac{\Delta X}{2R} \times 100(\%) = 4$ $\frac{\Delta X}{2R} = 4 \times 100 = 400$	
I	$I = \frac{R^3}{E} \left\{ \frac{F_1(K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w - 0.061e^i}{\frac{\Delta X}{2R}} \right\}$ $= \frac{20^3}{0.03 \times 10^6} \cdot \left\{ \frac{1.0 \times (0.089 \times 2.891 + 0.075 \times 0.001 \times 20 + 0.149 \times 0.0017) + 1.0 \times 0.089 \times 0.000}{0.04} - 0.061 \times 60 \right\}$ $= 0.751$	
t (cm)	$t \geq \sqrt[3]{12 \cdot I} = \sqrt[3]{12 \times 0.751} = 2.08$	

Les prescriptions d'épaisseur minimales des conduites en PVC sont: 2,08 cm et 2,41 cm obtenues par l'équation (a) et par l'équation (b).

3.7 Pente du Lit de la Galerie

Pour le reprofilage de la fondation de la galerie, deux solutions sont proposées, l'une est la détermination d'une pente, et l'autre est d'adopter une pente horizontale. Cet aspect est abordé ci-après en considération l'état réel de la khattara.

Le tableau suivant explique les avantages et les inconvénients des deux choix:

Tableau 3.7.1 Reprofilage de la Galerie

Description	Avec pente	Horizontale
1) Etant donné que le niveau des eaux souterraines a notablement baissé à cause des années de sécheresse consécutives, le creusement du lit de la galerie s'avère nécessaire pour atteindre le niveau de la fondation inférieure au niveau des eaux souterraines. La côte du lit du canal devrait être fixée aussi basse que possible pour permettre le transport de l'eau sur toute la longueur. Etant donné que les galeries sont réhabilitées en béton pour en permettre un usage permanent, leurs côtes devraient être fixées à un niveau aussi bas à partir de l'exutoire, que les conditions topographiques et physiques puissent le permettre.	x	o
2) Certaines pentes qui sont égales au gradient des pentes de friction permettent des coûts de construction plus faibles, par la minimisation du volume des terrassements, etc. Il y a quantitativement peu de différence entre les khattaras avec et sans pente comme cela est détaillé ci-après.	o	x
3) Des pentes d'un certain gradient peuvent accélérer le mouvement des sédiments dans la galerie. Donc il serait efficace d'adopter une pente aussi efficace que les conditions topographiques puissent le permettre. Cependant, la plupart des khattaras on une pente douce, une inclinaison d'1/1000, la rendant inappropriée à cette finalité.	Δ Efficace sur les khattaras situées sur des collines.	x Entretien périodique nécessaire

En prenant des vitesses d'écoulement différentes (profondeur de l'eau), la perte de charge hydraulique (gradient hydraulique) est évaluée selon ce qui est donné dans le Tableau 3.5.1 selon les conditions ci-après :

Conditions de calcul: Débit 0.01 m³/sec
 Largeur du canal 0.6 m (Largeur standard de la khattara)
 Coefficient de rugosité : 0.015 (béton)

Comme le démontre le Tableau 3.7.2, le gradient hydraulique est évalué à environ 1/5000 à 1/100000 dans une éventail de vitesses de 0.16 à 0.06 m/sec. Ce fait indique que le reprofilage du lit de la galerie correspondant au gradient ne réduit pas économiquement remarquablement le volume des constructions, et en conséquence, le reprofilage horizontal est préférable pour la maintenance du lit de la galerie à un niveau bas en supposant un rabattement future de la nappe d'eau.

Tableau 3.7.2 Calcul des Pertes ce Charge Hydrauliques

	Profondeur moyenne de l'eau (m)			
	0.1	0.15	0.2	0.3
Débit (m ³ /sec)	0.01			
Largeur du canal (m)	0.60			
Coefficient de rugosité (n)	0.015			
Rayon hydraulique (m)	0.075	0.100	0.120	0.150
Vitesse	0.167	0.111	0.083	0.056
$\frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}}$	0.00020	0.00006	0.00003	0.00001
Perte de charge avec L=1000m (m)	0.20	0.06	0.03	0.01
Gradient hydraulique	1/5,000	1/17,000	1/33,000	1/100,000

Note: Pertes de charge par friction:

$$h_f = \frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}} \times L$$

Où,

- h_f : Perte de charge par friction (m)
- n : Coefficient de rugosité selon la formule de Manning
- V : Vitesse moyenne de l'eau (m/sec)
- R : Rayon hydraulique (m)
- L : Longueur du canal (m)

4. Plan de Fourniture des Matériaux

4.1 Travaux en Béton

Le béton devrait être fait en ciment, de granulats fins, de granulats grossiers, d'eau et d'adjuvants, le tout bien malaxé et amené à la consistance appropriée.

(1) Taille maximum des granulats et les proportions de la gâchée

La taille maximum des granulats et la résistance à la compression minimum en 28 jours devraient satisfaire, en principe, aux spécifications données au Tableau 4.1.1. Des spécifications pratiques devraient d'ailleurs être déterminées sur site sur la base d'essai.

Les proportions de la gâchée par unité de volume de béton, telle que celle du ciment, de l'eau, des fines et des granulats grossiers, des adjuvants devront être déterminées sur la base de ceux qui produisent le béton le plus économique, ayant l'ouvrabilité, la densité, l'imperméabilité, la durabilité et la résistance adéquates requises pour les différents types de structures dans lesquelles le béton est coulé.

Le volume d'eau devrait être adopté à la variation de l'humidité et de la granulométrie.

(2) Essais

L'Entrepreneur doit faire faire tous les essais susceptibles de déterminer les proportions de la gâchée de chaque type de béton, y compris les essais sur les granulats, afin de produire un béton spécifié dans les clauses du CPS.

Afin de contrôler la qualité du béton, l'entrepreneur doit faire procéder aux essais sur site selon les spécifications du Tableau 4.1.2.

Tableau 4.1.1 Proportion de la Gâchée Standard

Classe (Catégorie)	Taille maximum des granulats (mm)	Compression (kg/cm ² ,bar)	Utilisation
B4E (31.5/150)	31.5	127 (130)	Béton maigre
B4 (63/250)	63	176 (180)	Béton ordinaire
B3 (31.5/300)	31.5	225 (230)	Béton armé
B2 (31.5/350)	31.5	265 (270)	Coffrage
B1 (16/400)	16	294 (300)	Structures spécifiques

Note: 1.0 bar = 0.98 kg/cm²

Tableau 4.1.2 Essais sur Site de Contrôle de Qualité du Béton

Essai	Nbre. D'essais	Site d'échantillonnage	Méthode
Granulométrie des granulats grossiers	Une fois par mois où selon les besoins	Stock des granulats	ASTM C136
Granulométrie des granulats fins	Une fois par mois où selon les besoins	Stock des granulats	ASTM C136
Essai de résistance à la compression	Chaque 50 m ³ de coulage de béton (6 spécimens de coulage chaque fois)	Malaxeur ou site de coulage sous les directives de l'Ingénieur	ASTM C172 ASTM C31
Essai d'affaissement	Plus de 2 fois par jour	Malaxeur ou site de coulage sous les directives de l'Ingénieur	ASTM C143
Essai de la teneur en air du béton frais	Plus de 2 fois par jour	Malaxeur ou site de coulage sous les directives de l'Ingénieur	ASTM C233
Mesures de température	Plus de 2 fois par jour	Malaxeur ou site de coulage sous les directives de l'Ingénieur	

(3) Ciment

Le ciment doit être conforme aux spécifications du ciment Portland. Il doit être emmagasiné dans un endroit à l'abri des intempéries ou un magasin le protégeant de l'humidité.

(4) Eau

L'eau de mélange du béton et du mortier doit être libre de tous sédiments, toutes matières organiques, huile, alcalins, acides, sel ou toute autre impureté. Une turbidité de plus de 2000 ppm est contestable. La teneur en ion chlorure est limitée à 0.3 kg/m³.

4.2 Granulats du Béton

(1) Granulats grossiers

Les granulats grossiers sont soit du gravier naturel soit du gravier fabriqué. Les essais suivants sont pratiqués sur des granulats grossiers.

- 1) Résistance à l'abrasion par la Les pertes ne devraient pas dépasser 40 % en poids.
Machine Los Angeles
(ASTM C131)
- 2) Solidité par le sulfate de sodium..... Les pertes moyennes pondérées, après 5 cycles, seront inférieures à 12 % en poids.
(ASTM C88)
- 3) Poids spécifique (ASTM C127) Le poids spécifique ne sera pas inférieur à 2.60 dans l'état de surface sèche saturée.

Les granulats grossiers seront disposés en deux classes comme suit :

Tableau 4.2.1 Classifications des Granulats Grossiers

Les éléments de plus petites dimensions (cm)	Index	Taille maximum des grains			
		Catégorie du béton			
		B1-B2-B3		B4-B5-B4E-B5E	
		Coupant (mm)	Rond (mm)	Coupant (mm)	Rond (mm)
5 - 11	1	8 - 20	10 - 25	12.5 - 25	16 - 31.5
11 - 22	2	12.5 - 25	16 - 31.5	25 - 50	31.5 - 63
22 - 44	3	20 - 50	25 - 63	50	63
44 - 88	4	50	63	50 - 100	63 - 120

(2) Granulats fins

Les granulats fins seront soit naturels soit fabriqués à partir de sables. Ils doivent répondre aux exigences suivantes :

- 1) Les matériaux passant par un crible N° 200 (75 micron), subissant des essais lors de leur mise dans le malaxeur conformément à l'ASTM C117, ne devront dépasser 5.0 % en poids pour le sable de broyage et 3 % pour le sable de rivière.
- 2) Les composés organiques nocifs du sable naturel devront faire l'objet d'essais conformément à l'ASTM C40. La couleur du liquide surnageant le sable doit être plus claire que la couleur standard.
- 3) Le poids moyen des pertes en granulats fins, après 5 cycles d'essai au sulfate de sodium pour la solidité conformément à l'ASTM C88, doit être inférieur à 10 % en poids.

Lors du gâchage, les granulats fins doivent être bien classifiés, et les essais doivent donner les limites suivantes:

Tableau 4.2.2 Granulométrie des Granulats Fins

Crible	Pourcentage en poids passant		
		Rond (mm)	Coupant (mm)
		Minimum	Maximum
6.3	5	95	---
3.15	2.5	70	90
1.6	1.25	45	80
0.8	0.63	28	55
0.4	0.315	10	35
0.2	0.16	2	17
0.1	0.08	0	12

4.3 Acier d'Armature

1) Matériel

Les barres d'armature utilisées les structures en béton doivent être des barres à haute adhérence Fe E 40 et les dimensions, la résistance à la traction, la limite apparente d'élasticité, l'élongation et les autres propriétés doivent être conformes à ce qui suit:

Tableau 4.3.1 Caractéristiques du Fe E 40

Items	Unité	Caractéristiques
Diamètre maximum (d)	mm	25
Contrainte de traction élastique limite	kgf/cm ²	d≤20: 4,200 d>20: 4,000
	bar	d≤20: 4,120 d>20: 3,920
Contrainte de traction de rupture	kgf/cm ²	4,850
	bar	4,760

2) Fabrication et mise en place des barres d'armature

(a) Espacement

La distance entre les barres parallèles en profilé ne doit pas être inférieure au diamètre nominal de la barre ou bien $\frac{3}{4}$ fois la taille maximum des granulats grossiers et pas moins de 2,0 cm. La distance nette entre les barres en colonnes ne doit pas être inférieure à 1,5 fois le diamètre nominal de la barre ou bien $\frac{3}{4}$ fois la taille maximum des granulats grossiers et pas moins de 4 cm.

(b) Crochet d'ancrage

Les crochets d'ancrage seront placés au bout des barres de traction qui sont ancrées au bout fixe des Membres, des semelles et les bouts libres des consoles. Pour les ancrages autres que ceux mentionnés ci-dessus, des crochets doivent être placés au bout des barres d'armature.

(c) Eclisses

Là où c'est nécessaire les ronds sont liés par des éclisses. L'éclissage aux points de contrainte maximum et la concentration des éclisses en une même section doivent être évités.

La longueur du recouvrement des éclisses doit être supérieure aux valeurs données au Tableau 4.1.6, sauf si c'est autrement spécifié dans les plans ou autrement indiqué par l'ingénieur.

Tableau 4.3.2 Longueur des Recouvrements

Diamètre des ronds (mm)	10	12	14	16	(18)	20	(22)	25
Longueur des recouvrements pour les éclisses (cm)	30	36	42	48	54	60	66	75

Note: Les ronds ayant des diamètres de 18 et 22 mm ne sont disponibles au Maroc.

(d) Recouvrement

Le recouvrement des ronds est montré au Tableau 4.3.3.

Tableau 4.3.3 Couverture des Ronds

Emplacement	Profondeur de couverture (cm)	
	D≤18 mm	D>20 mm
Surface en contact avec le sol	9.0	10.0
Surface en contact avec l'eau	6.0	7.0

4.4 Autres Catégories de Conduite

(1) Conduites en Béton Armé

Les conduites en béton armé seront installées. Les conduites de ce type sont les suivantes :

Tableau 4.4.1 Caractéristiques des Conduites en Béton Armé

Diamètre	Série 60 A		Série 90 A		Série 135 A	
	Epaisseur (mm)	B.P. (kN/m)	Epaisseur (mm)	B.P. (kN/m)	Epaisseur (mm)	B.P. (kN/m)
300	37	38	37	38	37	41
400	43	38	43	38	45	54
500	50	40	50	45	53	68
600	56	43	58	54	62	81
700	62	46	66	63	70	95
800	68	49	74	72	80	100
1,000	80	60	90	90	100	135
1,100	86	66	97	99	110	147
1,200	92	72	105	108	120	162
1,300	98	78	112	117	130	174
1,500	113	90	128	135	148	203
1,800	130	108	150	162	170	243
2,000	140	120	160	180	180	270

(2) Demi-Buses en Béton Armé

Les Demi-Buses en béton armé seront installées. Les conduites de ce type sont les suivantes

Tableau 4.4.2 Caractéristiques des Demi-Buses en Béton Armé

Diamètre (mm)	Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Diamètre (mm)	Epaisseur (mm)	Longueur (mm)
300	33	6,810	1,100	58	6,810
400	35	6,810	1,300	75	6,810
500	37	6,810	1,500	85	6,810
600	39	6,810	1,550	76	6,810
700	42	6,810	1,800	80	4,080
800	46	6,810	1,850	88	6,810
950	52	6,810	2,000	120	4,080
1,000	54	6,810			

(3) Conduites en PVC

Les conduites en PVC peuvent être utilisées pour l'adduction de l'eau. Les conduites et leurs accessoires sont raccordés avec des joints ou par collage. Les conduites de PVC ont un diamètre extérieur égal à celui du tube en acier ou en fonte.

Ces conduites et leurs accessoires sont calibrés à 6.0 bars afin de leur permettre de résister au poids du remblai et aux charges vives de l'extérieur. Ils doivent convenablement être protégés contre le rayonnement prolongé du soleil.

5. Plan de Reconstruction des Structures Détériorées

5.1 Généralités

Les travaux de réhabilitation des khattaras en béton et en maçonnerie ont été entrepris depuis 1956 par le financement des autorités locales selon les dires des groupements des usagers des eaux. Etant donné que certaines khattaras ont été réhabilitées depuis une quarantaine ou une trentaine d'années, des dysfonctionnements sont apparus dus à la détérioration des structures en béton et l'étranglement de certains tronçons du tunnel empêche la réalisation des travaux de réparation.

5.2 Résultats des Investigations

Les résultats de l'étude de douze (12) khattaras sont donnés au Tableau 5.1.1, et les observations principales faites à l'endroit de ces khattaras sont les suivantes :

- 1) Les tronçons étroits des khattaras empêchent l'entretien périodique de la galerie, et donc le défaut de curage entraîne l'accumulation des dépôts et diminue l'écoulement de la khattara.

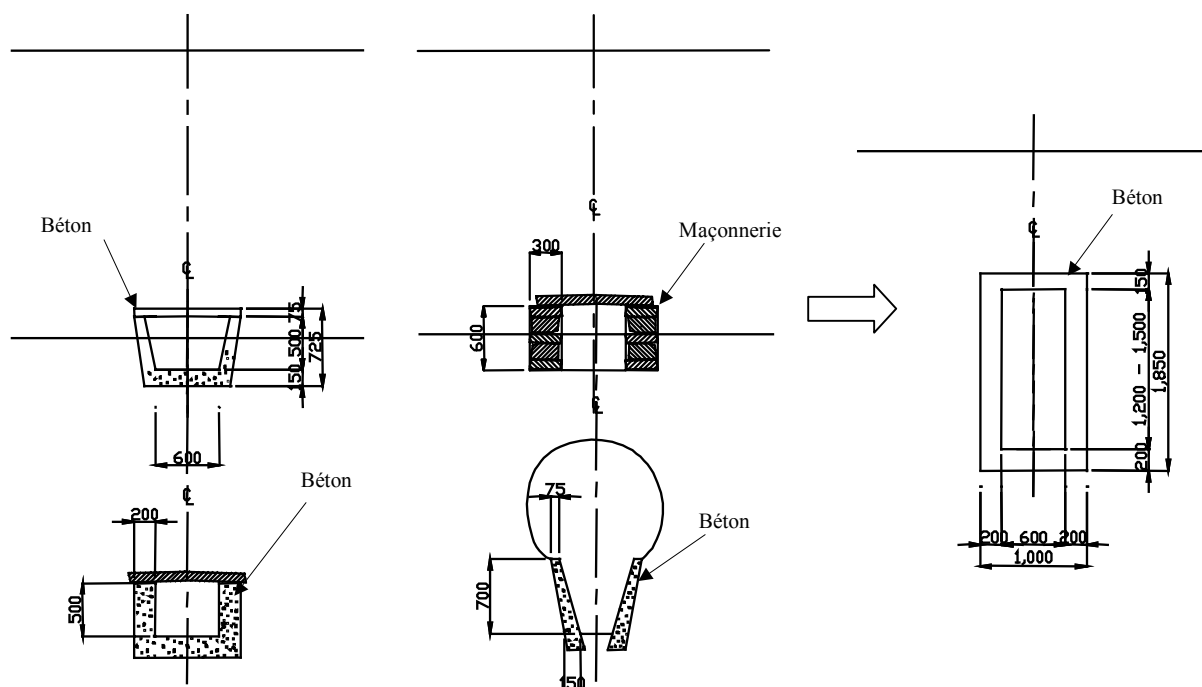
- 2) Les dunes de sable ont colmatés les puits verticaux, ce qui constitue une entrave à l'accès de la main d'oeuvre à la galerie,
- 3) La surface du béton s'est détériorée avec le temps et les barres d'acier sont rouillées à cause de l'humidité et l'eau salée des khetaras,
- 4) Les siphons ont été endommagés par les crues,
- 5) Le reprofilage du lit de la galerie est requis pour atteindre les eaux souterraines au niveau du tronçon en amont de la khattara suite au rabattement du niveau de la nappe conséquent aux années de sécheresse successives pendant les deux dernières décades. Dans certains cas, les radiers en béton empêchent le creusement du lit de la galerie. En outre, l'élévation du radier en béton par endroit constitue une entrave à l'écoulement vers l'aval.

En tenant compte des problèmes constatés ci-dessus, des méthodes de réhabilitation adéquats sont proposés ci-après.

5.3 Plan de Réhabilitation

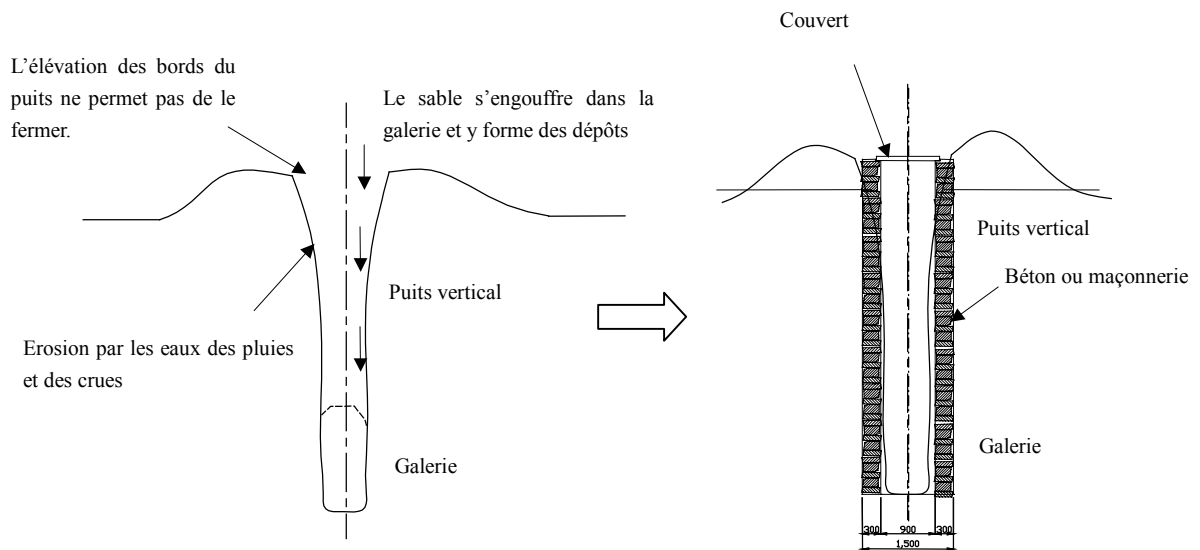
(1) Elargissement de la galerie

La section intérieure de la galerie doit mesurer au moins 1,2 m de hauteur et 0,6 de largeur. On recommande, d'après les résultats de l'étude de vérification, une hauteur de 1,5 m afin de faciliter le déplacement à l'intérieur lors des travaux d'entretien.



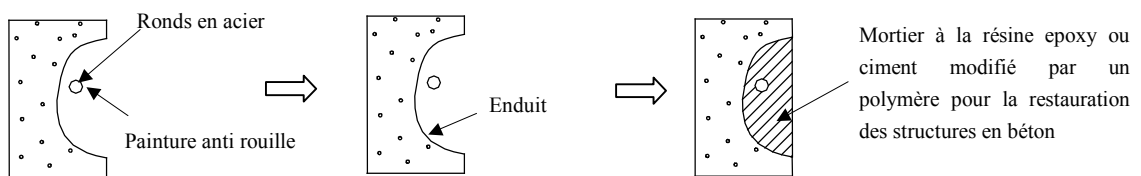
(2) Protection des puits verticaux

L'aménagement des puits verticaux en béton est efficace pour permettre l'accès à la galerie et protéger les puits contre les éboulements et le ravinement dû à l'érosion. L'aménagement en béton ou en maçonnerie est applicable.

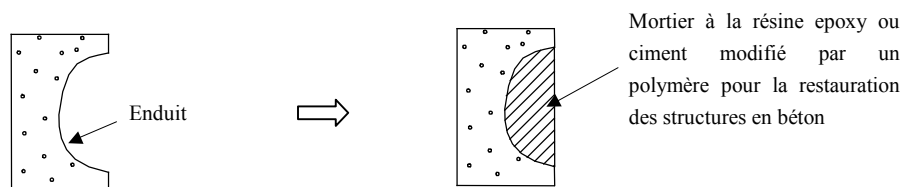


(3) Détérioration du béton à cause de l'usage prolongé

Le remplacement par des canaux en béton ou par des galeries est très recommandé et ce après démolition des structures détériorées. L'acier devrait être recouvert avec du mortier afin de protéger sa surface contre la corrosion après nettoyage de la rouille.



Au cas où les ronds en acier sont exposés



Au cas où les ronds en acier ne sont pas exposés

(4) Réhabilitation des siphons

Les siphons ont été introduits pour collecter l'eau des lits des rivières. Etant donné que les tronçons construits en galerie étaient trop étroits pour les travaux d'entretien, les siphons seront remplacés par de grands tronçons en béton, en maçonnerie ainsi que par des conduites en béton, en PVC ou en conduites en

fibres en plastique renforcées. Des matériaux seront mis en place en guise de filtre autour de ces structures pour lutter contre le colmatage.

(5) Reprofilage du lit de la galerie

On suggère de rabattre le lit de la galerie au moyen des méthodes suivantes :

Alternative 1: démolir le radier en béton et le remplacer par un canal en béton (travaux en tunnel) et,

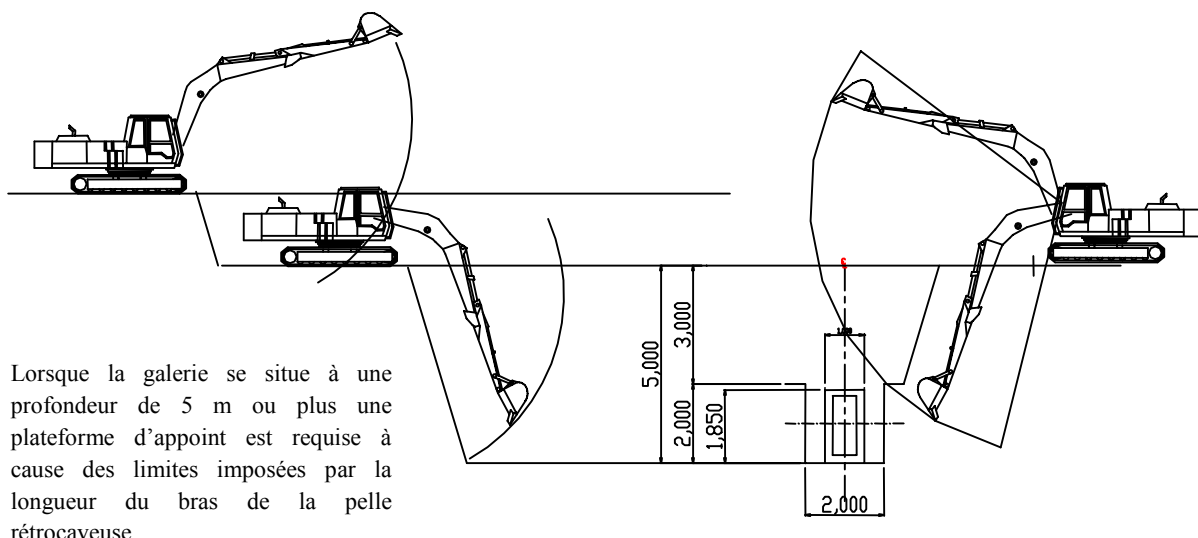
Alternative 2: construire une nouvelle galerie adjacente à l'ancienne (terrassment à ciel ouvert)

L'alternative 1 est bien utile comme méthode de réhabilitation tant que le coût en est raisonnable. L'alternative 2 peut être mise en oeuvre lorsque la galerie est à une faible profondeur du terrain naturel et le coût des terrassements n'est pas très élevé. La pente de la galerie est fixée pour permettre une profondeur d'un écoulement régulier (ou gradient hydraulique).

6. Planning des Constructions

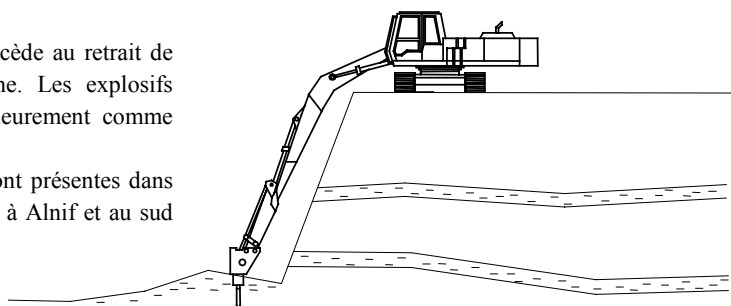
(1) Terrassement à ciel ouvert

Au cas où la galerie se situe à peu de profondeur, c'est-à-dire moins de 5 m, les terrassements à ciel ouvert sont recommandés pour la sécurité des travaux, l'aisance de l'exécution, l'assèchement, etc.



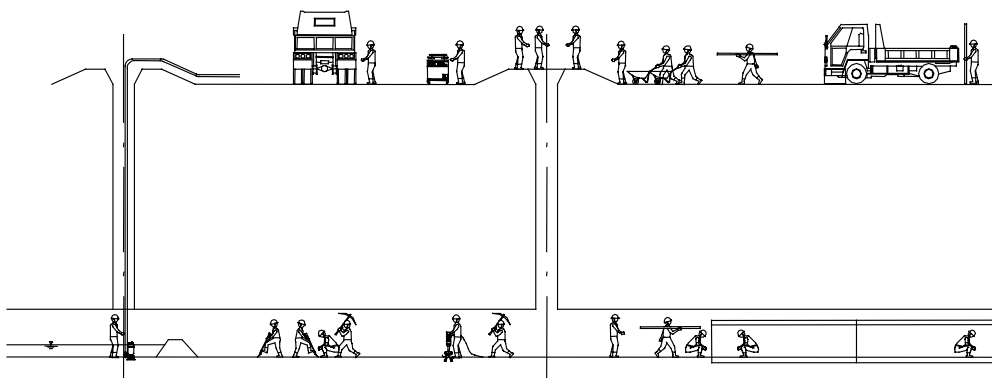
En présence d'une couche rocheuse, on procède au retrait de cette couche avec une pelle à brise roche. Les explosifs s'avèrent inefficaces, excepté en cas d'affleurement comme c'était le cas lors de l'étude de vérification.

Les couches de calcaire et d'agglomérats sont présentes dans la zone de Jorf, et de l'andésite très fissurée à Alnif et au sud de Tinejdad.

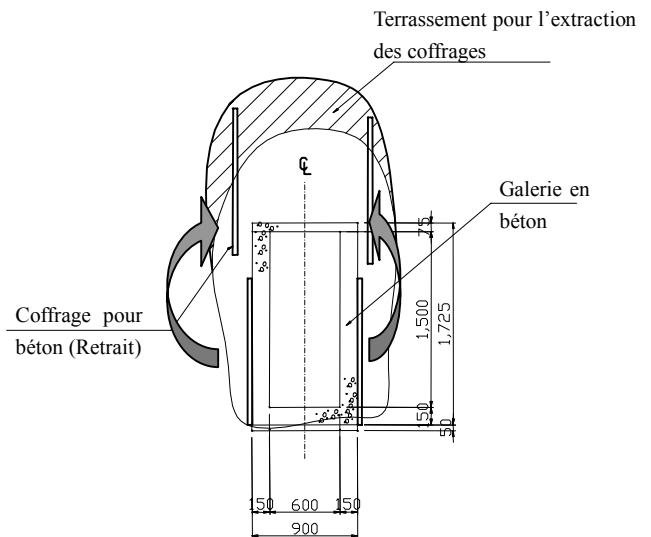


(2) Travaux en galerie

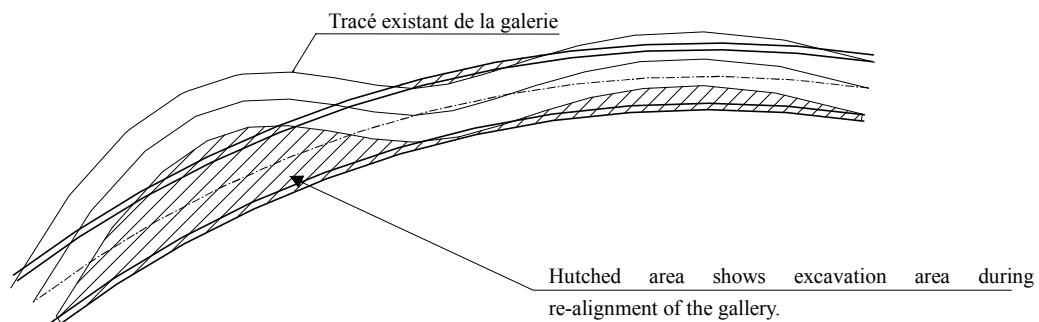
Les terrassements avec des pelles rétrocaveuses ordinaires sont très chers (longueur du bras : 5 m). Dans ce cas les travaux en galerie sont préférables lorsque la galerie se situe à plus de 5 m de profondeur. Cependant, on prend en considération l'état des lieux en appliquant le schéma qui suit:



- 1) Un cylindre de 12 m est généralement utilisé dans la galerie. Au cas où l'alignement est tortueux, des terrassements excessifs peuvent s'imposer.



- 2) L'assèchement, la mobilisation des matériaux de construction, l'installation/le retrait des coffrages, etc/ nécessitent de l'espace. Si la section de la galerie est petite, surtout à proximité de son plafond, de grandes quantités de matériaux d'extraction peuvent être produits.



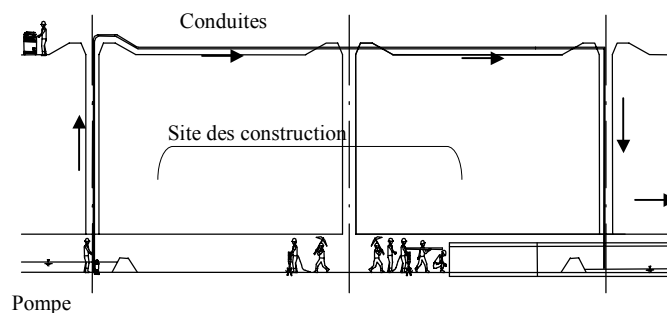
(3) Assèchement

Une dérivation est d'abord recommandée pour l'assèchement. Au cas où l'assèchement par voie gravitaire ou par pompage ne peut être évité pour les motifs mentionnés ci-dessous, des mesures d'assèchement appropriées doivent être appliquées en tenant compte des droits d'eau des exploitations en aval.

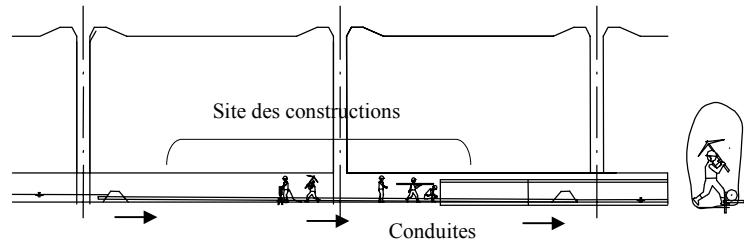
- 1) un titre foncier (les propriétaires ne permettent le déplacement du trace de la khattara)
- 2) les conditions topographiques (plusieurs khattaras sont juxtaposées)
- 3) des causes économiques (le coût d'une dérivation s'avère élevé)

Assèchement par pompage

Les pompes doivent être continuellement en marche 24 heures sur 24 heures, Autrement, de la boue peut s'accumuler dans le site de construction



Assèchement par adduction gravitaire
 Au cas où la hauteur d'eau entre l'amont et l'aval n'est pas très élevée, plusieurs conduits peuvent être requis pour maintenir l'écoulement.

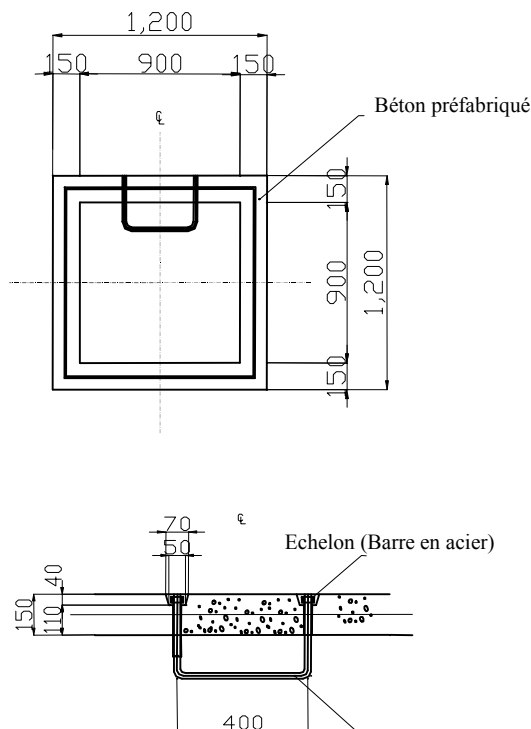


(4) Equipement et matériel de construction

La disponibilité du matériel et de l'équipement de construction est cruciale pour l'établissement d'un programme de construction, surtout le matériel des travaux de terrassement tels que les bulldozers, les pelles rétro-caveuses, les brises roches y compris le matériel manuel, etc. Il est donc nécessaire d'établir un programme de construction viable tout en tenant compte de la disponibilité à Errachidia des pelles mécaniques.

(5) Béton préfabriqué

Le béton préfabriqué devrait être utilisé pour les puits verticaux pour sa qualité (résistance à la compression), et pour réduire le temps de travail. Son utilisation contribue aussi à normaliser les travaux des galeries et des puits lors des travaux de réhabilitation futurs.



Béton préfabriqué utilisé por la khattara Oustania

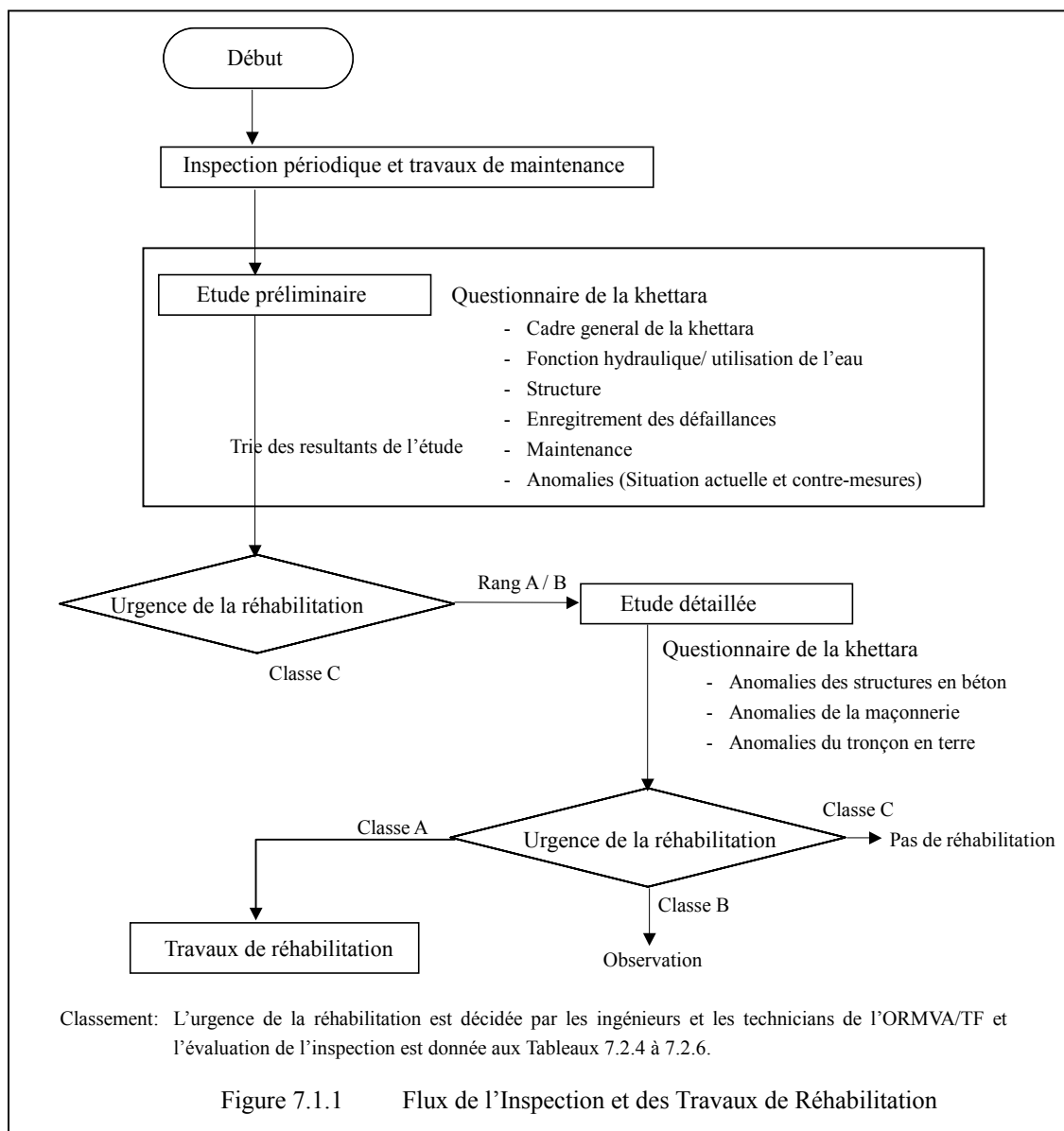
7. Maintenance des Khettaras

7.1 Généralités

Selon ce qui a été dit au Sous-chapitre 1.8, des inspections quotidiennes et périodiques sont à même de prévoir la survenance de dégâts. Elles sont entreprises afin d'éviter la détérioration des khettaras sur le plan physique et hydraulique avant que les dégâts ne deviennent irrémédiables.

L'inspection quotidienne se fait en tournées à pieds afin de constater tout effondrement ou dépôt sédimentaire tout au long de la galerie. L'inspection périodique est faite une fois par an et concerne toute la khettara. L'inspection à la recherche de dommages réels est faite à la suite des crues.

On recommande de préparer à l'avance des fiches d'inspection afin de constituer une base de données qui servira pour le planning des travaux de réhabilitation futurs.



7.2 Réhabilitation des Khetaras

7.2.1 Etude Préliminaire

Les questionnaires dressés auprès des groupements des usagers des eaux de khetaras sont collectés et triés afin de décider d'une étude détaillée. Les composantes d'une telle étude sont données ci-après:

Tableau 7.2.1 Composantes de l'Etude Préliminaire

Composantes	Description
1) Documents de la Réhabilitation	<ul style="list-style-type: none">- Collecte des données (Plan, débit, profil géologique, année de réhabilitation)- Autres informations relatives à la stabilité des structures
2) Entraves actuellement identifiées	<ul style="list-style-type: none">- Entraves quant à l'utilisation de l'eau, l'état des ouvrages (fissuration du béton, Fuite, rendement, etc.)- Evénements qui menacent la sécurité.
3) Enregistrements relatifs aux anomalies	<ul style="list-style-type: none">- Enregistrements relatifs aux anomalies (cause, accident corporels, état du site, etc.)
4) Analyse des tâches de maintenance	<ul style="list-style-type: none">- Problèmes actuels de la maintenance- Nécessité urgente de la réhabilitation

Un questionnaire type est illustré par le Tableau 7.2.2.

Les résultats des questionnaires sont triés (Tableau 7.2.3) pour servir aux investigations futures. Au cas où l'étude préliminaire aboutit à la classe « A » ou « B », une étude détaillée devrait être faite pour s'assurer de l'urgence des travaux de réhabilitation.

Tableau 7.2.2 Questionnaire pour les Khettaras (1/2)

Items	Description
1. Cadre général	
1) Nom de la khettara	
2) Ksar, Commune rurale	
3) Année de Réhabilitation	
4) Longueur de la khettara	Longueur totale: m Canal à surface libre: m (Terre Béton Maçonnerie) Tunnel : m (Terre Béton Maçonnerie)
5) Observation	-Sol () -Altération
2. Fonction hydraulique/ Utilisation de l'eau	
1) Sédimentation (gravier, sable)	<input type="checkbox"/> Beaucoup (A) <input type="checkbox"/> Peu (B) <input type="checkbox"/> non observée (C) ■Facteur cause d'accumulation des sédiments ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)
2) Détérioration de la Qualité de l'eau	<input type="checkbox"/> Très (A) <input type="checkbox"/> Peu (B) <input type="checkbox"/> non nécessaire (C) ■Facteur cause de la détérioration ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)
3. Structure	
1) Effondrement de la galerie	<input type="checkbox"/> Beaucoup (A) <input type="checkbox"/> Peu (B) <input type="checkbox"/> non observée (C) ■Facteur cause de l'effonrement ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)
2) Fissure grave	<input type="checkbox"/> Beaucoup (A) <input type="checkbox"/> Peu (B) <input type="checkbox"/> non observée (C) ■Facteur cause des fissures ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)
3) Ronds à nu	<input type="checkbox"/> Beaucoup (A) <input type="checkbox"/> Peu (B) <input type="checkbox"/> non observée (C) ■Facteur cause des ronds à nu ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)
4) Fuite	<input type="checkbox"/> Beaucoup (A) <input type="checkbox"/> Peu (B) <input type="checkbox"/> non observée (C) ■Zone des fuites et facteur cause des fuites ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)

Tableau 7.2.2 Questionnaire pour les Khettaras (2/2)

Items	Descriptions
4. Données sur les accidents	
1) Accident/ désastre	- Survenance: (JJ/MM/AA) Description de l'accident ()
5. Maintenance	
1) Problèmes de la maintenance	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, l'objet du problème ()
2) Coût de la maintenance	■ Coût de la maintenance (MM/AA) DH (MM/AA) DH (MM/AA) DH ■ Facteur cause de l'augmentation du coût chaque année ()
	Nécessité de résoudre le problème (<input type="checkbox"/> Très nécessaire <input type="checkbox"/> Peu nécessaire <input type="checkbox"/> Non nécessaire)
7. Mauvais fonctionnement (situation actuelle et contre-mesures)	
1) Etat de fonctionnement	<input type="checkbox"/> Critique <input type="checkbox"/> Non critique <input type="checkbox"/> non constaté ■ Facteur cause du mauvais fonctionnement ()
2) Cause du mauvais fonctionnement	La cause du mauvais fonctionnement: <input type="checkbox"/> évidente. <input type="checkbox"/> non évidente, mais certains facteurs sont soupçonnés en être la cause. <input type="checkbox"/> Sans effet. ■ Facteurs cause du mauvais fonctionnement ()
3) Nécessité des investigations sur le terrain	<input type="checkbox"/> nécessaire <input type="checkbox"/> pas nécessaire ■ Causes ()
4) Urgence de la réhabilitation	<input type="checkbox"/> nécessité urgente (A) <input type="checkbox"/> nécessité dans 5 ans (B) <input type="checkbox"/> nécessité dans 10 ans (C) <input type="checkbox"/> nécessité non urgente (C) ■ Causes ()
8. Observations pertinentes	

Tableau 7.2.3 Fiche Résumé de l'Etude Préliminaire

No.	1. Généralités			2. Utilisation de l'eau		3. Structure				8. Urgence de la réhabilitation
	1) Khetara	2) Ksar/ Commune rurale	3) Longueur de la khetara (m)	1) Sédiment	2) Qualité de l'eau	1) Effondrement de la galerie	2) Fissure grave	3) Rond à nu	4) Fuite	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Classe	Réhabilitation	Règles du classement	Autres
A	Très nécessaire	A > 1 note ou B > 4 notes	
B	Investigation requise	entre A et B	
C	Pour l'instant sous observation	A = 0 note et B < 3 notes	

7.2.2 Etude Détaillée

(1) Etendue de l'étude

La méthode de l'étude et son étendue sont déterminées conformément aux résultats de l'étude préliminaire. Ses composantes sont les suivantes :

Classe A: toute l'étendue fait l'objet de l'étude, l'unité étant 10 m à 100 m.

Classe B: Au moins 20 % de toute l'étendue fait l'objet de l'étude (l'échantillonnage est de 2 sites par 100m)

Les fiches de l'étude sont données aux Tableaux 7.2.6 à 7.2.8 par type de khattara du point de vue de sa structure. Les composantes et les méthodes d'étude de la khattara sont données ci-après :

Tableau 7.2.4 Composantes et Méthodes de l'Etude Détaillée

Composantes	Méthodes
Fissuration du béton et de la maçonnerie	La longueur et la largeur des fissures sont relevées
Affaissement	L'aspect externe est constaté visuellement
Détachement du béton	La forme et la superficie des détachements sont mesurées et enregistrées.
Dégâts et décapage	Etendue des dégâts et du décapage en sont mesurés
Dégâts au niveau des joints	L'ouverture des joints et la quantité des fuites sont mesurées au moyen d'une échelle et d'un compteur
Effondrement des parois	La fréquence du déblaiement des sédiments est un indicateur de l'état réel de la galerie et des parois de puits.
Autres	L'investigation géologique est également efficace pour évaluer la tendance à l'effondrement

(2) Evaluation

L'évaluation est faite par étendue unitaire. Dans le cadre de ce manuel, l'unité de l'étude est définie comme suit :

Unité d'étude : 100 m

Les Tableaux 7.2.4 to 7.2.6 indiquent la "notation", et la nécessité de la réhabilitation est décidée selon cette notation. L'évaluation standard est donnée ci-après, mais il demeure que l'avis des ingénieurs est plus concluant que la dite évaluation :

Tableau 7.2.5 Evaluation Standard (Par unité d'étude)

Nécessité de la réhabilitation	Notation	Classe	Evaluation
Nécessaire	Egale à 11 ou plus	A	Si les détériorations tels que les décapages, les déformations sont avancés, la réhabilitation est jugée urgente.
Observation	3 à 10	B	Les structures de la Khettara ne sont pas dérangées, cependant, on constate une certaine détérioration. La réhabilitation est requise.
Pas nécessaire	Egale à 2 ou moins	C	Pour l'instant aucune réhabilitation n'est requise

Tableau 7.2.6 Fiche d'Inspection du Béton (Etude détaillée)

Commune Rurale/K.sar	Nom de la khattara (ID No.)	Longueur totale	Longueur d'inspection	Station No.	Année d'achèvement	Date de l'Inspection	Nom de l'agent inspecteur

Items de l'Etude	Indicateurs	Classe des détériorations					
		Classe A		Classe B		Classe C	
		Description	Evaluation	Description	Evaluation	Description	Evaluation
1. Béton Fissuré							
Béton armé (sous niveau d'eau)	Réhabilitation est nécessaire si la fissure est plus de 0.2 mm	1.0 mm < Fissure	4	0.2mm < Fissure <1.0 mm	2	Fissure < 0.2 mm	0
Béton armé (au-dessus niveau d'eau)	Réhabilitation est nécessaire si la fissure est plus de 0.6 mm et la longueur est supérieure à 1.0 m	0.6 mm < Fissure et 1.0 m < Longueur 5.0 mm < Fissure max	2	0.6 mm < Fissure et 1.0 m < Longueur Fissure max < 5.0 mm	1	Fissure < 0.6 mm	0
Béton ordinaire	Réhabilitation est nécessaire si la fissure est plus de 3.0 mm	5.0 mm < Fissure	2	3.0 mm < Fissure < 5.0 mm	1	Fissure < 3.0 mm	0
2. Affaissement	Degré	Affaissement incliné ou inégal	4	Affaissement partiellement inégal	2	Pas de déformation	0
3. Déformation							
Séparation de la surface en béton avec des barres à nu	Tronçons par tonnelle (long de 9 à 12 m)	2 tronçons ou plus	2	Moins de 2 tronçons	1	non constaté	0
Séparation de la surface en béton sans des barres à nu	Tronçons par tonnelle (long de 9 à 12 m)	2 tronçons ou plus	4	Moins de 2 tronçons	2	non constaté	0
Dégâts / décapage	Profondeur et superficie	Epaisseur du longeron < Profondeur	2	Profondeur < Epaisseur du membre	1	non constaté	0
Détérioration	Exposure of aggregates in a barrel (long de 9 à 12 m)	2 tronçons ou plus	2	Moins de 2 tronçons	1	non constaté	0
4. Joint du béton							
Matériaux du joint	Séparation, écart (Taux des dégâts)	Plus de 10 %	2	5 - 9 %	1	moins de 4 %	0
Joint	Fuite, etc.	Plus de 5 %	2	2 - 4 %	1	moins de 1 %	0
Sub-Total							
Total							

Tableau 7.2.7 Fiche d'Inspection de la Maçonnerie (Etude détaillée)

Commune Rurale/Ksar	Nom de la khattara (ID No.)	Longueur totale	Longueur d'inspection	Station No.	Année d'achèvement	Date de l'Inspection	Nom de l'agent inspecteur

Items de l'Etude	Indicateurs	Classe des détériorations					
		Classe A		Classe B		Classe C	
		Description	Evaluation	Description	Evaluation	Description	Evaluation
1. Fissure of Maçonnerie							
Maçonnerie avec mortier	Réhabilitation est nécessaire si la fissure est plus de 5 mm	5.0 mm < Fissure	4	2.0 mm < Fissure < 5.0 mm	2	Fissure < 2.0 mm	0
2. Fissuration du béton							
Dalle en béton	Réhabilitation est nécessaire si la fissure est plus de 0.6 mm et length is more than 1.0 m	0.6 mm < Fissure et 1.0 m < Longueur 5.0 mm < Fissure max	2	0.6 mm < Fissure et 1.0 m < Longueur Fissure max < 5.0 mm	1	Fissure < 0.6 mm	0
Béton de fonds	Réhabilitation est nécessaire si la fissure est plus de 3.0 mm	5.0 mm < Fissure	2	3.0 mm < Fissure < 5.0 mm	1	Fissure < 3.0 mm	0
3. Affaissement	Degré	Affaissement incliné ou inégal	4	Affaissement pratiquement inégal	2	Pas de déformation	0
4. Déformation (Maçonnerie)							
Dégâts / décapage	Profondeur et superficie	Epaisseur du membre < Profondeur	2	Profondeur < Epaisseur du membre	1	non constaté	0
Détérioration	Dégâts du mortier de remplissage	10 % minimum	2	5 - 9 %	1	Moins de 4 %	0
5. Déformation (Béton)							
Séparation de la surface en béton avec des barres à nu	Tronçon par tonnelle (long de 9 à 12 m)	2 Tronçons ou plus	2	Moins de 2 tronçons	1	non constaté	0
Séparation de la surface en béton sans des barres à nu	Tronçon par tonnelle (long de 9 à 12 m)	2 tronçons ou plus	4	Moins de 2 tronçons	2	non constaté	0
Dégâts / décapage	Profondeur et superficie	Epaisseur longeron < Profondeur	2	Profondeur < Epaisseur du longeron	1	non constaté	0
Détérioration	Granulats à nu par tonnelle (long de 9 à 12 m)	2 tronçons ou plus	2	Moins de 2 tronçons	1	non constaté	0
Sub-Total							
Total							

Tableau 7.2.8 Imprimé d'Inspection du Tronçon en Terre (Etude détaillée)

Commune Rurale/Ksar	Nom de la khattara (ID No.)	Longueur totale	Longueur d'inspection	Station No.	Année d'achèvement	Date de l'Inspection	Nom de l'agent inspecteur
	Sta. No. - Sta. No.						
(Cette fiche) sur (nbre total des fiches)							
Survey Items	Indicateurs	Classe des détériorations					
		Classe A		Classe B		Classe C	
		Description	Evaluation	Description	Evaluation	Description	Evaluation
1. Effondrement de la galerie							
Etat de la paroi	Réhabilitation nécessaire si les effondrements sont fréquents.	Chaque mois	2	Une fois tous les deux ou trois mois	1	Une fois par six mois	0
2. Effondrement du puits							
Etat de la paroi	Réhabilitation nécessaire si les effondrements sont fréquents.	Chaque mois	2	Une fois tous les deux ou trois mois	1	Une fois par six mois	0
Orifice à l'entrée du puits	Réhabilitation nécessaire si les effondrements sont fréquents.	Chaque mois	2	Une fois tous les deux ou trois mois	1	Une fois par six mois	0
3. Décapage	Profondeur et superficie	5 cm de Profondeur ou plus par an	2	Moins de 5 cm par an	1	Non constaté	0
4. Fuite	Quantité des fuites	5 lit/sec ou plus par km	2	2 - 5 lit/sec par km	1	Moins de 2 lit/sec par km	0
5. Entrée de la galerie							
Puits vertical	Intervalles des puits (encore ouverts)	Plus de 500 m au max.	2	100 - 500 m au max	1	Moins de 100 m au max	0
Galerie	Tronçon moins de 1.2 m de hauteur	Plus de 500 m au max.	2	100 - 500 m au max	1	Moins de 100 m au max	
Sub-Total							
Total							

Note: Fiche d'inspection remplie pour les galeries d'1,0 m de long ou moins.

Tableau 7.2.9 Fiche Résumé de l'Etude Détaillée

Commune / Ksar		Nom de la khattara (ID No.)		Longueur totale (m)		Longueur d'inspection (m)		Date:		
								Agent:		
Inspection Fiche N°	Catégorie	Structure	Section, etc.	Longueur (m)	Longueur Cumulée(m)	Classe	Classe des détériorations			Remarques
	(Exemple)						Classe A	Classe B	Classe C	
I-1	Galerie	Non revêtue	Gravier	750	750	A	750			Etude complémentaire requise
I-2	-do-	Non revêtue	Limons argileux	1,000	1,750	C			1,000	
I-3	-do-	Béton armé	B0.6m x H1.2m	300	2,050	B		300		
I-4	-do-	Maçonnerie	B0.6m x H1.2m	100	2,150	A	100			
I-5	Canal à surface libre	Béton ordinaire	B0.6m x H1.2m	50	2,200	C			50	Continuer les observations
I-6	Bassin de régulation	Béton armé	B15.0m x W12.0m x H1.0m	---						
Total				2,200			850	300	1,050	
Taux sur la Longueur totale							39%	14%	48%	
Evaluation			(Global) B	Le tronçon à l'extrême amont nécessite une réhabilitation urgent.. Le déblaiement des sédiments peut être efficace..						

7.2.3 Inspections et Maintenance Périodiques

Plusieurs khattaras ont souffert de dégâts provoqués par les phénomènes naturels telles que les pluies, les crues, le mouvement des dunes de sable et l'effondrement des parois des galeries dû à l'alternance de l'humidité et de la sécheresse à l'intérieur du tunnel. Parmi ces causes, les crues sont les plus destructrices aux khattaras se situant à proximité des rivières. Des inspections périodiques s'avèrent nécessaires pour contrecarrer ces phénomènes. Cela devra être fait en faisant grand cas des points suivants:

- (1) Plan d'action
 - (a) Objets de l'inspection (Puits vertical, galerie, remblai autour du puits, digue, lit de la rivière, protection des puits, etc.)
 - (b) Méthode de la maintenance (choix des matériaux, préparation du budget, etc.)
 - (c) Programme des inspections et de la maintenance (avant la saison des pluies, et immédiatement après les crues)
 - (d) Responsabilité (chef de la khattara, l'ingénieur et le technicien de l'ORMVA/TF et les autorités locales)
- (2) Rapports des travaux

Les imprimés de enregistrements sont montrés par le Tableau 7.2.10.

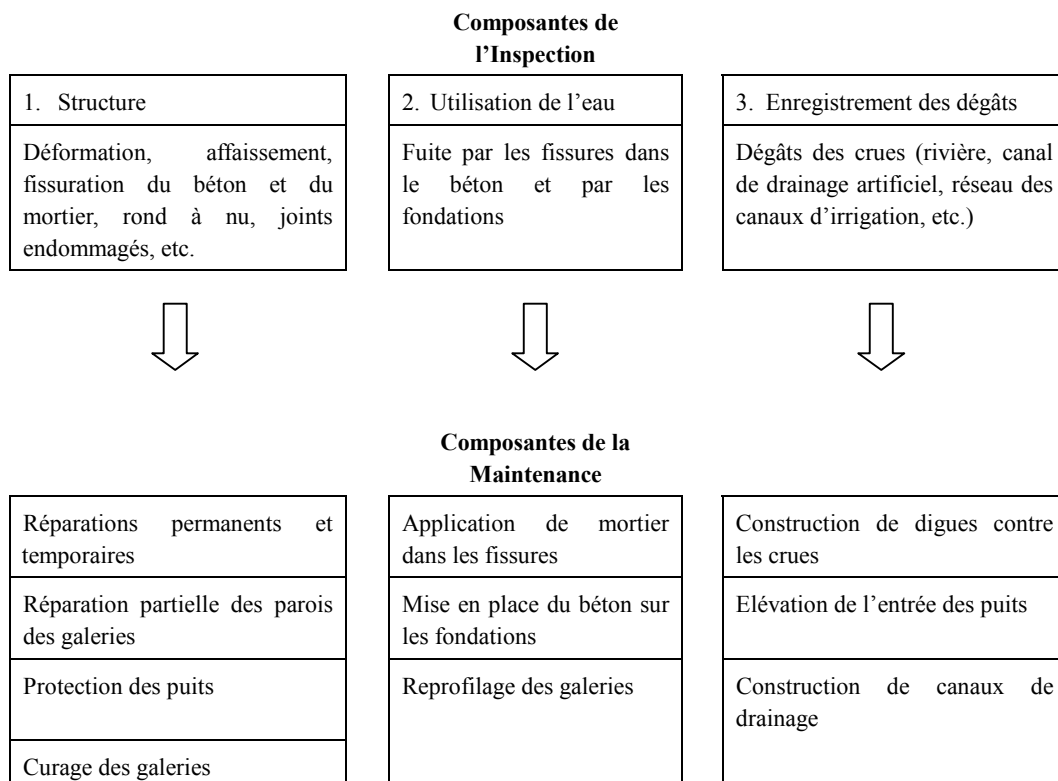


Tableau 7.2.10 Imprimé des Enregistrements de l'Inspection Périodique et les Travaux de Maintenance

	Date:	Agent:
Nom de la Commune/Ksar :		
Nom de la khattara:		
Chef de la khattara:		

Items de l'inspection	Points
1. Structure	Réparations temporaires et permanentes:
2. Utilisation de l'eau	Retrait des sédiments Fuites à travers le béton et le radier:
3. Enregistrement des dégâts	Dégâts des crues (rivière, canal de drainage artificiel, réseau d'irrigation par épandage des crues, etc.):
4. Opinion du Chef de la khattara	
5. Opinion de l'inspecteur	

Items de la maintenance	Travaux et quatités
1. Structure	Retrait des sédiments Réparations permanents et temporaires: (Items des travaux) (Quantité des travaux)
2. Utilisation de l'eau	Fuite à travers le béton et le radier: (Items des travaux) (Quantité des travaux)

8. Enregistrement Relatifs à la Réhabilitation des Khettaras

8.1 Enregistrements Relatifs aux Réhabilitations

Le Tableau F.8.2 donne les débits des khettaras, la longueur des galeries et la quantité des réhabilitations des 191 khettaras encore fonctionnelles. Ci-après figurent les remarques extraites du tableau :

1) Longueur totale: La longueur totale des khettaras est déduite de l'étude d'inventaire et l'étude détaillée des 37 khettaras sélectionnées.

2) Quantités des réhabilitations en longueur: La longueur totale réhabilité en béton ou en maçonnerie, déduite de l'étude d'inventaire et de l'inventaire et de l'étude détaillée des 37 khettaras sélectionnées.

3) Longueur des canaux d'irrigation:

La longueur totale des canaux principaux, en terre, en béton et en maçonnerie déduite de l'étude d'inventaire et de l'inventaire et de l'étude détaillée des 37 khettaras sélectionnées.

4) Travaux de réhabilitation de l'ORMVA/TF

Les travaux de réhabilitation sous le projet PDRT de 1992 à 2002. Les travaux de réhabilitation étaient constitués de a) curage et reprofilage des galeries, b) extension des galeries, c) protection, d) construction de galeries, e) recouvrement des galeries avec des dalles en béton, f) revêtement (extension des parois des galeries, g) protection des puits et h) régularisation de la construction des bassins.

5) Dons / étude de vérification

Les travaux de réhabilitation par l'assistance financière et technique du Japon, c'est-à-dire des programmes d'assistance financière moyennant des dons à petits budgets et une de vérification offerts par la JICA. Les travaux de réhabilitation se sont concrétisés par des travaux de reprofilage et de construction en béton de tronçons de galeries.

8.2 Analyse de l'Historique des Réhabilitations

Les travaux de réhabilitation peuvent se résumer comme suit:

Le taux des réhabilitations peut être évalué à 10,2 % des 191 khettaras comme le montre le Tableau 8.2.1. On constate une certaine dispersion par zone. Les colonnes g et I montre que le taux des réhabilitations en longueur et le taux des débits respectivement. Un taux plus élevé est obtenu dans les zones F et G, alors que le débit est plus faible dans ces zones. Ce qui démontre que ces zones connaissent des conditions climatiques sévères.

Tableau 8.2.1 Rehabilitation Rate by Zone

Zone	Longueur de la khettaral (m)	Nombre de khettaras	Construction par ORMVA/TF (m)	Construction par l'assistance japonaise (m)	Longueur totale de réhabilitation (m)	Longueur des réhabilitations par khettaral (m)	Taux des réhabilitations (%)	Débit total des khettaras par zone (lit/sec)	Taux du débit des Khettaras par zone (%)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
A	129,415	80	13,926	2,260	16,186	202	12.5	392	30.7
B	25,763	20	450	45	495	25	1.9	226	17.7
C	41,829	8	3,945	0	3,945	493	9.4	105	8.2
D	133,470	21	6,107	1,690	7,797	371	5.8	318	24.9
E	90,084	14	3,557	500	4,057	290	4.5	119	9.3
F	42,775	11	8,228	500	8,728	793	20.4	28	2.2
G	76,663	37	12,105	1,750	13,855	375	18.1	89	6.7
Total	539,999	191	48,318	6,745	55,063	288	10.2	1,277	100.0

Tableau 8.2.2

Enregistrements des réhabilitations des khetaras (19) Khetaras)

: Etude détaillée (37 khetaras)

Zone No. #3	Khetara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khetara (m)		Longueur du canal d'irrigation (m)			Travaux de Réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 to 2002) *2							Petits dons / Etude de vérification		
				Longueur totale	Quantité réhabilitée*	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Re-profilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)
A - 1	Taoutoutoute	Taoutoutoute	2.30	700		600	600											
A - 2	Iminkine	Iminkine	1.10	700		600	600											
A - 3	Ait oulhou	Ait oulhou	2.30	750		400	400											
A - 4	Toufaghantaste	Ait khelifa	3.40	350		500	500											
A - 5	Akkerouz	Akkerouz	1.70	630		1,100	1,100					1,300						
A - 6	Amgane	Amgane	2.30	1,600		1,000	1,000											
A - 7	Tighramt	Tighramt	1.70	250		1,000	1,000											
A - 8	Ighrane	Ighrane	7.30	1,286	1,118	2,056	1,845	211								800		
A - 9	lkachrane	lkachrane	1.70	300		700	700											
A - 10	Ouine Oufroukh	Ouine Oufroukh	1.80	32		500	500											
A - 11	Ouinigui	Ouinigui	3.60	754	638	1,317	439	878				500				680		
A - 12	Oukhite	Oukhite	10.10	1,656	981	6,431	5,700	710	21			8,700				70		1
A - 13	Ami Ali	El Galta	1.00	1,350		794	434	360										
A - 14	Tiguida	Tiguida	3.10	1,010		1,678	1,196	482										
A - 15	Aghroud	Aghroud	10.60	2,927	859	1,150	800	350				300				660		12
A - 23	Ami Ahmed	Ami Ahmed	0.50	1,299		360	360											1
A - 25	Darte	Darte	6.80	1,120		6,000	2,000	4,000										
	Dghouvaues	Dghouvaues																
A - 31	Bou ouguiss	Bou ouguiss	1.60	60		1,000	1,000											
A - 41	Bakassia	Tizagaghine	22.30	3,021	100	700	460	240								100		
A - 42	Maamrya	Tizagaghine	10.00	3,500		2,900	1,300	1,600								180		
A - 43	Ami Hassan	Tizagaghine	7.60	5,310		50	50											
A - 44	Lakbira	Tizagaghine	7.70	2,250	78	2,243	2,225	18										
A - 45	El Mehdi	Tizagaghine	2.30	3,000		800	800											
A - 46	Atti Kida	Tizagaghine	6.80	3,500	1,040	5,000	1,000	4,000										
A - 47	Regaga	Ait Ba Maati	4.50	3,100		2,500	2,500											
A - 48	Mouyyna	Ait Ba Maati	8.20	4,000		1,500	300	1,200										
A - 49	Ait My Mamoun	Ait My Mamoun	5.20	1,529	461	790	652	138				450				950		1
A - 50	Litama	Litama	8.50	3,000	2,088	6,000	5,500	500								2,018		

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khettara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)				Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 à 2002) #2							Petits dons / Etude de vérification	
				Longueur totale	Quantité réhabilitée #1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Re-profilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)
A - 51	Ait Oulghoume	Dar Oumira	11.40	1,207	169	1,955	1,907	48	750		250							
A - 52	Dar Omira Lakdima	Dar Oumira	1.80	210	250	700	700											
A - 53	Ikhf N'Ighir	Dar Oumira	0.70	1,000		500	500											
A - 54	Dar Omira Jdid	Dar Oumira	7.90	3,000		600	600	600										
A - 55	Azag N'ouchen	Azag N'ouchen	4.50	3,200	50	3,500	1,750				161						360	
A - 56	Izif	Izif	4.50	7,005	120	6,000	2,800	3,200										
A - 58	Diba	Ksiba	4.10	1,700	700	750	710	40	500		300						300	
A - 59	Ait Ben Omar	Ait Ben Amar	10.90	1,050	150	1,510	830	680	110		1,020						300	
A - 60	Cheikh	Ktaa Oued	12.50	6,140		290	290											
A - 61	Tamagourte	Tamagourte	1.30	900	450	300	300	300			450							
A - 63	Khamssine	Assoul	1.40	900	100	600	244	356	81									
A - 64	El Mach	Ait Ben Omar	2.30	1,506	260	500	500				260							
A - 65	Ait M'hmed	Ait M'hmed	1.40	2,000	215	1,000	1,000				215							
A - 66	Ihandar	Ihandar	9.70	1,000		1,200	1,200											
A - 67	Tighfarte	Tighfarte	9.70	5,405		2,000	1,700	300									1,000	
A - 68	Lakdima (Ait Maamer)	Lakdima (Ait Maamer)	2.30	3,000	620	1,060	1,000	60			440							
A - 70	Ami Lhoussa	Agoudime	6.80	1,500		700	300	400										
A - 73	Taghouchte	Taghouchte	5.40	1,057	422	1,412	1,227	185										
A - 74	Taghya	Taghya	8.40	1,300	63	3,000	3,000				123							
A - 98	Kdima Assoul	Assoul	2.30	1,200		4,000		4,000					144					
A - 100	Drain Tamtatouchte	Tamtatouchte	9.10	3,500														

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khattara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)					Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 à 2002) #2							Petits dons / Etude de vérification				
				Longueur totale	Quantité réhabilitée #1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Reprofilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)	Construction (m)			
A - 101	Tamajjal Nouaoulzi		0.60	750		400	80	320														
A - 102	Aoulzi Tamazirte		9.10	450		1,600	1,600															
A - 103	Tamda		6.80	455		4,100	820	3,280														
A - 104	Drain imider		6.80	6,000																		
A - 105	Idmouma		1.80	1,550		1,100	220	880														
A - 106	Agoudime		7.90	970	850	1,300	1,300								600	926		2				
A - 107	Oje		6.20	890		700	700															
A - 108	Tasskountite		2.40	144		1,200	1,200									20						
A - 109	Outalamine		6.30	505	105	1,800	1,800									105						
A - 110	Oukhalk		0.80	550		2,100	2,100								400	1,660	1					
A - 111	Ait Mkhoun		3.70	960		400	400															
A - 112	Idelssene		2.40	236		1,400	280	1,120														
A - 113	Taltafoute		23.50	1,275		3,200	640	2,560														
A - 114	Laaouina		4.30	964		1,770	1,770								1,060	340	1					
A - 115	Bouhadachia		0.10	1,107		86	86															
A - 116	El Maghzen		4.50	1,932		750		750								300						
A - 117	Elboutahiri		2.30	600		120	120															
A - 118	Chrif		1.10	479		200	200															
A - 119	Lhaj Thami		2.20	971		660	660															
A - 120	El arb		1.70	900		300	300															
A - 121	El Hassania	Tilioulne	6.80	2,062	402	7,860		7,860							1,360	1,100						
A - 126	Oultamayoust	Oultamayoust	3.40	288	19	660		660							200	635						
A - 127	Tourite	Tourite	6.80	871		1,200	240	960														
A - 128	Taldoune	Taldoune	4.50	514		1,200	240	960														
A - 129	Imider	Imider	1.10	6,120		600	120	420	60													
A - 130	Iguerguit	Iguerguit	4.00	156		806	806									120	100	1				
A - 131	Taourirte	Taourirte	0.60	289		250	250									43	360					
A - 132	Ihoua	Ait taghi	2.30	57		160	160															
A - 134	Imider	Imider	1.70	124		200	200															
A - 135	Oul N'inayouste	Oul N'inayouste	1.70	288		660		660														
A - 136	Lagar	Taoudaate	0.20	195		5		5														
			392.00	129,415	12,308	118,033	70,503	45,696	1,836						16,230	13,926	100	361	13	7	2,260	
				(100%)												(11%)						(2%)

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khettara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)				Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 à 2002) #2							Petits dons / Etude de vérification		
				Longueur totale	Quantité réhabilitée #1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Re-profilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)	Construction (m)
B - 1	Agoummad	Ait wazag	27.30	840		3,200	1,400	1,800											
B - 2	Tamazaroute	Ait wazag	20.50	500	400	2,000	1,600	400											
B - 3	Ait Sbaa	Ait sbaa	1.50	44		50		50											
B - 4	EL Ain	Almou chorfa	6.80	292		150		150									850		
B - 5	Boufssaf	Almou chorfa	11.40	1,000		3,500	2,500	1,000											
B - 6	El Majen	Almou chorfa	6.80	312		66		66											
B - 7	El Fougania	Almou Vhorfa	1.10	1,000		450		450											
B - 8	Ait Yakoub (2)	Ait Yaakoub	2.80	9,350		4,500		4,500								250			
B - 10	Roda	Sbaik	17.00	1,300		2,000		2,000											
B - 12	Beni Tajit	Beni Tajit	22.70	670		2,500		2,500											
B - 13	Ait My Hachem	Almou chorfa	20.50	657		453		453								200			
B - 14	Jrida	Zaouit El Hajoui	20.50	2,084		4,000		1,000											
B - 15	El Hajoui Sidi Aberrahmane	Zaouit El Hajoui	4.20	135		600		600											
B - 16	Tafejaret	Tafejaret	4.50	1,519		1,200		1,200											
B - 17	Ain Chouater	Chouater	21.90	1,160		1,500		1,500											
B - 18	Douimnia	Chouater	11.40	2,400		1,100		500											
B - 19	El Hajoui	Chouater	12.30	1,700		1,500		1,500											
B - 20	Talssinte		0.60	188		1,000		1,000											
B - 22	Ait Boubker / Youssef	Talsint	10.20	402		3,000		3,000											
B - 23	Talhamsoust	Talsint	1.70	210		7		7											
				25,763 (100%)	400	32,776	12,550	20,226								450		850	45
C - 1	Oued Naam	Beni Ouzieme	10.20	4,300		1,500		1,050								125			
C - 2	Ouled Ali	Oued Naam	16.70	9,000	800	3,700	740	2,590								800			
C - 3	Taouz	Oued Naam	19.30	3,500	1,500	4,990	1,300	3,690								150			
C - 4	Lakbira	Lakbira	10.20	5,500	200	2,000	1,000	1,000								200			
C - 5	Lakdima	Oued Naam	13.60	3,079	2,330	1,077		1,077								470			
C - 6	Jrida	Jida	22.70	5,850		2,400		1,680								300			
C - 7	Torba	Torba	3.90	4,400	3,000	1,400	700	700								1,500			
C - 8	Laheen	CR	8.40	6,200	400	1,600	160	1,440								400			
				41,829 (100%)	8,230	18,667	4,680	11,527								3,945			
																(9%)			

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khattara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)			Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 à 2002) #2							Petits dons / Etude de vérification		
				Longueur totale	Quantité réhabilité #1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Re-profilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)
D - 31	Lakbira	Taraa	9.10	9,800	7,000	3,000	2,000	1,000										
D - 34	Souhla	Oulad Ghanem	13.60	1,600	1,100	5,000	2,000	3,000								1,100		200
D - 35	Aissaouia	Oulad Ghanem	2.30	3,160		500		500										
D - 36	Saïdia	Oulad Ghanem	3.90	4,360		900		900							400			
D - 41	El Aissaouia	Oulad Aïssa	6.40	8,800	2,065	1,591	1,591											
D - 42	Lambarkia	Moukara	23.40	6,200	2,200	440	440											
D - 44	Lambarkia	Oulad M'barek	19.70	7,500	390	2,468	1,287	1,181										450
D - 47	Lahloua	Moukara	21.50	9,000	1,500	6,675	4,765	1,910										
D - 53	Kdima	Bouya	28.20	8,000	600	1,000	1,000										300	450
D - 54	Jdida	Bouya	16.50	6,200	800	2,819	829	1,878	112									
D - 55	Kdima	Kraïr	16.70	5,700	2,000	2,865	1,850	1,015										
D - 56	Jdida	Kraïr	14.00	6,000	2,000	2,331	2,331								300			
D - 58	Khtifira	Hannabou	21.00	5,000	1,170	2,460	302	2,158										
D - 59	Sayed	Hannabou	11.70	5,500	1,326	1,542	305	1,237										
D - 60	Fouganïa	Hannabou	50.20	7,000	1,341	2,948	932	2,016								677		
D - 61	Oustania	Hannabou	6.80	7,700	1,200	1,440	1,440								1,070		200	300
D - 62	Kdima	Kraïr	10.90	5,850		2,400	400	2,000										
D - 64	Laïrïnïa	Hannabou	6.40	6,500	2,375	1,330	470	860								500	200	290
D - 65	Laalouïa (Hannabou)	Hannabou	8.20	6,500		1,900	400	1,500							810			
D - 66	Mostafia	Hannabou	5.30	6,800	1,250	800		800								1,250		
D - 69	Kdima		22.10	6,300		1,000		1,000										
				133,470 (100%)	28,317	45,409	17,571	27,726	112						6,107 (5%)		700	1,690 (1%)

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khattara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)				Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 to 2002) *2							Petits dons / Etude de vérification	
				Longueur totale	Quantité réhabilitée *1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Reprofilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)
E - 1	El Ghanamia	A.S. Ziz	1.10	5,847		300	300											
E - 2	El bour	Sifa	4.90	7,570		30	30											
E - 4	Laagaya	Sifa	2.30	4,800		400	400											
E - 5	Jdida Bel Houcine	Sifa	0.60	7,120		30	30						1,600			500		
E - 6	Jdida Bel Houcine	Sifa	4.50	7,951		51	51											
E - 7	Ramlia	Sifa	14.40	5,924	1,424	338	2,094									700		
E - 8	Lakdima Douar	Sifa	27.10	7,000	1,035	1,443	675									300		
E - 9	Lihoudia	Sifa	1.40	5,940		1,300	1,300											
E - 10	Laglaglia	Sifa	3.40	5,473		100	100											
E - 12	Jdida Lhaj El Madani	Sifa	3.40	5,830		1,507	500									1,507	280	
E - 13	Laaguilia Kbour Lihoud	Sifa	4.00	6,540		15	15											
E - 14	Lhaj Alal	Sifa	28.30	9,039		250	130									250		
E - 15	Ighzer	Sifa	2.30	5,550		400	400											500
E - 16	Charchmia	Sifa	21.10	5,500	717	1,879	777	1,102								300		
				90,084	4,933	9,785	3,358	5,882	445				1,600			3,557	280	500
				(100%)												(4%)		(1%)
F - 1	Loujarchia	Loujarcha	4.50	4,525	2,650	984	920	64								1,300		
F - 24	Haroumia	Haroun	0.60	7,000		600	600						3,000	100		1,175		
F - 27	Agaroum	Tagaroumte	1.10	500		400	400									500		
F - 32	Talaabast	Merzouga	6.80	3,000		1,800	1,700									1,510	1,200	500
F - 33	Tamaright	Merzouga	2.30	5,500		375	1,000									450		
F - 34	Tamazante	Merzouga	2.30	3,800		498	300									423		
F - 35	Taachaboute	Khamlia	0.60	2,100		300	200											
F - 36	Hassi Labied	Hassi Labied	4.50	4,700	1,033	800	145	655								1,100	450	
F - 38	El Bagaa	El Bagaa	1.70	6,000		1,470	300	700	100							1,470		
F - 40	Tamaright		2.90	2,250		300	1,000	50								300		
F - 42	Ait Taghla	Ramlia	1.10	3,400		1,100	700	320	80									
				42,775	9,061	10,384	4,515	5,589	180				3,000	100		8,228	1,650	500
				(100%)												(19%)		(1%)

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khettara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)				Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 à 2002) #2							Petits dons / Etude de vérification	
				Longueur totale	Quantité réhabilitée #1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Reprofilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)
G - 1	M'Cissi	M'Cissi	0.60	3,400	875	22	22											
G - 3	Bouadil	Bouadil	5.70	1,500	600	180	180											
G - 4	Azag	Azag	1.10	1,900	361	700	700											
G - 13	Taghroute	Taghroute	1.20	1,252	894	400	400											
G - 14	Agoumad	Taghroute	0.80	690	550	1,000	300	700										800
G - 15	Alnif	Alnif	3.00	7,700	4,000	1,500		1,500										
G - 17	Ait Lahbib	Taghroute	0.30	3,050	300	1,100	700	400										
G - 18	Tizi Lakdima	Tizi	3.10	4,200	680	1,600	800	800										
G - 21	Jdida Ammar	Ammar	12.60	3,500	300	3,080	1,600	1,480										
G - 22	Azrag	Azrag	0.60	1,000		200	200											
G - 37	Ait Ben Said	Ait Ben Said	5.70	3,800	250	55	55											
G - 46	Tanoute	Tanout	1.10	490		300	300											
G - 47	Noumardoul	Taguelgout	1.20	1,590		680	680											
G - 48	Jorf	Jorf	1.10	2,800		700	700											
G - 52	Iminouzrou	Iminouzrou	0.80	1,568	600	960	960											
G - 53	Tiguirna	Tiguirna	2.20	1,856	800	176	176											
G - 55	Tiniffite	Tiniffite	5.50	1,410		2,545	1,745	800										
G - 56	Afrou	Afrou-Adl_ghazi	1.10	1,093		1,800	1,800											
G - 57	Talghazit	Talghazite	0.60	513		500	500											
G - 58	Tihammate	Talghazite	2.30	900		600	600											
G - 59	Lakbra	Taoumart	0.50	1,000	423	3,013	1,240	1,773										
G - 60	Jdida Taoumart	Taoumart	2.00	600		500	500	500										300

Zone No. #3	Khattara	Ksar	Débit (lit/sec) (Débit observé en 2005 multiplié par 1,3)	Longueur de la khettara (m)		Longueur des canaux d'irrigation (m)				Travaux de réhabilitation par l'ORMVA/TF (1992 à 2002) #2							Petits dons / Etude de vérification		
				Longueur totale	Quantité réhabilitée #1	Longueur totale	Terre	Béton	Maçonnerie	Re-profilage (m)	Extension (m)	Protection (m)	Construction (m)	Dalle (m)	Revêtement (m)	Puits (no.)	Bassin (no.)	Re-profilage (m)	Construction (m)
G - 61	Afrou	Taoumart	0.60	753		1,200	1,200												
G - 62	Tassamamte	Tassamamte	3.50	720		2,000		2,000					50						
G - 63	Toufassamman	Toufassamame	1.50	1,600		64	64											500	
G - 64	Timzarzit	Timzarzit	2.00	2,100	290	700	700										250	450	
G - 65	Tajohrate	Tajouhart	1.70	570	300	600	600						116				300		
G - 67	Ait Mouhou	Ouithlane	0.20	1,200		2,400	2,400												
G - 77	Izougaghine	Ramliia	0.20	1,800	500	6,000	5,500	500											
G - 78	Tamlalt	Hsia	2.80	3,200		6,000	6,000												
G - 80	Tissamoumine	Tissamoumine	1.80	349	300	450	450										300		
G - 83	Takacha	Takacha	3.40	5,400	700	1,500	1,500										800		
G - 87	Aachich Ait Iaza	Aachich	11.40	3,465	1,700	2,879	850	2,029									1,979		
G - 89	Fouk Talilate	Aachich	0.60	2,414	300	1,300	1,300										100		
G - 94	Battou	Battou	2.30	3,000	300	160	160										300		
G - 95	Khart Battou	Battou	1.70	2,120		2	2												
G - 103	Tizagarne	Tizagarne	2.30	2,160		2,000	2,000												
				76,663 (100%)	15,023	48,866	26,285	22,499	82				386	103	12,105			300	1,750
			1668.90	539,999	78,272	283,920	139,460	139,145	5,115				711	174	48,318	2,030	361	13	7
													(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Taux des Réhabilitations : 10.2 (%)

↑

Total (3) + (7) = 55,063

9. Normes Appliquées à la Conception et Interprétations

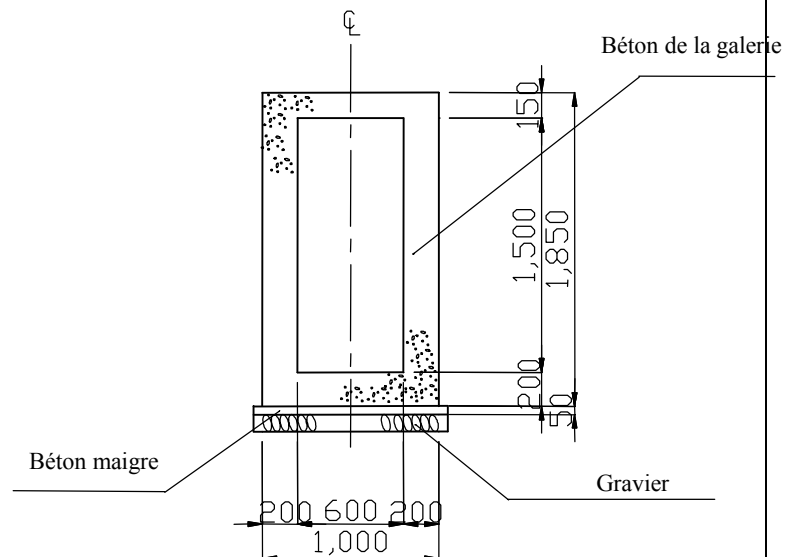
(1) Tronçon de galerie

Code:	Classification	Galerie
	Items	Dimensions
Document de révision	Date	Autorité compétente
Premier exemplaire	mm/AA	

Normes de conception et interprétation

- (1) Pour l'exécution régulière des travaux de maintenance, on adopte une largeur de galerie de 0.6 m
- (2) Pour l'exécution régulière des travaux de maintenance, on adopte une largeur une hauteur interne de la galerie de 1.5 m.

Une hauteur intérieure de la galerie de 1,5 m est recommandée afin de réduire les travaux de maintenance tel que le retrait des sédiments, etc. Une différence de coût de 15 % existe entre la hauteur de 1,2m et 1,5 m. Lors des travaux de réhabilitation, on aborde la question de la hauteur de la galerie des points de vue de l'efficacité économique et de l'environnement de travail (réduire le labeur de la main d'œuvre).



(2) Tronçon du puits vertical

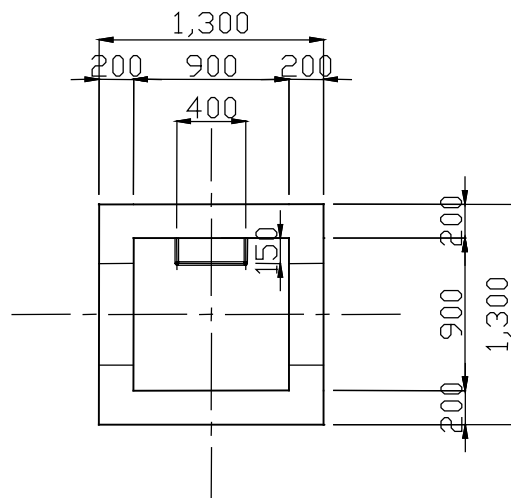
Code:	Classification	Puits vertical
	Items	Dimensions
Document de révision	Date	Autorité compétente
Premier exemplaire	mm/AA	

Normes de conception et interprétation

(1) La section du puits vertical est de 0.9 m².

Suite à la comparaison de la section de 0,75 m² avec celle de 0,9 m² laisse square, on recommande cette en termes d'accessibilité pour le retrait des dépôts sédimentaires dans la galerie.

(2) Les règles de sécurité dictent que les échelons (diamètre 20 mm) doivent être installés à dans le mur intérieur du puits vertical.



(3) Pente des fouilles (terrassements à ciel ouvert)

Code:	Classification	Terrassements
	Items	Dimensions
Document de révision	Date	Autorité compétente
Premier exemplaire	mm/AA	

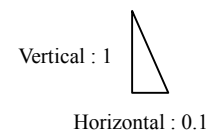
Normes de conception et son interprétation

(1) La pente des fouilles est normalisée selon ce qui suit:

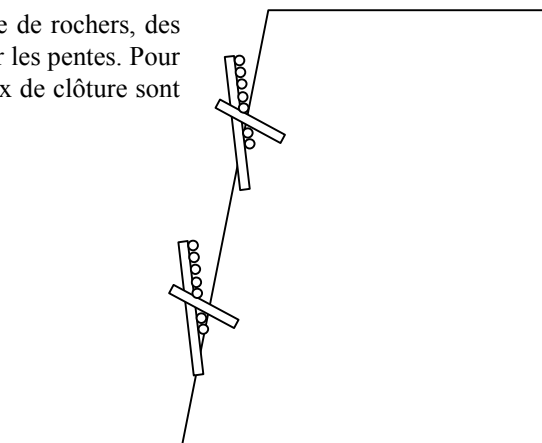
Pente des fouilles

Hauteur de la tranchée	moins de 2 m	2 m < H < 5 m	5 m ou plus
Géologie			
Roche , argile endurcie	0 - 0.1	0 - 0.3	0.3 -
Sol argileux	0 - 0.3	0.2 - 0.5	0.6 -
Limon	0.2 - 0.4	0.3 - 0.6	1.0 -
Sol sableux	0.4 - 0.6	0.5 - 1.2	1.2 -
Sable	1.5	1.5 -	Non applicable
Gravier et sable graveleux	0.3 - 0.8	0.6 - 1.5	non applicable

Note: Au cas où il existe une risberme de plus de 2,0 m sur la pente de la tranchée, la hauteur de la pente est évaluée à partir de la surface de la risberme.



Afin d'éviter les accidents par chute de rochers, des barrières devraient être installées sur les pentes. Pour les besoins de sécurité, deux niveaux de clôture sont applicables.



(4) Joint waterstop

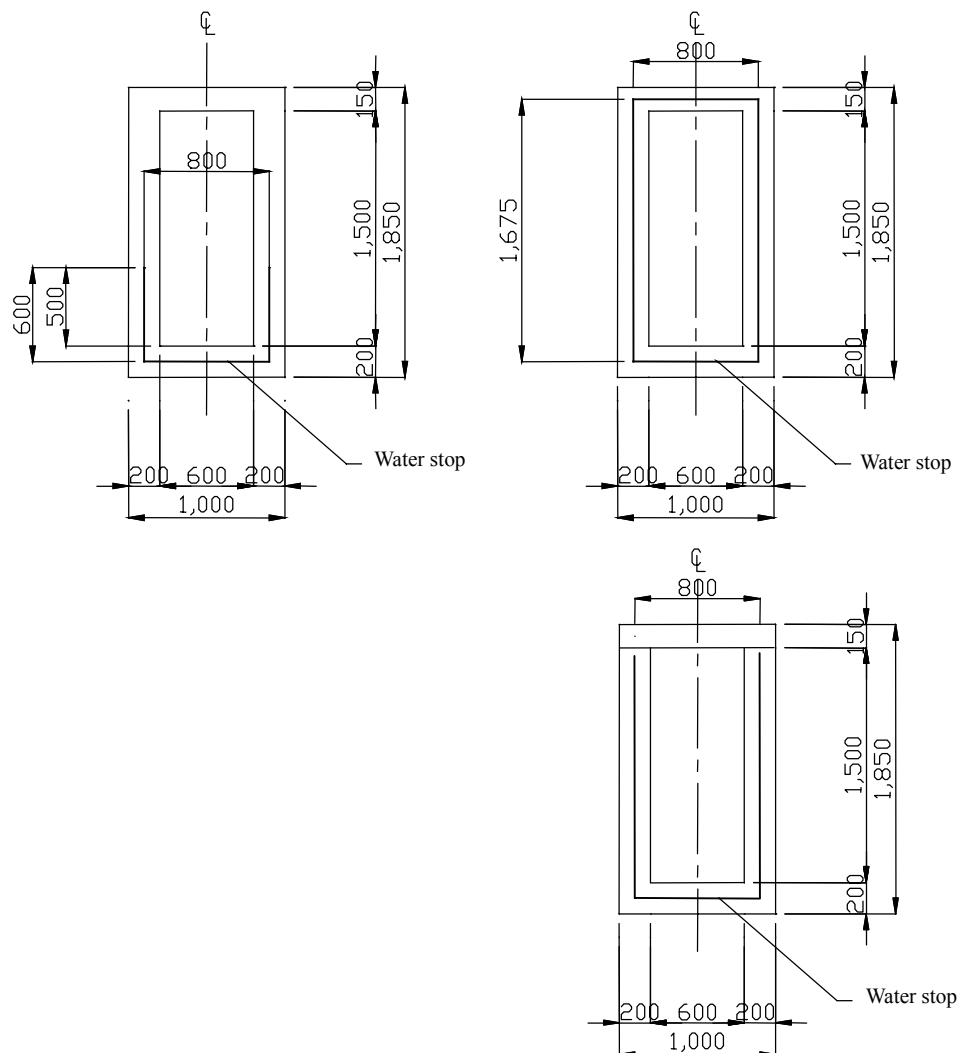
Code:	Classification	Terrassements
	Items	Dimensions
Document de révision	Date	Autorité compétente
Premier exemplaire	mm/AA	

Normes de conception et interprétation

(1) Le joint waterstop est installé pour que les fuites ne se produisent au niveau des joints.

En principe, le water stop a une largeur de 150 mm. Aussi bien le polyéthylène que le chlorure de polyvinyle sont disponibles pour le water stop.

En l'absence de fuites, c'est-à-dire lorsque les fondations sont rocheuses, les water stops ne sont pas installés. Le water stop est installé le long du longeron en béton excepté dans les cas où on restreint sa mise ne place au dessus du niveau de l'eau afin de minimiser le coût des constructions.



(5) Joint

Code:	Classification	Terrassements
	Items	Dimensions
Document de révision	Date	Autorité compétente
Premier exemplaire	mm/AA	
Normes de conception et interprétation		
<p>Les joints seront mis en place aux endroits appropriés et à intervalles optimisés conformément au type et aux dimensions des structures et les conditions des constructions.</p> <p>(1) Joints de retrait</p> <p>Le joint de retrait est mis en place afin d'éviter les fissurations du béton dues aux retrait, principalement à cause des variations de la température. Généralement, les joints de retrait sont utilisés au niveau des siphons, des galeries en béton et des structures enterrées. L'emplacement de ces joints est déterminé par le type de la structure, des fondations et autres contraintes. Ils sont placés à des intervalles réguliers de 3 à 5 m dans de fins revêtements en béton de 10 cm ou moins, et dans d'autres types de structure a des intervalles de 9 à 12 m.</p> <p>Des socles ou des goujons sont installés afin d'éviter un affaissement inégal dû aux fondations non consolidées.</p> <p>(2) Joints de dilatation</p> <p>L'emplacement des joints de dilatation est déterminé par le type de structure, par l'état des fondations et par d'autres conditions. Les joints de dilatation sont mis en place, en principe, aux endroits où les dimensions des sections et la forme changent. Pour certaines structures traitées ci-dessus tels les canaux à surface libre, les joints de dilatation sont installés à des intervalles de 24 m. Des lames de dilatation sont insérées dans le vide des joints.</p> <p>Les socles et les goujons sont installés pour éviter un affaissement inégal du aux fondations non consolidées.</p>		

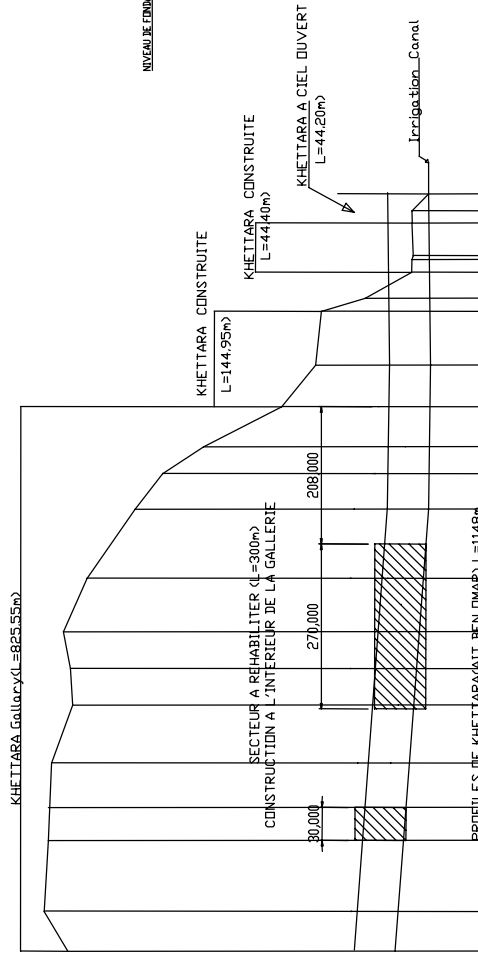
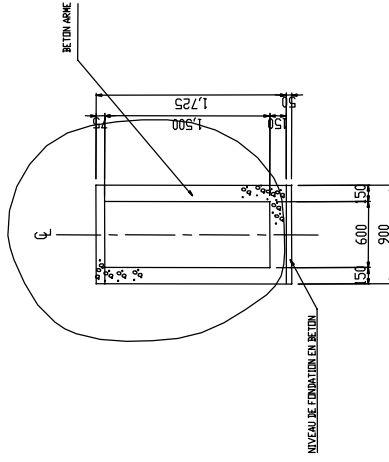
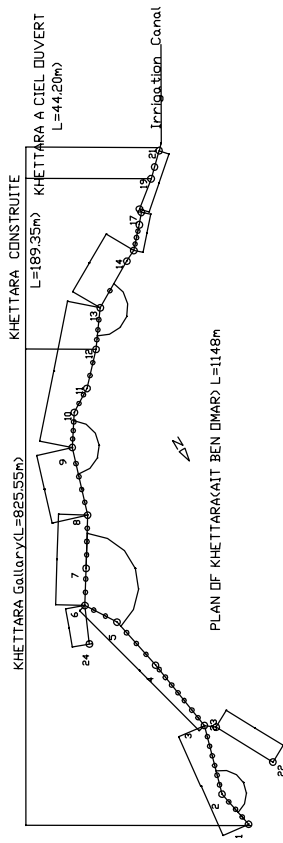
(6) Epaisseur minimum des longerons

Code:	Classification	Terrassements
	Items	Dimensions
Document de révision	Date	Autorité compétente
Premier exemplaire	mm/AA	
Normes de conception et interprétation		
<p>1) Armature double: 13 cm</p> <p>2) Armature simple: 20 cm</p> <p>L'épaisseur minimum des longerons utilisés dans les structures en béton est généralement déterminée en tenant compte des exigences de l'ouvrabilité et de l'imperméabilité. Pour une bonne ouvrabilité, il faudrait prévoir un mur vertical de 2,0 m ou plus avec une double armature et une épaisseur de 20 m et pour un mur vertical inférieur à 2,0 m avec une seule armature, l'épaisseur minimum est de 13 cm. Les siphons et autres structures sujettes à la pression de l'eau devraient avoir une épaisseur minimum de 20 m afin de garantir une bonne ouvrabilité et une bonne perméabilité.</p>		

10. Plan Standard

PLAN DE REHABILITATION DE LA KHETTARA

SECTION A REHABILITER



ECHELLE X=1/ 5000
ECHELLE Y=1/ 100

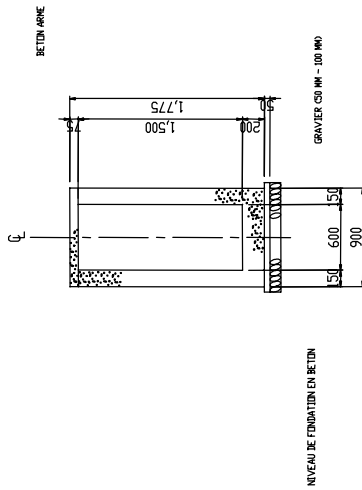
COTE AU NIVEAU DU SOL	PROFILES OF KHETTARA (AIT BEN DIMAR) L=1148m										L=117.56		L=105.02				
	1010.281	1011.002	1010.873	1010.784	1010.145	1010.216	1010.427	1009.708	1008.259	1007.410	1006.181	1003.812	1002.783	1002.614	1002.281	1002.153	1002.025
60.76	107.42	117.56	87.53	55.01	56.34	80.72	105.02	670.36	53.54	723.90	41.04	82.56	60.62	63.43	81.48	92.05	98.80
00	60.76	168.18	373.27	428.29	484.63	565.35	670.36	764.94	825.56	888.99	920.56	983.80	1025.87	1086.44	1109.87	1181.44	1224.49
999.94	285.74	1010.784	1010.145	1010.216	1010.427	1009.708	1008.259	1007.410	1006.181	1003.812	1002.783	1002.614	1002.281	1002.153	1002.025	1001.897	1001.769
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81
999.36	1178.14	1122.42	1034.71	1034.71	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81	999.81

REMARQUES:
1. L'UNITE DE MESURE EST LE MM ET LES COTES SONT DONNEES EN M, SAUF SI AUTREMENT INDIQUEES PAR LES DESSINS.
2. L'ENTREPRENEUR DOIT PREPARER LA PARTIE DES TRAVAUX RELATIVE AUX TERRASSEMENTS AVANT LE COMMENCEMENT DES TRAVAUX PROPREMENT DITS ET LA PRESENTER A L'INGENIEUR ET A L'ORNAV/TF POUR APPROBATION.
3. L'ENTREPRENEUR DOIT PREPARER LE PLAN DE DERIVATION AVANT LE COMMENCEMENT DES TRAVAUX ET LE SOUMETTRE A L'APPROBATION DE L'INGENIEUR ET DE L'ORNAV/TF.

PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST-SUD-ATLAS DU ROYAUME DU MAROC	
STUDY TEAM	ORNAV/TF
DATE/JOIN 2004	AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
CP.1 PLAN NO L-1	PLAN DE REHABILITATION DE LA KHETTARA AIT BEN DIMAR

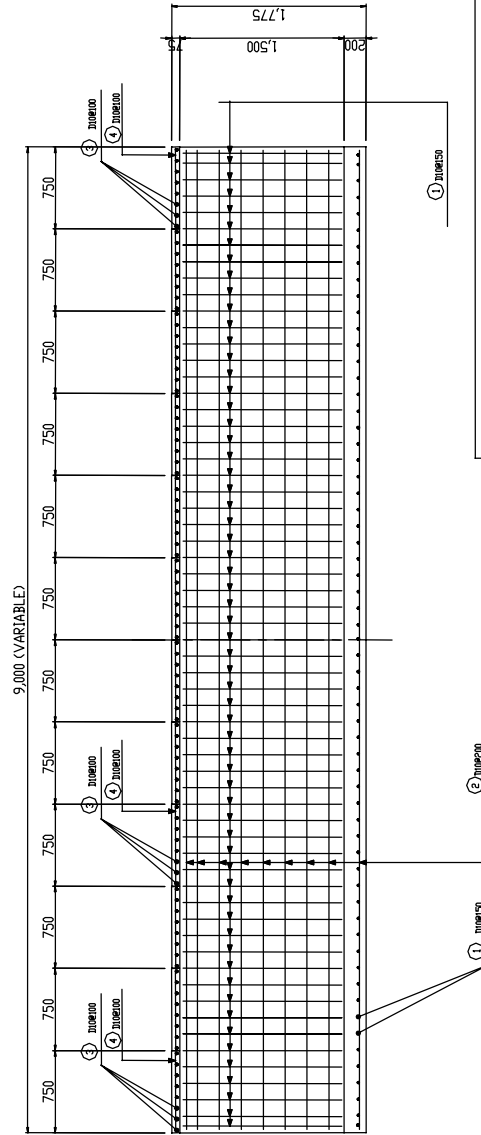
SECTION STANDARD ET DISPOSITION DES BARRES D'ARMATURE

SECTION A - A

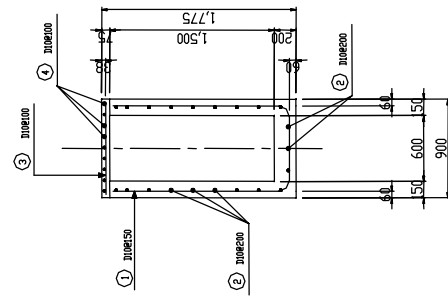


- REMARQUES:
1. LE DIMENSIONNEMENT ET LA MESURE EST LE MM ET LES COTES SONT DONNEES EN M, SAUF SI AUTREMENT INDIQUEES PAR LES DESSINS.
2. LES CONTRAINTE ADMISSIBLES POUR LE BETON ARME SONT LES SUIVANTES :
CONTRAINTES DE COMPRESSION : 225 KG/CM² (22.5N/MM²)
CONTRAINTES DE CISAILLEMENT : 4,2 KG/CM² (0,4 N/MM²)
EFFORT D'ADHERENCE : 45 KG/CM² (4,5 N/MM²)
3. LES CONTRAINTE DE COMPRESSION ADMISSIBLES DU BETON SONT LES SUIVANTES :
BETON ORDINAIRE (BA) : 176 KG/CM² (17.6N/MM²)
BETON MAIGRE (BAE) : 127 KG/CM² (12.7N/MM²)
4. LES BARS DECORNEES SERONT UTILISEES. LA CONTRAINTE DE TRACTION ADMISSIBLE DES BARRES D'ARMATURE EST DE 1400KG/CM² (140 N/MM²)
5. LA LONGUEUR DU JOINT DE RECouvreMENT ET DE L'ANCRAGE N'EST PAS INFERIEURE A 30 FOIS LE DIAMETRE DE LA BARRE.
6. LES JOINTS DE RETRAIT SERONT INSTALLEES AFIN D'EVITER LA FISSURATION DU BETON A CAUSE DE LA CONTRACTION. LES JOINTS DE RETRAIT SERONT INSTALLEES A DES INTERVALS STANDARD DE 9 M SAUF SI LES BESSINS INDICENT D'AUTRES INTERVALS.
7. LE CHANFREIMAGE DEVRAIT ETRE EMPLOYE POUR LES COINS DES MOULES. AVEC UNE FACE DE 2 CM SAUF S'IL EST AUTREMENT INDIQUE DANS LES BESSINS.
8. LA SURFACE DE RECouvreMENT DES BARRES D'ARMATURE EST DE 6 CM SAUF S'IL EST AUTREMENT INDIQUE DANS LES BESSINS.

SECTION C - C

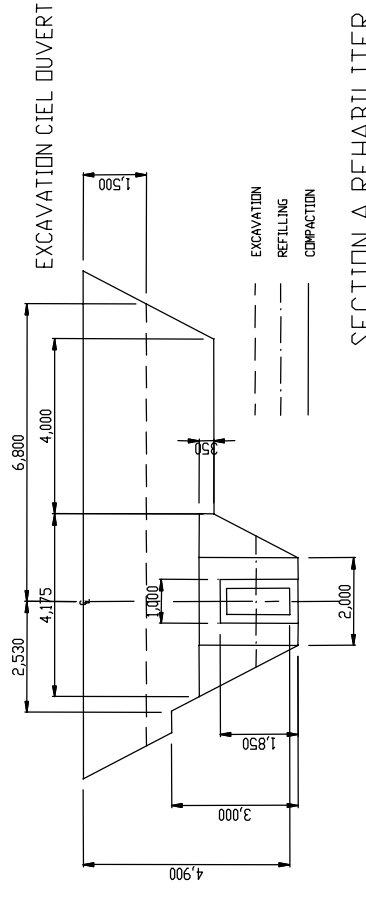
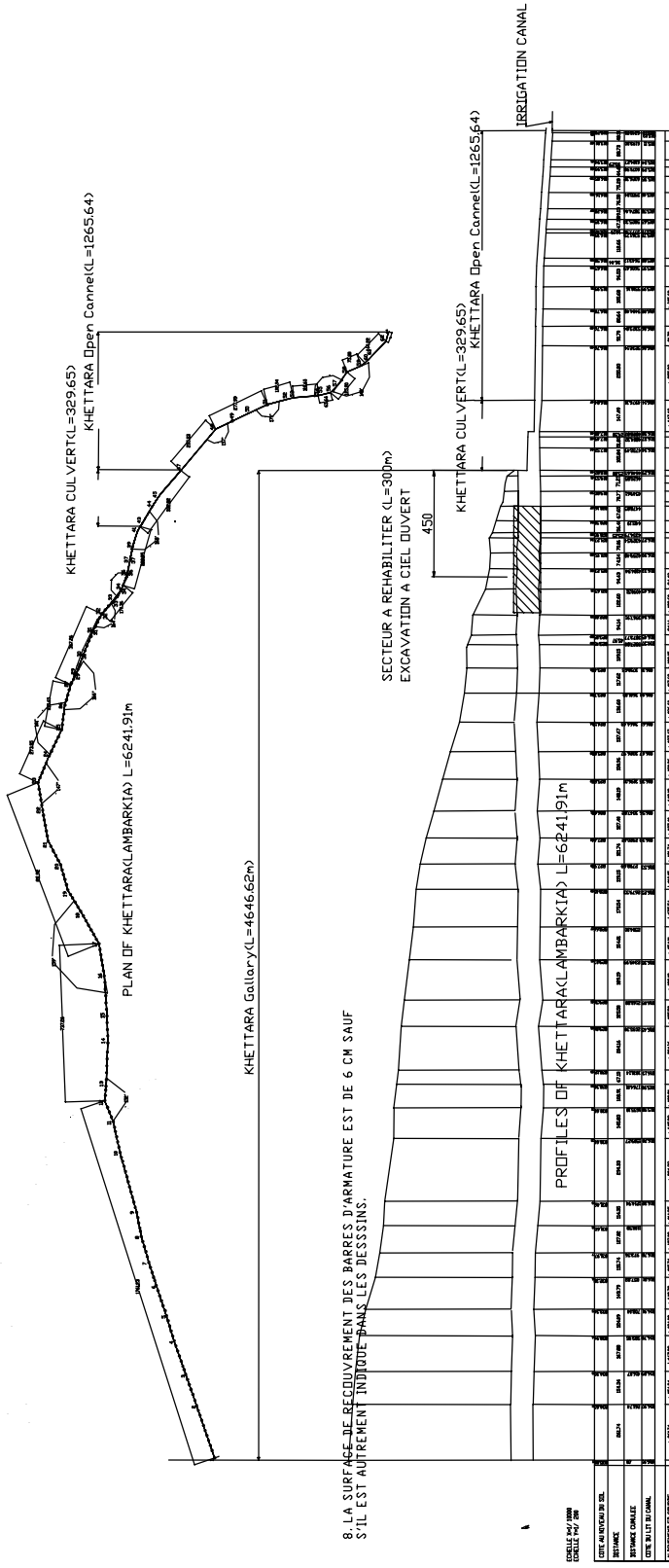


SECTION B - B



PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC	
STUDY TEAM	CP.1 PLAN NO.1-2
DESIGN/IT	PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARAS AIT BEN DJAMR
DATE: JUNE 2004	AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

PLAN DE REHABILITATION DE KHETTARA LAMBARKIA



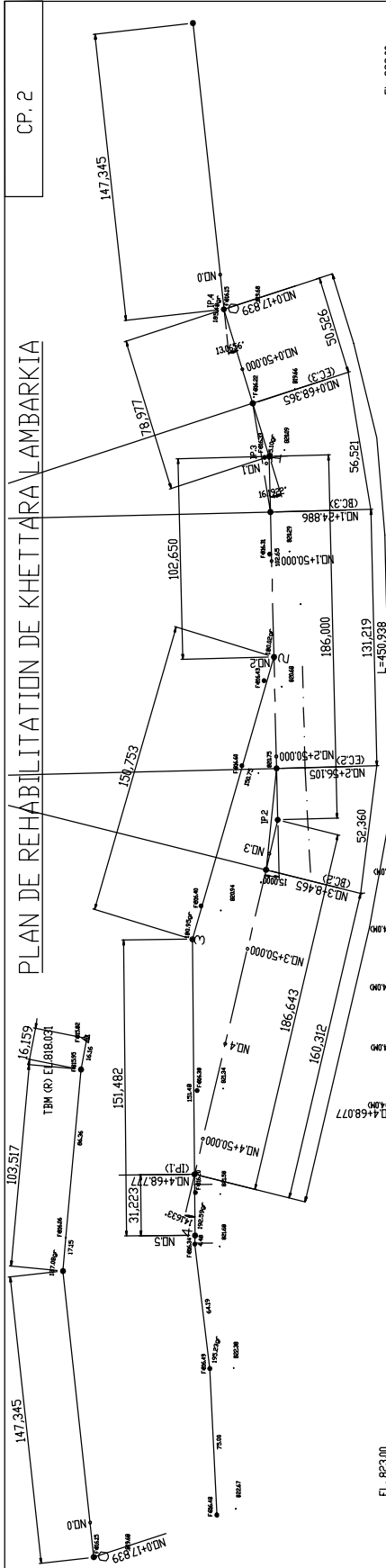
- REMARQUES:
- 1- L'UNITÉ DE MESURE EST LE MM ET LES COTES SONT DONNÉES EN M, SAUF SI AUTREMENT INDIQUÉES PAR LES DESSINS.
 - 2- L'ENTREPRENEUR DOIT PRÉPARER LA PARTIE DES TRAVAUX RELATIVE AUX DÉMARRAGES, LES ARRÊTÉS, LES DÉMARRAGES, LES ARRÊTÉS, LES DÉMARRAGES, LES ARRÊTÉS ET LA PRÉSENTER À L'INGÉNIEUR ET À L'URBAV/ITP POUR APPROBATION.
 - 3- L'ENTREPRENEUR DOIT PRÉPARER LE PLAN DE DERIVATION AVANT LE COMMENCEMENT DES TRAVAUX ET LE SOUMETTRE À L'APPROBATION DE L'INGÉNIEUR ET DE L'URBAV/ITP.

PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUB-ATLASIQUE DU ROYAUME DU MAROC	
STUDY TEAM	ORRAV/ITP
DATE: JUIN 2004	AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
CP. 2 PLAN NO 2-1 PLAN DE REHABILITATION DE KHETTARA LAMBARKIA	

SECTION A REHABILITER

CP. 2

PLAN DE REHABILITATION DE KHETTARA LAMBARKIA



PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC

CP. 2 PLAN N° 2-1

PLAN DE REHABILITATION DE KHETTARA LAMBARKIA

STUDY TEAM: DMVA/ATF

DATE: JUIN 2004

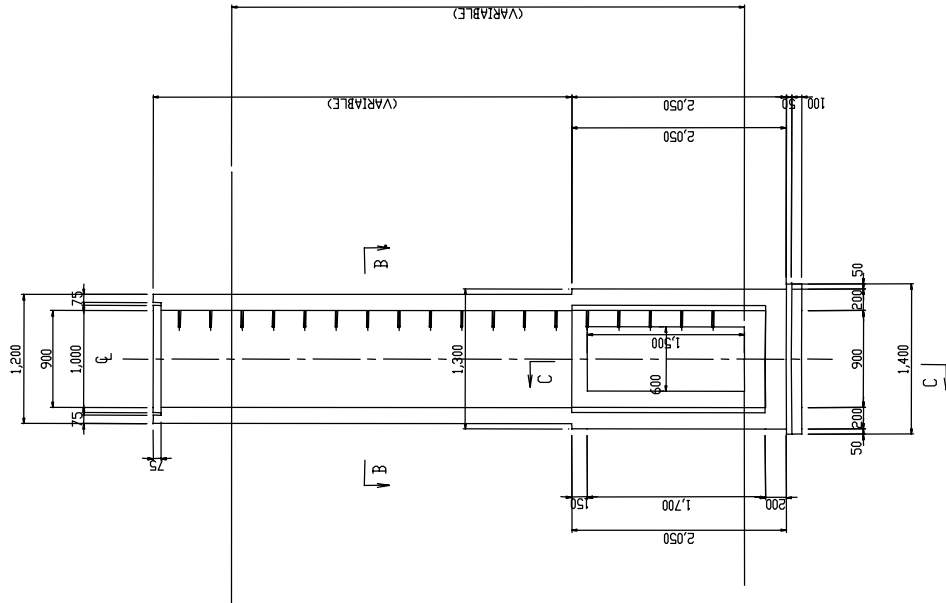
AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

SECTION A REHABILITER

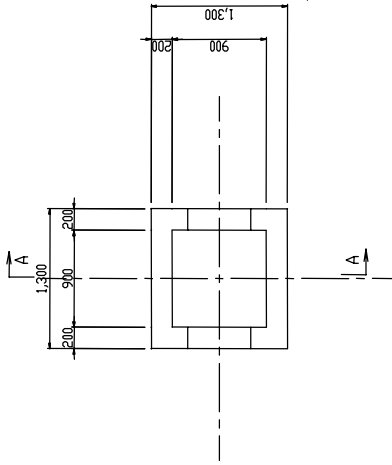
PLAN DE CONSTRUCTION DU PUIT

CP. 2 (4/6)

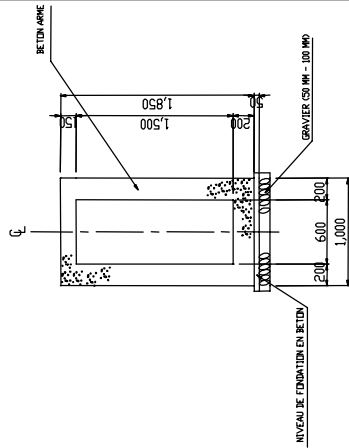
SECTION A - A



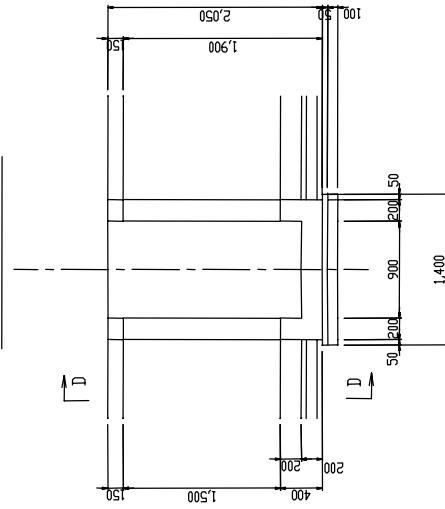
SECTION B - B



SECTION D - D



SECTION C - C

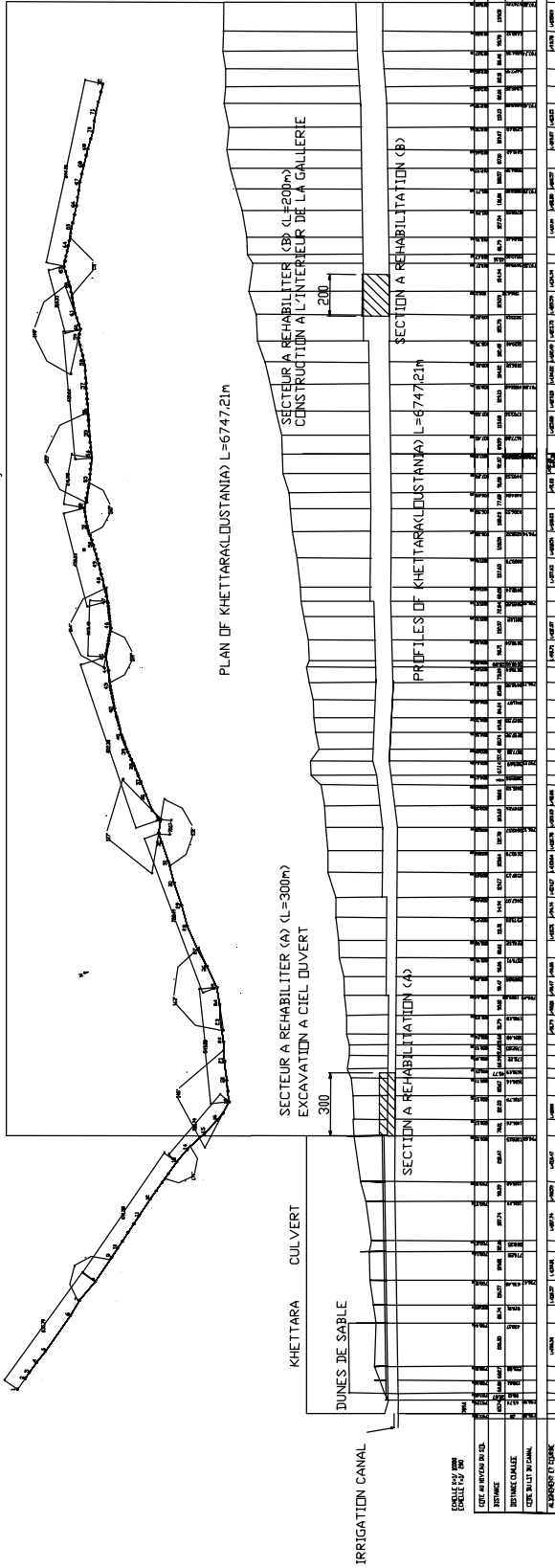


- REMARQUES:
 1. L'UNITE DE MESURE EST LE MM ET LES COTES SONT DONNEES EN M, SAUF SI AUTREMENT INDIQUEES PAR LES DESSINS.
 2. LES CONTRAINTES ADMISSIBLES POUR LE BETON ARME SONT LES SUIVANTES :
 CONTRAINTTE DE COMPRESSION : 225 KG/CM² (22.5N/MM²)
 CONTRAINTTE DE CISAILLEMENT : 4.2 KG/CM² (0.4 N/MM²)
 EFFORT D'ADHERENCE 45 KG/CM² (4.5 N/MM²)
 3. LES CONTRAINTES DE COMPRESSION ADMISSIBLES DU BETON SONT LES SUIVANTES :
 BETON ORDINAIRE (BA) 176 KG/CM² (17.6N/MM²)
 BETON MAIGRE (BAE) 127 KG/CM² (12.7N/MM²)
 4. LE GRANULAGE DEVAIT ETRE EMPLOYE POUR LES COTES DES MOULES AVEC UNE EGESSE DE 5 CM SAUF S'IL EST AUTREMENT INDIQUE DANS LES DESSINS.
 5. L'ANCRAGE DES BARRES DES MARCHES EST REQUIS POUR EVITER LE DETACHEMENT DES BARRES DU BETON.

PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC	
STUDY TEAM	CP. 2 PLAN NO 2-4
DATE: JUIN 2004	PLAN DE REHABILITATION DE KHETTARA LAMBARKIA
	AGENCE MAROCAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

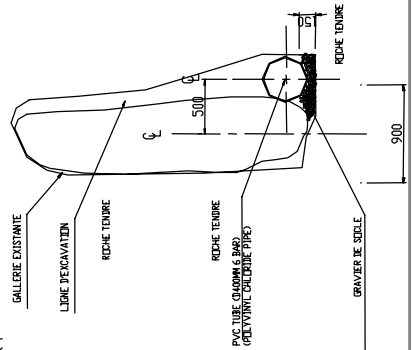
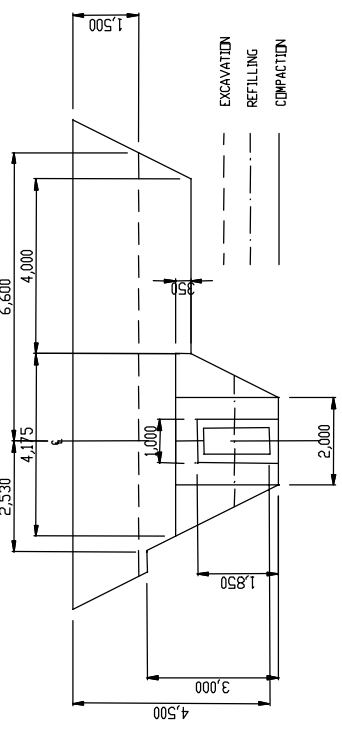
PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARAS

IRRIIGATION CANAL
KHETTARA
CULVERT
DUNES DE SABLE



SECTION A REHABILITER (B)

SECTION A REHABILITER (A)
EXCAVATION CIEL OUVERT



SECTION A REHABILITER

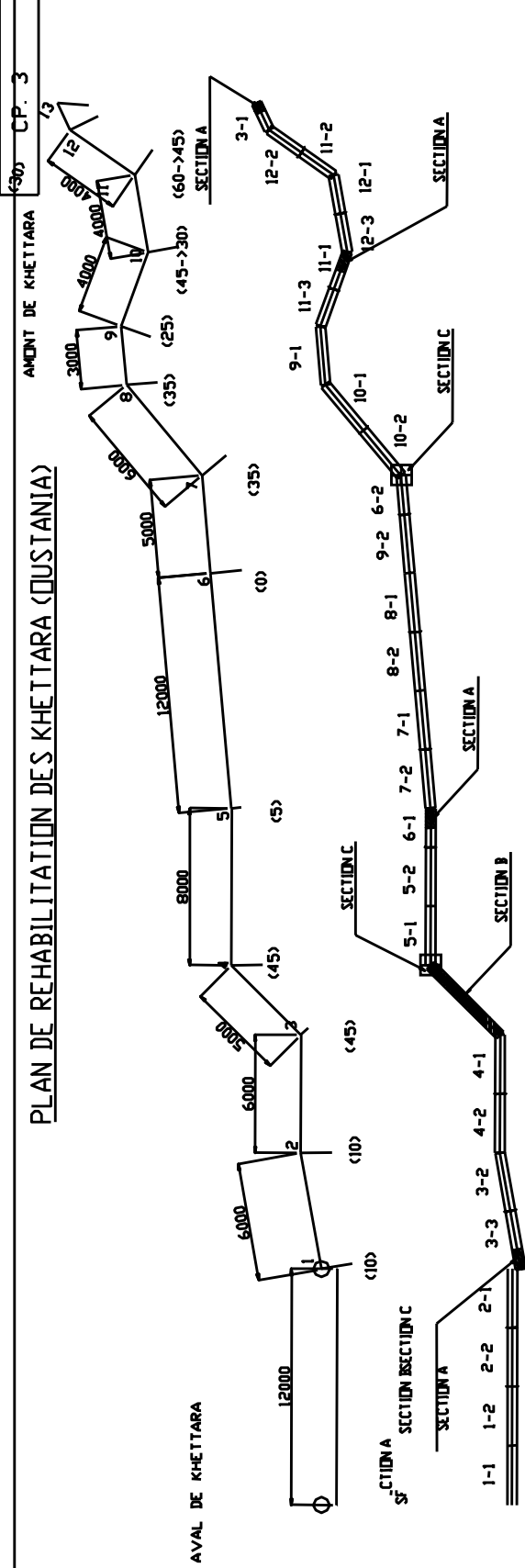
REMARQUES:
1. L'UNITÉ DE MESURE EST LE MM ET LES COTES SONT DONNÉES EN M, SAUF SI AUTREMENT INDICÉES PAR LES DESSINS.
2. L'ENTREPRENEUR DOIT PRÉPARER LA PARTIE DES TRAVAUX RELATIVE AUX TERRASSEMENTS AVANT LE COMMENCEMENT DES TRAVAUX PROPREMENT DITS ET LA PRÉSENTER À L'INGÉNIEUR ET À L'ORMVVA/TF POUR APPROBATION.
3. L'ENTREPRENEUR DOIT PRÉPARER LE PLAN DE DERIVATION AVANT LE COMMENCEMENT DES TRAVAUX ET LE SOUMETTRE À L'APPROBATION DE L'INGÉNIEUR ET DE L'ORMVVA/TF.

PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST-SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC

STUDY TEAM	ORMVVA/TF
DATE: JUIN 2004	

CP-3 PLAN NO 3-1
PLAN DE REHABILITATION DE KHETTARA DUSTANIA
AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (OUSTANIA)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.0M		3-1			6-1					11-1
1.0M										
1.5M										
1.5M										
1.5M<										
2.0M										
2.0M					6-2					11-2
2.0M<		3-2			(6-3)					11-3
3.0M	1-1	2-1	3-3	4-1	5-1	7-1	8-1	9-1	10-1	
3.0M<	1-2	2-2	4-2	5-2	7-2	8-2	9-2	10-2		

PROJET DE REHABILITATION DES KHETTARAS DE L'AMONT A L'AVANT DE LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SECHES DE L'EST SUB-SAHARAISE AU SERVICE DU MAJESTY

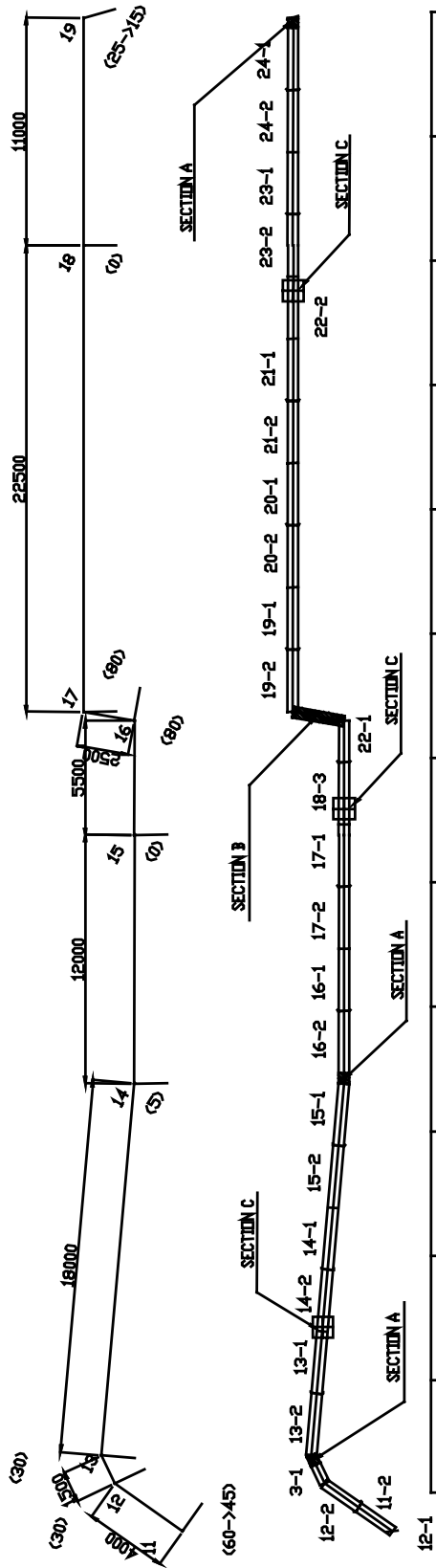
CP. 3
 STAGE TECHNIQUE/AVANT
 PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (OUSTANIA)
 DATE: AOÛT 2004
 AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (OUSTANIA)

CP. 3

AVAL DE KHETTARA

AMONT DE KHETTARA



1.0M	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.0M											
1.5M											
1.5M											
1.5M<											
2.0M	12-1						18-1				22-1
2.0M	12-2						<18-2>				22-2
2.0M<	12-3						18-3				22-3
3.0M		13-1	14-1	15-1	16-1	17-1		19-1	20-1	21-1	
3.0M<		13-2	14-2	15-2	16-2	17-2		19-2	20-2	21-2	

PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SUD-ARABES DE L'EST SUD-ARABIQUE DU YEMEN DU NORD

CP. 3

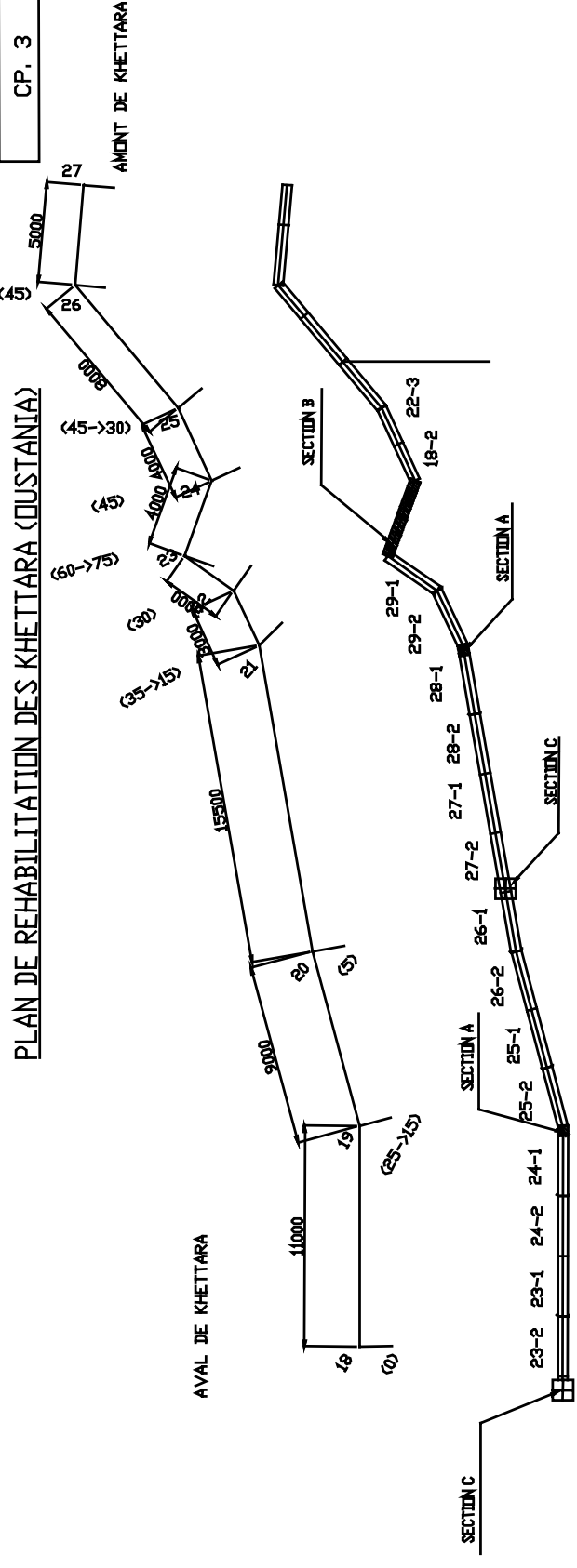
STUDY TEAM LEADERSHIP PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (OUSTANIA)

DATE: MAI 2004

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

CP. 3

PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (OUSTANIA)



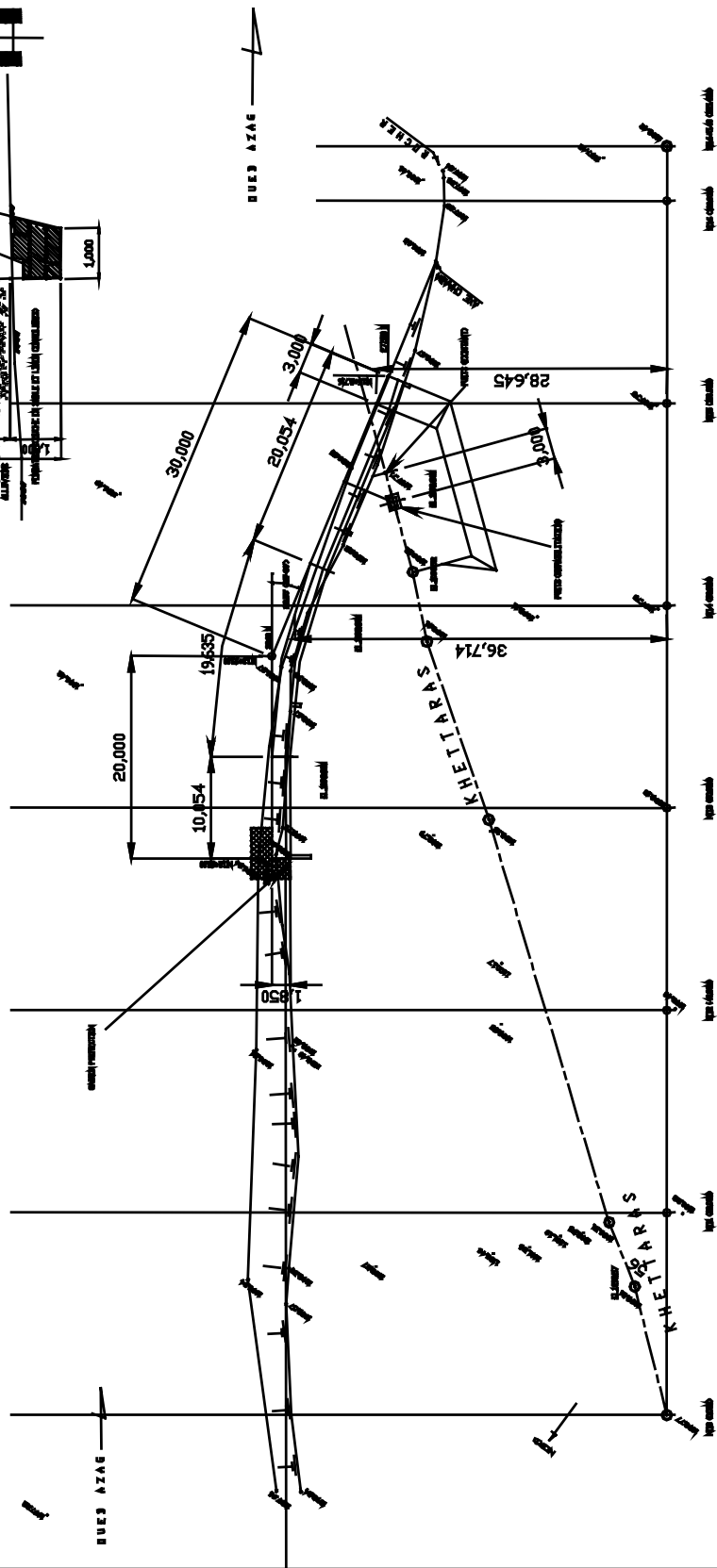
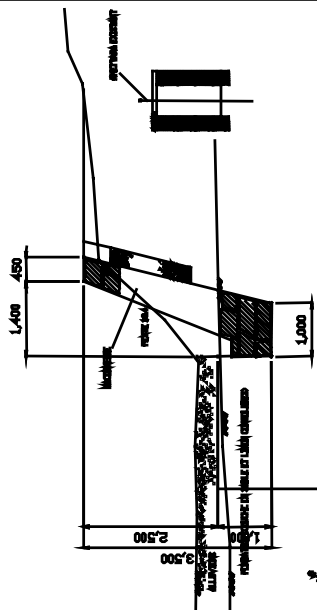
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1.0M											
1.0M											
1.5M											
1.5M											
1.5M<											
2.0M											
2.0M											
2.0M<											
3.0M											
3.0M<											

PROJET DE REHABILITATION DES COMMUNES BENEFICIAIRES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SUB-ARIDES DE L'EST SUB-SAHARIEN DE L'ALGERIE
 CP. 3
 PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (OUSTANIA)
 STUDY TEAM LEADERSHIP: AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
 DATE: AOÛT 2004

CP. 5 (4)

PLAN DE DIKE DE PROTECTION CONTRE LES CRUES

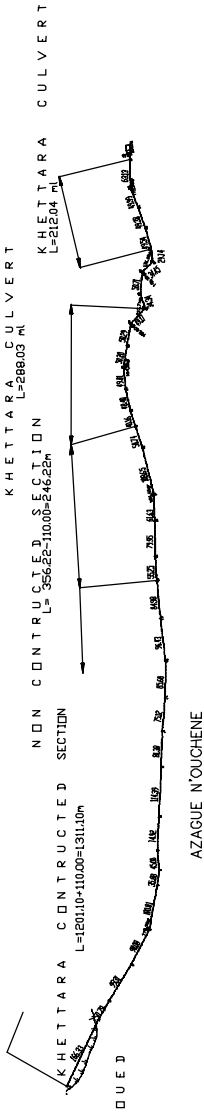
SECTION DE DIKE DE PROTECTION CONTRE LES CRUES



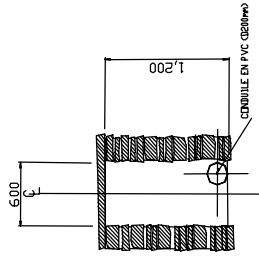
PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNITES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES BARRAGES DANS LES REGIONES SUD-ORIENTALES DE L'EST SUD-ANAGOLE AU ROYAUME DU NIGER
CP. 5
PLAN DE DIKE DE PROTECTION CONTRE LES CRUES
STUDY TEAM DRAK/ATC
DATE: OCTOBRE 2004
AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (AZAG)

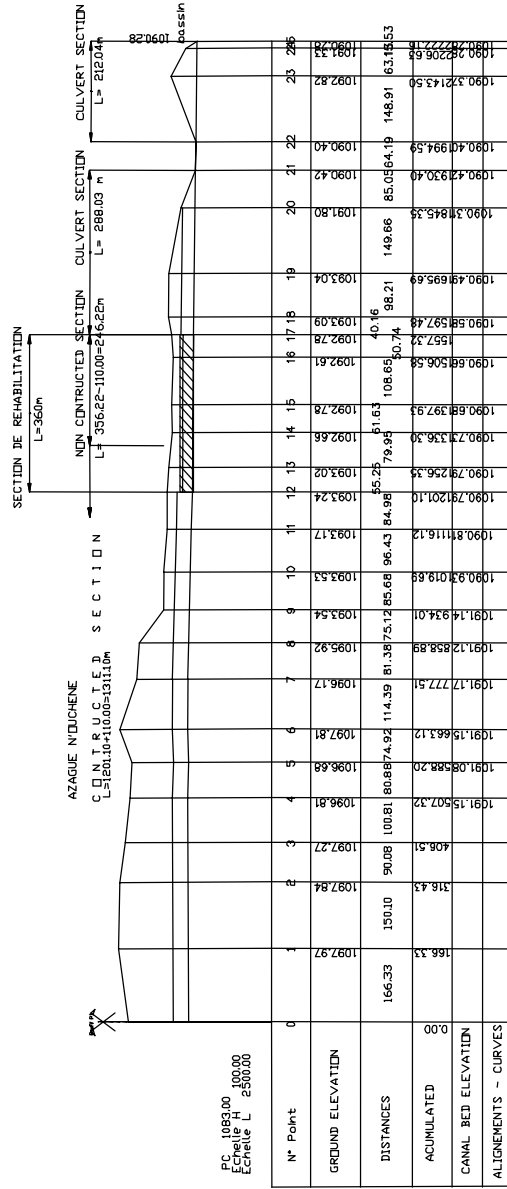
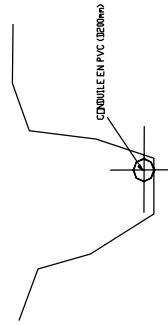
SECTION A REHABILITER



SECTION CONSTRUITE



SECTION NON CONSTRUITE



PC : 1089.00
Echelle H : 1/500
Echelle L : 2/3000

N° Point	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
GROUND ELEVATION	1097.97	1097.84	1097.27	1096.81	1096.68	1097.81	1097.81	1096.17	1095.92	1093.54	1093.53	1093.17	1093.24	1093.02	1092.68	1092.78	1092.78	1092.61	1092.78	1092.78	1093.04	1091.80	1090.42	1090.40	1090.40	1090.40	1090.40	1090.40
DISTANCES	166.33	150.10	90.08	100.81	80.88	74.92	114.39	81.38	75.12	85.68	96.43	84.98	85.25	51.63	40.16	50.74	108.65	40.16	88.21	149.66	85.05	64.19	148.91	63.18	53.53	166.33	150.10	90.08
ACUMULATED	166.33	316.43	406.51	507.32	588.20	702.59	816.98	931.37	1045.76	1160.15	1274.54	1388.93	1503.32	1617.71	1732.10	1846.49	1960.88	2075.27	2189.66	2304.05	2418.44	2532.83	2647.22	2761.61	2876.00	2990.39	3104.78	3219.17
CANAL BED ELEVATION	0.00																											
ALIGNEMENTS - CURVES																												

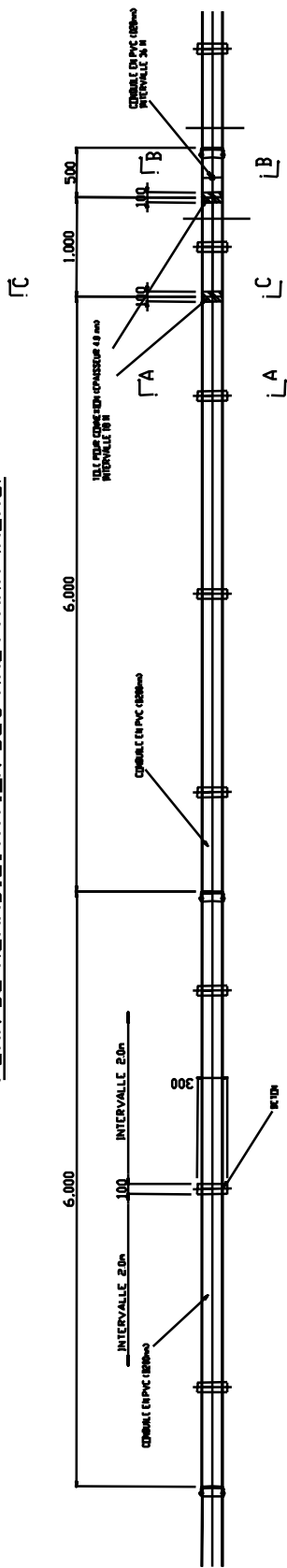
PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC

CP. 5
PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (Azag)

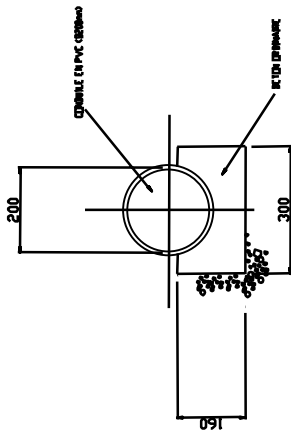
STUDY TEAM: DRINK/WTF
DATE: AOUT 2004
AGENCE MAROCAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA (AZAG)

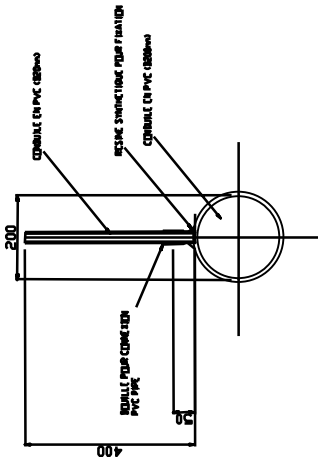
CP. 5(8)



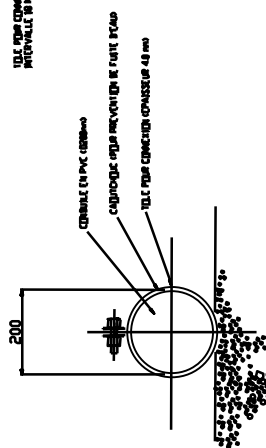
BETON POUR FIXATION DE CONDUIT
SECTION A - A



BETON POUR FIXATION DE CONDUIT
SECTION B - B



SECTION C - C



JOINT (11 1/4°)
POUR REFERENCE



JOINT (22 1/2°)
POUR REFERENCE



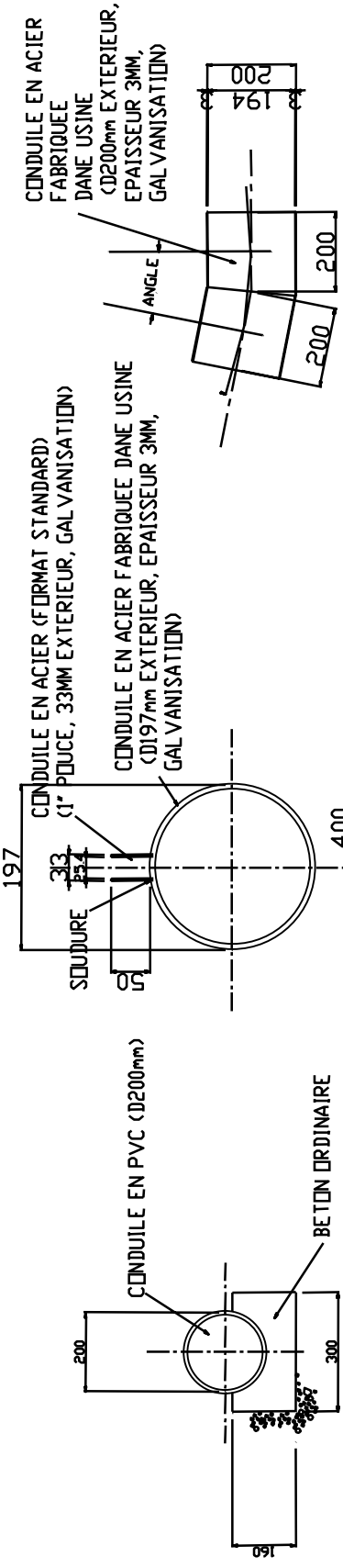
PLAN DE REHABILITATION DES KHETTARA ()	
STUDY TEAM (SOMMAI) / DATE: OCT 2004	AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUB-SAHARIEN DU MAROC

PLAN DE VENTILATION CONDUIT

SECTION A - A

PLAN DE JOINT CONDUIT
POUR REFERENCE



CONDUITE EN PVC

CONDUITE EN ACIER (FORMAT STANDARD) (1" POUCE, 3.3MM EXTERIEUR)

CONDUITE EN ACIER FABRIQUEE DANE USINE (D200mm)

CONDUITE EN ACIER (FORMAT STANDARD) (1" POUCE, 3.3MM EXTERIEUR, GALVANISATION)

CONDUITE EN ACIER FABRIQUEE DANE USINE (D197mm EXTERIEUR, EPAISSEUR 3MM, GALVANISATION)

CONDUITE EN ACIER (FORMAT STANDARD) (1" POUCE, 33MM EXTERIEUR, GALVANISATION)

VENTILATION CONDUIT

VENTILATION CONDUIT	QUANTITE	9
---------------------	----------	---

JOINT CONDUIT

ANGLE	QUANTITE
12.5°	2
7.5°	2
6°	3
TOTAL	7

TOLE POUR CONNEXION INTERVALLE 18.M

CONDUITE EN ACIER FABRIQUEE DANE USINE (D197mm EXTERIEUR, EPAISSEUR 3MM, GALVANISATION)

PROJET DE REHABILITATION DES EPARGNAMES, BARRAGE A REHABILITATION DES EPARGNAMES DANS LES REGIONS SECHES DE L'EST-SUD-OUEST DU QUÉBEC

PLAN DE REHABILITATION DES KETTARAS (>)

STUDY TEAM: ERMAVAZITE

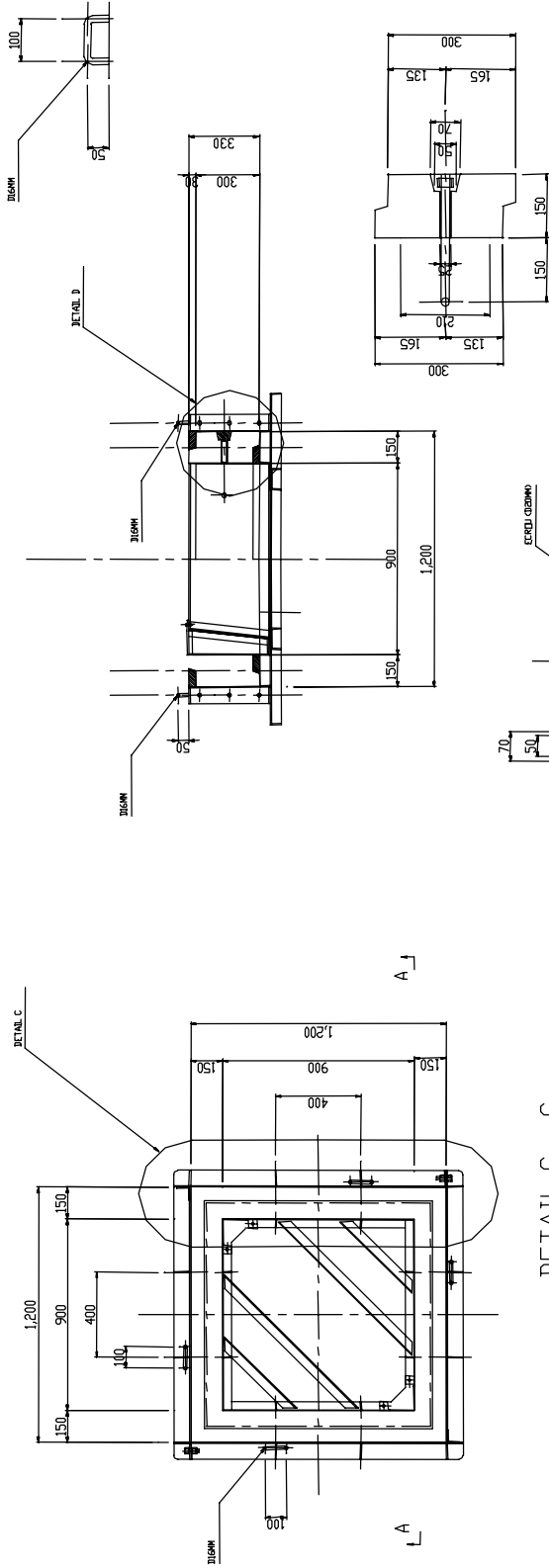
DATE: OCTBRE 2004

AGENCE: APOHMAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE

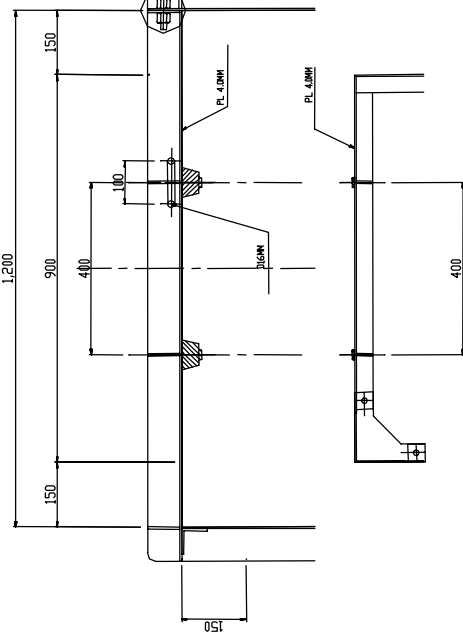
PLAN D'ASSEMBLAGE DES MOULES EN ACIER (1/5)

PLAN

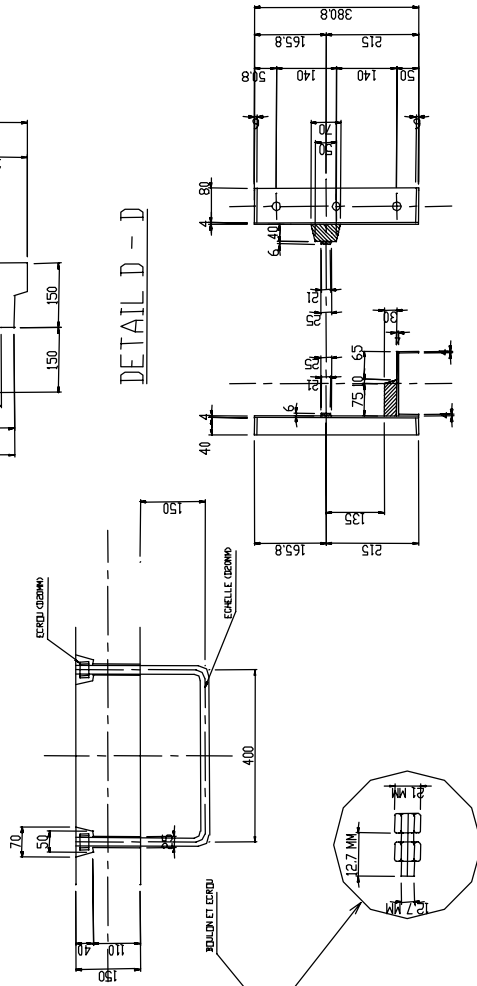
SECTION A - A



DETAIL C - C



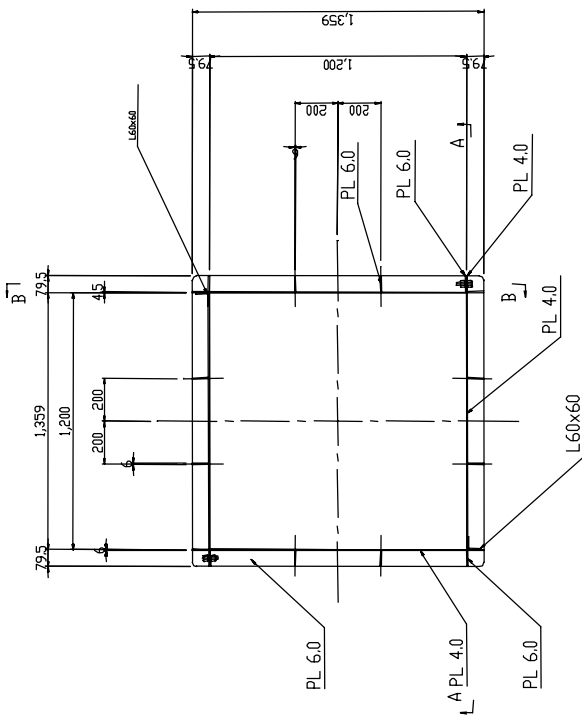
DETAIL D - D



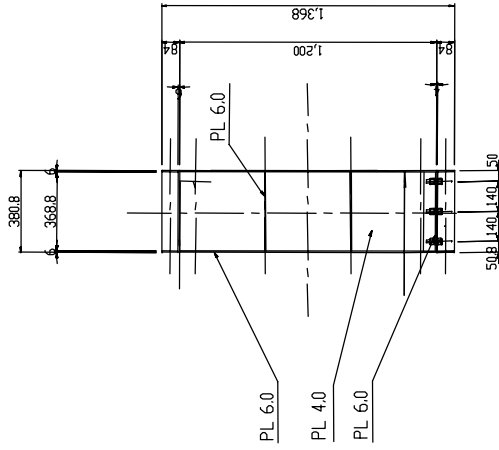
PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC	
STUDY TEAM	DBNVA/IT
DATE: JUIN 2004	AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
CP 6 PLAN NO 6-1	PLAN D'ASSEMBLAGE DES MOULES EN ACIER (1/5)

PLAN D'ASSEMBLAGE DES MOULES EN ACIER (2/5)

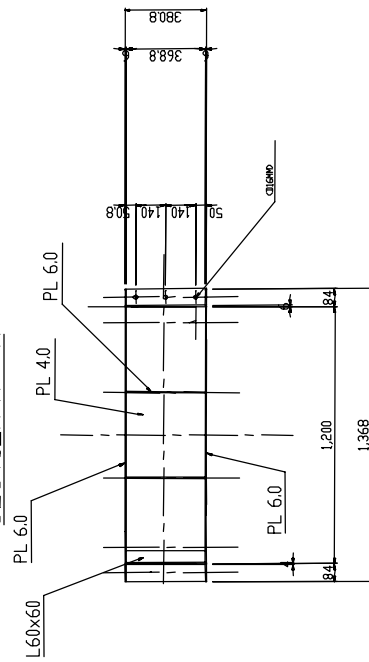
PLAN



SECTION B - B



SECTION A - A



PROJET DE DEVELOPPEMENT DES COMMUNAUTES RURALES A TRAVERS LA REHABILITATION DES KHETTARAS DANS LES REGIONS SEMI-ARIDES DE L'EST-SUD-ATLANTIQUE DU ROYAUME DU MAROC	
STUDY TEAM	EPW/AV/T
DATE: JUIN 2004	AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
CP.6 PLAN NO. 6-2	PLAN D'ASSEMBLAGE DES MOULES EN ACIER (2/5)