

Chapitre 5 Les conceptions des ouvrages et les mesures à prendre pour les ouvrages non structurels

5.1 Amélioration de lits et ouvrages structurels de cours d'eau

5.1.1. Généralités des travaux d'amélioration de lits et des ouvrages structurels de cours d'eau

Les travaux d'amélioration prévus dans le présent Projet concernent un tronçon d'environ 60,4km, allant du pont Kalâat Landalous situé au point 4,6km de l'embouchure de l'oued Méjerda jusqu'au barrage de Laroussia. Le Projet prévoit également un ensemble des travaux portant sur l'aménagement du bassin de retardement d'El Mabtough, l'amélioration de l'oued Chafrou susceptible d'être affecté par des eaux dormantes provenant de l'oued Méjerda, ainsi que la reconstruction des tuyaux d'écluse existants due à l'amélioration de l'oued Méjerda. Les travaux d'amélioration de lits et d'aménagement des ouvrages structurels de cours d'eau sont planifiés comme suit :

Généralités des travaux d'amélioration de lits et des ouvrages structurels de cours d'eau

Rubrique	Contenu
Amélioration du lit de cours d'eau de l'oued Méjerda	Tronçon entre le barrage de Laroussia et le barrage de déviation du bassin de retardement (Q=800m ³ /s) : 32,6km Tronçon entre le barrage de déviation pour le bassin de retardement et le pont Kalâat Landalous (Q=600m ³ /s) : 27,8km
Amélioration des tuyaux d'écluse de l'oued Méjerda	9 sites riverains de l'oued Méjerda
Amélioration du lit de cours d'eau de l'oued Chafrou	Tronçon en aval susceptible d'être affecté par les eaux dormantes provenant du confluent avec l'oued Méjerda environ 2 km
Aménagement du bassin de retardement d'El Mabtough	1 barrage de déviation pour le bassin de retardement, canal de décharge de 23,0km, 1 barrage déversoir, 1 vanne de contrôle de débit, 1 vanne du canal latéral, canal de drainage de 7,5km, 1 vanne de drainage

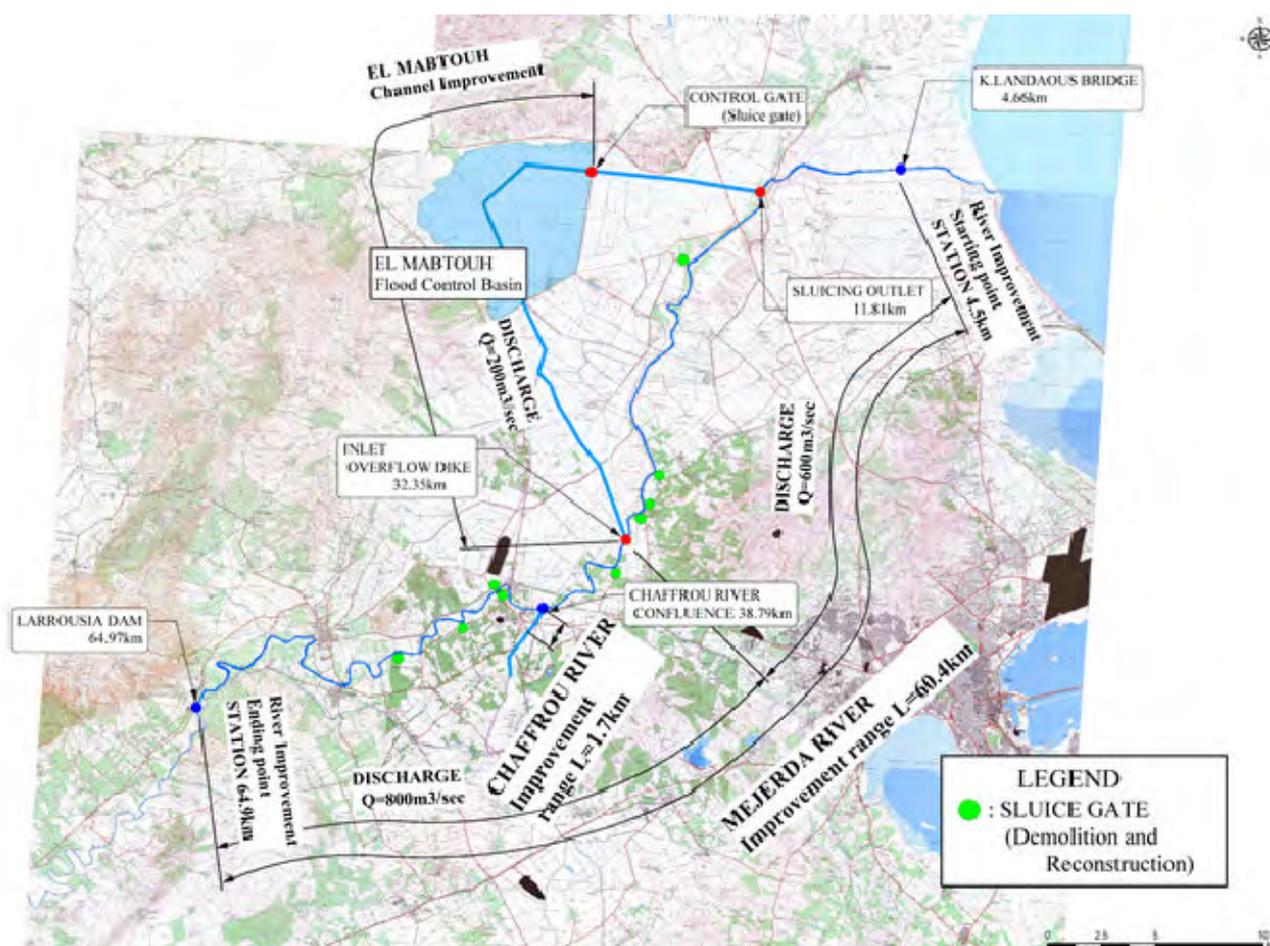


Figure 5.1-1 Plan d'ensemble de la zone d'amélioration

En Tunisie, l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle exige que toute conception se réfère aux normes, standards ou critères de l'ISO, français ou couramment appliqués dans le pays en ce qui concerne l'amélioration de lits et la conception des ouvrages structurels de cours d'eau. Cependant, aucune directive technique n'a été homologuée pour l'amélioration de lits de cours d'eau. Il est rapporté que quand on envisage un projet, on envisage habituellement un ensemble des normes, standards et critères spécifiques à la conception du projet concerné. De ce fait, après avoir concerté avec le Ministère de l'Agriculture, l'organisme tunisien responsable de l'exécution du Projet, il a été décidé d'appliquer les normes, standards et critères japonais en la matière. Au Japon, il existe un nombre de rivières dont les conditions fluviales sont similaires à celles de l'oued Méjerda. C'est la raison pour laquelle il est jugé pertinent d'appliquer pour le Projet les normes, standards et critères relevant des « Normes techniques régissant les cours d'eau et pour la protection contre l'érosion » et du « Code des ouvrages de gestion hydraulique » (ci-après désigné le « Code de la structure ») du ministère japonais du territoire, de l'infrastructure, du transport et du tourisme.

5.1.2. Spécifications des formes de coupe transversale de lits de cours d'eau

Les spécifications projetées pour les formes de coupe transversale des lits des cours d'eau des oueds

Méjerda et Chafrou sont décrites ci-dessous. Quant à l'oued Chafrou, comme il se trouve dans le tronçon susceptible d'être affecté par les eaux dormantes du courant principal, ses caractéristiques techniques sont considérées les mêmes que ce dernier.

- 1) Largeur de crête : 4,0m
- 2) Hauteur de franc-bord : 1,0m
- 3) Pente de la berge : 20% (1 (vertical) : 2,0 (horizontal))
- 4) Berme : une berme de 3m de large obligatoire en cas de berge dépassant 5 m de haut

Les sections types de l'oued Méjerda conçues conformément aux spécifications susmentionnées sont montrées à la Figure 5.1-2 et au Tableau 5.1-1 montrent et celles de l'oued Chafrou à la Figure 5.1-4.

(1) Largeur de crête

Le Projet prévoit l'amélioration par excavation de lit de cours d'eau, sauf quelques tronçons prévus pour être refaits avec digues. Le Code de la structure stipule les largeurs de crête en fonction de débits de crue comme le montre le tableau suivant. Si le Projet projette un débit à plus hautes eaux de 600~800m³/s, la largeur de crête sera de 4m. Sur la crête sera installé un accès de contrôle de 3m de large. Quant aux tronçons refaits par excavation de lit et non avec digues, on prévoit sur chacune des berges des deux rives un terrain de service de 4m de large sur lequel sera prévu un accès de contrôle. Bien que le débit à plus hautes eaux projeté pour l'oued Chafrou soit de 50m³/s, quand il s'agit des tronçons affectés par les eaux dormantes, leurs sections seront les mêmes que celles du courant principal.

Tableau 5.1-1 Franc-bord et largeur de crête

Débit de projet Q (m ³ /s)	Franc-bord (m)	Largeur de crête de la digue (m)
Q < 200	0,6	3
200 ≤ Q < 500	0,8	
500 ≤ Q < 2 000	1,0	4
2 000 ≤ Q < 5 000	1,2	5
5 000 ≤ Q < 10 000	1,5	6
10 000 ≤ Q	2,0	7

Source : Code de la structure stipulant les ouvrages de gestion hydraulique

(2) Hauteur de franc-bord

Le Code de la structure stipule les hauteurs de franc-bord en fonction de débits à plus hautes eaux comme le montre le tableau susmentionné. Le débit à plus hautes eaux déterminé à la suite d'une analyse hydrologique est de 600 à 800m³/s au niveau du tronçon D2. Par conséquent, la hauteur de franc-bord est de 1,0m. Quant à l'oued Chafrou, elle sera de 1,0m pour la même raison que la description plus haute.

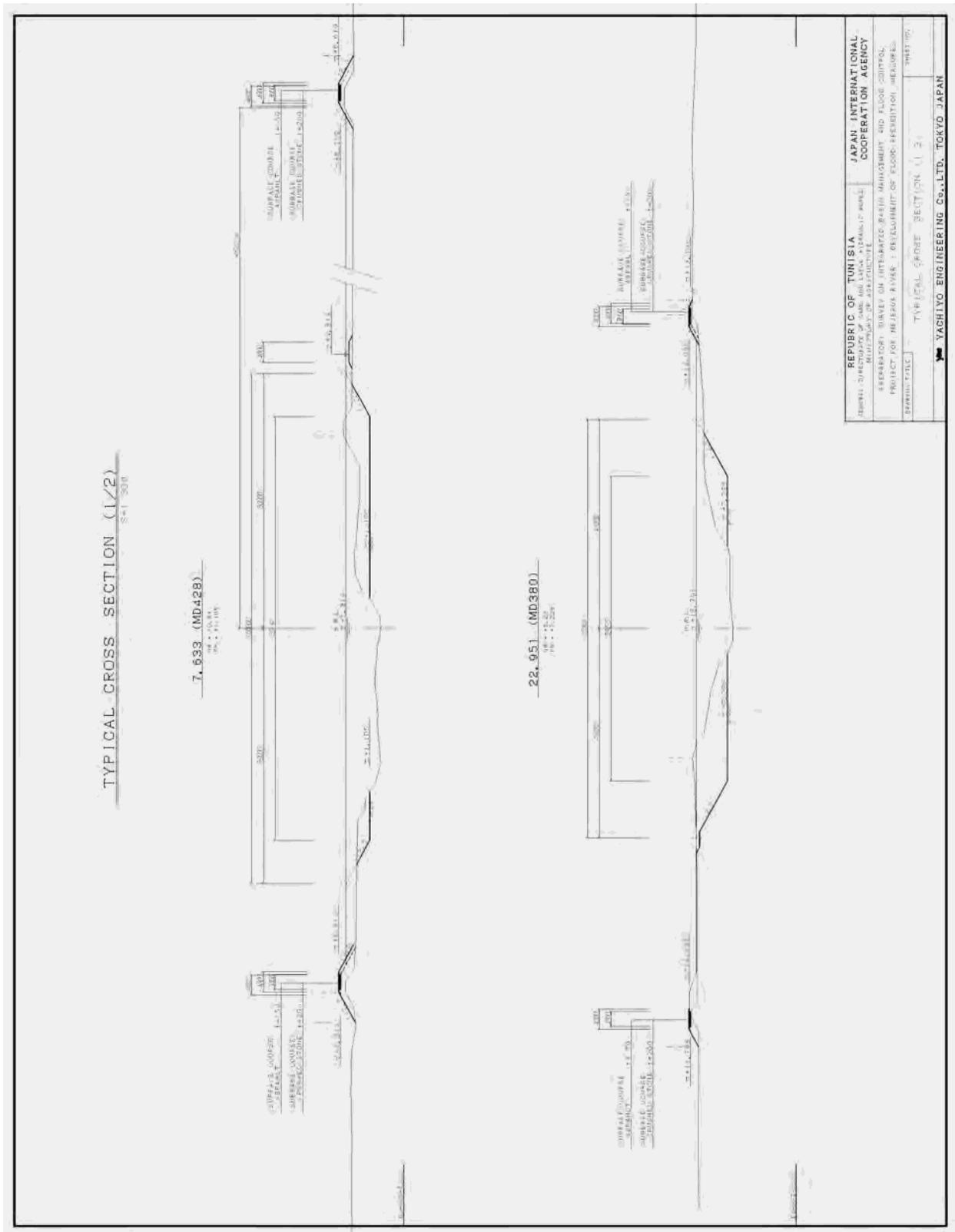


Figure 5.1-2 Sections types [1/2] (0 à 32,35km Q=600m³/s)

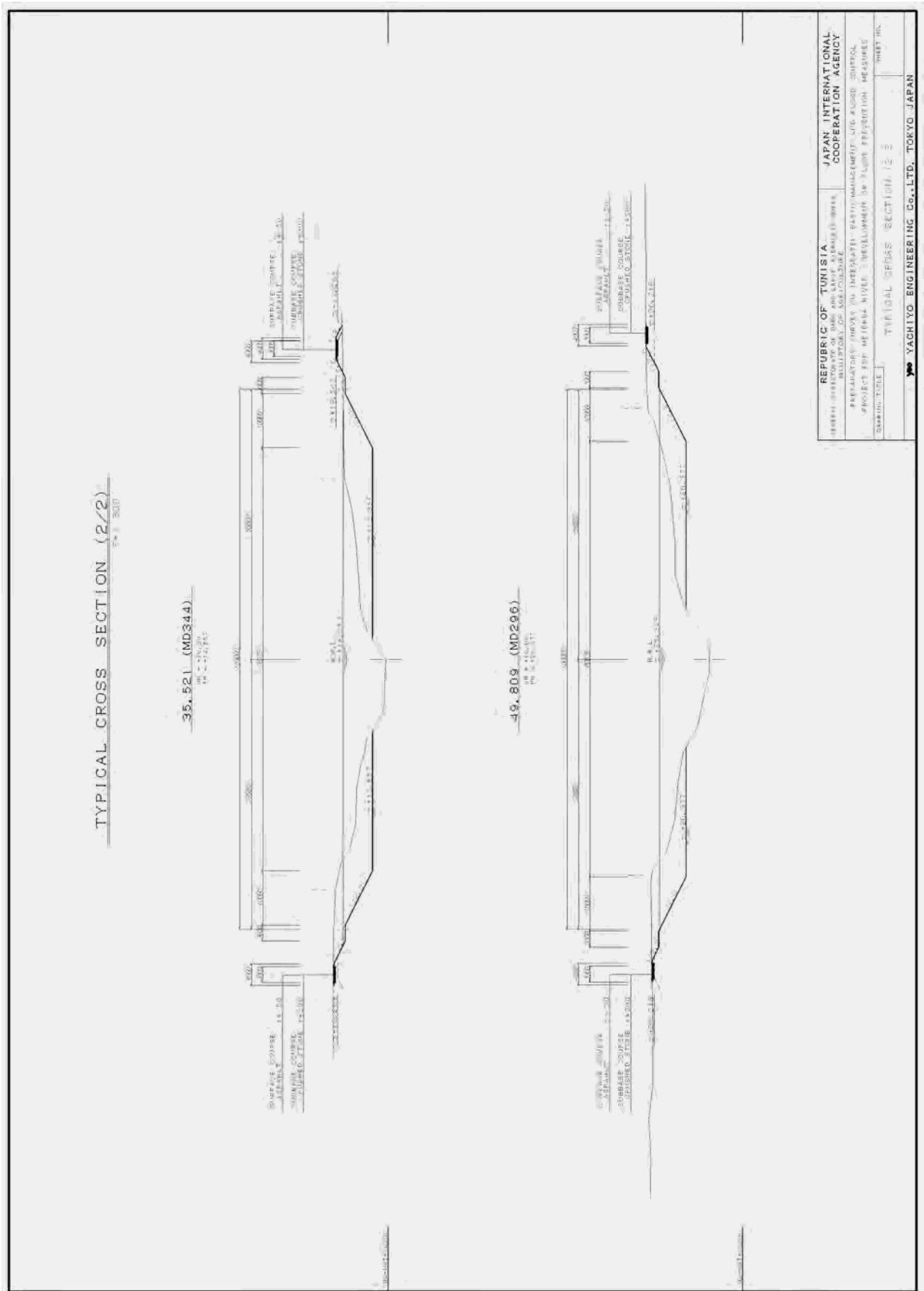


Figure 5.1-3 Sections types [2/2] (32,35 à 64,97km Q=800 m³/s)

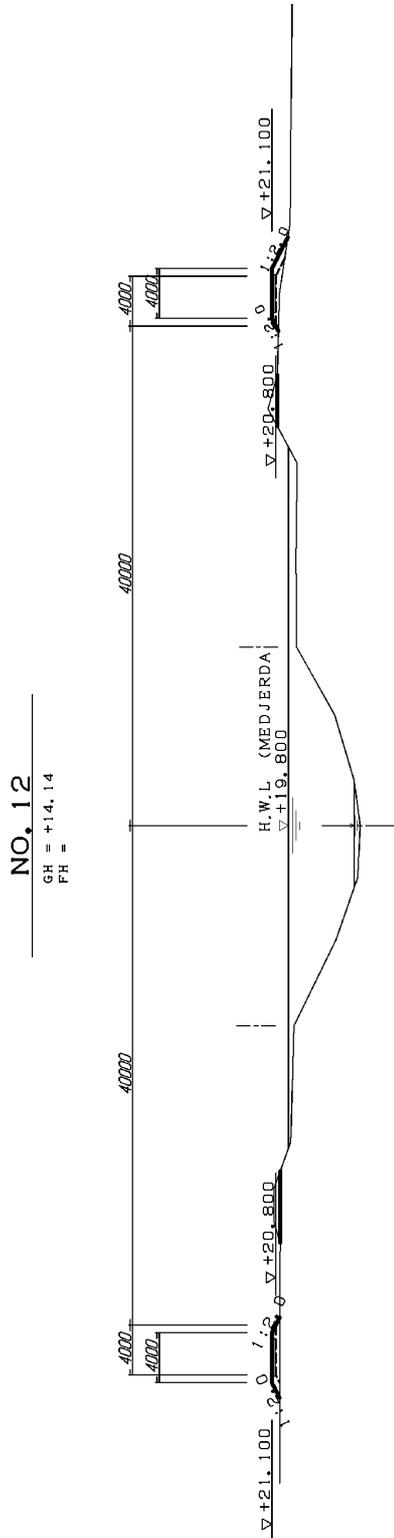


Figure 5.1-4 Section types (Oued Chafrou)

(3) Pente de berge stable

La stabilité de la pente de berge est considérée par rapport aux travaux d'excavation de lits et d'endiguement-remblaiement conformément aux propriétés géologiques telles que décrites à l'alinéa « 2.1.2. La géologie »

1) La distribution des couches molles

La distribution des couches molles est résumée au Tableau 5.1-2. Bien que toute couche argileuse dont la valeur N varie entre 0 et 4 soit considérée comme couche molle, s'il s'agit d'un sol situé sur la continuité d'une couche molle, même s'il n'a pas subi un essai de pénétration standard, si ce sol appartient aux sols peu résistants (Documentation, alinéa 2.24. (3) 1) iii, alinéa (3) (a) iii) du Chapitre 2), représentant une pression de fluage inférieure à 5bar, une pression limite inférieure à 10bar, un coefficient de déformation inférieure à 100bar, au moment d'un essai de charge en forage), il est censé être une couche molle. Il convient de se référer à la Documentation, alinéa 2.4 (Conditions des sols dans la zone D2) pour ce qui concerne les localités des points de forage, les colonnes géologiques et les valeurs N.

Tableau 5.1-2 Distribution des couches molles

Site	Point de forage		Profondeur(m)		Épaisseur de couche (m)	Remarque
	SPT	PMT (présumé)	Face supérieure	Face inférieure		
Pont autoroutier	BHI22, 23, 24	—	8-12	24-27	13-19	
Pont routier GP8	BHI14, 15, 16	—	7-9	22-24	13-15	
Pont Tobias	BHI26	—	6	14	8	
Aval du pont Tobias	—	BHI17, 18	1	4-6	3-5	Situé juste au-dessous du sol de surface ;
Pont K. Landalous	BHI21	BHI19, 20	1-7	25-34	24-30	On présume juste au-dessous de la couche superficielle aux points BHI19, 20 ;
Bassin de retardement d'El Mabtough	BHII06	—	10	20	5 et 3 (2couches)	2 couches serrant une couche sableuse de 2m d'épais entre elles ;

Nota) SPT : Essai de pénétration standard ; PMT : Essai de charge en forage ;
 (Source : Données compilées du rapport du sondage géologique de l'étude préparatoire)

Dans la plupart des cas, une couche molle se situe au-dessous d'une couche de recouvrement ayant une épaisseur d'entre 5 et 12m. On trouve une couche molle juste au-dessous d'une couche arable (1 à 2m d'épais) à BHI17 en aval du barrage de Tobias, entre BHI18 et BHI19 du pont Kalâat Landalous et BHI20, qui vient apparaître dès que le sol arable est enlevé.

2) Élargissement du cours d'eau et de la pente de la berge dans l'excavation

Pour l'élargissement des cours d'eau, on prévoit une pente de la berge de 1 : 2 (hauteur 1 : distance horizontale 2) dans l'excavation. Si la hauteur de la berge dépasse 5m, on y prévoit une berme de 3m de large. Selon ce rapport de mise en forme, le facteur de sécurité minimum en prévision du glissement circulaire sur la pente de la berge de 8m de haut varie comme le montrent les figures et les tableaux suivants.

En cas d'excavation d'une couche molle, le facteur de sécurité minimum varie entre 0,480 et 0,808. L'effondrement est donc inévitable. Dans le présent Projet, le sol meuble se distribue entre les environs du pont autoroutier et les zones situées en son aval. On observe jusqu'au barrage de Tobias une couche molle d'entre 6 et 12m de profond du sol de surface. On peut donc estimer qu'un facteur de sécurité supérieur à 1 peut s'obtenir avec 20% de pente de la berge. Par contre, entre le barrage de Tobias et le pont Kalâat Landalous, il existe une couche molle au-dessous du sol de surface. Il convient donc d'effectuer une autre investigation au moment de l'étude détaillée pour adoucir la pente de la berge selon la nécessité. Outres, la variation des pentes par rapport à la berge de 5m de haut est considérée au Tableau 5.1-4. En cas de berge de 5m de haut, même si le sol est arable, si la pente de la berge est supérieure à 20%, le facteur de sécurité minimum est supérieur à 1,0.

Tableau 5.1-3 Facteur de sécurité de la pente de la berge dans l'excavation de projet
(Considération faite uniquement dans les conditions normales)

Couche de sol	Viscosité C (kN/m ²)	Angle de frottement interne φ (°)	Facteur de sécurité minimum	Remarque
Couche molle (uni couche)	10	3	0,480	
Couche molle (sol meuble renfermant des couches sableuses resserrées)	(0 couche sableuse)	(30 couches sableuses)	0,808	Argile sableuse en partie inférieure
Argile limoneuse (uni couche)	47	10	1,934	Résistance minimum excepté la couche molle
Argile limoneuse (renfermant des couches sableuses resserrées)	(0 couche sableuse)	(30 couches sableuses)	1,821	Idem
Argile limoneuse (unie couche)	31	13	1,588	Résistance minimum excepté la couche molle
Argile sableuse (renfermant des couches sableuses resserrées)	(0 couche sableuse)	(30 couches sableuses)	1,544	Idem

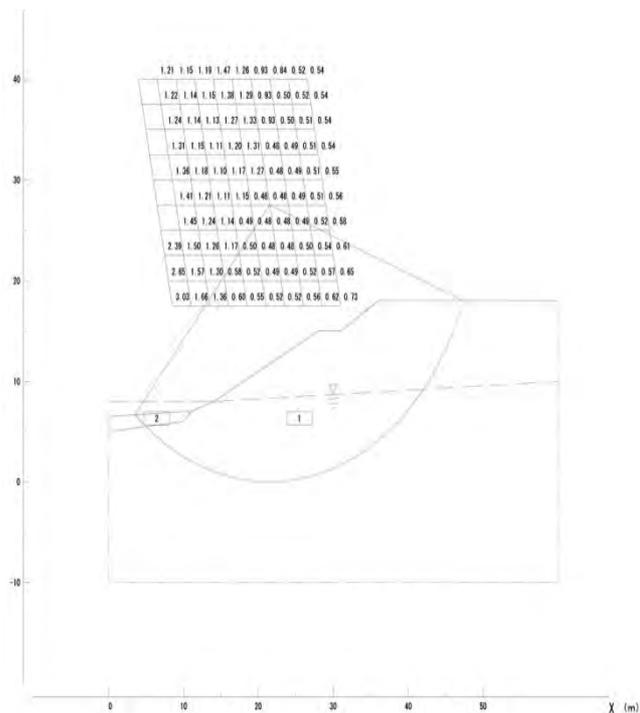
(Source : Données compilées de la présente étude)

Tableau 5.1-4 Facteurs de sécurité de la berge de 5m de haut en fonction de la variation des pentes
(Considération faite uniquement dans les conditions normales)

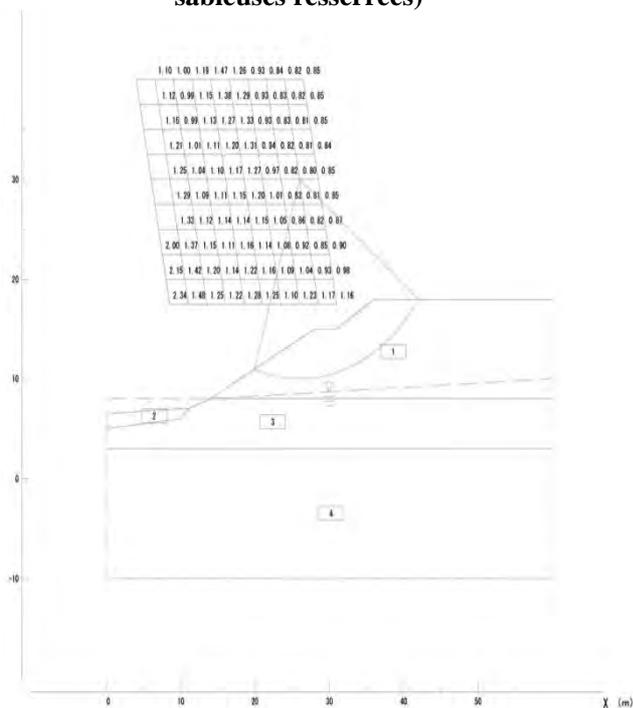
Pente	Facteur de sécurité				Remarque
	Couche molle	Argile limoneuse	Argile sableuse	Sable	
1 : 0.25	0,578	2,625	1,945	0,460	
1 : 0.50	0,662	—	—	0,608	2 rubriques non calculées parce que leur facteur de sécurité est élevé.
1 : 0.75	0,737	—	—	0,727	
1 : 1.0	0,809	—	—	0,776	
1 : 1.5	0,945	—	—	0,944	
1 : 2.0	1,066	—	—	1,166	
1 : 2.5	1,203	—	—	1,386	

(Source : Données compilées de la présente étude)

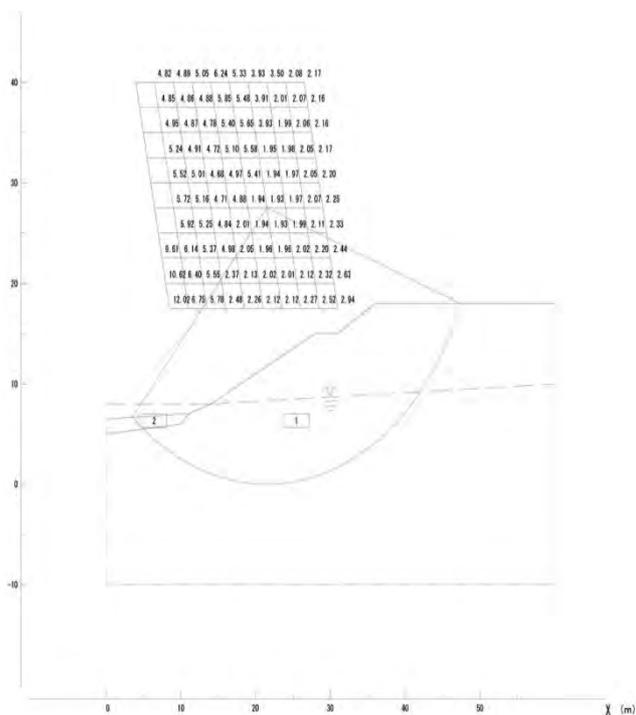
(A) Couche molle (uni couche)



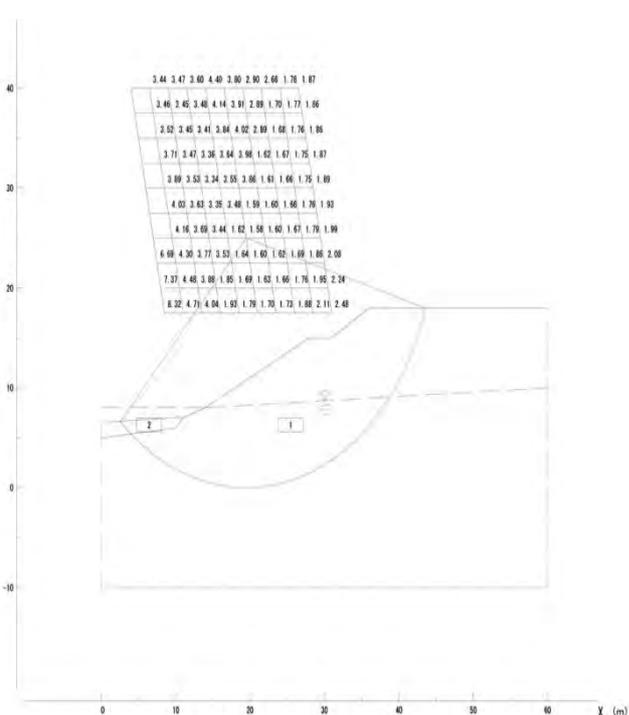
(B) Couche molle (renfermant des couches sableuses resserrées)



(C) Argile limoneuse (uni couche)



(D) Argile sableuse (uni couche)



(Source : Données compilées de la présente étude)

Figure 5.1-5 Calcul du facteur de sécurité minimum dans l'excavation
 (Hauteur de la berge 8m, pente 1 :2, berme 3m de large)

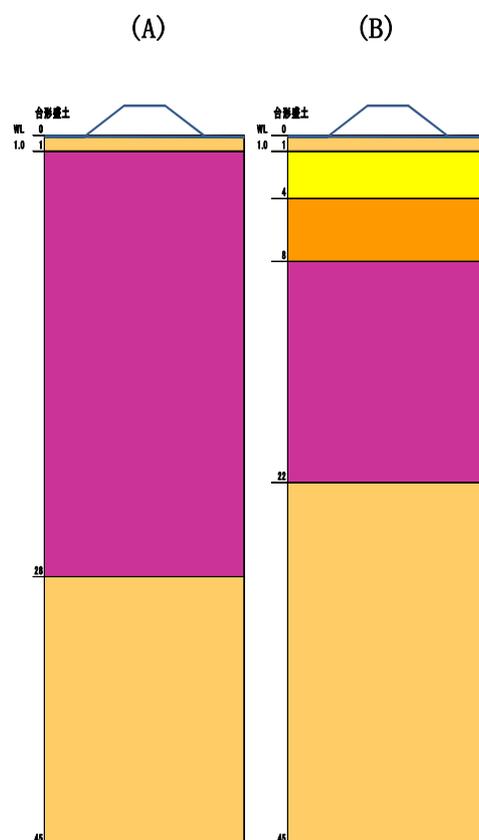
3) Stabilité par rapport à l'affaissement dû à la consolidation du sol dans l'endiguement-remblaiement

Il s'agit ici de considérer grossièrement la quantité et le temps d'affaissement dans l'endiguement-remblaiement effectué aux zones ayant des couches molles d'une épaisseur importante.

Il s'agit ici de calculer, juste au-dessous du centre du trapèze (en application du coefficient d'effet d'Osterberg), la quantité et le temps d'affaissement sur la base d'un remblaiement en forme trapézoïdale de 5m de haut, dont la face supérieure de 10m et la face inférieure de 30m, soumis à une charge de trafic de $1\text{tf}/\text{m}^2$ ($9.8\text{kN}/\text{m}^2$), suivant les conditions de consolidation régulière et de drainage par deux faces (voir la Figure 5.1-6). Le résultat du calcul est indiqué comme suit.

- i) Site du pont Kalâat Landalous : Quantité d'affaissement 88,4cm, Temps d'affaissement 309 mois (Consolidation 90%);
- ii) Site du pont routière GP8 : Quantité d'affaissement 45,3cm, Temps d'affaissement 246 mois (Consolidation 90%);
(Toutefois, en cas de ii), le temps d'affaissement est estimé moins important si l'on tient compte de la modeste quantité d'affaissement de la couche molle et de celle la plus basse.)

Plus importante la hauteur de la berge est, plus importante la quantité d'affaissement devient. Plus épaisse la couche molle est, plus important le temps d'affaissement devient. Par conséquent, en cas de remblaiement dont la hauteur de la berge est élevée, il convient de considérer certaines mesures à prendre comme par exemple la mise en place des routes provisoires, le dessablement ou autres dispositions selon la nécessité, pour le respect du délai d'exécution des travaux limité, la protection de l'environnement contre l'effet des travaux exécutés, etc.



(A) Site du pont K.Landalous
(B) Site du pont routier GP8
(Source : Données schématisées du rapport de sondage géologique de l'étude préparatoire)

Figure 5.1-1
Considération schématique de l'affaissement dans l'endiguement-remblaiement

Tableau 5.1-5 Considération générale de l'affaissement du sol dans l'endiguement-remblaiement (Site du pont Kalâat Landalous)

Couche de sol	Poids humide	Poids dans l'eau	Écart initial	Indice de densité	Indice de consolidation	Épaisseur de couche	Charge initiale	Pression contactrice de sol	Coefficient d'effet	Pression d'accroissement	Affaissement	Temps d'affaissement	
	γ_t (t/m ³)	γ' (t/m ³)	e_0	Cc	Cv (cm ² /s)	H (cm)	P ₀ (tf/m ²)	q (tf/m ²)	I	$\Delta P = \sigma_z$ (tf/m ²)	S (cm)	densité de consolidation 80% (mois)	Densité de consolidation 90% (mois)
Argile sableuse	1.93	0.93	0.75	0.21	8.74E-04	100	0.965	9	0.99	8.91	12.1	1	1
Couche arable	1.78	0.78	0.91	0.31	1.92E-03	3000	13.54	9	0.64	5.76	67.5	208	309
Argile sableuse	1.93	0.93	0.73	0.19	1.75E-03	2900	41.08	9	0.38	3.42	6.5	90	134
Total											86.1	208	309

(Source : Données compilées du rapport du sondage géologique de l'étude provisoire)

Tableau 5.1-6 Considération générale de l'affaissement du sol dans l'endiguement-remblaiement (Site du pont routier GP8)

Couche de sol	Poids humide	Poids dans l'eau	Écart initial	Indice de densité	Indice de consolidation	Épaisseur de couche	Charge initiale	Pression contactrice de sol	Coefficient d'effet	Pression d'accroissement	Affaissement	Temps d'affaissement	
	γ_t (t/m ³)	γ' (t/m ³)	e_0	Cc	Cv (cm ² /s)	H (cm)	P ₀ (tf/m ²)	q (tf/m ²)	I	$\Delta P = \sigma_z$ (tf/m ²)	S (cm)	densité de consolidation 80% (mois)	Densité de consolidation 90% (mois)
Couche arable	1.92	0.92	0.75	0.21	8.74E-04	100	0.96	9	0.99	8.91	12.1	1	1
Sable	1.8	0.8	0.6	—	—	400	5.52	9	0.46	4.14	—	—	—
Argile limoneuse	1.93	0.93	0.73	0.21	1.87E-03	500	10.445	9	0.42	8.91	12.1	5	7
Couche meuble	1.78	0.78	0.91	0.3	1.92E-03	1500	18.62	9	0.29	2.61	12.5	56	83
Argile sableuse	1.93	0.93	0.73	0.19	1.75E-03	2500	36.095	9	0.16	1.44	4.3	165	246
Total											41.0	165	246

(Source : Données compilées du rapport du sondage géologique de l'étude provisoire)

5.1.3. Revêtement et consolidation des sols

(1) Revêtement

Il n'existe sur l'oued Méjerda presque aucun revêtement en prévision des crues ni revêtement des rives pour les niveaux d'étiage. De ce fait, on observe parfois des rives érodées aux points bouclés de cours d'eau. La Figure 5.1-7 montre les débits disponibles après l'amélioration des lits de cours d'eau dans le Projet. Le Tableau 5.1-7 démontre un procédé de construction en cas de pente de la berge inférieure à 1 : 1,5. Le débit disponible varie en règle générale entre moins de 1 et 2m/sec. Ceci favorise la récupération de la végétation dès l'achèvement des travaux, ce qui favorisera également le déploiement permanent de la résistance naturelle contre l'érosion. Vu que le lit de cours d'eau aménagé dans le Projet est un lit mis en forme par excavation, dont la cote de plus hautes eaux de projet correspond à la cote du terrain protégé contre les crues, et que les nouvelles sections contribuent à s'assurer d'une largeur de la berge variant entre 20 et 30m, il convient de ne prévoir aucun revêtement en principe, sauf les tronçons sous-mentionnés devant être dotés de certains revêtements, qui passent par les :

- 1) Zones riveraines peuplées aux environs des points bouclés de cours d'eau susceptibles d'être érodées ;
- 2) Zones en aval et en amont des routes nationales, chemins de fer ou autres ouvrages d'infrastructure

transversaux (ponts ou autres) ;

- 3) Zones en aval et en amont des confluent des affluents, drainages de grande taille et autres ouvrages de déviation.

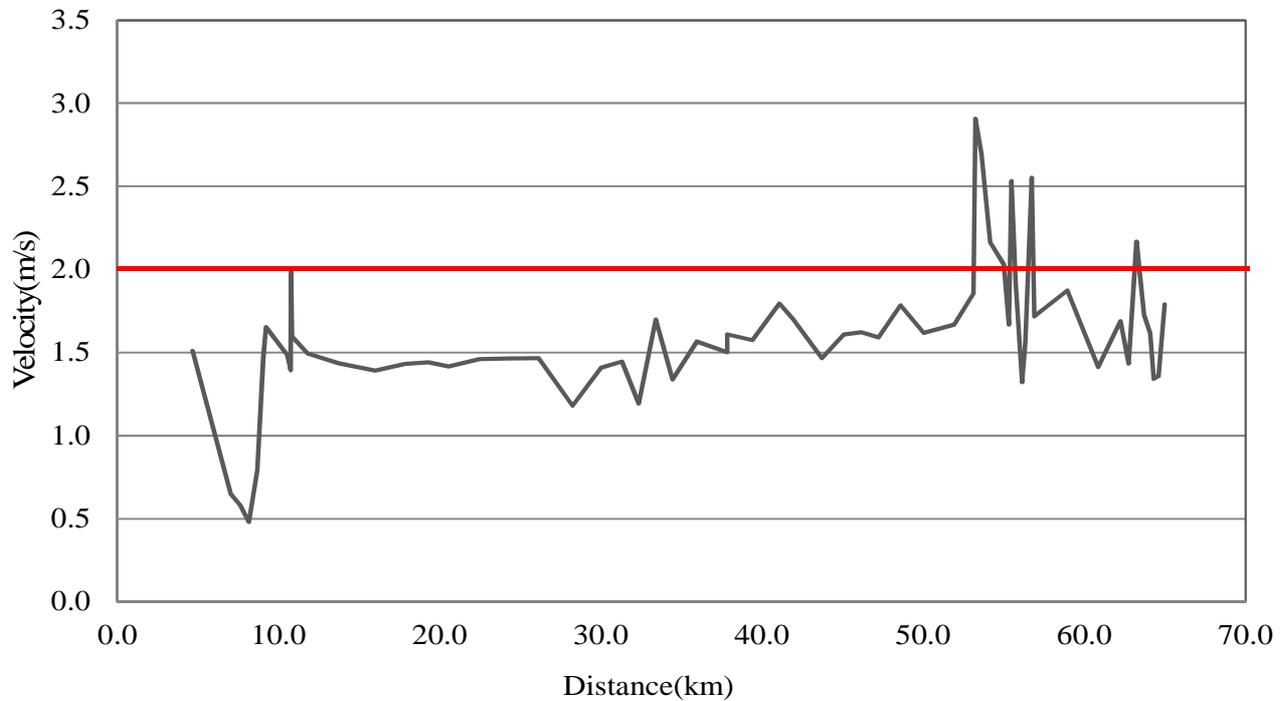


Figure 5.1-7 Débit moyen dans les canaux fluviaux (Résultat du calcul à écoulement irrégulier)

Tableau 5.1-7 Tableau de sélection des travaux de revêtement

Method of rehabilitation work		Design flow rate V < 2 (m/s)						Applicable conditions
		2	3	4	5	6	7	
Vegetation	Sodding	■						<ul style="list-style-type: none"> - Must not immerse at normal water level. Apply to parts where water does not flow until sod takes root. - Combination of piling rocks on the slope, wooden fence, or surefooting, for parts below the normal water level. - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
	Sheet							
	Geotextile	■	■					<ul style="list-style-type: none"> - Applied to rivers with less boulders or parts other than water colliding front. - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
	Block mat	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied to rivers with less boulders or parts other than water colliding front. - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
Wood	Logs laid in grid	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied to excavated channels - Applied to rivers with less boulders - Applied to low-water bank of a wide flood channel - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
	Fascine on grating crib	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied to excavated channels - Applied to rivers with less boulders - Applied to low-water bank of a wide flood channel - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
	Picket fence	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied to excavated channels - Applied to rivers with less boulders - Applied to low-water bank of a wide flood channel - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
Stone/rock	Fieldstone (dry masonry)	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied if material can be easily obtained around the site (common to stone/rock) - Applied to excavated channels
	Fieldstone (wet masonry)	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> - Joint shall be embedded deeply to keep concrete filler lower than the surface.
Basket	Gabion basket for sodding	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied to excavated channels - Applied to rivers with less boulders - Applied if houses or important facilities are not built at the back side.
	Gabion mat	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - Applied to excavated channels - Applied to rivers with less boulders - Not applicable for places with high acidity or salinity (unless wire is corrosion resistant)
Concrete	Porous concrete	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> - If poured at site, design flow shall be 5m/s or lower. - If design flow is 5m/s or higher, block must be of a higher strength
	Articulated concrete mattress	■	■	■				<ul style="list-style-type: none"> - When using steel wire for articulated mattress, do not use under high acid or saline condition (unless wire is corrosion resistant)
	Environment protection block	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> - Various types are available. Must select the appropriate type that matches the environment - For parts where design flow is lower than 5m/s, other construction methods must also be reviewed
	Block lining	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> - Must not be used as a basic rule, however, it may be applied when other protective dike works are unavailable

* Legend: ■ Applicable range

■ Not applicable in general (applicable only when other protective dike works are unavailable)

* Note:
 - The applicable range shown above is a rough indication based on past records. Therefore, the work method may be applied depending on the condition of the damage caused by the disaster, as well as the countermeasures.
 - Regardless of the statements above, any reasonable work method that are applicable to the design flow may be introduced.
 - Above table shall be reviewed, added, or enhanced based on the "Basic Policy for Projects on Disaster Rehabilitation to Protect Beautiful Mountains and Rivers", established by the prefectural governments.

Source : Les orientations de base pour la restauration post-catastrophe et pour la protection des eaux, des forêts et de tout autre patrimoine naturel, Association nationale de prévention des désastres

Dans le présent Projet, sur le plan d'approvisionnement en matériaux dans les zones concernées, il sera proposé deux types de revêtement comme suit :

(i) Ossature en béton / maçonnerie appareillée au mortier

Grâce à sa structure solide, ce type de revêtement est utilisé aux endroits essentiels comme par exemple au tour d'un pont, en particulier. Concrètement parlant, il convient de le concevoir dans un rayon de 10m d'un pont essentiel, ou à l'extérieur du point bouclé d'un oued dont les zones riveraines sont peuplées comme le cas de la ville de Jedaida.

(ii) Gabions / enrochement

Ce type de revêtement est doté d'une certaine flexibilité qui permet de suivre le comportement du sol, et de protéger ainsi la partie limite entre deux bords, berge et ouvrage en béton en particulier, contre tout affouillement par érosion localisée. Il est donc appliqué aux alentours d'un ouvrage structurel ou aux extrémités d'un ouvrage en béton. Or, quand il s'agit de l'oued Méjerda, on observe parfois ce revêtement aux alentours des ponts. On peut estimer donc ce procédé de revêtement fort entretenable localement.

(2) Consolidation des sols

L'amélioration prévue dans le Projet propose de ne pas changer largement la pente du lit de cours d'eau actuelle. Pour ce faire, l'idée de consolidation des sols est essentiellement écartée de la planification. Toutefois, s'il s'agit des confluents des affluents ou des canaux de grosse taille, des points d'affluence des canaux de décharge du bassin de retardement d'El Mabtouh, des points de drainage, des culées ou des colonnes de ponts, des paniers métalliques de gabion seront mis en place en prévision de tout affouillement par érosion localisé dû à la perturbation de l'écoulement d'eau.

5.1.4. Tuyau d'écluse

L'élargissement du cours d'eau nécessite l'enlèvement et le renouvellement des tuyaux d'écluse existants. Quant aux tronçons où les travaux d'endiguement auront lieu, puisqu'il n'est plus possible de traverser la digue sur un canal ouvert, il faut y installer des tuyaux d'écluse nouvellement.

Comme l'indique le **Tableau 5.1-8**, une étude sur le terrain fait savoir que la reconstruction des tuyaux d'écluse doit se faire sur 9 sites selon les tailles indiquées au même tableau. Quant à la taille de la section, elle doit être telle qu'elle est actuellement, sauf le cas de la taille minimale fixe de ϕ 800, déterminée du point de vue de la facilité d'entretien.

La cote de pose des tuyaux d'écluse sera déterminée conformément à la cote de pose des canaux de raccordement. Toutefois, pour barrer tout écoulement inversé du courant principal en cas de crues, une vanne d'arrêt inversé sera installée du côté courant. Quant au type de vanne, un type à vanne battante dont l'ouverture se fait automatiquement selon la différence du niveau d'eau sera appliqué en cas de section

moins de 1m, une vanne glissante (vanne à rouleau) sera utilisée en cas de section plus de 1m. L'amélioration de ces tuyaux d'écluse et la mise en place des nouveaux tuyaux d'écluse permettront de couvrir toute la zone fluviale dédiée à la collecte des eaux par les tuyaux d'écluse existants. Les spécifications et les plans des tuyaux d'écluse sont montrés aux Figure 5.1-8 et Figure 5.1-9.

Tableau 5.1-8 Sections des tuyaux d'écluse (nouvellement installés)

No. dans l'étude	Nom	Distance accumulée (km)	No. à la conception	Nouvelle section	Superficie de la zone des eaux intérieures (km ²)	Section existante
3-1	P110 Left-2	L 41.7	6	φ800		φ500
4	P84 Right	R 48.8	9	φ800	3,47	Estimée au tour de φ800
5	P105 Right	R 44.4	8	φ800	2,58	-
7	P116 Right	R 41.7	7	φ800	0,20	Estimée au tour de φ800
10	P146 Right	R 33.7	5	2Box-2,0m B×2,0mH	6,72	2Box-3,2mB×1,2mH
11	P160 Right	R 30.8	4	φ800	18,42	U-1,04m×0,8mH (Drainage)
11-a	P160 Right	R 30.2	3	φ800		U-1,0m×1,0mH (Drainage estimé)
12	P169 Right	R 28.4	2	2Box-2,0m B×2,0mH	7,01	2Box-2,2mB×1,2mH
14	PA4Mejam Left	L 16.7	1	φ800	0,70	Estimée au tour de φ800

※Sections d'amélioration décrites après avoir extrait du Tableau 2.2-3 les tuyaux d'écluse à renouveler ;

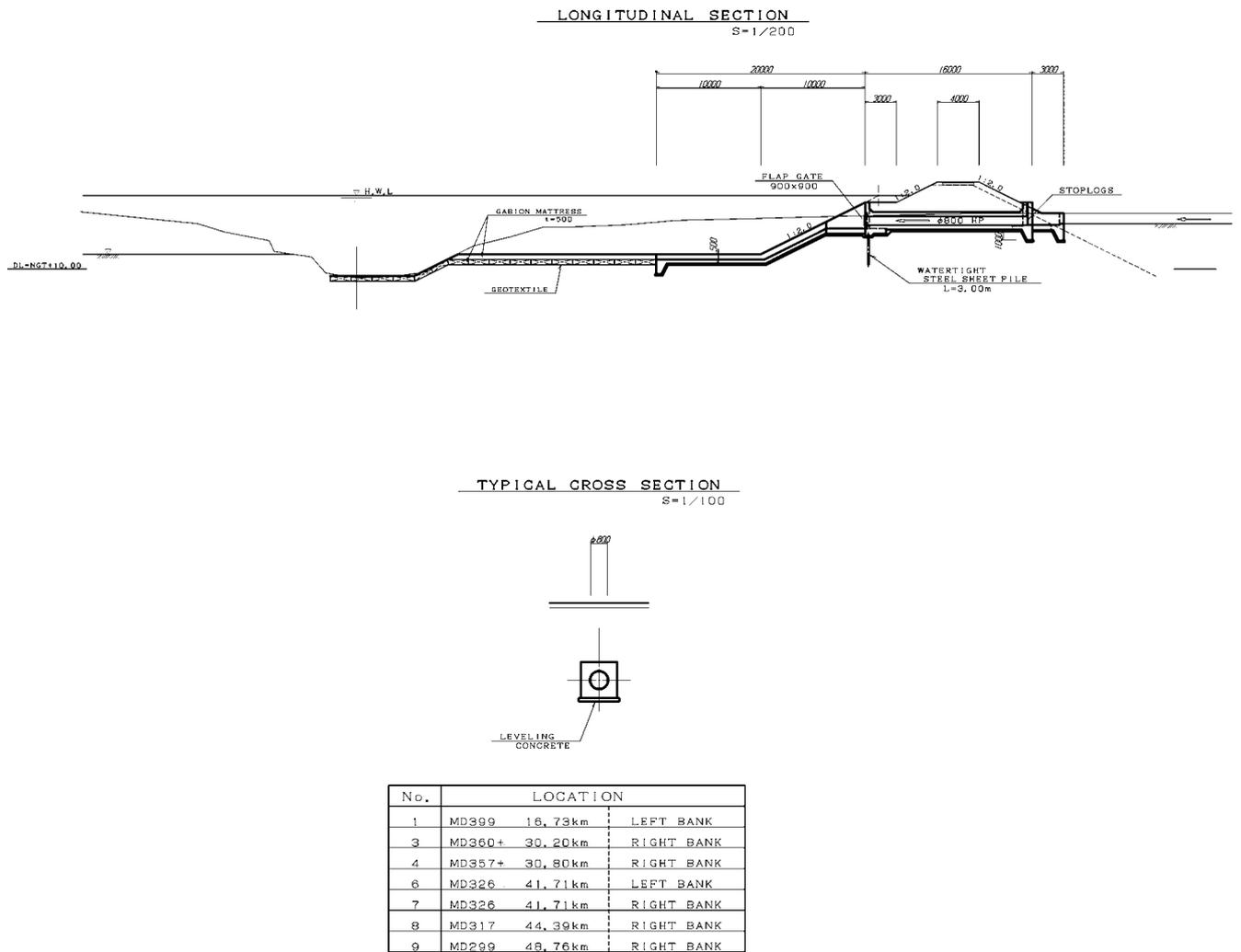


Figure 5.1-8 Plan de structure générale des tuyaux d'écluse à renouveler (Section $\phi 800$)

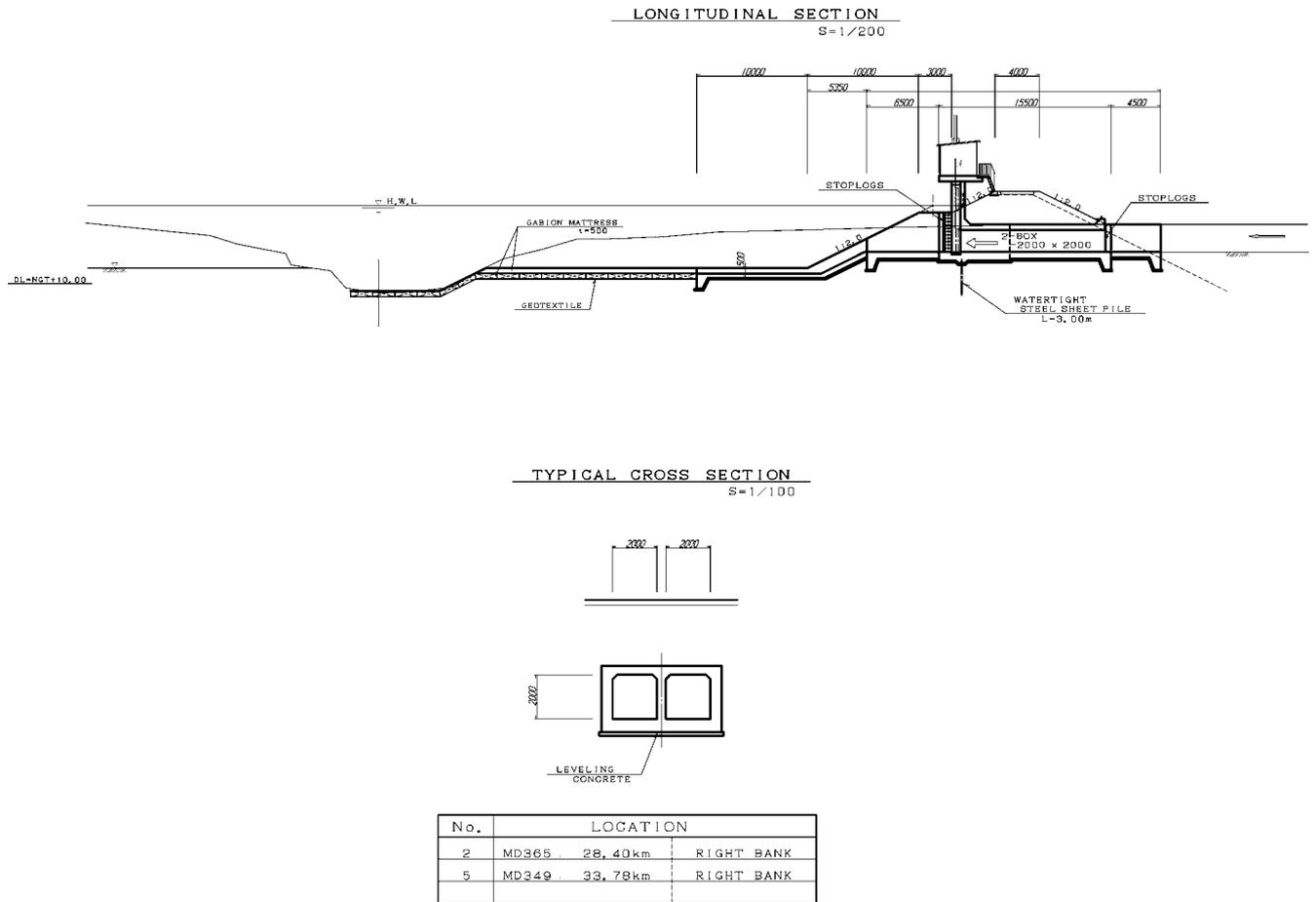


Figure 5.1-9 Plans de la structure générale des tuyau d'écluse à renouveler

5.2 Bassin de retardement

5.2.1. Généralités du plan de bassin de retardement

Le terrain marécageux d'El Mabtough sera utilisé. Dans ce bassin sera provisoirement retenue une quantité d'eau de $200\text{m}^3/\text{sec}$ déviée des canaux fluviaux. En tenant compte de la procédure coutumière des zones de projet, le stockage d'eau commence par la zone 3 avant d'aborder la zone 2. Le résultat de l'analyse hydrologique rapporte que la réserve d'eau peut être assurée par les zones 3 et 2. Il n'est donc pas nécessaire d'impliquer la zone 1 dans le stockage d'eau. La Figure 5.2-1 montre le plan d'implantation générale du bassin de retardement, schématisé à la Figure 5.2-2.

« Spécifications de projet du bassin de retardement »

- 1) Localité de déviation : 32,35km du courant principal (Point de mesure MD353)
.....Point ①
- 2) Confluent du courant principal : 11,81km du courant principal (Point de mesure MD411)Point ⑩
- 3) Système de déviation : barrage fixe de déviation et déversement latéral
Débit de projet $200\text{m}^3/\text{s}$
Largeur de déferlement 160m (Profondeur de déferlement maximum 1m y compris près 5% de marge pour la largeur effective de déversement)
- 4) Canal de décharge : Longueur totale 23,0km
Débit de projet $200\text{m}^3/\text{s}$
Tronçon entre ① et ② Largeur du canal 100m (nouvelle installation)
Tronçon entre ② et ⑦ Largeur canal 100m (reconstruction du canal existant)
- 5) Canal de drainage : Longueur totale 7,5km
Débit de projet $35\text{m}^3/\text{s}$ (Proche de la réalité)
Tronçon entre ⑦ et ⑩ Largeur du cours d'eau au tour de 35m (situation actuelle)
- 6) Ouvrages connexes du canal
Point ⑦ Barrage de déversement latéral (près de l'installation existante en amont de vanne de contrôle de débit)
Vanne de contrôle de débits (enlèvement de la vanne existante et nouvelle installation), vanne du canal latéral
Point ⑩ Vanne de drainage (en prévision de l'écoulement inversé du courant principal, enlèvement de la vanne existante, nouvelle installation)
- 7) Capacité de retenue : l'eau affluant dans le canal de décharge à travers le barrage d'affluence et débordement est retenue dans la Zone 3 d'abord et après dans la Zone 2.
Profondeur maximum au tour de 2m à 3m
WL (Max)=NGT + 9,5m (Zone 3) + 9,0m (Zone 2)
(Ordre de drainage Zone 2→ Zone 3)

Zone 3 : 23 700 000m²
 Zone 2 : 21 000 000m²
 (Zone 1 : 15 000 000m²)



Figure 5.2-1 Plan du projet de bassin de retardement d'El Mabtuh

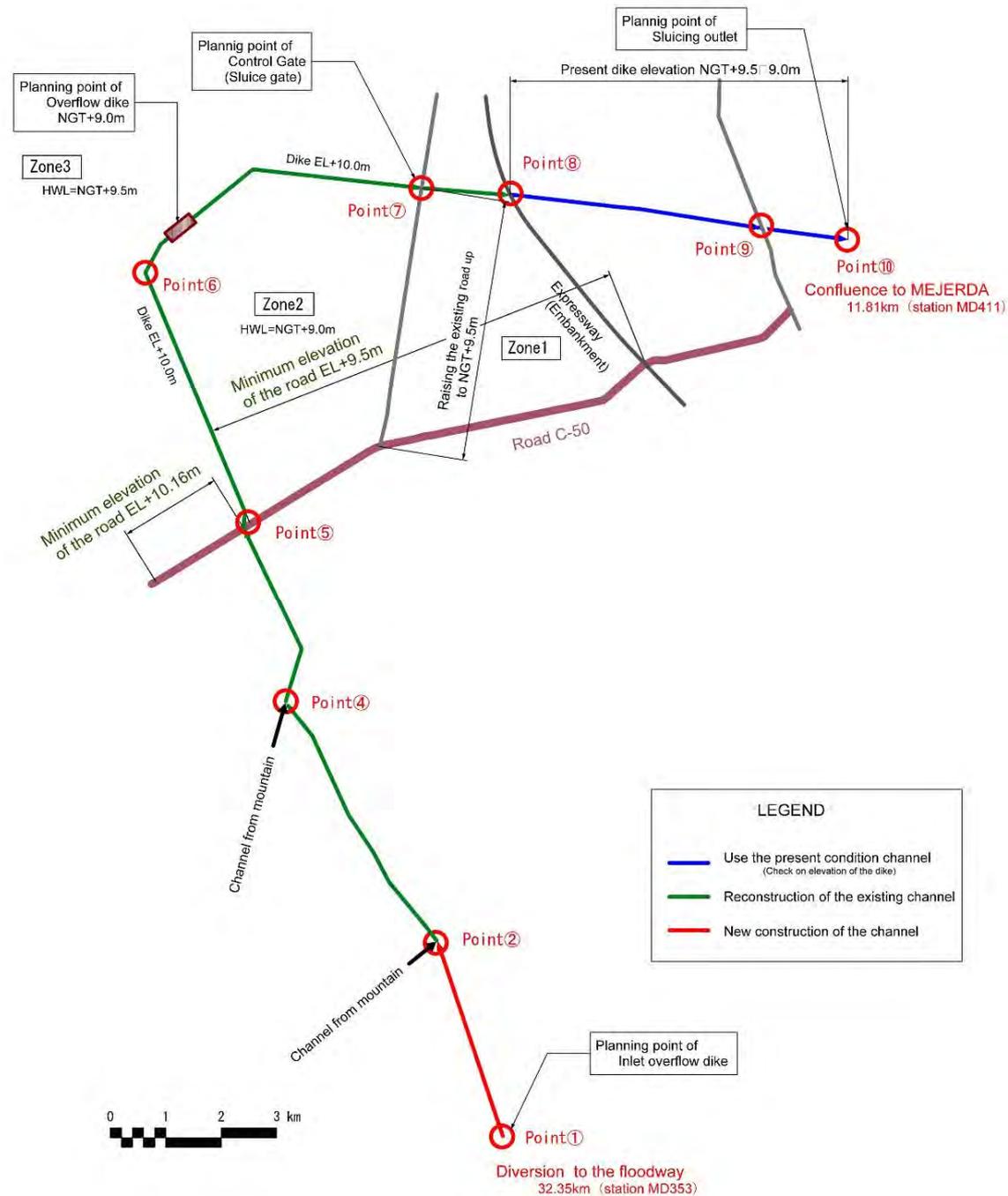


Figure 5.2-2 Schéma du projet de bassin de retardement d'El Mabtough

5.2.2. Barrage fixe de déversement latéral

Comme le décrit le précédent alinéa, le barrage fixe de déversement latéral aura un débit de $200\text{m}^3/\text{s}$, une profondeur de déferlement de 1m et une largeur de crête de débordement de 160m. Le plan général, la vue de face et la coupe ayant été élaboré selon ces caractéristiques techniques sont montrés aux Figures 5.2-3, 5.2-4 et 5.2-5, respectivement.

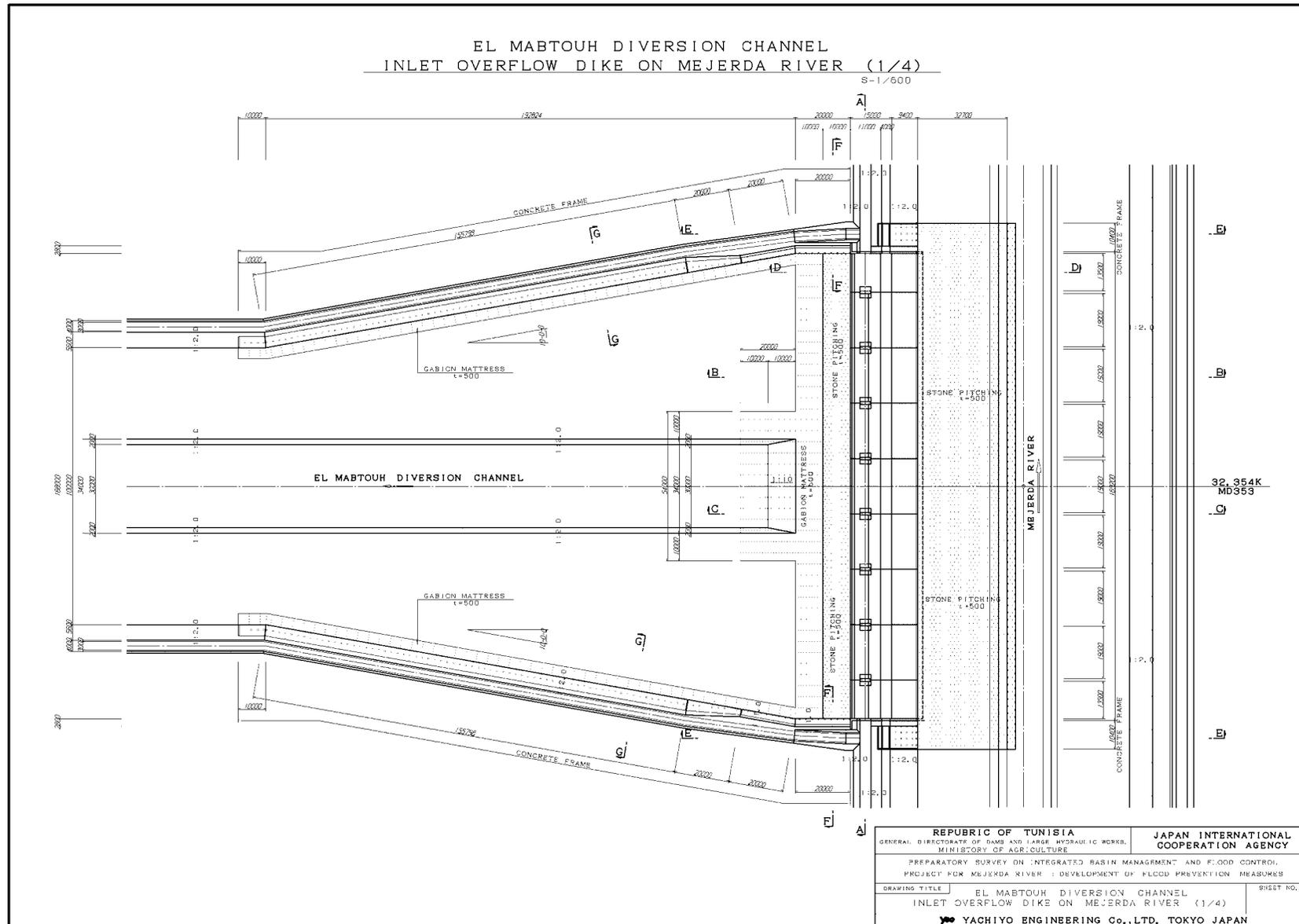


Figure 5.2-3 Vue plane générale du barrage de déviation pour le bassin de retardement

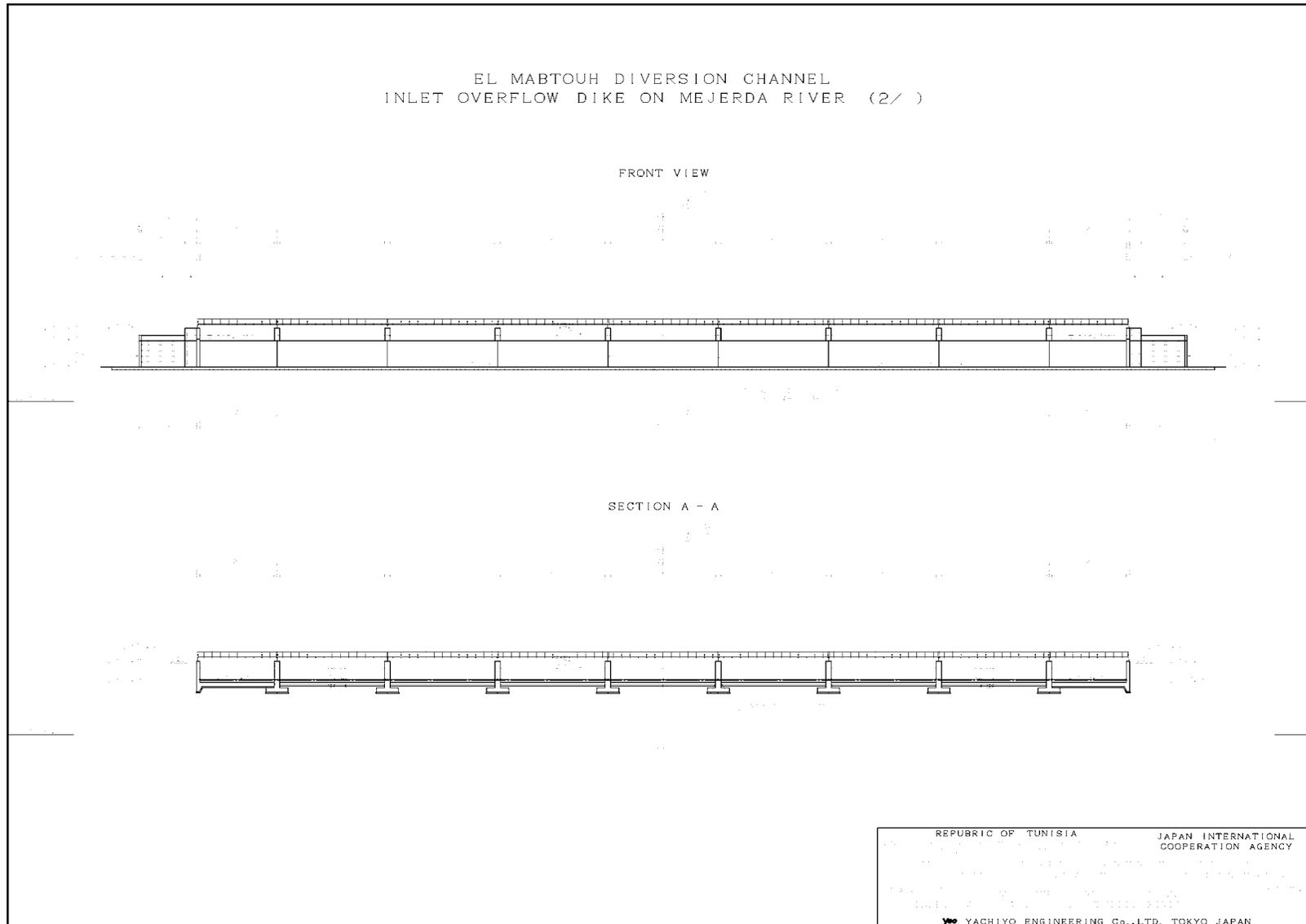


Figure 5.2-4 Vue de face du barrage de déviation pour le bassin de retardement et coupe A-A

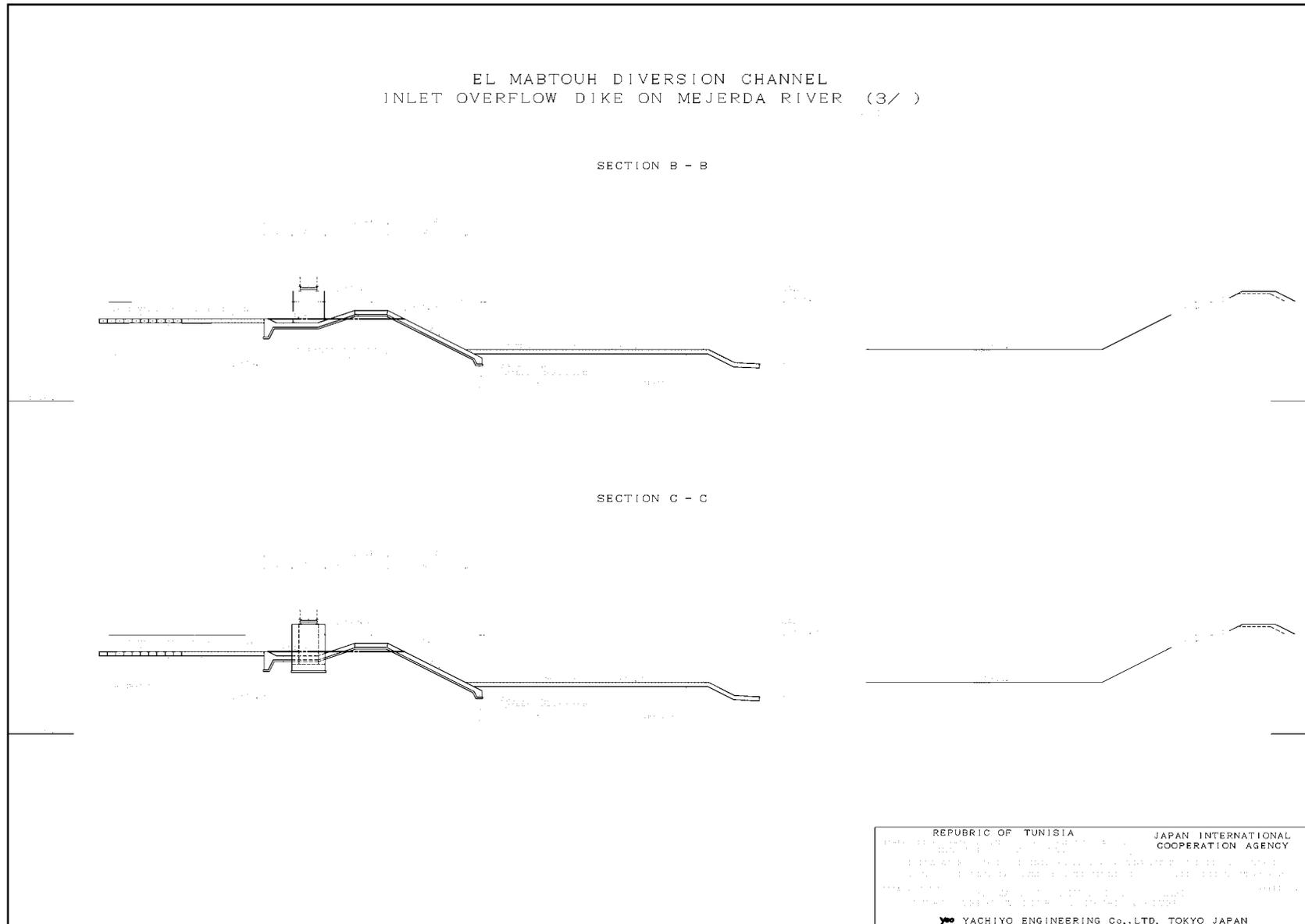


Figure 5.2-5 Coupe B-B et C-C du barrage de déviation pour le bassin de retardement

5.2.3. Canal de décharge / Canal de drainage

(1) Plan de profils en long

Les profils en long de projet du canal de décharge et du canal de drainage sont résumés au Tableau 5.2-1 et à la Figure 5.2-6.

Tableau 5.2-1 Profils en long de projet du canal de décharge et du canal de drainage

Survey Cross-section No.	Point No.	Distance (km)	Supplementary distance (km)	Grand elevation (m)	Plan Batter	Bed EL of Intake Outlet channel (m)	Note	
-	Point①	-	-	17.0	-	14.89	Mejerda 32.354km(MD353)	
1	Point②	3.73	3.73	13.5	1/2000			
-	(Point③)	-	-	11.6				
22	Point④	5.32	9.05	10.4				
36	Point⑤	3.53	12.58	8.4				
54	Point⑥	4.53	17.11	7.6				
78	Point⑦	6.08	23.19	7.1				
85	Point⑧	1.77	24.96	7.2	≅ 1/7000	5.21		Diverion Channel ↓ Drainage Channel Expressway cross point
101	Point⑨	3.99	28.95	7.1	≅ 1/4000			
-	Point⑩	1.58	30.53	-				3.82

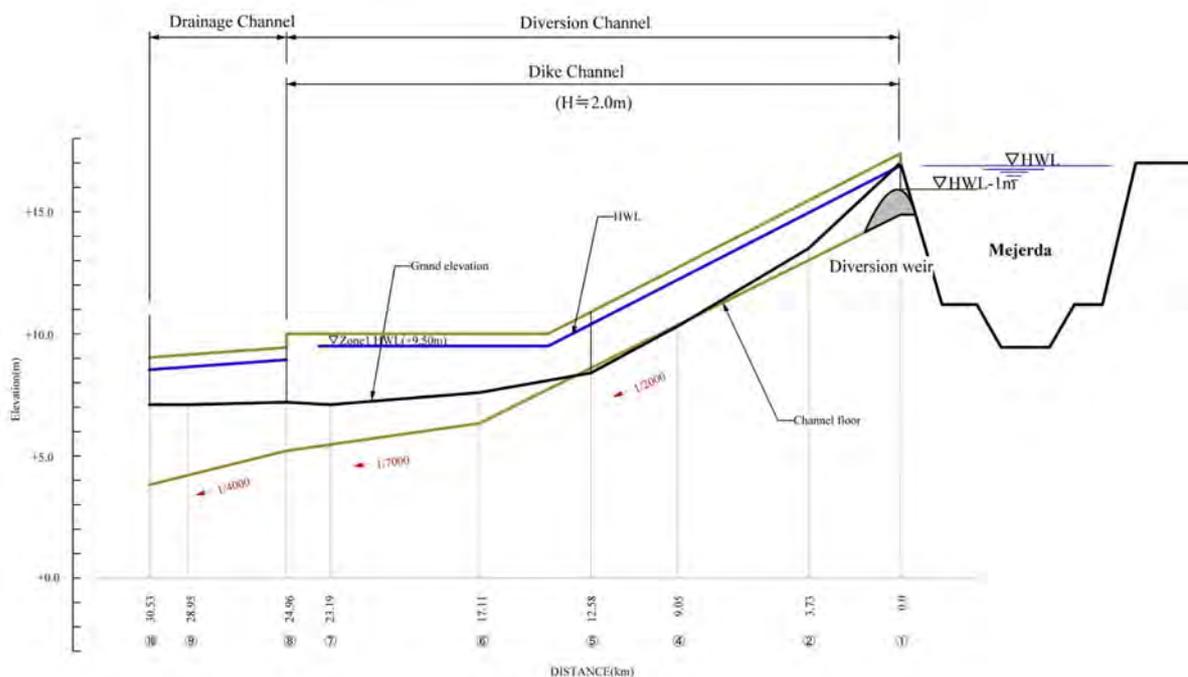


Figure 5.2-6 Profils en long du canal de décharge et du canal de drainage

(2) Conception de base

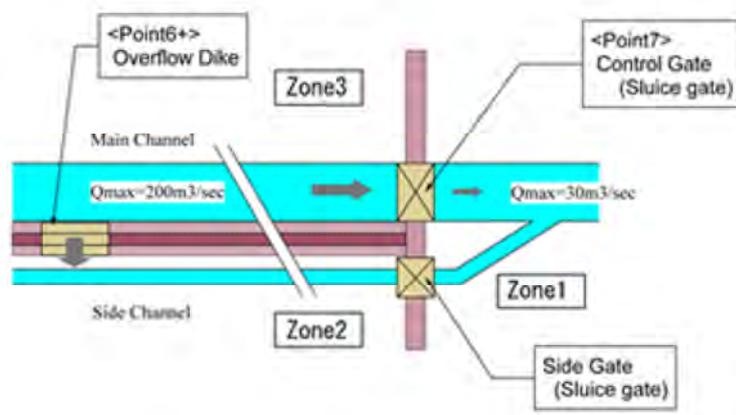
1) Tronçon entre les Points ①→⑥

- 1) Il s'agit d'un canal de décharge exploitant un débit de $200\text{m}^3/\text{sec}$ d'eau de l'oued Méjerda à travers le barrage de déviation. Adapté à la déclivité topographique réelle et à la pente du profil en long actuelle, le canal est incliné de 1/2000 ayant 2m de profond et 100m de large.
- 2) Le tronçon entre les Points ①→② est à aménager nouvellement puisqu'aucun canal n'existe actuellement. La section standard du canal de décharge de ce tronçon est montré à la Figure 5.2-8.
- 3) Pour le tronçon entre les Points ②→⑥, le canal existant sera élargi.
- 4) Le tronçon nouvellement installé (①→②) selon ce profil en long type et la coupe type du tronçon où le canal existant est élargi (Tronçon entre ②→⑥) sont montrés à la Figure 5.2-9.

2) Tronçon entre les Points ⑥→⑦

- 1) En aval du Point ⑥, une digue sera installée entre la Zone 2 sur l'un des côtés pour décharger et stocker l'eau conduite dans la Zone 3. Une coupe type du canal est montrée à la Figure 5.2-10.
- 2) Un nouveau barrage déversoir (cote du barrage NGT+9,0m) sera installé en aval du Point ⑦ (à l'endroit où existe le barrage déversoir actuel) pour déverser de l'eau retenue dans la Zone 2 de manière à ce que le niveau d'eau de la Zone 3 ne dépasse pas le niveau de stockage de projet (NGT+9,5m).
- 3) Un barrage déversoir équipé de vanne sera nouvellement installé en aval pour faire reprendre sa propre fonction. S'il est prévu qu'une crue de point arrive après quelques vagues, l'eau sera déversée provisoirement depuis la Zone 3 vers la Zone 2 par ce barrage déversoir équipé de vanne.
- 4) Pour reprendre la fonction d'origine, la digue fusible existante mais démolie sera reconstruite. En cas d'urgence, l'eau sera évacuée de façon urgente depuis la Zone 3 vers la Zone 1. Cette digue sera une digue en terre pouvant être démolie par la force humaine.
- 5) Du côté de la Zone 2 sera installé un canal intérieur pour conduire l'eau débordée vers l'aval.
- 6) Aux environs du Point ⑦, il existe les vannes de contrôle de débit respectivement au canal de décharge et au canal intérieur, pourtant ils ne sont pas opérationnels puisqu'ils sont en panne. Il faut donc y installer une nouvelle vanne de contrôle de débit. Le contrôle de débit sera assuré par un ouvrage du type à vanne d'écluse (vanne à rouleau) qui permet de

contrôler le débit de décharge dans le but de l'exploitation efficace du bassin de retardement.



**Figure 5.2-7 Plan explicatif de l'implantation des ouvrages
aux environs du Point ⑦**

- 7) Une vanne de contrôle de débit du canal de décharge évacue l'eau de la Zone 3 vers la Zone 1 pour réguler le débit vers le canal de drainage.
- 8) Par le canal intérieur de la Zone 2, l'eau évacuée de la Zone 2 conflue avec le canal de décharge en aval du Point ⑦. Pour ce faire, une vanne de contrôle de débit du canal intérieur sera installée.

3) Tronçon entre les Points ⑦→⑩

- 1) La décharge du bassin de retardement devra tenir en la capacité de décharge actuelle du cours d'eau, pour lequel aucune amélioration n'est donc prévue sur le tronçon entre l'autoroute et le confluent en aval avec le courant principal de l'oued Méjerda, toutefois une digue sera mise en place selon les besoins.
- 2) Le document de mesures permet d'estimer la capacité de décharge du dit tronçon à $30m^3/sec$.
- 3) La coupe actuelle du tronçon entre ⑦→⑩ est montrée à la Figure 5.2-11.
- 4) Actuellement, il existe une écluse (type à vanne) au point de confluence avec le courant principal. Il a été vérifié la hauteur de la digue actuelle dans l'hypothèse où il y aurait des eaux dormantes en cas de crues, la vanne ouverte. Par conséquent, il est jugé que la hauteur de la digue actuelle est plus importante que la cote de plus hautes eaux (PHE), ce qui assure la sécurité contre les crues jusqu'à la hauteur de plus hautes eaux de projet. Toutefois,

malgré la hauteur de la digue prévue, il est nécessaire de se préparer pour toute l'éventualité telle que la digue démolie suite au respect insuffisant des règles de digue, l'eau débordée causée par le contrecourant au moment de la crue excessive du cours d'eau principal. De ce fait, l'écluse actuellement en panne sera remplacée tout en maintenant le système existant de la rétention d'eau.

Résultat de la vérification de la hauteur de la digue du cours d'eau

PHE + 7,089 de projet au confluent (11,81km MD411)			
No. du Point sur le cours d'eau	Digue sur la rive gauche	Digue sur la rive droite	Comparaison avec les PHE
No.102 Avant le confluent	+8,57m	+8,53m	ok
No.85 Croisement autoroutier	+8,57m	+8,53m	ok
No.78 Vanne de contrôle du bassin de retardement	+9,71m	+8,82m	ok

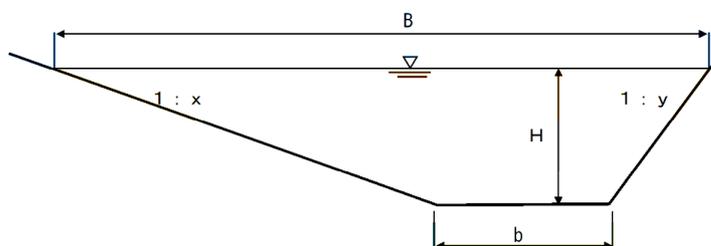
(3) Calcul hydraulique des sections standard

1) Tronçon entre les Points ①→⑦

Le résultat du calcul hydraulique est indiqué ci-dessous. Les sections standard sont montrées aux Figures 5.2-8 et 5.2-10

$$\text{Ici, } Q=A \times 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Bed slope	Coefficient of roughness	Slope gradient		Bed width	Water-surface width	Discharge area	Wetted perimeter	Hydraulic radius	Velocity	Hydraulic depth	Froude number	Depth	Rate of discharge	
		Left bank	right bank											
1 : 1	n	x	y	b	B	A	P	R=A/P	v	D=A/B	Fr	H	Q'	
—	—	—	—	m	m	m ²	m	m	m/s	m	Or. Jet	m	m ³ /s	
2000	0.035	2.00	2.00	100.00	108.00	208.00	108.944	1.91	0.983	1.93	0.23	Ordinary	2.00	204.512



2) Tronçon entre les Points ⑦→⑩

Le résultat de la vérification de la capacité de décharge actuelle est indiqué ci-dessous. La section standard est montrée à la Figure 5.2-11. Comme l'indique la description citée plus haut, la capacité de

décharge peut être estimée à environ 30m³/s.

Bed slope	Coefficient of roughness	Slope gradient		Bed width	Water-surface width	Discharge area	Wetted rimeter	Hydraulic radius	Velocity	Hydraulic depth	Froude number	Depth	Rate of discharge	
		Left bank	right bank											
I : I	n	x	y	b	B	A	P	R=A/P	v	D=A/B	Fr	H	Q'	
—	—	—	—	m	m	m	m	m	m/s	m	Or, Jet	m	m ³ /s	
8000	0.035	2.00	2.00	15.000	27.00	63.00	28.416	2.22	0.543	2.33	0.11	Ordinary	3.00	34.217

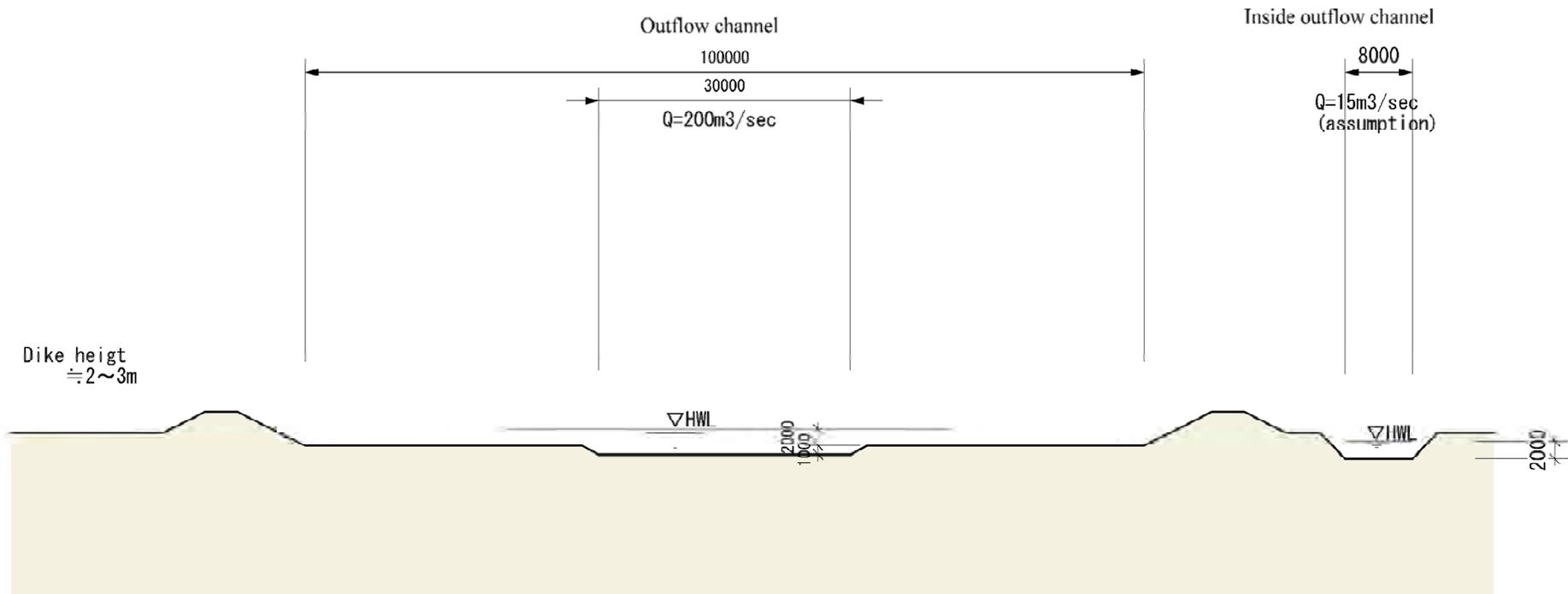
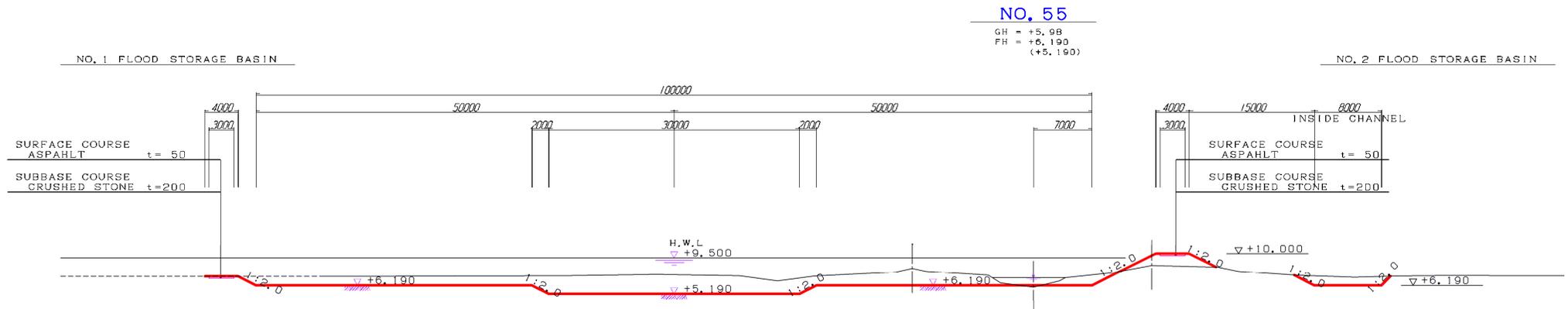


Figure 5.2-8 Section type du canal d'affluence

« Section type Tronçon entre ⑥→⑦ (1/2) »



« Section type Tronçon entre ⑥→⑦ (2/2) »

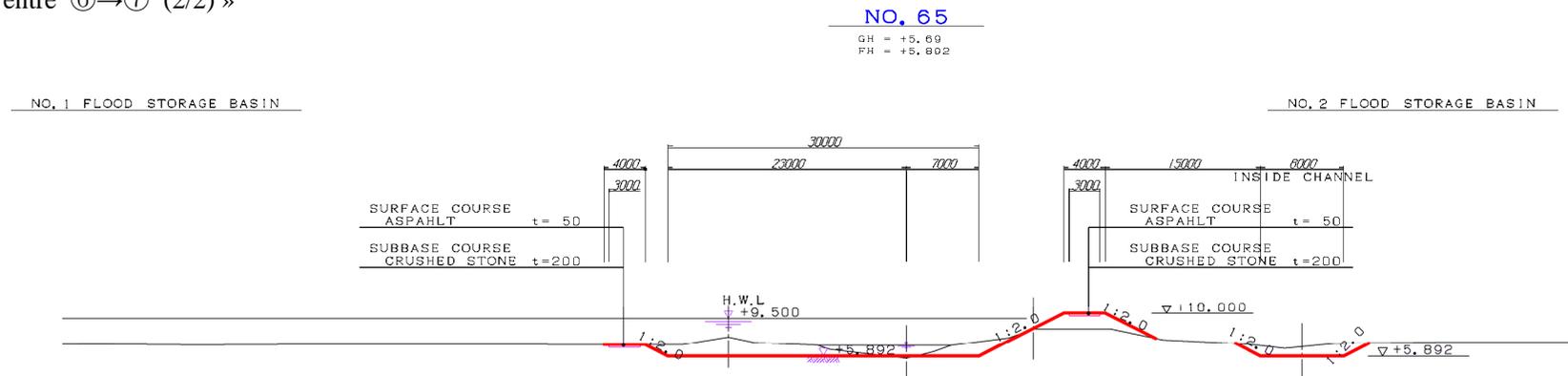


Figure 5.2-10 Section type du canal de décharge du tronçon entre ⑥ et ⑦

« Section type Tronçon entre ⑦→⑩ »

NO. 90
GH = +4.89
FH = +4.780

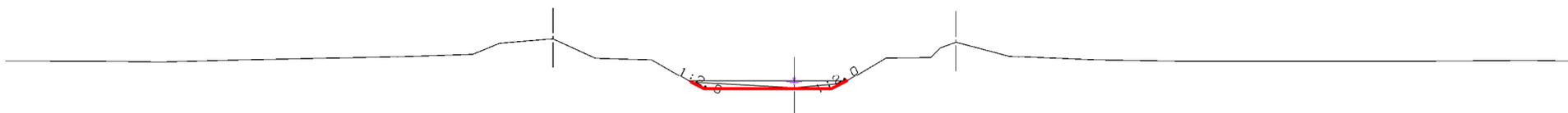


Figure 5.2-11 Section actuelle du chenal du tronçon entre ⑦ et ⑩

5.2.4. Structures connexes des canaux fluviaux

(1) Barrage de déversement latéral

- 1) Il est prévu un barrage de déversement latéral aux environs en aval direct du Point ⑦, ouvrage de contrôle de débit ;
- 2) La hauteur du barrage de déferlement sera de NGT + 9,5m avec une quantité d'eau débordant de 30m³/s ;
- 3) La plan de structure générale du barrage de déferlement est montré aux Figures 5.2-12 et 5.2-13.

(2) Digue déversoir équipé de vanne

Le plan de structure générale est montré à la Figure 5.2-14.

(3) Digue fusible

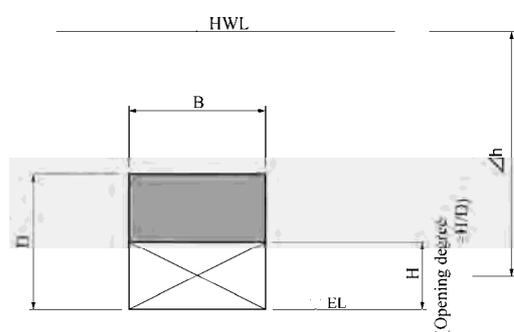
Le plan de structure générale est montré à la Figure 5.2-14.

(4) Vanne de contrôle de débit

- 1) Au Point ⑦ seront installées une vanne de contrôle de débit du côté de la Zone 3 et une vanne de canal latéral sur le canal interne de la Zone 2 ;
- 2) Le contrôle de débit se réalisera avec une vanne d'écluse permettant le contrôle de la quantité d'eau déchargée et ce dans le but de l'exploitation efficace du bassin de retardement ;
- 3) Quant à la vanne de contrôle de débit du canal de décharge installée du côté de la Zone 3, un calcul de degré d'ouverture de la vanne dans l'hypothèse où le débit de décharge serait contrôlé par le degré d'ouverture de la vanne à l'aide de 2 séries de tuyaux d'écluse de 2mB × 2mH permet d'obtenir un degré d'ouverture de la vanne d'environ 80% comme l'indique le tableau suivant, selon lequel on peut fixer à environ 30m³/sec le débit de décharge admissible devant être déterminé par rapport à la capacité de décharge du canal en aval. Le plan de structure générale sera montré aux Figures 5.2-15 et 5.2-16.
- 4) La vanne de contrôle de débit du canal intérieur qui sera installée du côté de la Zone 2 sera 1 série de tuyau d'écluse. Son plan de structure générale est montré aux Figures 5.2-15 et 5.2-17.
- 5) Le résultat du calcul de degré d'ouverture est montré au Tableau 5.2-2.

Tableau 5.2-2 Calcul de degré d'ouverture de la vanne de contrôle de débit

HWL (m)	EL (m)	Open dgree	B (m)	H (m)	Δh (m)	A (m ²)	k	$v=\sqrt{2gh}$	Q k·A·v(m ³ /s)	2Q (m ³ /s)	Downstream channel capacity of (m ³ /s)
9.5	5.52	100%	2.0	2.0	2.98	4.0	0.6	7.64	18.34	36.68	34
9.5	5.52	90%	2.0	1.8	3.08	3.6	0.6	7.77	16.78	33.57	
9.5	5.52	80%	2.0	1.6	3.18	3.2	0.6	7.89	15.16	30.32	
9.5	5.52	70%	2.0	1.4	3.28	2.8	0.6	8.02	13.47	26.94	
9.5	5.52	60%	2.0	1.2	3.38	2.4	0.6	8.14	11.72	23.44	
9.5	5.52	50%	2.0	1.0	3.48	2.0	0.6	8.26	9.91	19.82	
9.5	5.52	40%	2.0	0.8	3.58	1.6	0.6	8.38	8.04	16.08	
9.5	5.52	30%	2.0	0.6	3.68	1.2	0.6	8.49	6.11	12.23	
9.5	5.52	20%	2.0	0.4	3.78	0.8	0.6	8.61	4.13	8.26	
9.5	5.52	10%	2.0	0.2	3.88	0.4	0.6	8.72	2.09	4.19	



(5) Vanne de drainage

La nouvelle vanne doit être installée en 2 séries (3m B x 3m H) et avoir une section conforme à la largeur de la section et à la capacité de décharge du canal existant. Le plan général de la nouvelle vanne est montré à la Figure 5.2-18.

(6) Tuyau d'écluse de drainage

Le réseau de drainage est aménagé dans le champ agricole des Zones 1 et 2, ainsi il existe les tuyaux d'écluse (environ 80cm de diamètre) pour évacuer l'eau dans le canal de décharge ou le canal de drainage en la faisant passer par le dessous de la digue (voir les Chapitres 2 et 3, la Documentation). La vanne battante est installée à la sortie du tuyau d'écluse. Pour les tuyaux de grande section, ils sont du type de passage couvert. Pour minimiser le dommage économique aux champs causé par la crue, il est nécessaire d'évacuer de l'eau retenue dans la Zone 1 et la Zone 2, immédiatement autant que possible. De ce fait, ces 28 tuyaux d'écluse existants seront renouvelés. Une vanne d'écluse sera installée pour les tuyaux d'écluse couverts existants. L'implantation de ces tuyaux est montrée à la Figure 5.2-19.

5.2.5. Autres ouvrages connexes

Le canal de décharge est croisé avec le canal de drainage qui passe du sens est-ouest, à 2,77km depuis la digue de déviation pour bassin de retardement. Pour ce canal est-ouest, les ouvrages ci-dessous seront aménagés. La Figure 5.2-19 montre la position des ouvrages.

(1) Rehaussement de digues

Si l'eau inondée est venue dans le canal de décharge, cela provoquerait le remous dans le canal est-ouest. Ainsi les digues du canal est-ouest seront surélevées. Cela permettra d'atténuer les dégâts de la crue aux champs intérieurs de la Zone 2 et de diminuer le dommage économique.

(2) Écluse de drainage

La vanne de drainage existant au point de confluence entre le bout extrême du canal est-ouest et l'oued Méjerda sera renouvelée.

5.2.6. Installation pour la gestion du bassin de retardement

Il sera prévu au point d'installation des vannes de contrôles de débit de recharge de construire un bâtiment de gestion du bassin de retardement. Il sera prévu également des plaques d'indication de niveau d'eau en amont et en aval de ces vannes. Le personnel concerné se rassemble dans ce bâtiment en cas de crues. Il se charge d'effectuer la vérification à vue des planques d'indication des niveaux d'eau afin de saisir les niveaux d'eau des Zone 2 et 3, de manière à contrôler l'ouverture des vannes de chaque zone en fonction des valeurs qu'il observe. Pour éviter tout problème lié à l'entretien, aucune commande à distance n'est prévue pour les vannes. En principe, les vannes doivent se faire fonctionner manuellement suivant les valeurs de niveau observées. Il existe actuellement ici un bâtiment de gestion ayant fonction du fonctionnement des vannes existantes, qui seront enlevées parce qu'elles sont détériorées. Ce bâtiment de gestion existant est montré dans la photo de la Figure 2-15 susmentionnée.

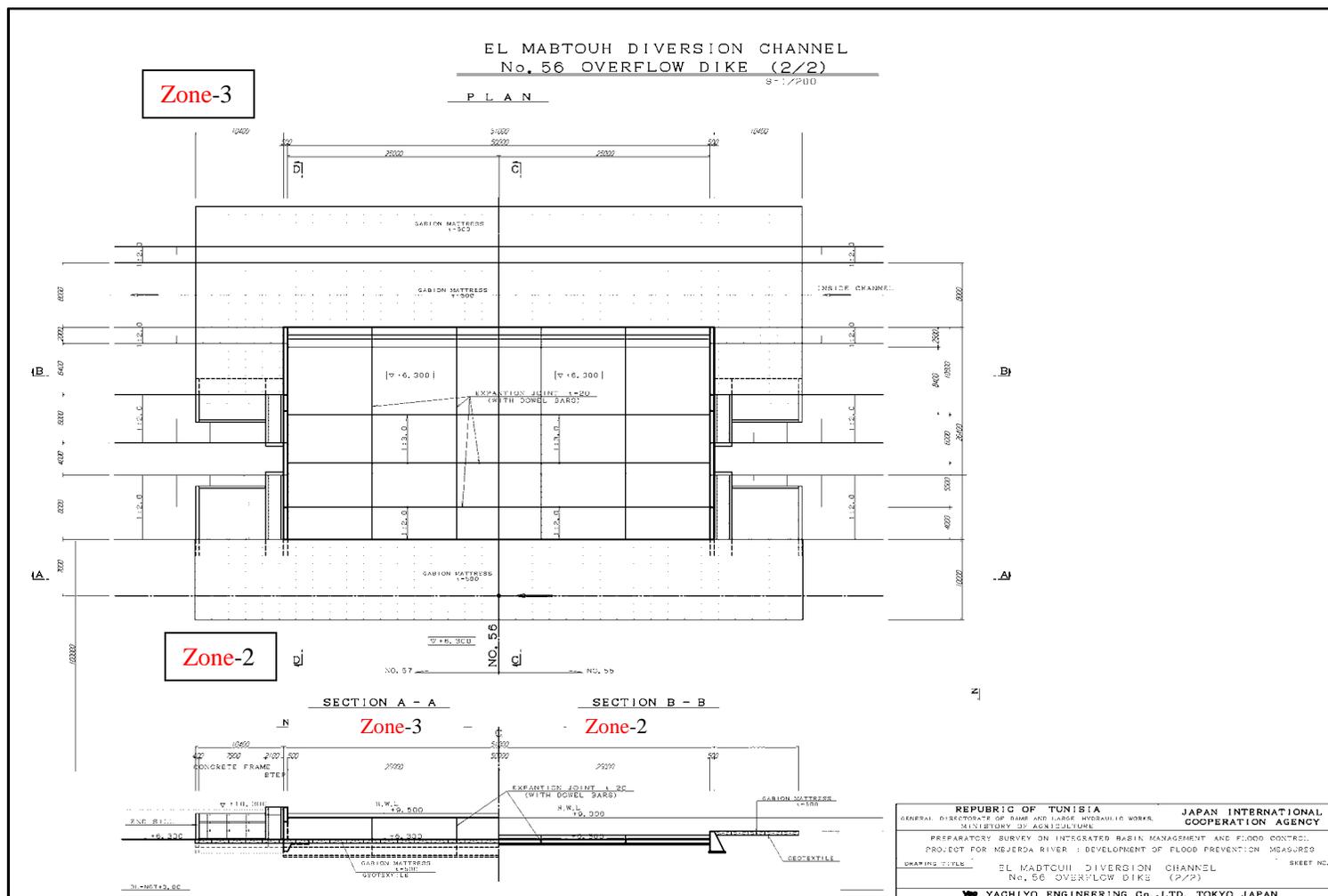


Figure 5.2-12 Plan général du barrage déversoir

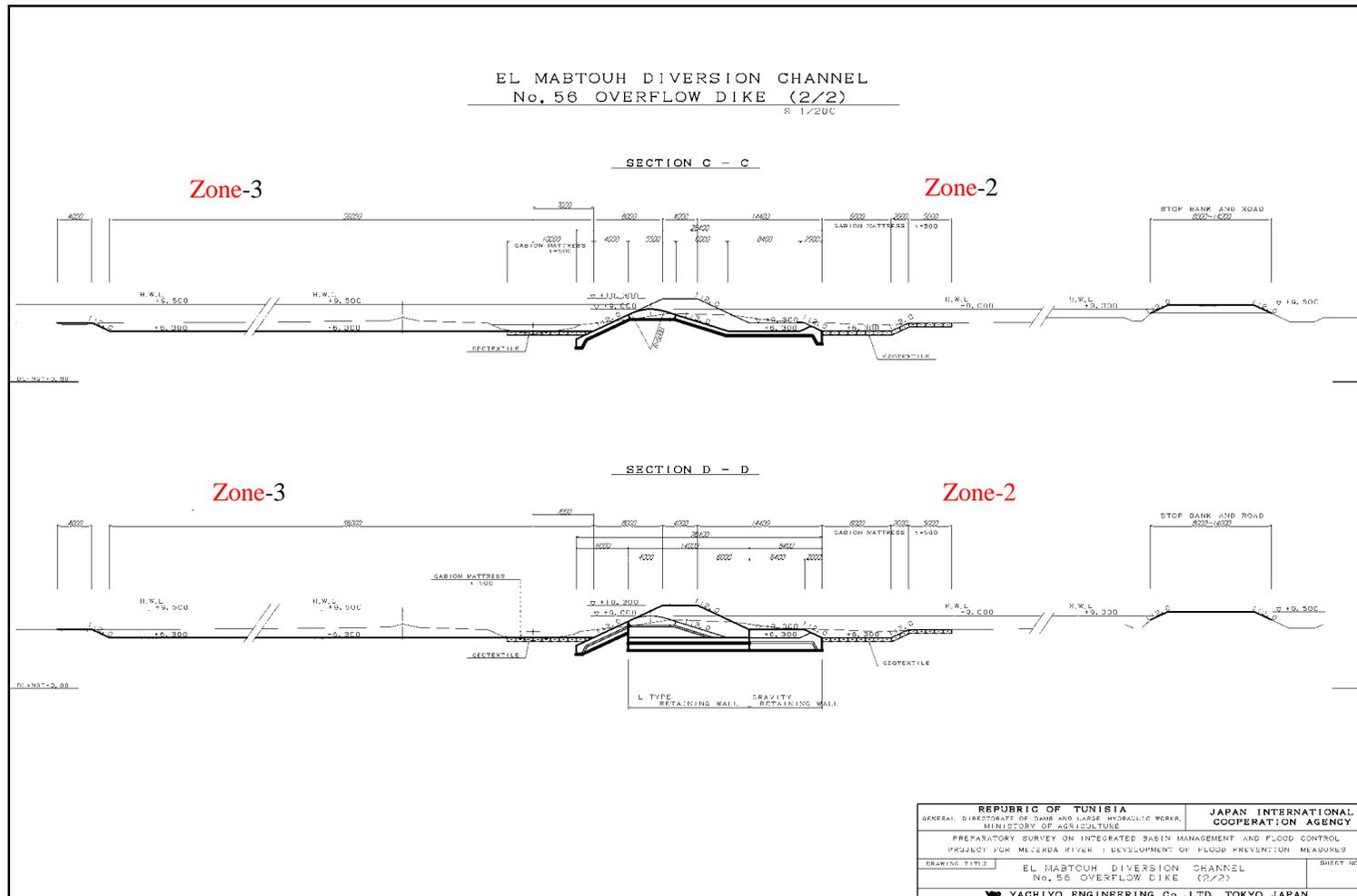


Figure 5.2-13 Plan général du barrage déversoir

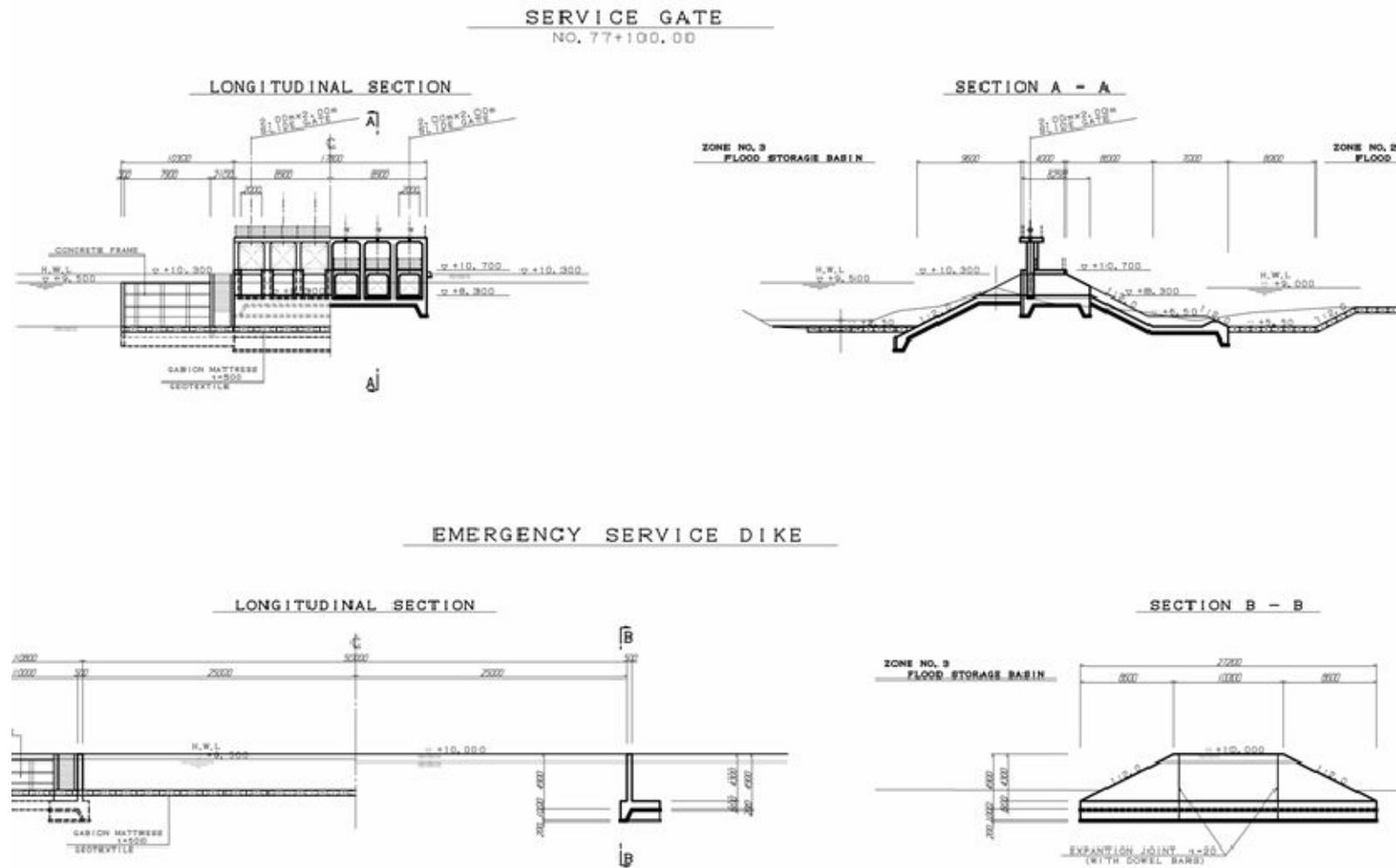


Figure 5.2-14 Digue déversoir équipé de vanne et digue fusible

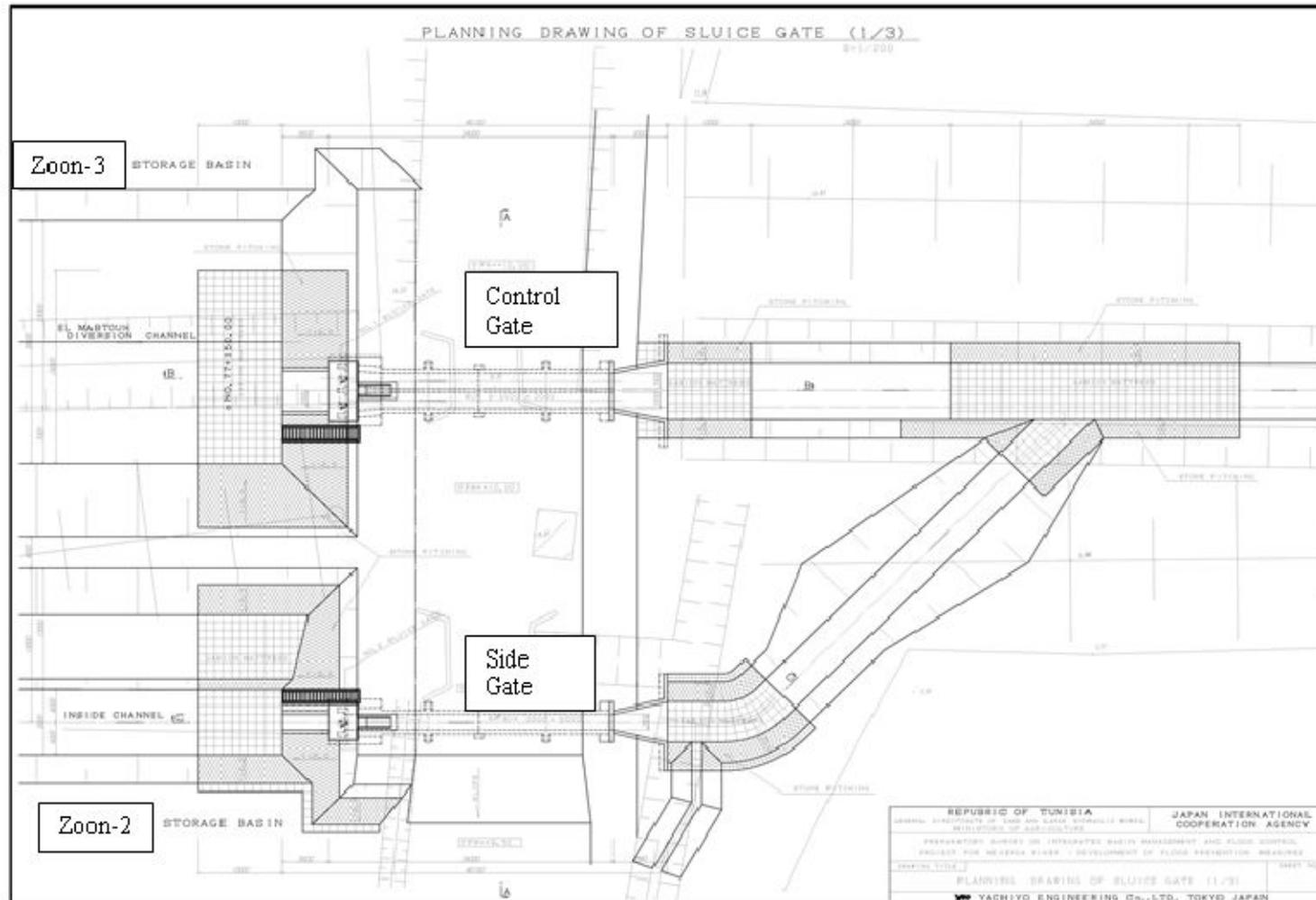


Figure 5.2-15 Plan général de l'ouvrage de contrôle de débit (1) Vue plane

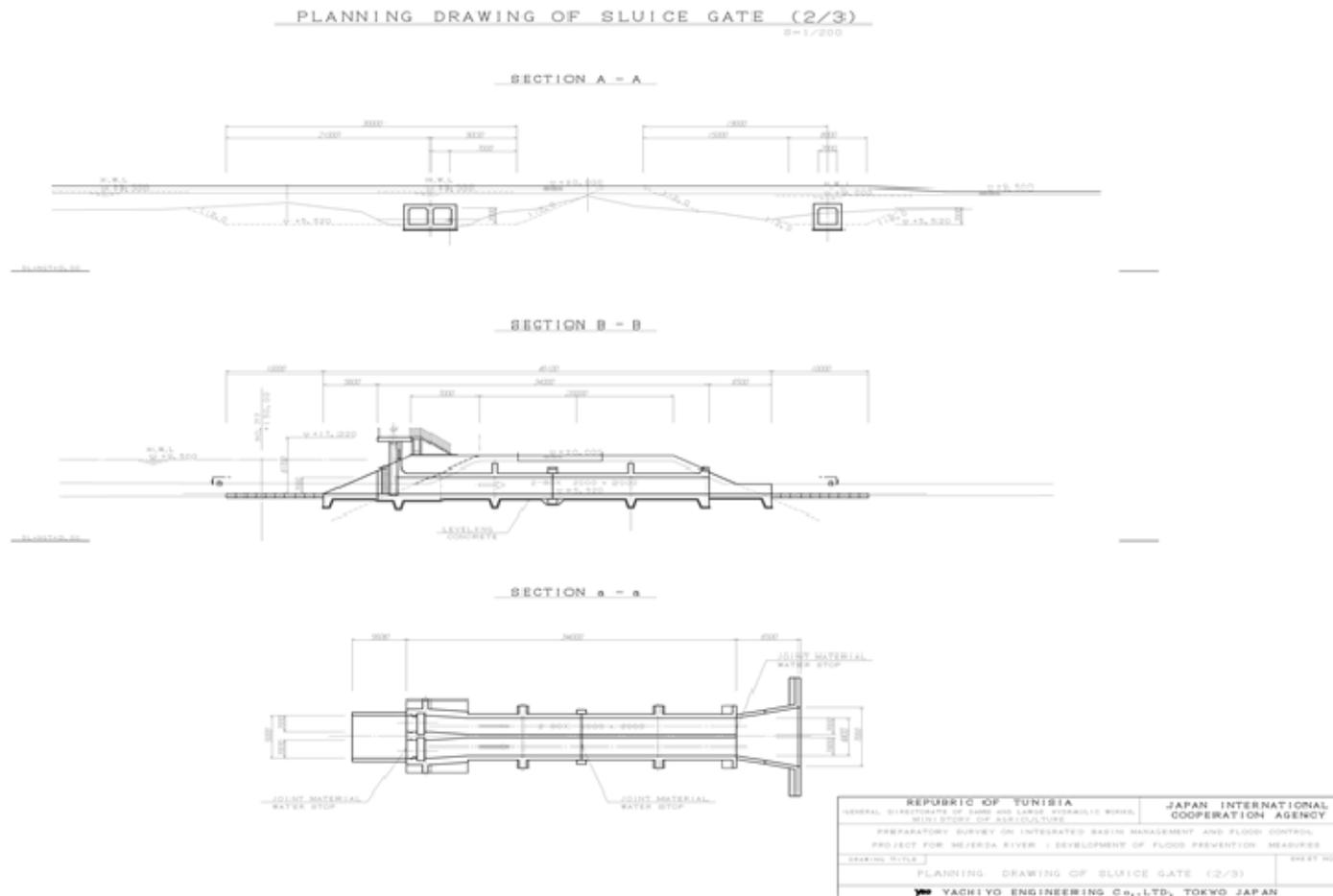


Figure 5.2-16 Plan général de l'ouvrage de contrôle de débit (2) Vanne du canal de décharge

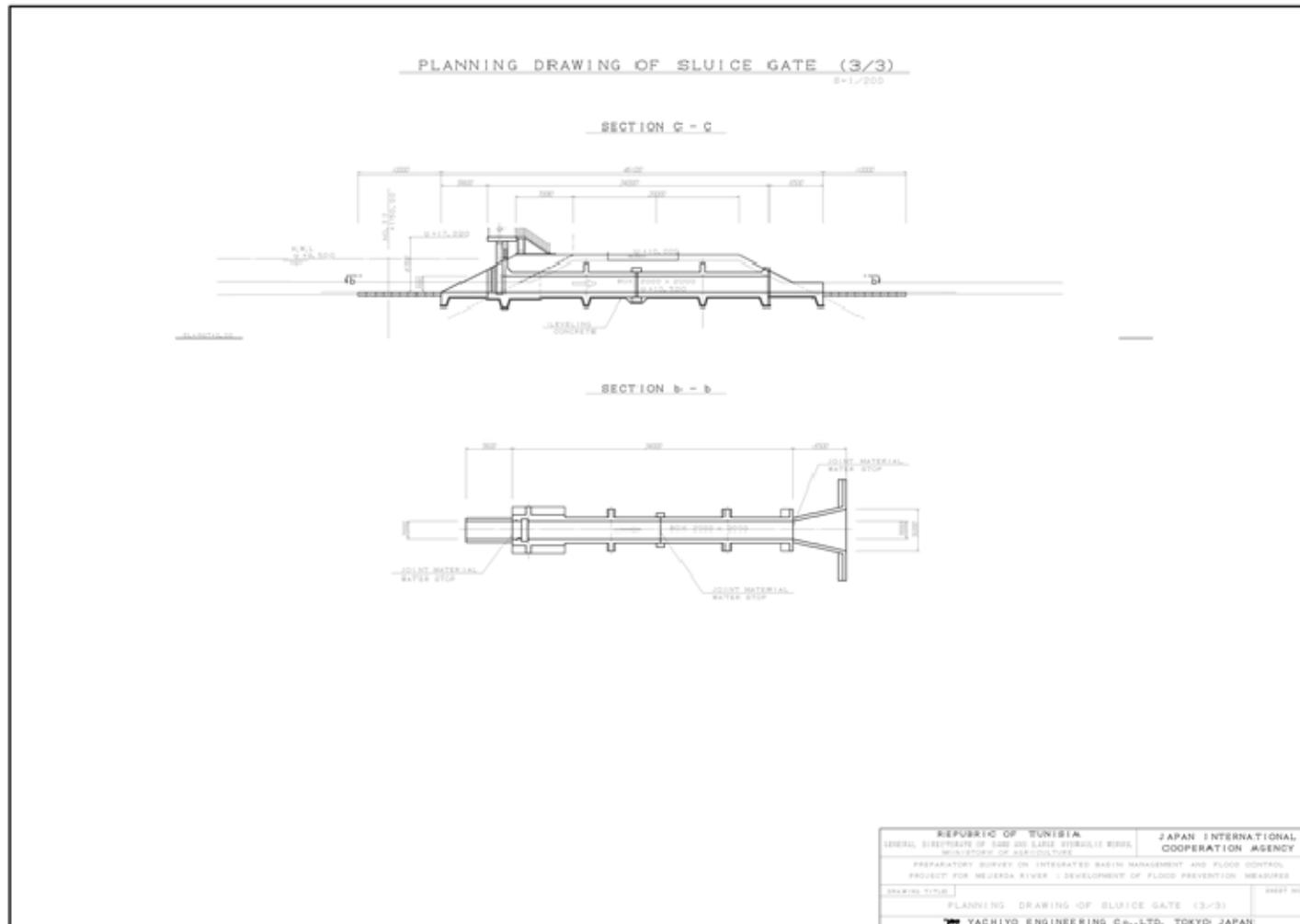


Figure 5.2-17 Plan général de l'ouvrage de contrôle de débit (2) Vanne du canal intérieur

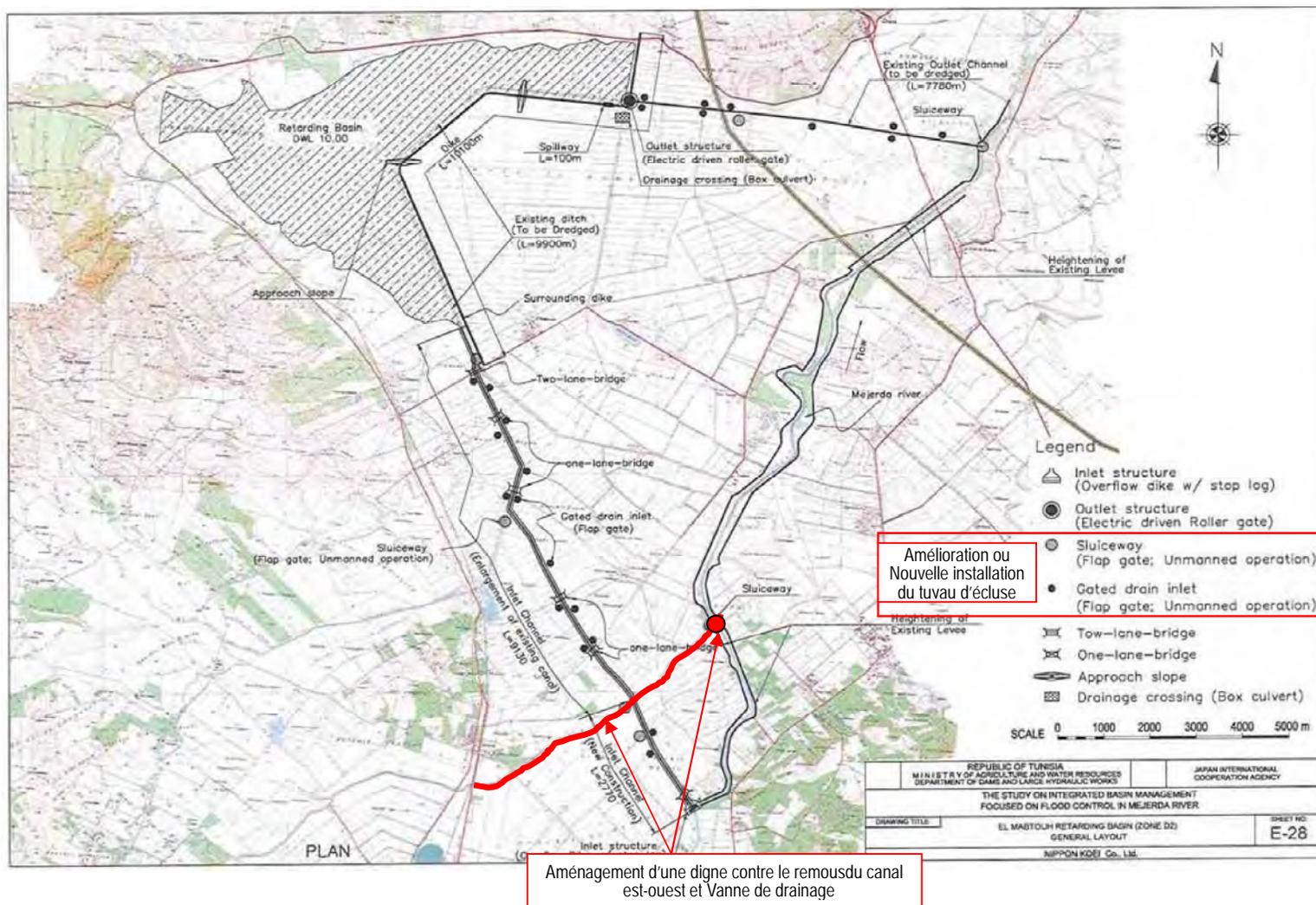


Figure 5.2-19 Plan de situation d'autres ouvrages connexes

5.2.7. Considération globale de la structure de base

En tant qu'ouvrages connexes du barrage fixe de déversement latéral pour la déviation de l'eau de l'oued Méjerda vers le bassin de retardement d'El Mabtouh y compris ceux de l'intérieur du bassin de retardement, il est prévu un ouvrage de contrôle de débit (barrage déversoir du canal de décharge/digue déversoir équipé de vanne, vanne de contrôle de débit et vanne du canal intérieur de décharge), une digue fusible ainsi qu'une vanne de drainage. Ils sont tous tellement importants en tant qu'ouvrage d'aménagement des eaux qu'un affaissement éventuel ou une simple déformation qui se produirait chez eux porterait atteinte immédiatement à la fonction d'aménagement des eaux. D'autre part, le résultat de l'étude hydrologique rapporte que le bassin de retardement et les zones riveraines du courant principal reposent sur un dépôt alluvial dont le sol solide n'a été vérifié dans l'étude en aucun cas. C'est la raison pour laquelle la présente description sera consacrée surtout à la considération globale de la structure de base conformément au résultat de l'étude géologique.

(1) Conditions géologiques et types de fondation

1) Conditions géologiques et types de fondation

La Figure 5.2-21 montre les rapports entre les ouvrages et les points de sondage géologique. La considération en la matière devra se faire à l'aide de la colonne géologique la plus proche de chacun des ouvrages ainsi qu'un plan de sections des couches de sol présumée. Les plans de sections des couches de sol utilisés sont indiqués aux Figures 5.2-22 et 5.2-24.

2) Types de fondation et normes applicables

Après avoir confirmé la distribution des couches de sol des localités de projet en matière de la structure de fondation, on constate qu'il n'existe aucune couche de support aux environs de la surface du sol (inférieure à 10m de profond). De ce fait, il convient de concevoir pour le Projet une fondation sur pieux. Quant aux types de pieu et techniques d'exécution, un pieu couramment utilisé de $\phi 500$ PHC (pieu en béton) et une technique d'enfoncement-pieux par percussion peuvent être prévus.

Le calcul de la capacité portante de la fondation sur pieux sera effectué conformément au « Chapitre IV, Normes techniques des ponts routières et aériens, Association Japonaise de la Route, mars 2002. »

(Capacité portante limite d'un pieu)

$$R_u = q_d A + U \sum l_i f_i$$

- Ici, q_d : Capacité portante limite par surface unitaire perçue à l'extrémité du pieu (kN/m²)
 A : Surface de l'extrémité du pieu (m²)
 U : Circonférence du pieu (m)
 l_i : Épaisseur de la couche considérant le frottement circonférentiel (m)
 f_i : Frottement conférentiel maximum de la couche considérant le frottement conférentiel (kN/m²)

Capacité portante admissible $R_a = R_u / 3$ (permanent, pieux de support)

(f : Frottement circonférentiel maximum d'un pieu (kN/m²))

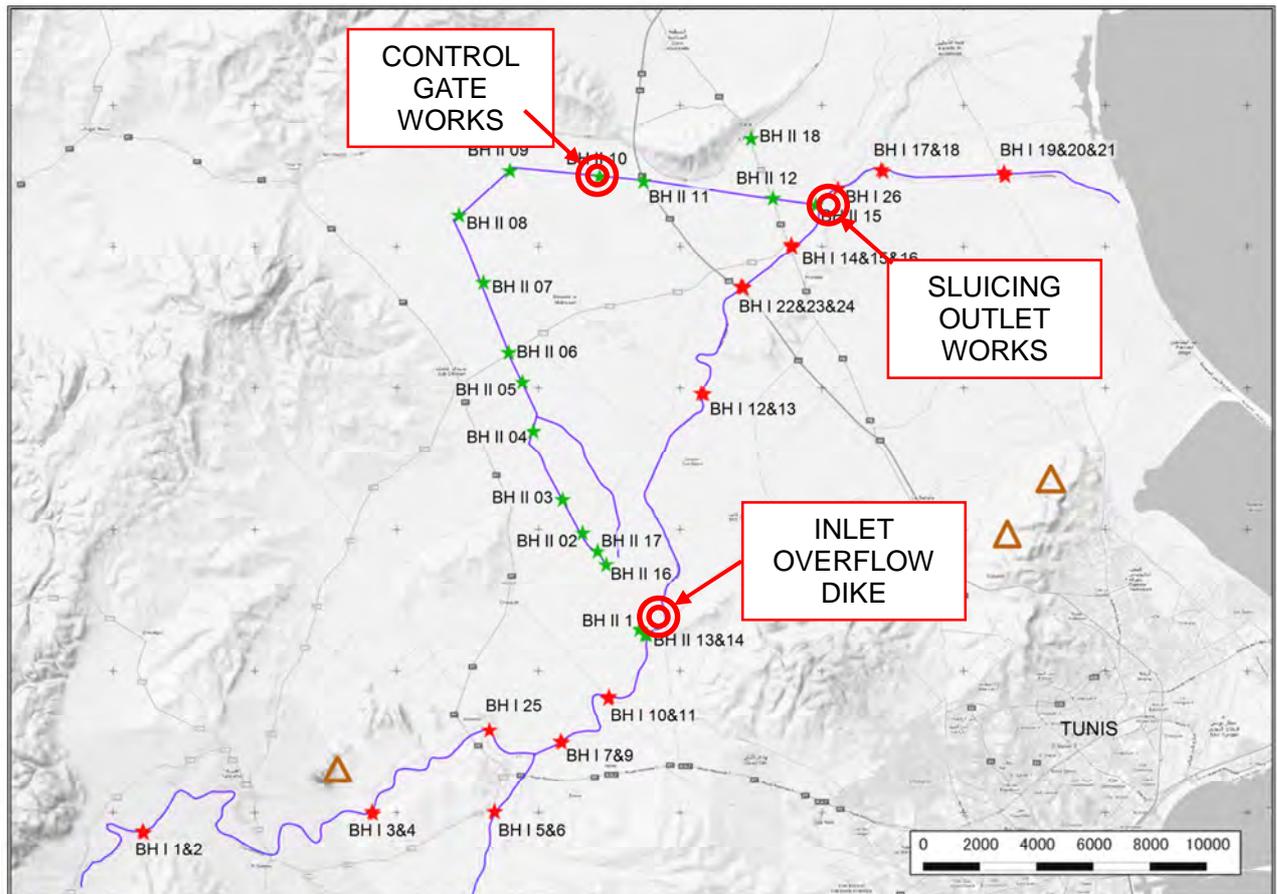
Type de sol	Sol sableux	Sol argileux
Techniques		
Enfoncement par percussion (Percussion par marteau vibrant)	$2N (\leq 100)$	$c \text{ ou } 10N (? 150)$
Enfoncement par excavation	$2N (\leq 100)$	$0,8c \text{ ou } 8N (? 100)$
Enfoncement par forage guide	$5N (\leq 150)$	$c \text{ ou } 10N (? 100)$
Mise en forme par tube d'acier et ciment	$10N (\leq 200)$	$c \text{ ou } 10N (? 200)$
Mise en forme par coulée de béton	$5N (\leq 200)$	$c \text{ ou } 10N (? 150)$

Conditions données : c :viscosité du sol (kN/m²), N :valeur N de l'essai de pénétration standa

(Capacité portante limite de l'extrémité d'un pieu qd (kN/m²))

Techniques	Type de sol	Capacité portante limite de l'extrémité d'un pieu (kN/m ²)	Remarque
Enfoncement par percussion (Percussion par marteau vibrant)	Gravier, couche sableuse et sol visqueux	300 (en cas de $L/D \geq 7500$) $60 \cdot (L/D) \cdot N$ (cas de $L/D < 5$) <i>L</i> : Profond. fondation dans couche support <i>D</i> : Diamètre du pieu <i>N</i> : Valeur N pour calcul du sol à l'extrémité du pieu	•CM 163- Cas de pieu d'acier ouvert •Voir Normes techniques des ponts routières et aériens IV Schéma 12.4.2 pour calcul <i>L, N</i>
Enfoncement par excavation	Couche sableuse	$150N$ (≤ 7500)	•en cas de procédé d'injection-brassage du lait de ciment appliqué à l'extrémité;
	Couche gravier	$200N$ (≤ 10000)	
Enfoncement par forage guide	Couche sableuse	$150N$ (≤ 7500)	
	Couche gravier	$200N$ (≤ 10000)	
Mise en forme par tube d'acier et ciment	Couche sableuse	$150N$ (≤ 7500)	
	Couche gravier	$200N$ (≤ 10000)	
Mise en forme par coulée de béton	Couche gravier et sableuse ($N \geq 30$)	3 000	
	Couche gravier de qualité ($N \geq 50$)	5 000	
	Couche dure visqueuses	$3q_n$ <i>q_n</i> : résistance à la compression uniaxiale	

Conditions données : *N* : Valeur *N* de l'essai de pénétration standard



Nota) Étoile rouge : Point de forage sur le courant principal et l'oued Chafrou; Étoile verte : Point de forage du bassin de retardement; Triangle brun : Point de contrôle des agrégats dans une carrière (Voir le Documentation pour plus de détails)

Figure 5.2-20 Les ouvrages de projet et les points de sondage géologique

(2) Structure de la fondation de chaque ouvrage

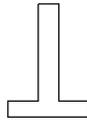
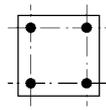
1) Barrage fixe de déviation et déversement latéral

La couche de sol est montrée à la Figure suivante. Bien qu'elle n'offre aucune information sur le sol de support, le sondage des environs permet d'obtenir une capacité portante admissible de 410 kN/pieu en présumant un sol de support de 10m de profond ayant une valeur N d'environ 20. Par la charge totale, on peut obtenir le nombre de pieux nécessaires pour le pilier de vannes intermédiaire comme suit :

$$1540 / 410 = 3,8 \rightarrow 4 \text{ pieux}$$

Du fait que cet ouvrage manque de la colonne géologique incluant les données d'essai de valeur N collectées sur les localités de projet concernées, il convient d'effectuer un sondage par forage jusqu'au sol de support. Le résultat du calcul est indiqué comme suit :

Foundation Analysis on Weir Pillars of Inlet Overflow Dike



Volume: 32.000 cu m
 (Depth: 4.0m)

Calculate bearing capacity of the pile

Pile diameter	D=		0.5 (m)
Pile length	L=		10 (m)
		(m)	
Area of the tip	Ap=	= 3.14 × 0.5 ² / 4 =	0.196 (m ²)
		(m)	
Circumferential length	U=	= π × 0.5 =	1.571 (m ²)
Bearing capacity of the pile tip	qd	= 200 · N · Ap (kN/m ²) (m ²) = 200 × 20 × 0.196 =	(Assumption N=20) 784 (kN)
Skin friction	fi=30 (kN/m ²)	Soil nature: S-CL Method of pilong : Driving (m) (m) (kN/m ²)	
	U · Σ Li · fi	= 1.571 × 10 × 30 =	471 (kN)
Ultimate bearing capacity(TOTAL)	Ru=		1,255 (kN)
Allowable bearing capacity of the pile	Ra=	Ru/3=	410 (kN/Pile)
LOAD		(m ³) (kN/m ³)	
Dead weight	Body	DL	= 32 × 25 = 800 (kN)
	Soil weight and liveload	BL	= 37 × 20.0 = 740 (kN)
		(bl)	= (3.5 + 5.0) × 2.0 + 10.0 × 2.0 = 37 (kN/m)
(TOTAL)			1,540 (kN)

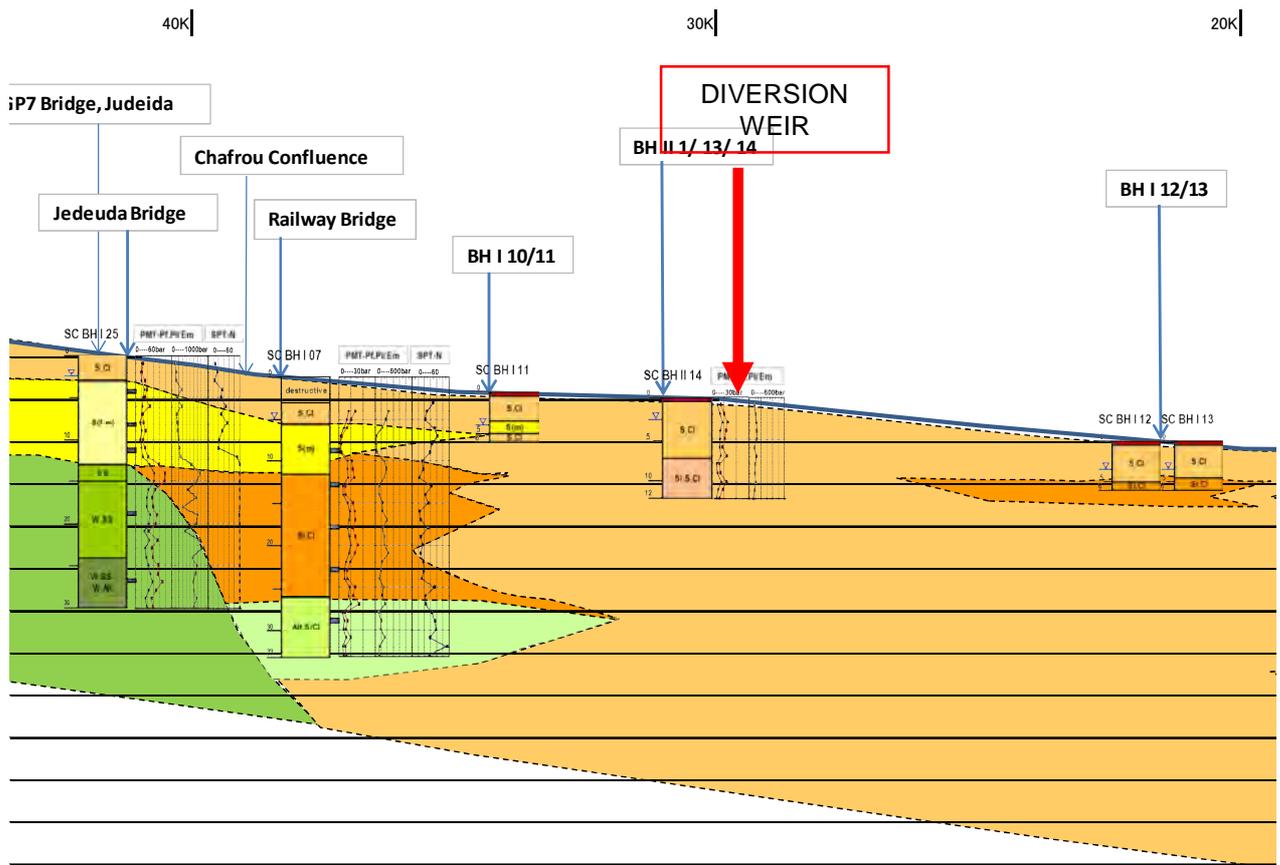


Figure 5.2-21 Les couches de sol présumées (Localité du barrage de déviation et déferlement)

2) Vanne de contrôle de débit

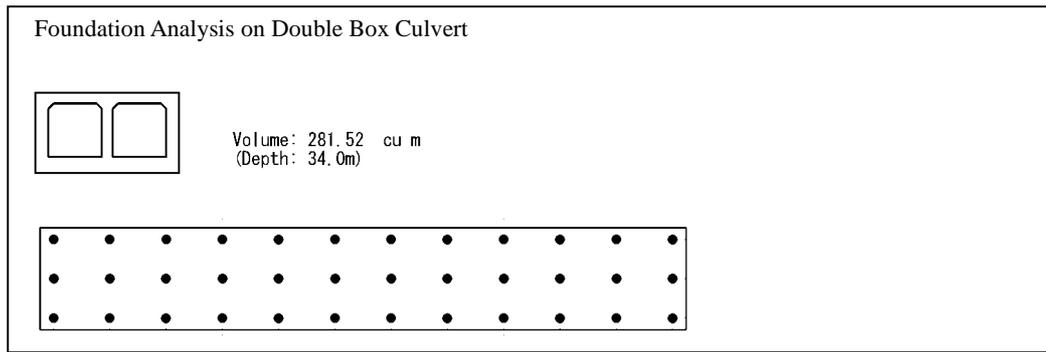
La figure suivante montre une couche de sol. Bien qu'elle n'offre aucune information sur le sol de support, le sondage des environs permet d'obtenir une capacité portante admissible de 470 kN/pieu en présumant un sol de support de 10m de profond ayant une valeur N d'environ 20.

a) Vanne du canal de décharge (2 séries de dalots)

Par la charge totale, on peut obtenir le nombre de pieux nécessaires pour le pilier de vannes intermédiaire comme suit :

$$16\,205 / 470 = 34,5 \rightarrow 36 \text{ pieux}$$

Pour cet ouvrage, également, il convient d'effectuer un sondage par forage jusqu'au sol de support (Valeur d'essai N). Le résultat du calcul est indiqué comme suit :



b) Vanne du canal latéral (1 série de dalot)

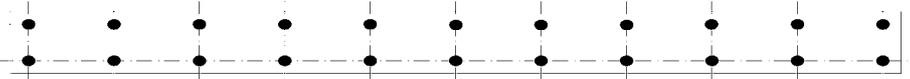
Par la charge totale, on peut obtenir le nombre de pieux nécessaires pour le pilier de vanne intermédiaire comme suit :

$$9\,650 / 470 = 20,5 \rightarrow 22 \text{ pieux}$$

Foundation Analysis on Single Box Culvert



Volume: 181.56 cu m
(Depth: 34.0m)



Calculate bearing capacity of the pile			
Pile diameter	D=		0.5 (m)
Pile length	L=		10 (m)
Area of the tip	Ap=	(m) =3.14×0.5 ² /4=	0.196 (m ²)
Circumferential length	U=	(m) = π ×0.5=	1.571 (m ²)
Bearing capacity of the pile tip	qd	(kN/m ²) (m ²) =200 · N · Ap =200×20×0.196=	(Assumption N=20) 784 (kN)
Skin friction	fi=40 (kN/m ²)	Soil nature:Si-CL (m) (m) (kN/m ²)	Method of pilong : Driving
	U · Σ Li · fi	=1.571×10×40=	628 (kN)
Ultimate bearing capacity(TOTAL)	Ru=		1,412 (kN)
Allowable bearing capacity of the pile	Ra	=Ru/3=	470 (kN/Pile)
LOAD(2-Box type)			
Dead weight	Body	(m ³) (kN/m ³) =281×25=	7,025 (kN)
Soil weight and liveload (TOTAL)	DL2	(m)(kN/m ²)(kN/m ²)(m)(m) =(2.0×20 + 10)×5.4 × 34=	9,180 (kN) 16,205 (kN)
LOAD(1-Box type)			
Dead weight	Body	(m ³) (kN/m ³) =182×25=	4,550 (kN)
Soil weight and liveload (TOTAL)	DL2	(m)(kN/m ²)(kN/m ²)(m)(m) =(2.0×20 + 10)×3.0 × 34=	5,100 (kN) 9,650 (kN)

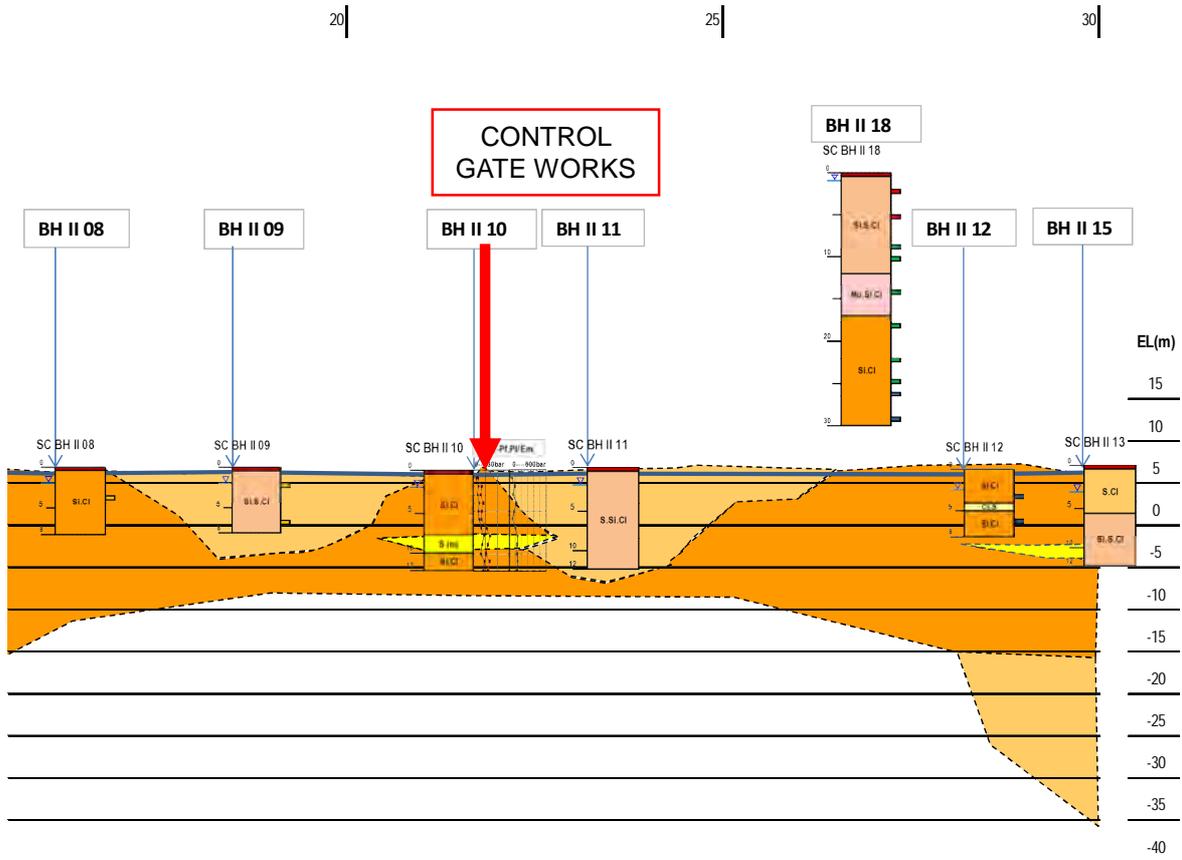


Figure 5.2-22 Les couches de sol présumés (Localité de la vanne de contrôle de débit)

3) Vanne de drainage

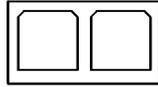
La figure suivante montre une couche de sol. Bien qu'elle n'offre aucune information sur le sol de support, le sondage des environs permet d'obtenir une capacité portante admissible de 780 kN/pieu en présumant un sol de support de 25m de profond ayant une valeur N d'environ 20. Par la charge totale, on peut obtenir le nombre de pieux nécessaires pour le pilier de vanne intermédiaire comme suit :

$$9\ 595 / 780 = 12,3 \rightarrow 18 \text{ pieux}$$

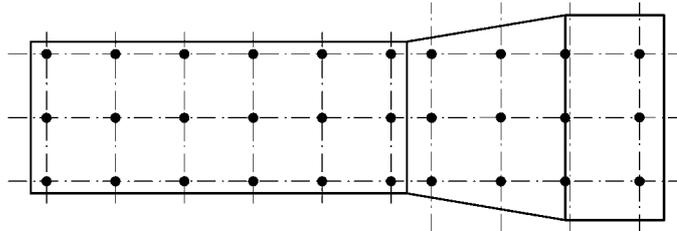
(La disposition des pieux exige un repère d'environ 3m / figure suivante, partie gauche)

Pour cet ouvrage, également, il convient d'effectuer un sondage par forage jusqu'au sol de support (Valeur d'essai N). Le résultat du calcul est indiqué comme suit :

Foundation Analysis on Single Box Culvert



Volume: 137.94 cu m
 (Depth: 9.5m)



Calculate bearing capacity of the pile

Pile diameter	D=		0.5 (m)
Pile length	L=		25 (m)
		(m)	
Area of the tip	Ap=	= $3.14 \times 0.5^2 / 4 =$	0.196 (m ²)
		(m)	
Circumferential length	U=	= $\pi \times 0.5 =$	1.571 (m ²)
Bearing capacity of the pile tip	qd	= $200 \cdot N \cdot Ap$ (kN/m ²) (m ²) = $200 \times 20 \times 0.196 =$	(Assumption N=20) 784 (kN)
Skin friction	fi=40 (kN/m ²)	Soil nature: Si-CL	Method of pilong : Driving
		(m) (m) (kN/m ²)	
	U · Σ Li · fi	= $1.571 \times 25 \times 40 =$	1,571 (kN)
Ultimate bearing capacity(TOTAL)	Ru=		2,355 (kN)
Allowable bearing capacity of the pile	Ra	= $Ru/3 =$	780 (kN/Pile)
LOAD(2-Box type)		(m ³) (kN/m ³)	
Dead weight	Body	DL1	= $138 \times 25 =$ 3,450 (kN)
			(m)(kN/m ²)(kN/m ²)(m)(m)
Soil weight and liveload	DL2	= $(1.6 \times 20 + 10) \times 19 \times 7.7 =$	6,145 (kN)
(TOTAL)			9,595 (kN)

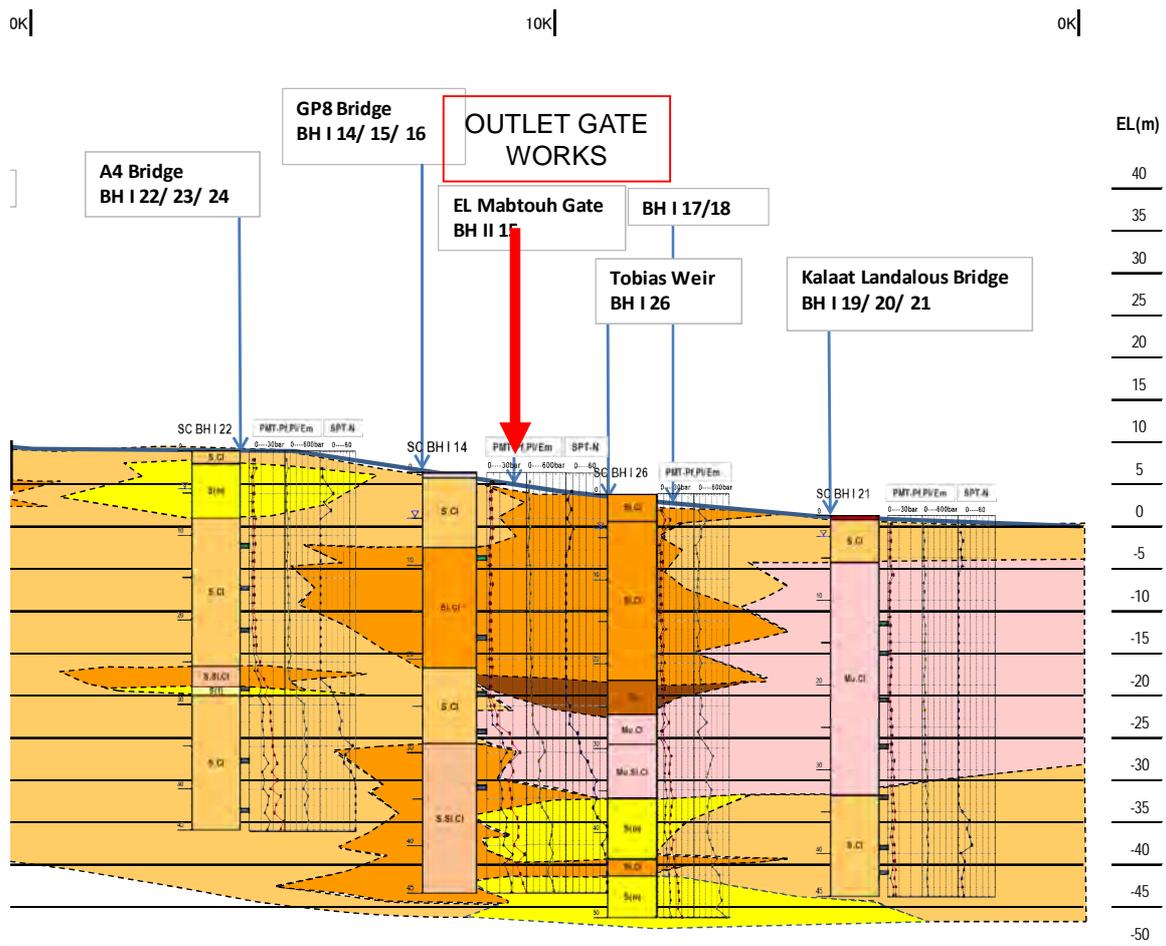


Figure 5.2-23 Les couches de sol présumées (Localité de l'ouvrage de décharge)

5.3 Les mesures à prendre pour les ouvrages non structuraux

5.3.1 La nécessité des mesures non structurales

Comparées avec les mesures structurales, les mesures à prendre pour les ouvrages non structuraux, dites les mesures non structurales, se caractérisent par le fait qu'elles ne nécessitent pas un coût d'investissement énorme et qu'elles peuvent se réaliser dans un court délai d'intervention. Elles sont donc efficaces en tant que mesures préventives contre les inondations dépassant le niveau des crues conceptuelles. L'échelle des crues conçues dans le présent Projet correspond à la probabilité décennale. Ceci suggère l'importance de la prise en compte d'éventuelles inondations dépassant le niveau conceptuel. Il convient donc de prévoir l'ensemble des mesures à prendre pour les ouvrages non structuraux.

Dans la Zone D2 de l'oued Mejerda existent les zones riveraines urbanisées telles que Teboulba, El Battan, Jedeida, etc., qui ont vécu les inondations désastreuses dans le passé. Après la construction du barrage de Sidi Salem, ces zones riveraines ont vu certes une légère diminution des dégâts dus aux crues, mais à cause de la modeste capacité de décharge de l'oued, elles sont encore soumises aux désastres fluviaux qu'elles ont réellement vécus en 2006, 2009 et 2012. Les crues de l'oued Mejerda se caractérisent par l'élévation rapide du niveau d'eau. Le premier objectif des mesures non structurales consiste à diminuer des dommages humains.

Le barrage de Sidi Salem, le plus important des barrages situés dans le bassin de l'oued Mejerda, est un barrage polyvalent ayant une capacité de contrôle des crues de 280 millions de m³. Les eaux des inondations de janvier 2003 et d'avril 2009 ont risqué de dépasser le niveau limite du réservoir. Le barrage a été donc contraint de décharger avec un débit de 600m³/s à 700m³/s un volume d'eau certainement supérieur à la capacité de décharge du chenal en aval qui a été ravagé inévitablement.

En ces circonstances, pour ce qui est efficace contre tout dommage humain, il sera envisageable un système de prévision et d'alerte des crues ayant pour fonction l'analyse des niveaux d'eau et de l'éventualité de débordement des cours d'eau, ou un autre système d'alerte de décharge permettant d'analyser l'élévation du niveau d'eau en fonction de la décharge effectuée au niveau du barrage. À la Zone D2, le grand affluent oued Chafrou conflue avec le courant principal. Il est donc nécessaire de maîtriser le volume de décharge de l'ensemble du bassin versant pour mener à bien le fonctionnement du barrage.

En plus de la construction et de l'introduction desdits systèmes, il importe également l'incitation des habitants aux activités de lutte contre les inondations, la diffusion à temps et à propos des signaux d'évacuation et d'alerte, la construction d'un système de diffusion des signaux d'alerte qui concerne la communication, etc. en cas de crues, la sensibilisation de la conscience solidaire des habitants et des administrations à la lutte contre les inondations, etc.

En ce qui concerne la gestion des cours d'eau par le gouvernement, les rivières qui coulent dans des zones urbaines relèvent du Ministère de l'Équipement, et les rivières qui coulent dans d'autres zones sont de la compétence du Ministère de l'Agriculture. Et quant au suivi hydrologique, les données des précipitations et du débit relatives aux rivières sont collectées par la Direction Générale des Ressources en Eau, tandis que la collecte de celles relatives aux barrages est assurée par les barrages et la Direction

Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques. La situation actuelle nécessite, par conséquent, une gestion par le système centrale et unifiée. En outre, les directives et manuels sur l'opération/exploitation des installations de gestion des cours d'eau ainsi que des ouvrages de barrage, etc. sont sous-développés.

5.3.2 Les mesures non structurales devant être effectuées

L'étude du plan directeur et l'étude préparatoire, effectuées dans le cadre de la coopération de la JICA, résument les mesures à prendre pour les ouvrages non structuraux telles que montrées au tableau suivant :

Tableau 5.3-1 Mesures non structurales conçues dans les études existantes de la JICA

Désignation	Composantes
Étude sur la Gestion Intégrée du Bassin axée sur la Régulation des Inondations dans le bassin de la Mejerda en République Tunisienne (janvier 2009)	1) Renforcement de la capacité de contrôle des crues des réservoirs dans le bassin de l'oued Mejerda ;
	2) Renforcement de la capacité du système de prévision et d'alerte des crues dans le bassin de l'oued Mejerda ;
	3) Renforcement du système d'évacuation et de lutte contre les crues dans le bassin de l'oued Mejerda ;
	4) Développement de la capacité organisationnelle pour le bassin de l'oued Mejerda ;
	5) Renforcement de la capacité de gestion et contrôle des plaines inondables ;
Étude préparatoire pour le Projet de Gestion Intégrée et de Lutte contre les Inondations dans le bassin de l'oued Mejerda (janvier 2012)	1) Renforcement de la fonction de contrôle des crues des réservoirs ;
	2) Amélioration du système actuel de prévision et d'alerte des crues ;
	3) Amélioration du système actuel d'évacuation et de lutte contre les crues ;

Source : Rapport de l'étude du plan directeur (2009) et Rapport de l'étude préparatoire (2012)

Sur la base de la considération des résultats des dites études existantes et des résultats des enquêtes sur le terrain y compris les interviews effectuées dans la présente étude auprès des organismes concernés par la lutte contre les crues, les mesures à prendre envisageables dans le Projet pour les ouvrages non structurales, peuvent être résumées comme suit :

- 1) Système de prévision et d'alerte des crues ;
- 2) Système de gestion des barrages ;
- 3) Plan d'évacuation et de lutte contre les inondations ;
- 4) Renforcement organisationnel et développement de la capacité.

Les dites composantes constituant les mesures non structurales peuvent être résumés comme suit :

- 1) Basé sur le système actuel de SYCOHTRAC, le nouveau système de prévision et d'alerte des crues a pour fonction la prévision et l'alerte des crues par référence à la cote de plus hautes eaux dans la Zone D2, zone concernée par le tronçon d'amélioration des cours d'eau. Or, l'échelle de la crue conceptuelle pour la Zone D2, zone riveraine de l'oued Mejerda, correspond à la fréquence d'incident décennale. En cas d'incident, quand la crue ne dépasse pas cette échelle, le cours d'eau pourrait maintenir sa décharge normale s'il n'était pas nécessaire de tenir compte de l'écoulement

des eaux provenant du bassin de l'affluent, l'oued Chafrou, et des autres bassins versants autres que ceux visés ou des eaux déchargées dépassant l'échelle de la crue conceptuelle du barrage de Sidi Salem. C'est la raison pour laquelle ce système est prévu dans le Projet ;

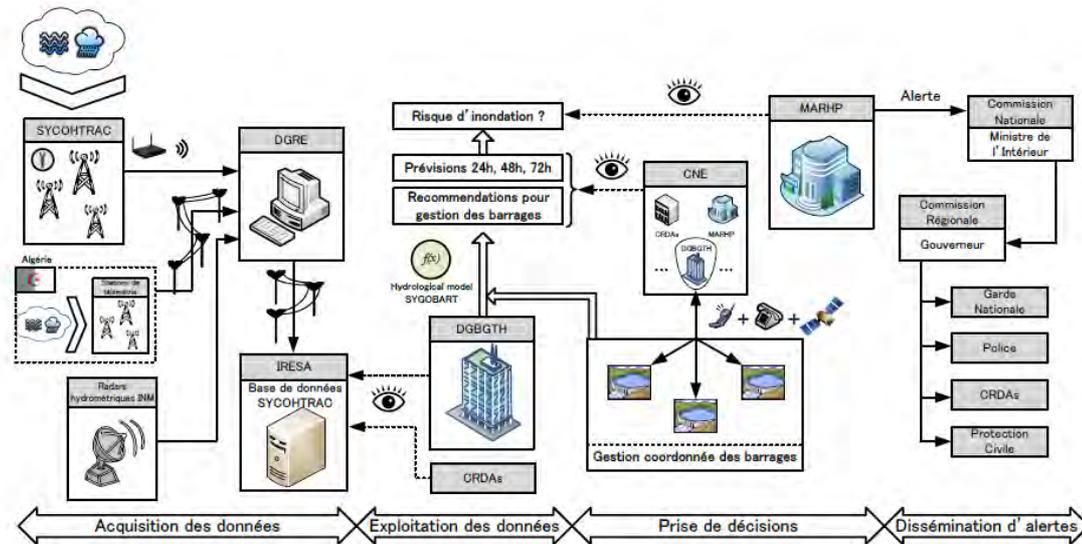
- 2) Le système de contrôle des crues installé dans un barrage a pour fonction la collecte des données hydrologiques des crues. Parmi les données ainsi collectées, il convient de se servir des données relatives aux précipitations et au volume de décharge des barrages situés en amont du barrage, en l'occurrence celui de Sidi Salem, sur la base desquelles seront prévues les valeurs quantitatives des rubriques de suivi du barrage (niveau de l'eau retenue et débit de décharge du réservoir), afin de faire fonctionner les vannes du barrage de manière à mettre à l'abri le bassin versant situé en aval autant loin que possible de tout effet d'incident de crues ;
- 3) Les activités d'évacuation et de lutte contre les crues s'articulent avec le système de prévision et d'alerte des crues ayant pour fonction de calculer et de prévoir le niveau d'eau, sur la base duquel toute information sur l'évacuation sera diffusée au moyen d'information tel que la radio, la télévision, l'internet, la sirène ou autre auprès des habitants riverains de la Zone D2 de l'oued Mejerda. En temps normal sans incident de crue, il sera effectué l'ensemble des activités portant sur la révision du plan de gestion des crues (Plan bleu), l'exercice de lutte contre les crues pour la sensibilisation de la conscience des habitants à la lutte contre les crues, la mise en place de la cartographie des risques, etc.
- 4) Le pouvoir, ayant trait à la gestion des cours d'eau ainsi qu'au système de collecte des informations hydrologiques, est confié conjointement à plusieurs organismes à la fois du gouvernement et des collectivités locales. Il convient donc d'instituer un organisme réunifiant toute fonction relative à la gestion des crues, telle que la diffusion des signaux d'alerte, la gestion des barrages, la gestion des cours d'eau, la gestion des informations hydrologiques. Or, les directives de la gestion des barrages et des cours d'eau sous forme de document n'existent pas à l'heure actuelle. Ainsi, de telles directives sont à élaborer.

Pour les mesures non structurales décrites plus haut, il sera présenté dans les pages suivantes l'ensemble des améliorations proposées sur la base de l'analyse de l'état actuel de chacune des rubriques concernées et de la considération sur la nécessité et la conformité du Projet en tant que projet à réaliser dans le cadre du prêt d'APD, avant de clarifier l'étendue de la réalisation du Projet.

5.3.3 Améliorations proposées pour le système de prévision et d'alerte des crues (SYCOHTRAC)

(1) La prévision et l'alerte du système SYCOHTRAC

Le concept du système SYCOHTRAC que la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) projette d'aménager est schématisé comme suit :



Source: Rapport de l'étude préparatoire (II-68)

Figure 5.3-1 Concept général du système SYCOHTRAC (état actuel)

L'aperçu de ce système est décrit comme suit :

1) Acquisition des données

Le système SYCOHTRAC envoie à la DGRE les informations relatives aux précipitations et au niveau d'eau qui sont transmises au serveur spécifique de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (IRESA). Les Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDA) et la Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DGBGTH) font accès au serveur de l'IRESA et obtiennent des données.

2) Analyse des données

Sur la base des données acquises, la DGBGTH se met à élaborer une hydrographie prévisionnelle de 24 heures et à évaluer des risques d'inondations ;

3) Analyse des données

Sur la base du résultat de la prévision, le Comité National de l'Eau (CNE) décide le volume de retenue et le volume de décharge et en informe chacun des barrages par téléphone fixe ou portatif ;

4) Diffusion des signaux d'alerte

S'il y a des risques d'inondations, le directeur du Ministère de l'Agriculture (MA) en avertit la Commission Nationale de Gestion des Catastrophes (CNGC), présidé par le Ministre de l'Intérieur.

(2) Améliorations de prévision et d'alerte des crues dans le système SYCOHTRAC

Les études existantes de la JICA ont considéré sous l'aspect technique l'ensemble des améliorations du système de prévision et d'alerte des crues sur la base de l'état actuel et des améliorations proposées pour le système SYCOHTRAC, dont les améliorations sont proposées comme suit :

- a. L'appareil de mesure du niveau d'eau du système SYCOHTRAC doit être intégré dans le système géodésique national tunisien de manière à s'exprimer en valeur d'altitude au-dessus du niveau de la mer;
- b. Aux points de suivi du système SYCOHTRAC doivent être ajoutés 14 points de suivi des précipitations et 15 points de suivi des niveaux d'eau (incluant 8 points de suivi bi fonctionnel de précipitations et de niveau);
- c. Toutes les données relevant des barrages, celui de Sidi Salem en principe, situés dans le bassin versant, et celles du système SYCOHTRAC doivent être unifiées. À mesure du développement du système de communication GPRS, l'unification de celui-ci avec le système de gestion des barrages paraît évidente.

Les coûts nécessaires pour les dites améliorations sont comme suit :

Tableau 5.3-2 Coût des matériels hydrologiques supplémentaires du SYCOHTRAC

Rubrique	Type	Quantité	Prix unitaire (TND)	Total (TND)
1) Précipitations;	Mesure de précipitations;	14	1 600	22 400
2) Précipitations et niveau d'eau ;	Mesure de précipitations et de niveau ;	8	2 200	17 600
3) Niveau d'eau;	Niveau d'eau ;	7	2 000	14 000
Total		29	-	54 000

Source: Rapport de l'étude préparatoire (Janvier 2012, V-205)

Tableau 5.3-3 Coût d'amélioration du système de gestion des barrages

Rubrique	Quantité	Prix unitaire (TND)	Total (TND)
1) Dispositif de suivi de décharge;	17 barrages	2 000	34 000
2) Système de contrôle des vannes;	17 barrages	320	5 440
3) Système d'accès à l'internet;	17 barrages	40	680
4) Système de transmission des données;	17 barrages	250	4 250
Total	-	-	44 370

Source: Rapport de l'étude préparatoire (Janvier 2012, V-208, 209)

La conception du système se réalise conformément au schéma conceptuel du système susmentionné. Les principales composantes conçues pour ce système sont indiquées ci-dessous. Basée essentiellement sur la conception du système SYCOHTRAC tel qu'il est actuellement, la présente conception considère l'intégration des améliorations citées plus haut. Les composantes prévues dans la conception sont résumées ci-dessous :

Tableau 5.3-4 Composantes prévues dans la conception pour l'amélioration du système SYCOHTRAC

Répartition	Composantes principales
a. Acquisition des données	1) Données des précipitations, niveau d'eau, niveau de réserve du barrage, affluence au barrage, volume de décharge ; 2) Données prévisionnelles telles que les précipitations et autres provenant des autres organismes concernés comme par exemple le ministère de la météorologie ;
b. Analyse des données	1) Hydrographie prévisionnelle incluant les données réelles (précipitations, niveau d'eau des cours d'eau, débits des barrages) ; 2) Conversion des données de l'hydrographie en données de niveau d'eau ;
c. Prise de décision	1) Critères de diffusion des signaux d'alerte ; 2) Système de diffusion des signaux d'alerte ; 3) Système de contrôle des barrages (niveau de réserve, volume de décharge) ; 4) Système de communication et de transmission des signaux d'alerte (DGBGTH-MA-NDMC au niveau gouvernemental) ;
d. Diffusion d'alerte	1) Diffusion d'alerte, système d'information (NDMC-RDMC-Police, CRDAs, ORTC au niveau gouvernemental et régional) ; 2) Système de communication et de transmission auprès des habitants des zones concernées.

(3) Les composantes envisageables dans le cadre du prêt d'APD

Le budget annuel de la Direction Générale des Ressources en Eau est de 700 mille TND. Pour l'approvisionnement en matériel et équipement, la direction conclut un contrat de 10 ans avec la société française OTT. Le contrat envisage à la date de septembre 2012 un approvisionnement matériel de 300 mille TND avec un délai contractuel de 3 ans.

En ce qui concerne le budget pour l'amélioration du système SYCOHTRAC et l'introduction du système de prévision et d'alerte, comme l'indique le tableau susmentionné, le coût d'investissement total (matériel et système) est de 100 mille TDN, montant pouvant être couvert par son budget. Et d'autant plus que le schéma conceptuel du système est déjà élaboré, il convient d'estimer que la conception du système pourra être prise en charge par la partie tunisienne.

Tout cela suggère que le présent système ne concerne pas le prêt d'APD de la JICA.

5.3.4 Système de contrôle des crues des barrages

(1) La situation actuelle du système de gestion des crues et des barrages dans le bassin de l'oued Mejerda

Les informations hydrologiques des barrages gérées par la Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DGBGTH) ne sont pas encadrées par un système articulé avec le système SYCOHTRAC, dont l'exploitation et la gestion appartiennent à la Direction Générale des Ressources en Eau. De ce fait, les informations du système SYCOHTRAC ne sont pas valorisées au niveau du système de gestion des barrages sur le plan du contrôle des crues. La réunification des systèmes doit attendre donc le renouvellement du système de communication GPRS.

C'est seulement le barrage de Sidi Salem qui fonctionne avec ses propres règles de fonctionnement, alors que les autres barrages ne fonctionnent que suivant la pratique empirique. Quant au fonctionnement des réservoirs en cas de crues, la plupart des barrages ne peuvent pas suffisamment valoriser la capacité de contrôle des crues. Le document d'exploitation des barrages attribue le taux de valorisation de la capacité de contrôle des crues seulement 13% au barrage de Silliana (inondation de décembre 2003), 18% au barrage de Bou Heurtma (inondation de janvier 2003) et 55% (idem) au barrage de Sidi Salem, alors que 96% au barrage de Mellegue.

La capacité de contrôle des crues des 8 principaux barrages en Tunisie est au total de 530 millions de m³, dont 388 millions de m³ relèvent des barrages de Sidi Salem et de Mellegue, représentant 75% de la capacité totale. Surtout que le barrage de Sidi Salem se situe à l'amont avec une capacité de contrôle de 285 millions de m³. Par conséquent, il convient de se focaliser sur l'amélioration de la mise en valeur de la capacité de contrôle des crues du barrage de Sidi Salem pour mener à bien la gestion efficace des crues.

(2) La situation actuelle du système de gestion des crues du barrage de Sidi Salem

La fonction du système actuel du barrage de Sidi Salem consiste à collecter les données de suivi hydrologiques des bassins versant en aval du barrage par téléphone ou fac-similé, sur la base desquelles le fonctionnement et la décharge du barrage sont déterminés.

Alors que le nouveau système prévu pour la gestion des crues consiste en plusieurs systèmes ayant pour fonction : a. la collecte des données de suivi hydraulique et hydrologique; b. le traitement des données de suivi; c. le calcul de des précipitations et débits prévisionnels ; et d. le fonctionnement des vannes de crues.

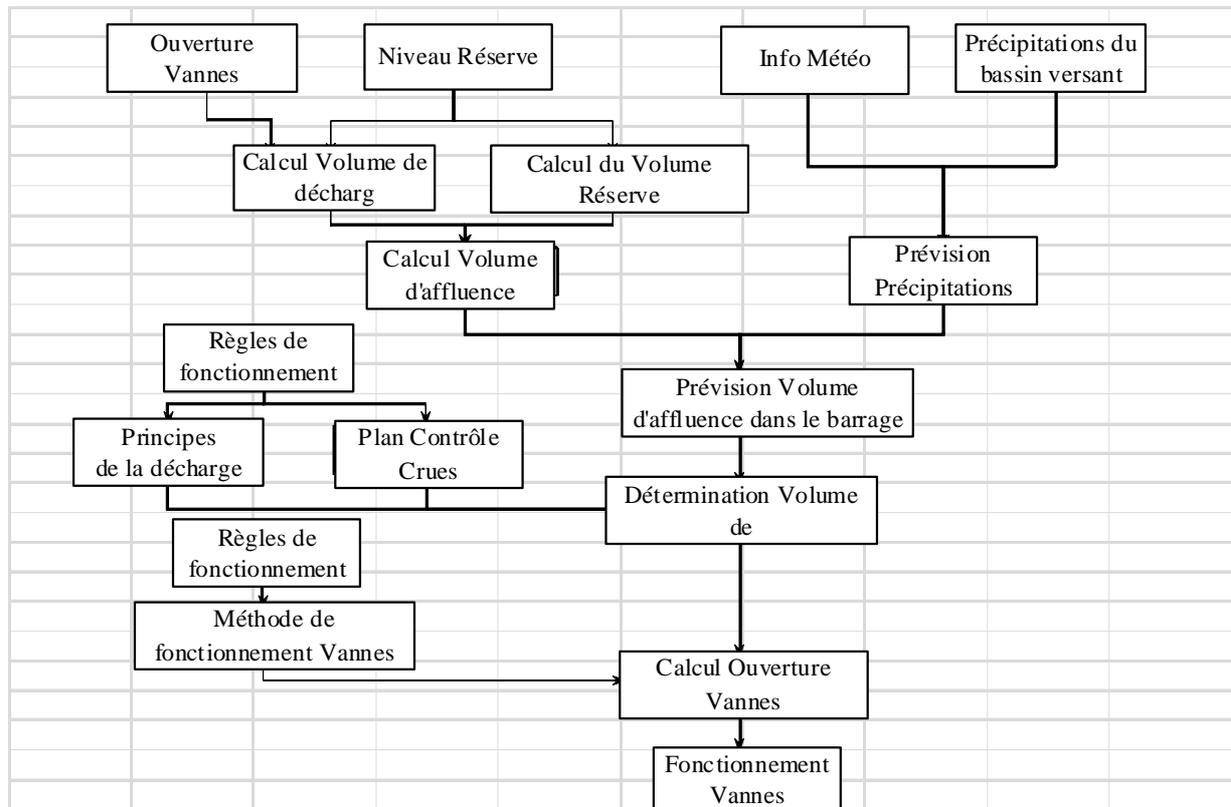
Pour l'incident des crues de janvier 2003 de l'oued Mejerda, le volume de décharge du barrage de Sidi Salem n'aurait pas pu être maintenu au-dessous du débit sans risque de débordement de l'aval à cause des quatre crues de pointe qui ont eu lieu successivement. Il convient donc d'aménager un système capable de faire valoriser au maximum autant de données qu'elles sont disponibles pour maintenir la fonction normale des vannes, par exemple, même s'il n'est pas possible de collecter autant de données de suivi qu'elles sont souhaitées.

(3) Améliorations proposées pour le système de gestion des crues du barrage de Sidi Salem

La gestion d'un barrage, bien qu'elle soit fondée sur la considération du contexte historique et des caractéristiques locales et régionales, doit suivre les principes suivants :

- 1) Les matériels et équipements pour le fonctionnement du barrage doivent fonctionner, dans quelles conditions que ce soit, suivant les objectifs tels qu'ils étaient prévus initialement ;
- 2) En cas de crues, il ne faut effectuer la décharge excessive en aucun cas.

La gestion des crues par le biais de barrage a pour but de réduire au maximum des dommages occasionnés par les crues dans les zones en aval du barrage de Sidi Salem où doit être mis en œuvre un contrôle efficace et approprié pour faire face à de différentes inondations se produisant dans le bassin versant de l'oued Mejerda. Au Japon, le contrôle des crues d'un barrage s'effectue selon la procédure suivante :



Document: Procédure à suivre pour la gestion d'un barrage (Centre d'aménagement de l'environnement des sources de barrage, Fondation d'utilité publique avec la personnalité juridique)

Figure 5.3-2 Procédure de contrôle des crues d'un barrage

La considération de la gestion des crues du barrage consiste à faire des calculs pour le contrôle des crues par référence aux inondations vécues dans le passé, de manière à ne pas dépasser la capacité de décharge du lit de cours d'eau de l'aval, à savoir $800\text{m}^3/\text{s}$, conformément aux règles de fonctionnement du barrage et sur la base de la procédure susmentionnée. Les crues du passé présentent un problème lié au fait que le volume de contrôle des crues du barrage de Sidi Salem n'a pas été suffisamment mis en valeur. S'il y a un procédé de contrôle des crues (degré d'ouverture des vannes et volume de contrôle des crues) capable de valoriser au maximum le volume des crues le plus important de $285\text{ millions de m}^3$, celui-ci sera le procédé définitif. Par conséquent, il convient de faire des calculs pour le contrôle des crues à condition de réviser les règles de fonctionnement du barrage actuelles. Les composantes à considérer sont énumérées comme suit :

Tableau 5.3-5 Système de gestion des crues du barrage de Sidi Salem

Désignation	Principales composantes à considérer
a. Collecte des données	1) Données sur précipitations, niveau d'eau, niveau de réserve, volumes d'affluence et décharge; 2) Identification des crues à considérer (3 inondations y compris les plus importantes);
b. Révision des règles de fonctionnement du barrage de Sidi Salem	1) Maîtrise du procédé de contrôles des crues; 2) Maîtrise des degrés d'ouverture des vannes et le volume de décharge;
c. Considération de procédé de contrôle des crues	1) Calculs pour le contrôle des crues suivant les règles de fonctionnement actuelles; 2) Calculs pour le contrôle des crues suivant les règles révisées (propositions) ; 3) Considération du volume de contrôle des crues, degrés d'ouverture des vannes; 4) Fonctionnement adaptable au cas de dépassement du cadre de projet;
d. Propositions pour la révision des règles de fonctionnement	1) Mise en ordre des résultats des calculs pour le contrôle des crues; 2) Propositions pour la révision des règles de fonctionnement;

Source: Équipe d'étude de la JICA

(4) Les composantes envisageables dans le cadre du prêt d'APD

En considération de la situation actuelle de la gestion des barrages effectuée par la partie tunisienne, il s'avère que la coopération japonaise est nécessaire pour la construction et l'introduction du système de gestion des crues du barrage de Sidi Salem décrit ci-dessus. Dans le cadre du prêt d'APD, un manuel de gestion des crues sera élaboré à condition que les règles d'opération du barrage de Sidi Salem montrées dans le tableau ci-dessus soient révisées. Aucun matériel ni équipement le concernant ne sera approvisionné. Par ailleurs, l'adaptabilité ou non de l'introduction du logiciel « Système relatif à la gestion des crues » mentionné plus bas à l'alinéa 7.4 concernant la valorisation des techniques du Japon devra être examinée en tenant compte du lien avec le SYCOHTRAC prévu par la Direction Générale des Ressources en eau.

5.3.5 Activités d'évacuation et de lutte contre les crues

(1) La situation actuelles des activités telles qu'elles sont à présent pour l'évacuation et la lutte contre les inondations

La mise en œuvre des activités de lutte contre les inondations appartient à l'Office Régional de la Protection Civile (ORPC) sous la direction de l'Office Régional de la Gestion des Catastrophes (ORGC). Au niveau de la Zone D2 de l'oued Mejerda, l'ORPC de la Délégation de Manuba est l'organisme public le plus important en la matière.

L'interview effectuée auprès de l'Office National de la Protection Civile (ONPC) avère un problème censé freiner la conduite efficace des activités d'évacuation. Or, les informations des crues doivent être transmises par l'ORGC à l'ORPC qui se met à diffuser les signaux d'alerte lorsque la crue se provoque. Ce problème est alors lié au fait que les informations des crues du Ministère de l'Agriculture n'arrivent toujours pas à l'ORPC de façon rapide et correcte, qui n'a donc pas lieu d'agir sans signaux d'alerte.

Dans les environs de la Délégation d'Ariana, située en aval de l'oued Mejerda, il s'avère certains problèmes liés aux phénomènes dus au comportement des habitants qui ont raté le temps d'évacuation, qui

ont négligé les signaux d'alerte diffusés par l'ORPC, ou qui ont refusé de partir pour s'occuper des animaux domestiques, etc. Ces problèmes relèvent des moyens de transmission des informations des crues et de la conscience peu sensible chez les habitants à la prévention des catastrophes et à la lutte contre les inondations.

De plus, les habitants avèrent encore un autre problème lié au fait que la diffusion des signaux d'alerte auprès des réfugiés ne peut pas être effectuée suffisamment parce qu'il manque des informations des crues devant être transmises par le Ministère de l'Agriculture en cas de crues.

Il en découle que les problèmes à résoudre pour l'évacuation en cas de crues sont résumés comme suit :

- 1) Manque des informations des crues devant être transmises du Ministère de l'Agriculture à l'Office Régional de la Protection Civile, de ce dernier aux habitants ;
- 2) Manque de préparatifs au niveau de l'Office Régional de la Protection Civile pour la lutte contre les inondations à cause du manque des informations des crues ;
- 3) Conscience des habitants devenant peu sensible à la lutte contre les inondations.

(2) Amélioration des moyens de partages et de diffusion des informations des crues

Les problèmes susmentionnés liés à la transmission des informations des crues et à la diffusion des signaux d'alerte peuvent être résumés en 2 points qui sont : la transmission des informations des crues du Ministère de l'Agriculture à l'Office Régional de la Protection Civile et la transmission de ce dernier aux habitants. On peut estimer que le premier point pourrait être amélioré dans l'avenir si les systèmes SYCOHTRAC et GPRS pouvaient être améliorés. En effet, le schéma conceptuel du système SYCOHTRAC susmentionné montre que les informations émises par le Ministère de l'Agriculture sont transmises à la Commission Nationale de Gestion des Catastrophes, en plus de laquelle, elles sont adressées aussi à la Garde Nationale, au Commissariat de Police, aux Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDAs) et à la Protection Civile.

Quant au dernier point, il convient de considérer les moyens de diffusion comme suit en vue de l'amélioration des communications entre la Protection Civile et les communautés locales :

1) Diffusion par télévision, radio, internet, SMS

Presque tous les ménages riverains de l'oued Mejerda jouissent de la télédiffusion et leurs véhicules sont équipés d'une radio. En cas de crues, il paraît utile de diffuser les signaux d'alerte par télévision aux habitants qui restent chez eux en même temps que par radio au conducteur d'un véhicule et à ses compagnons.

L'interview effectuée auprès de la Direction Générale de la Ressource en Eau fait savoir que, si dans l'avenir le système GPRS est renouvelé, les informations hydrologiques et des crues seront publiées sur l'internet. On estime par conséquent que les organismes concernés et les habitants pourront se servir de ces informations.

Quant au service SMS, il est considéré efficace à l'heure actuelle en tant que moyen de communication d'autant plus que le système de téléphone portable est développé. En cas de crues, il est utile que la Protection Civile et les habitants se communiquent par SMS en tant qu'émetteur et récepteur et

vice-versa.

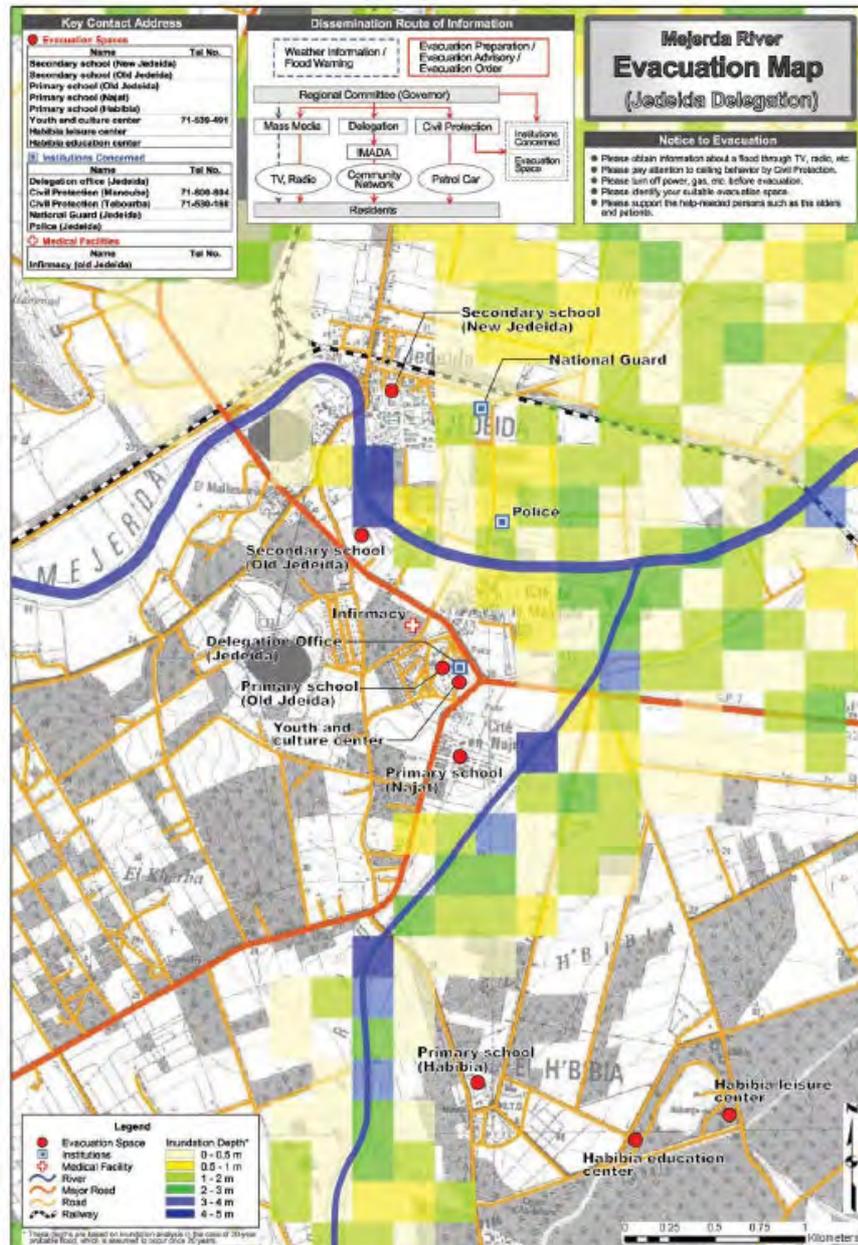
2) Diffusion d'alerte par voie de patrouille, diffusion à travers du réseau Imada

Ce moyen de diffusion des messages d'avertissement se base sur le système tel qu'il fonctionne actuellement avec le réseau de communications de patrouille de la Protection Civile et celui de la communauté locale Imada. Il y a lieu d'attendre beaucoup de ces réseaux de communications quand ils fonctionnent en collaboration avec les autres systèmes de communications tels que la radio, l'internet, le SMS, etc.

(3) Sensibilisation de la conscience communautaire à la lutte contre les inondations

Le Gouvernorat de Manouba dispose d'un plan de lutte contre les inondations (Plan bleu) bien établi dans lequel sont inscrits les points inondables, les routes inondables et inutilisables en cas de crues situés dans ses environs, le plan d'activités contre les inondations (sites de refuge, matériels anti-crues, réseaux de diffusion des informations des catastrophes).

Il est prévu dans le Projet l'ensemble des activités, en tant que mesures incitatives à la sensibilisation de la conscience communautaire à la lutte contre les inondations, qui consistent à réunir d'abord les habitants de la communauté et l'organismes de prévention des catastrophes (Office Régional de la Protection Civile de Manouba), comme ce qui a été expérimenté dans l'étude du plan directeur, et ensuite à confirmer ensemble les zones vulnérables aux crues, les routes d'évacuation disponibles, les moyens et méthodes d'information et de communication, etc., et finalement à compiler tous ces éléments dans un plan de lutte contre les inondations. La mise en place d'une carte d'évacuation sera accompagnée de la simulation de débordements compilée par l'équipe d'étude de la JICA. La carte d'évacuation d'une Délégation représentative (Jedeida), établie par la collaboration entre la JICA et la Protection Civile de Manouba dans l'étude du plan directeur de la JICA, est indiquée ci-dessous :



Source: Étude du plan directeur (2009)

Figure 5.3-3 Carte d'évacuation (Jedeida)

On peut estimer que les points vulnérables aux inondations de la Zone D2 se situent dans les Délégations telles que Tebourba, El Battan, Jedeida, El Henna (adjacent du site considéré pour la déviation du bassin de retenue d'El Mabtouh), etc. Il convient de sélectionner, parmi ces Délégations susceptibles d'être affectées par la montée des eaux, une Délégation représentative qui sera dévouée à la considération de toute activité de sensibilisation de la conscience communautaire à la prévention des catastrophes. Quant aux activités d'évacuation, il faut prévoir, de préférence, des exercices sur le terrain, sinon de simples exercices dans le bureau. Les composantes prévues en la matière sont indiquées ci-dessous :

Tableau 5.3-6 Composantes prévues dans l'amélioration du système d'alerte et la conception de la sensibilisation de la conscience communautaire à la lutte contre les inondations

Composantes	Objectif	Méthode/Mesures envisageables
a. Amélioration du système de communication et d'alerte ;	Améliorer le système d'alerte des collectivités et des communautés locales ;	1) Diffusion des informations des crues à travers la TV, la radio et sur l'internet; 2) Usage du SMS pour l'échange d'alertes et d'informations ; 3) Sirène d'alerte ; Amélioration du système de transmission existant (avertissement par patrouille et réseau d'Imada);
b. Renforcement des capacités et sensibilisation de la conscience pour l'amélioration de la résistance aux aléas d'inondations dans la communauté régionale.	Renforcer les capacités et sensibiliser la conscience à la réduction des risques d'inondations dans la communauté régionale.	1) Révision du plan bleu existant <ul style="list-style-type: none"> a. Dissémination des zones inondables ; b. Révision et vérification des lieux d'évacuation, zones inondables ; c. Routes d'évacuation du Plan bleu ; d. Révision et vérification du plan d'activités et des équipements anti-crues ; 2) Exercices de simulation de la lutte contre les inondations ; 3) Préparation des cartes des risques d'inondations ; 4) Proposition d'un nouveau plan de lutte contre les inondations (plan bleu).

(4) Les composantes envisageables dans le cadre du prêt d'APD

Pour les activités d'évacuation et de lutte contre les inondations dans le cadre du prêt d'APD, les « composantes prévues dans l'amélioration du système d'alerte et la conception de la sensibilisation de la conscience communautaire à la lutte contre les inondations » susmentionnées seront mises en œuvre. À noter qu'aucun matériel ni équipement le concernant ne sera approvisionné.

5.3.6 Renforcement organisationnel et institutionnel, développement de la capacité

(1) La situation actuelle du renforcement organisationnel et institutionnel et du développement de la capacité

Comme l'indique la description plus haut, au niveau à la fois du gouvernement et des collectivités locales, les pouvoirs liés à la gestion des crues sont disséminés à plusieurs organismes. Il convient donc d'établir une organisation centrale intégrant toutes les fonctions ayant trait aux crues telles que la gestion des crues, la prévision et l'alerte des crues, la gestion des barrages, la gestion des cours d'eau, la gestion des informations hydrologiques, etc. À noter qu'il est nécessaire d'établir les directives les concernant, du fait qu'il manque les directives pour la gestion des barrages et des fleuves sous forme de document.

(2) Les composantes d'amélioration

La réorganisation du Ministère de l'Agriculture et le développement de la capacité de gestion des barrages et structures fluviales ainsi que du système de prévision et d'alerte des crues seront effectués selon les orientations suivantes :

- a) Au niveau à la fois du gouvernement et des collectivités locales, les pouvoirs liés à la gestion des crues sont disséminés à plusieurs organismes. Il convient donc d'établir un système centralisé intégrant toutes les fonctions ayant trait aux crues telles que la gestion des crues, la prévision et l'alerte des crues, la gestion des barrages, la gestion des cours d'eau, la gestion des informations hydrologiques, etc.;

b) Il n'existe à l'heure actuelle aucune littérature officielle consacrée à la compilation des normes, standard et critères de calcul et de conception pour la gestion de barrages, les directives de planification de la protection contre les inondations et de l'aménagement des cours d'eau. Une fois les systèmes réunifiés, ces directives seront établies.

Le tableau suivant montre les composantes du programme à prendre en compte sur la base de l'orientation ci-dessus.

Tableau 5.3-7 Composantes pour l'amélioration organisationnelle et institutionnelle, développement de la capacité

Composante	Organismes ou établissements concernés	Rubriques principales à considérer
a. Renforcement organisationnel et institutionnel des entités chargées de la gestion des crues ;	DGRE, DGBGTH	1) Renforcement organisationnel particulièrement des entités chargées de la gestion des crues et des cours d'eau ; 2) Répartition des tâches avec le Ministère de l'Équipement (ME) pour la gestion et la compétence des cours d'eau ; 3) Répartition des tâches avec la Direction de l'Irrigation pour la coordination, la gestion et la compétence ; 4) Propositions pour la réorganisation ;
b. Préparation des normes, standard, critères et directives des ouvrages de gestion des cours d'eau ;	Oued Mejerda, barrages situés dans le bassin versant de Mejerda, bassin de retenue d'El Mabtouh ;	1) Coordination du plan de prévention des inondations et de l'usage des eaux (irrigation, eau potable) ; 2) Gestion des cours d'eau et des barrages ; 3) Directives d'opération et de gestion des structures fluviales (barrages, bassins de retardement, vannes).

(3) Les composantes envisageables dans le cadre du prêt d'APD

Pour les activités du renforcement organisationnel et du développement de la capacité seront envisagées les composantes suivantes dans le cadre du prêt d'APD de la JICA. À noter qu'aucun matériel ni équipement le concernant ne sera approvisionné.

Tableau 5.3-9 Composantes à considérer pour le renforcement organisationnel et le développement de la capacité

Répartition	Principales composantes principales à considérer
a. Renforcement organisationnel ;	1) Amélioration du système de diffusion des signaux d'alerte ; 2) Partage des tâches entre les MA et ME en matière de la gestion des cours d'eau ;
b. Renforcement de capacités.	1) Gestion des cours d'eau et des barrages (ateliers, directives et formations) ; 2) Mise en place des directives (exploitation et gestion des ouvrages fluviales et de bassins de retardement)

Source: Équipe d'étude de la JICA

5.3.7 Mesures non structurales mises en œuvre pour le projet de contrôle des crues de l'oued Mejerda

Les composantes envisageables dans le cadre du prêt d'APD susmentionné, les mesures non structurales se réalisent suivant les organismes et les zones qui sont présentés comme suit :

Tableau 5.3-10 Mesures non structurales mises en œuvre pour le projet de contrôle des crues de l'oued Mejerda

N°	Mesures non structurales envisageables	Organismes concernés	Site de projet
1	Système de gestion des crues du barrage;	DGBGTH	Barrage de Sidi Salem
2	Plan d'activités de diffusion des signaux d'alerte, d'évacuation et de lutte contre les inondations;	MA ONPC, CRDA	Oued Mejerda (Zone D2)
3	Renforcement organisationnel et développement de la capacité.	MA (DGRE, GBGTH) MEq	Oued Mejerda

Source: Equipe d'étude de la JICA

Chapitre 6 Ponts

Dans la Zone D2 existent à présent un nombre de ponts empruntés par les routes ou les voies ferrées qui traversent le courant principal de l'oued Mejerda. À la suite d'une réflexion sur le contenu de l'amélioration des lits de cours d'eau concernés, il s'avère que certains cours d'eau n'ont pas de capacité de décharge suffisante par rapport au courant principal de l'oued Mejerda, pour lesquels certaines améliorations nécessaires (remplacement par nouveau pont, élévation de niveau de la culée) doivent être prévues dans le Projet.

L'étude a alors procédé, comme le cas du plan directeur, à la planification de l'amélioration des ponts existants et de la construction de nouveaux ponts, qui constituent l'ensemble d'un plan d'amélioration des cours d'eau. Il en résulte que 11 ponts considérés dans le plan directeur sont à revoir pour qu'ils s'adaptent à la cote de plus hautes eaux changée et à la voie d'adduction d'eau modifiée. Dans le présent alinéa sera considéré un plan d'aménagement des ponts devant être élaboré pour l'amélioration des lits de cours d'eau comme suit :

1. La maîtrise de l'état actuel des ponts existants et de leurs performances affectées par l'amélioration des lits de cours d'eau;
2. La considération des orientations pour l'amélioration des ponts existants et la sélection des sites destinés à la construction des nouveaux ponts;
3. La planification de l'aménagement des ponts existants;
4. La planification de la construction des nouveaux ponts;

Les ponts concernés par l'étude sont diversifiés suivant les différentes fonctions empruntées par les usagers telles que la route, l'autoroute, le chemin de fer ou autre équivalent, et que les normes, les standards ou les critères de calcul et de conception sont également diversifiés. Il convient donc de les mettre en ordre dans la perspective de leur application dans le Projet.

6.1 La maîtrise de l'état actuel des ponts existants et de leurs performances affectées par l'amélioration des lits de cours d'eau

6.1.1 L'état actuel des ponts existants

Avant de commencer la considération des orientations pour l'amélioration des ponts, il a été effectué une collecte des documents essentiels sur les ponts existants. Dans ces documents sont inclus les spécifications techniques des ponts, en plus desquelles l'ensemble des descriptions consacrées aux organismes chargés de la gestion des ouvrages structurels, au contenu de l'étude des documents techniques existants et à l'état actuel des dégâts ont été constatées sur le terrain.

(1) Ponts installés dans la Zone D2

1) Ponts installés dans la Zone D2

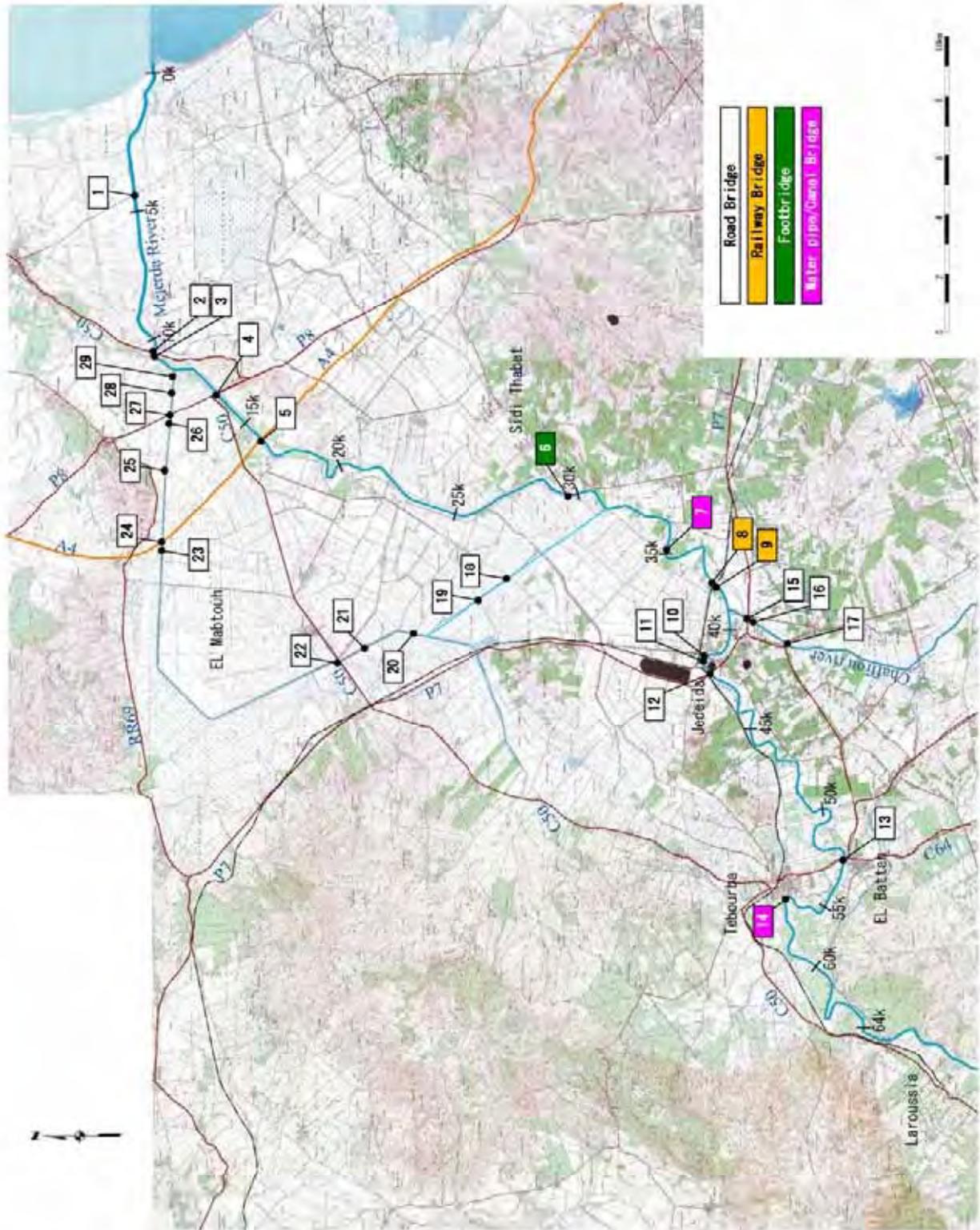
Comme le montre le tableau de la page suivante, il existe actuellement 29 ponts dans la Zone D2. Les photos des ponts prises dans l'étude sur le terrain ainsi que les spécifications de chacun de ces ponts sont résumés à l'alinéa 4.1. Documentation.

Tableau 6.1-1 Ponts existants

N°	Nom de pont	Cours d'eau		Route	Longueur de pont	Largeur de pont	Remarque
		Nom	Distance				
1	K.LANDAOUS BRIDGE	Mejerda	4,664	Rue Sadok Belhadi	19,600	8,750	
2	TOBIAS BRIDGE	Mejerda	10,828	MC50	87,400	10,500	
3	TOBIAS OLD BRIDGE	Mejerda	10,836	MC50	81,400	5,100	Discordance entre la position des colonnes et le nouveau pont ;
4	GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	Mejerda	13,728	GP8	145,200	9,040	
5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Mejerda	16,017	MOTORWAY A4	126,500	14,500	
6	FOOTBRIDGE	Mejerda		Sidewalk	60,000	1,200	Pont suspendu en bois ;
7	WATER PIPE BRIDGE	Mejerda	34,440	Water supply	-	5,540	
8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Mejerda	37,848	RAILWAY	60,500	4,160	Discordance entre la position des colonnes et le nouveau pont,
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Mejerda	37,834	RAILWAY	63,000	10,000	Trace sur la poutre de l'élévation du barrage due aux crues,
10	JEDEIDA BRIDGE	Mejerda	41,071	RVE507	87,200	12,000	
11	JEDEIDA OLD BRIDGE	Mejerda	41,091	RVE507	64,500	5,600	Pont historique sur le chenal étroit.
12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	Mejerda	41,926	GP7	73,600	11,300	
13	EL BATTAN BRIDGE	Mejerda	53,111	MC64	94,070	8,500	Pont historique;
14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	Mejerda	56,899	IRRIGATION CANALS	125,000	5,540	
15	GP7 BRIDGE ON CHAFROU	Chafrou		GP7	38,200	11,000	La culée atteint la berge située dans le chenal inondé (lit majeur)
16	GP7 OLD BRIDGE ON CHAFROU	Chafrou		GP7	-	-	Discordance entre la position des colonnes et le nouveau pont ;
17	EL H'BIBIA BRIDGE	Chafrou		Local Road	16,900	8,140	
18	Bridge on the local road	Mabtouh		Local Road	20,700	5,700	
19	FARM BRIDGE ON Conduite CHANNEL	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
20	FARM BRIDGE ON Conduite CHANNEL	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
21	FARM BRIDGE	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
22	MC50 EL MABTOUH BRIDGE	Mabtouh		MC50	20,460	14,610	
23	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh		MOTORWAY A4	52,600	14,000	

25	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
26	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
27	GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	Mabtouh		GP8	36,500	9,900	
28	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;
29	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	-	-	Pont pour petite voie rurale agricole;

Source: Équipe d'étude de la JICA



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.1-1 Localisation des ponts existant

2) Organismes chargés de la gestion des ponts

Les organismes chargés de la gestion des ponts situés dans la Zone D2 sont indiqués au tableau suivant par type d'ouvrage :

Tableau 6.1-2 Organismes chargés de la gestion des ponts et autres ouvrages structuraux

Ouvrages structuraux	Organisme
Ponts routiers (routes nationales, régionales, locales)	Direction du génie civil, MEHAT*
Autoroute Tunis-Bizerte	Tunisie Autoroutes
Ponts ferroviaires	Direction des études et de l'équipement, SNCFT**
Ponts agricoles (petits et peu sophistiqués)	MA***
Ponts historiques	Ministère de la Culture

*MEHAT: Ministère de l'Équipement, de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire; **SNCFT: Société

Nationale des Chemins de Fer Tunisiens ;***MA : Ministère de l'Agriculture.

Source : Etude préparatoire

Tableau 6.1-3 Liste des ponts et des organismes compétents

	N°	Désignation	Organisme
Route Autoroute	1	PONT K.LANDAOUS	MEHAT
	2	TOBIAS BRIDGE	MEHAT
	3	TOBIAS OLD BRIDGE	MEHAT
	4	GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	MEHAT
	5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Tunisie Autoroutes
	10	JEDEIDA BRIDGE	MEHAT
	11	JEDEIDA OLD BRIDGE	MEHAT
	12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	MEHAT
	13	EL BATTAN BRIDGE	MEHAT
	15	GP7 BRIDGE ON CHAFROU	MEHAT
	17	EL H'BIBIA BRIDGE	MEHAT
	22	MC50 EL MABTOUH BRIDGE	MEHAT
	24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Tunisie Autoroutes
	27	GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	MEHAT
Chemin de fer	8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	SNCFT
	9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	SNCFT
Petits chemins agricoles	16,18,19, 20,21,28, 29	FARM BRIDGE	MA
Canal d'irrigation	7	WATER PIPE BRIDGE	MA
	14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	MA
Pont piéton	6	FOOTBRIDGE	Non officiel

Source : Étude préparatoire

(2) Enquête sur les ponts existants

1) Documents sur les ponts existants

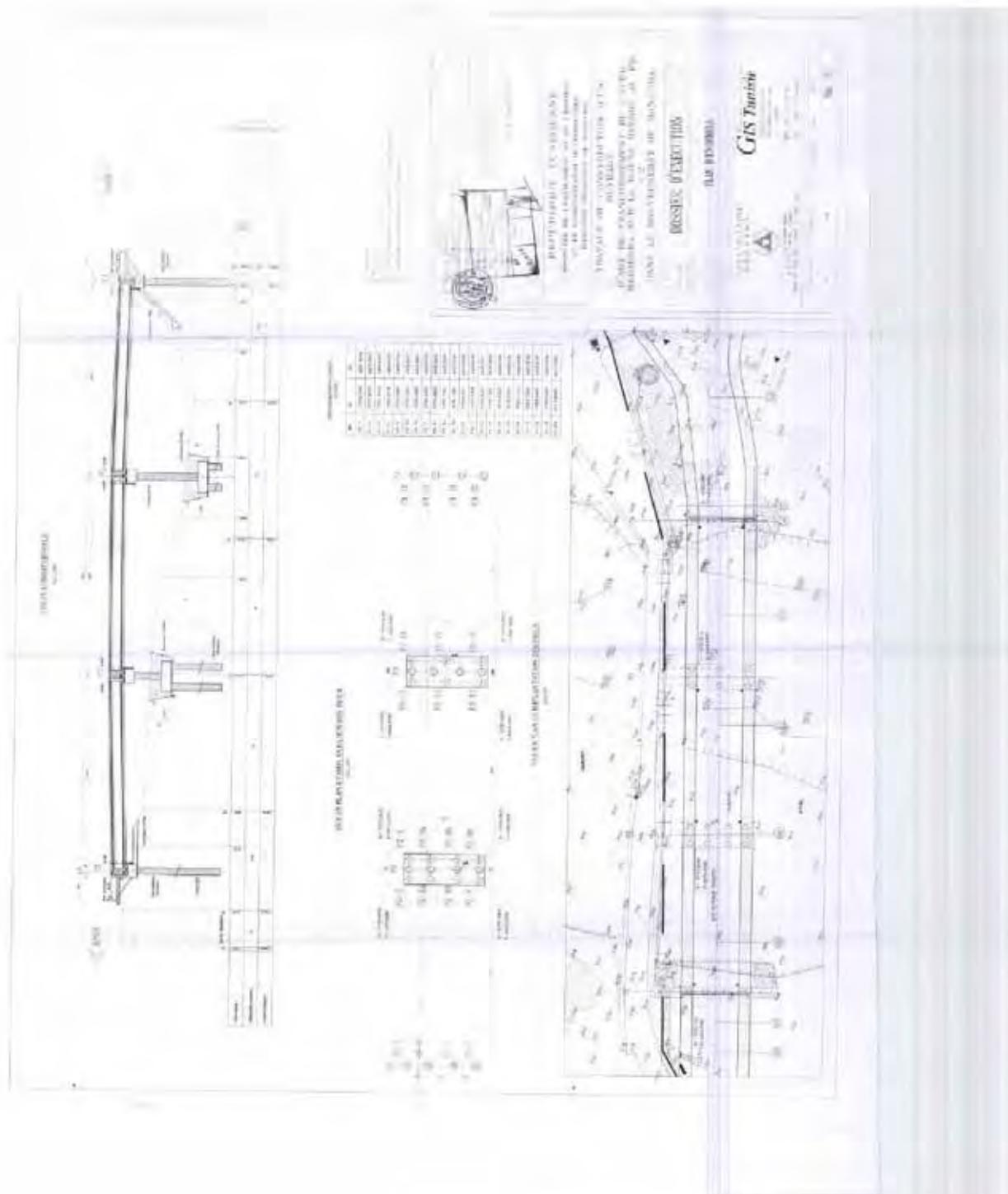
Dans l'étude sur le site a été effectuée une enquête sur l'existence des plans ou dessins conceptuels ayant trait aux ponts existants. Au cours de l'enquête, un certain nombre de documents de calcul ont été confirmés pour seulement les 3 ponts indiqués ci-dessous.

Les plans représentatifs sont montrés à partir de la page suivante, alors que tous les plans et dessins seront attachés à la Documentation 4.2.

Tableau 6.1 4 Les ponts dont les plans conceptuels sont confirmés

N°	Désignation	Plan existant
2	TOBIAS BRIDGE	13 plans incluant plans de structure
10	JEDEIDA BRIDGE	Plan d'ensemble
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Plan d'ensemble et autres, 7 plans en tout

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.1 3 Plan existant du pont de JEDEIDA

2) Ponts historiques

En Tunisie, il y a un système accordant au gouvernement le pouvoir de désigner un pont d'une valeur historique construction classée en tant que biens culturels matériels importants. Selon ce système, il s'avère que, parmi les 29 ponts susmentionnés, il y a 2 ponts classés : le pont de Jedeida et le pont d'El Battan.

Ce système de classement a pour but de réglementer toute exécution de travaux sur la construction concernée et dans ses environs afin de s'adresser au grand public pour la protection et la reconnaissance de sa valeur historique et culturelle. Les critères de classement sont fixés par la loi tunisienne sur le patrimoine culturel (Loi 34-94 du 24 février 1944). Quant à l'exécution de travaux sur la construction concernée ou dans ses environs, il convient de se référer au Chapitre II « De la Protection » de la même loi.

- Article 9 : Les travaux entrepris dans les limites du périmètre d'un site culturel sont soumis à l'autorisation préalable du ministre chargé du patrimoine;
- Article 10 :Le délai de réponse aux demandes d'autorisation ne doit pas dépasser deux mois.....;
- Article 12 : Tous les travaux visés dans le présent chapitre sont soumis au contrôle scientifique et technique des services compétents du ministère chargé du patrimoine.

Tableau 6.1-5 Les ponts désignés constructions classées en tant que biens culturels matériel importants

N°	Désignation	Classé le	État actuel
11	Ancien pont de Jedeida JEDEIDA OLD BRIDGE	15 janvier 2001	
13	Pont d'El Battan EL BATTAN BRIDGE	15 janvier 2001	

Source: Équipe d'étude de la JICA



Source: Étude préparatoire

Figure 6.1-5 Photo de la plaque d'indication de la désignation de constructions classées en tant que biens culturels matériels importants

3) L'étude sur le terrain

Au cours de l'étude sur le site, pour saisir l'état actuel des dégâts et des dimensions structurales des ponts existants, il a été effectué la mesure et la confirmation de l'état actuel de ces ouvrages. Une enquête par interview a été également effectuée auprès des organismes concernés pour savoir s'il y a des projets d'amélioration qu'ils ont l'intention de réaliser dans le futur.

Tableau 6.1-6 État actuel de chaque pont

N°	Nom de pont	Cours d'eau		Condition
		Nom	Distance	
1	PONT DE K LANDAQUIS	Mejerda	4,664	6.2
2	PONT DE TOBIAS	Mejerda	10,828	Nouvellement construit en 2011 ;
3	ANCIEN PONT DE TOBIAS	Mejerda	10,836	6.3
4	PONT GP8 SUR OUED MEJERDA	Mejerda	13,728	Pas bon ; Béton détérioré; corrosion de barres d'armature; barres d'armature exposées; ségrégation de béton.
5	PONT AUTOROUTIER A4	Mejerda	16,017	Bon ;
6	PASSERELLE FOOTBRIDGE	Mejerda		
7	PONT À CONDUITE D'EAU WATER PIPE BRIDGE	Mejerda	34,440	6.4
8	ANCIEN PONT FERROVIAIRE DE JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Mejerda	37,848	Corrosion légère généralisée sur les plaques d'acier; colonne de pierre massive entourée par dépôt sédimentaire et végétation;
9	PONT FERROVIAIRE DE JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Mejerda	37,834	Pieux de béton massif avec quelques marques d'impacts suggérant des barres d'armatures exposées;
10	PONT DE JEDEIDA BRIDGE	Mejerda	41,071	Nouvellement construit en 2011 ;
11	ANCIEN PONT DE JEDEIDA OLD BRIDGE	Mejerda	41,091	Quelques endroits sérieusement endommagés entre les pieux principaux, pieux de pierre massive partiellement bouchés de débris et de dépôts sédimentaires;
12	PONT DE JEDEIDA SUR GP7	Mejerda	41,926	6.5
13	PONT D'EL BATTAN BRIDGE	Mejerda	53,111	Vannes étroites provoque le bouchage de débris; Culée de pierre massive bouchée de débris et de dépôts sédimentaires.
14	PONT DE CANAL D'IRRIGATION DE TEBOURBA IRRIGATION CANAL S BRIDGE	Mejerda	56,899	Pas bon ;
15	PONT GP7 SUR OUED CHAFROU	Chafrou		Bon ;
16	ANCIEN PONT GP7 SUR OUED CHAFROU	Chafrou		Pas bon ;
17	PONT D'EL H'BIBIA BRIDGE	Chafrou		Pas bon ;
18	PONT SUR ROUTES LOCALES Bridge on the local road	Mabtouh		Bon ;
19	PONT AGRICOLE SUR CANAL DE CONDUITE FARM BRIDGE ON Conduite CHANNEL	Mabtouh		
20	PONT AGRICOLE SUR CANAL DE CONDUITE FARM BRIDGE ON Conduite CHANNEL	Mabtouh		
21	PONT AGRICOLE FARM BRIDGE	Mabtouh		
22	PONT D' EL MABTOUH MC50 BRIDGE	Mabtouh		Bon ;
23	PONT AGRICOLE SUR OUED MABTOUH FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		
24	PONT A4 SUR MABTOUH BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh		Bon ;
25	PONT AGRICOLE SUR OUED MABTOUH FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		
26	PONT AGRICOLE SUR OUED MABTOUH FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		
27	PONT GP8 ET ROUTE SUR MABTOUH BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	Mabtouh		Pas bon ;
28	PONT AGRICOLE SUR OUED MABTOUH FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		

29	PONT AGRICOLE SUR OUED MABTOUH FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		
----	---	---------	--	--

Source : Équipe d'étude de la JICA

6.1.2 Les capacités de décharge actuelles autour des ponts

Il s'agit de vérifier si les ponts existants peuvent conserver leur hauteur et longueur par rapport aux formes transversales des cours d'eau améliorés ainsi qu'à la cote de plus hautes eaux de projet. Le résultat de la vérification est montré ci-dessous.

La vérification s'est basée sur les deux rubriques d'évaluation suivantes, en plus desquelles, s'il s'agit d'un endroit présentant une capacité de décharge préoccupante, certaines autres rubriques d'évaluation ont été ajoutées dans la colonne d'évaluation avec des raisons et des commentaires :

- La cote sous poutre peut se conformer à la cote de plus hautes eaux;
- La longueur du pont peut se conformer à la largeur de plus hautes eaux;

Tableau 6.1-7 Résultat de la vérification des capacités de décharge des ponts existants

No	Nom du pont	Canal		Calcul du module d'eau (Q/m³/s)	Plus Haut niveau d'eau (m)	Hauteur sous la poutre (m)	Longueur du pont(m)	Largeur du cours d'eau au plus haut niveau	Evaluation
		Nom	Distance						
1	PONT K.LANDA OUIS	Medjeza	4.664	3.312	3.670	1.330	19.600	100	Hauteur sous la poutre insuffisante
2	PONT TOBIAS	Medjeza	10.828	6.951	7.092	9.690	87.400	82	OK
3	ANCIEN PONT TOBIAS	Medjeza	10.836	6.951	7.096		81.400	82	Positionnement inadéquat des colonnes par rapport au nouveau pont
4	PONT GP8 SUR L'OUED MEDJERDA	Medjeza	13.728	8.466	8.542	10.110	145.200	82	OK
5	PONT DE LA ROUTE ROUTE A4	Medjeza	16.017	9.556	9.608	11.980	176.500	82	OK
6	PASSERELLE	Medjeza		17.242	17.508			82	OK *1
7	PONT DE CONDUITE D'EAU	Medjeza	34.440	17.562	17.793			100	OK *1
8	ANCIEN PONT FERROVIAIRE DES DEJEDIDA	Medjeza	37.948	19.179	19.275		60.500	100	Positionnement inadéquat des colonnes par rapport au nouveau pont
9	PONT FERROVIAIRE JEDEIDA	Medjeza	37.834	19.186	19.269	19.200	60.000	100	Hauteur sous la poutre insuffisante
10	PONT JEDEIDA	Medjeza	41.071	20.719	20.849	21.400	87.200		Largeur actuelle OK *2
11	ANCIEN PONT JEDEIDA	Medjeza	41.091	20.728	20.859		64.500		Largeur actuelle OK *2
12	PONT JEDEIDA SUR GP7	Medjeza	41.926	21.144	21.276	25.130	73.600	100	Longueur du pont insuffisante
13	PONT EL BATTAN	Medjeza	53.111	26.436		28.050	94.070		Largeur actuelle OK *2
14	PONT DES CONDUITES D'IRRIGATION DE TIBHOURBA	Medjeza	56.899	30.773			125.000		Largeur actuelle OK *1
15	PONT GP7 SUR CHAFUROU	Chafroua					38.200	61	Longueur du pont insuffisante
16	ANCIEN PONT GP7 SUR CHAFUROU	Chafroua					38.200	59	Longueur du pont insuffisante
17	PONT EL FINEHA	Chafroua					16.500	41	Longueur du pont insuffisante
18	Pont sur la route locale	Conduite					30.700		NG *3
19	PONT AGRICOLE SUR LE CANAL DE CONDUITE	Conduite					30.700		NG *3
20	PONT A GRICOLI SUR LE CANAL DE CONDUITE	Conduite					30.700		NG *3
21	PONT A GRICOLE	Conduite					30.700		NG *3
22	MCSO PONT EL MABTOUH	Conduite					20.490		NG *3
23	PONT AGRICOLE SUR Oued Mabrouh	Mabrouh					20.700		OK
24	PONT A4 SUR Mabrouh	Mabrouh					52.600		OK
25	PONT AGRICOLE SUR Oued Mabrouh	Mabrouh					20.700		OK
26	PONT AGRICOLE SUR Oued Mabrouh	Mabrouh					20.700		OK
27	PONT ET ROUTE GP8 SUR Mabrouh	Mabrouh					35.500		OK
28	PONT AGRICOLE SUR Oued Mabrouh	Mabrouh					20.700		OK
29	PONT AGRICOLE SUR Oued Mabrouh	Mabrouh					20.700		OK

*1 - Aucun problème survient lors des inondations dans le passé
 *2 - Endroit irréparable vu qu'il s'agit d'un pont historique et de ses entourages
 *3 - Une grande hausse de débit vu qu'il s'agit d'un pont sur le canal de conduite de l'Oued Mabrouh

Source : Équipe d'étude de la JICA

6.1.3 Les problèmes relevant de la situation actuelle

Suivant la description citée plus haut, les points problématiques présentés par les ponts existants peuvent être résumés comme suit, avec les marques de la nécessité d'amélioration, s'il y a lieu. Parmi 29 ponts existants, 12 ponts nécessitent une amélioration. 3 seront enlevés et 3 ponts seront nouvellement construits. Quant au pont de Kalâat Landalous, bien qu'il nécessite une modification due à l'amélioration du cours d'eau, le Projet ne le concernera pas parce qu'il sera pris en charge par un autre secteur, soit celui de la construction routière.

Tableau 6.1-8 Points problématiques des ponts existants

N°	Nom de pont	Cours d'eau		Chapitre 6 Capacité d'écoulement	Conditions	Pont historique
		Nom	Distance			
1	K.LANDAOUS BRIDGE	Mejerda	4,664	Pas bon		
2	TOBIAS BRIDGE	Mejerda	10,828			
3	TOBIAS OLD BRIDGE	Mejerda	10,836	Pas bon		
4	GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	Mejerda	13,728		Pas bon	
5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Mejerda	16,017			
6	FOOTBRIDGE	Mejerda				
7	WATER PIPE BRIDGE	Mejerda	34,440			
8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Mejerda	37,848	Pas bon	Pas bon	○
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Mejerda	37,834	Pas bon		
10	JEDEIDA BRIDGE	Mejerda	41,071			
11	JEDEIDA OLD BRIDGE	Mejerda	41,091		Pas bon	
12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	Mejerda	41,926	Pas bon		
13	EL. BATTAN BRIDGE	Mejerda	53,111			○
14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	Mejerda	56,899		Pas bon	
15	GP7 BRIDGE ON CHAFROU	Chafrou		Pas bon		
16	GP7 OLD BRIDGE ON CHAFROU	Chafrou		Pas bon	Pas bon	
17	EL H'BIBIA BRIDGE	Chafrou		Pas bon	Pas bon	
18	Bridge on the local road	Mabtouh		Pas bon		
19	FARM BRIDGE ON Conduite CHANNEL	Mabtouh		Pas bon		
20	FARM BRIDGE ON Conduite CHANNEL	Mabtouh		Pas bon		
21	FARM BRIDGE	Mabtouh		Pas bon		
22	MC50 EL MABTOUH BRIDGE	Mabtouh		Pas bon		
23	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh				
24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh				
25	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh				
26	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh				
27	GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	Mabtouh		Inférieur à la digue existante ;	Pas bon	
28	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh				
29	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh				
30	FARM BRIDGE(NEW)	Mabtouh				
31	FARM BRIDGE(NEW)	Mabtouh				
32	FARM BRIDGE(NEW)	Mabtouh				

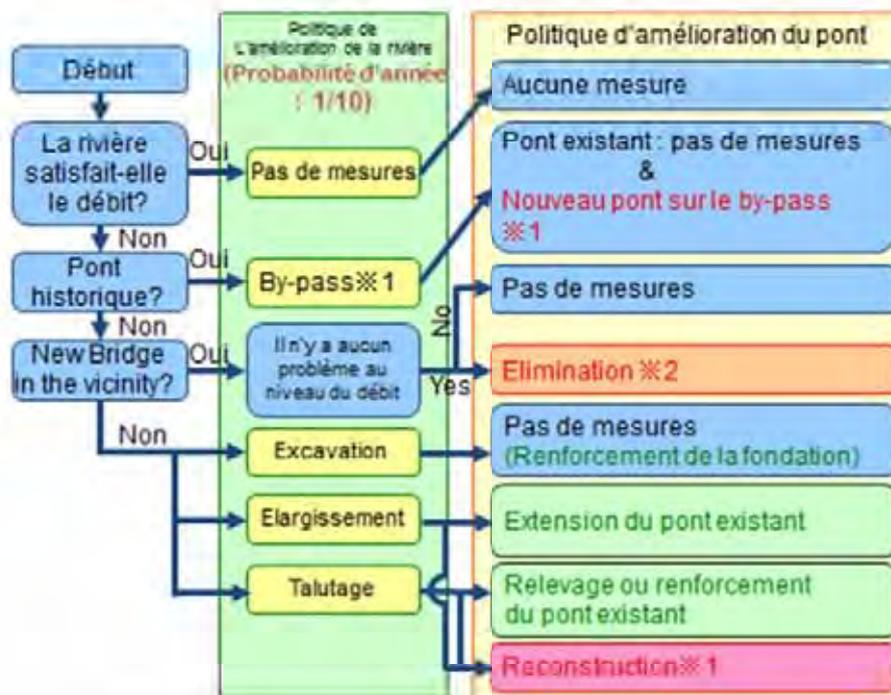
* Hors de l'étendue du Projet

Source : Équipe d'étude de la JICA

6.2 Identification des orientations pour l'amélioration

6.2.1 Schéma d'identification des orientations pour l'amélioration

Pour les problèmes relevant de la situation actuelle décrits au précédent alinéa, il convient de procéder à l'identification des orientations pour l'amélioration des ponts suivant le schéma d'identification indiqué ci-dessous.



Confirmation

※1: Le plan doit garantir l'augmentation future du débit conceptuel.

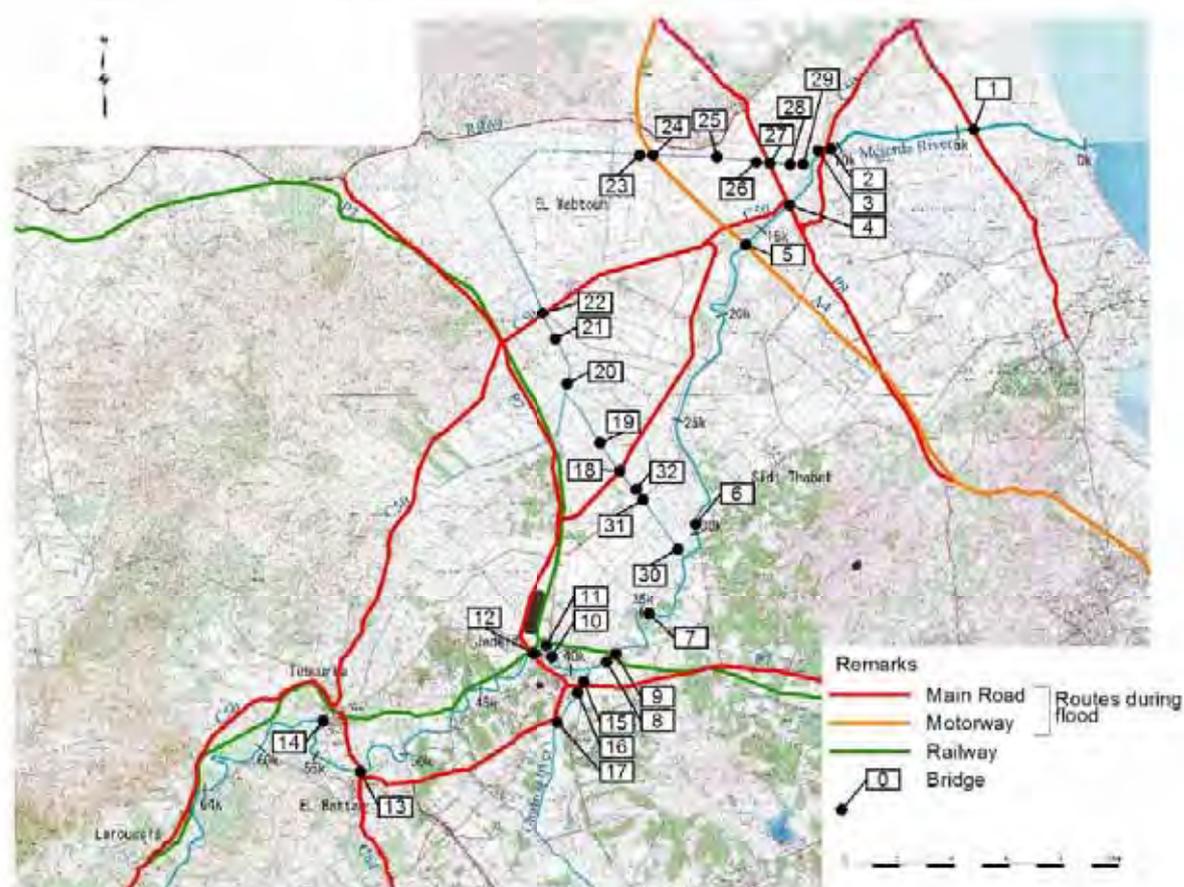
※2: Il est nécessaire de confirmer au Ministère de la Culture. L'enlèvement de l'ancien pont doit être confirmé par la SNCFT.

Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.2-1 Schéma d'identification des orientation pour l'amélioration des ponts

Pour les endroits où le remplacement du pont existant par un nouveau pont ou la mise en place d'un nouveau pont s'effectue, il convient de déterminer correctement la taille du pont à installer nouvellement, en fonction de la variation des performances exigées par l'emplacement de la construction. Des discussions tenues avec le Ministère de l'Agriculture et le Ministère de l'Équipement résultent certaines orientations qui consistent, d'une part, à maintenir la circulabilité des routes principales en cas de crues pour assurer le transport humain et matériel et, d'autre part, à permettre de ne pas maintenir la circulabilité des ponts agricoles en cas de crues à condition que certaines dispositions soient prises en compte pour ne pas isoler les zones concernées. Quant aux chemins de fer, d'après la concertation avec la SNCFT, il est décidé de maintenir leur circulabilité même en cas de crues.

Conformément à ces orientations, il a été d'abord identifié les routes qui doivent maintenir la circulabilité en cas de crues (crue décennale présumée). Dans la sélection des routes principales telles que les autoroutes, les routes nationales ou autres, en plus des chemins de fer et du bassin de retardement d'El Mabrouh, il s'est agi de ne laisser isoler aucune des zones déployées sur une large étendue des sites concernés. Le résultat de la sélection des routes est indiqué ci-dessous.



Source: Équipe d'étude de la JICA Survey Team

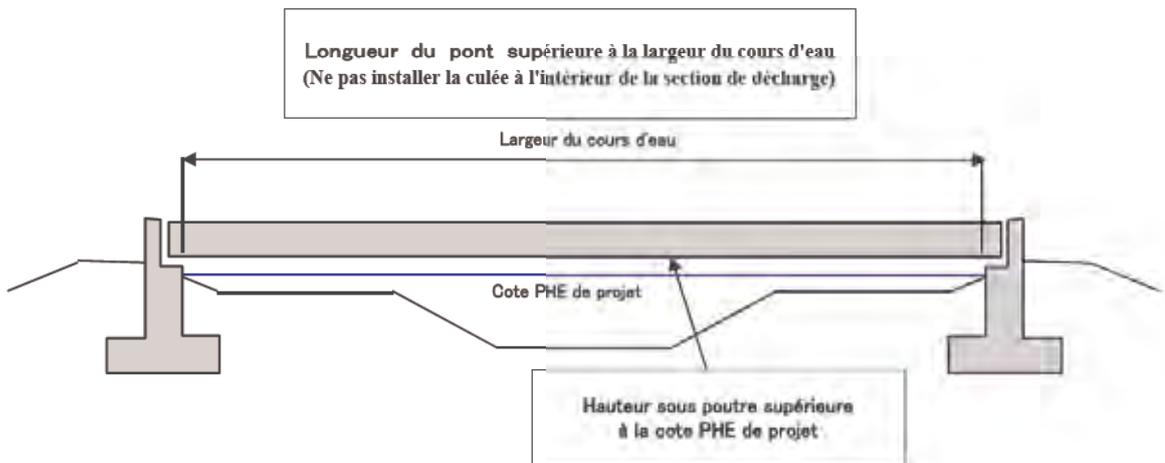
Figure 6.2-2 Les routes qui maintiennent la circulabilité en cas de crues

Les ponts situés sur les routes identifiées dans les endroits où le remplacement du pont existant par un nouveau pont ou la mise en place d'un nouveau pont s'effectue doivent avoir les performances classées à la catégorie A et les autres à la catégorie B.

Tableau 6.2-1 Catégories des ponts nouvellement installés

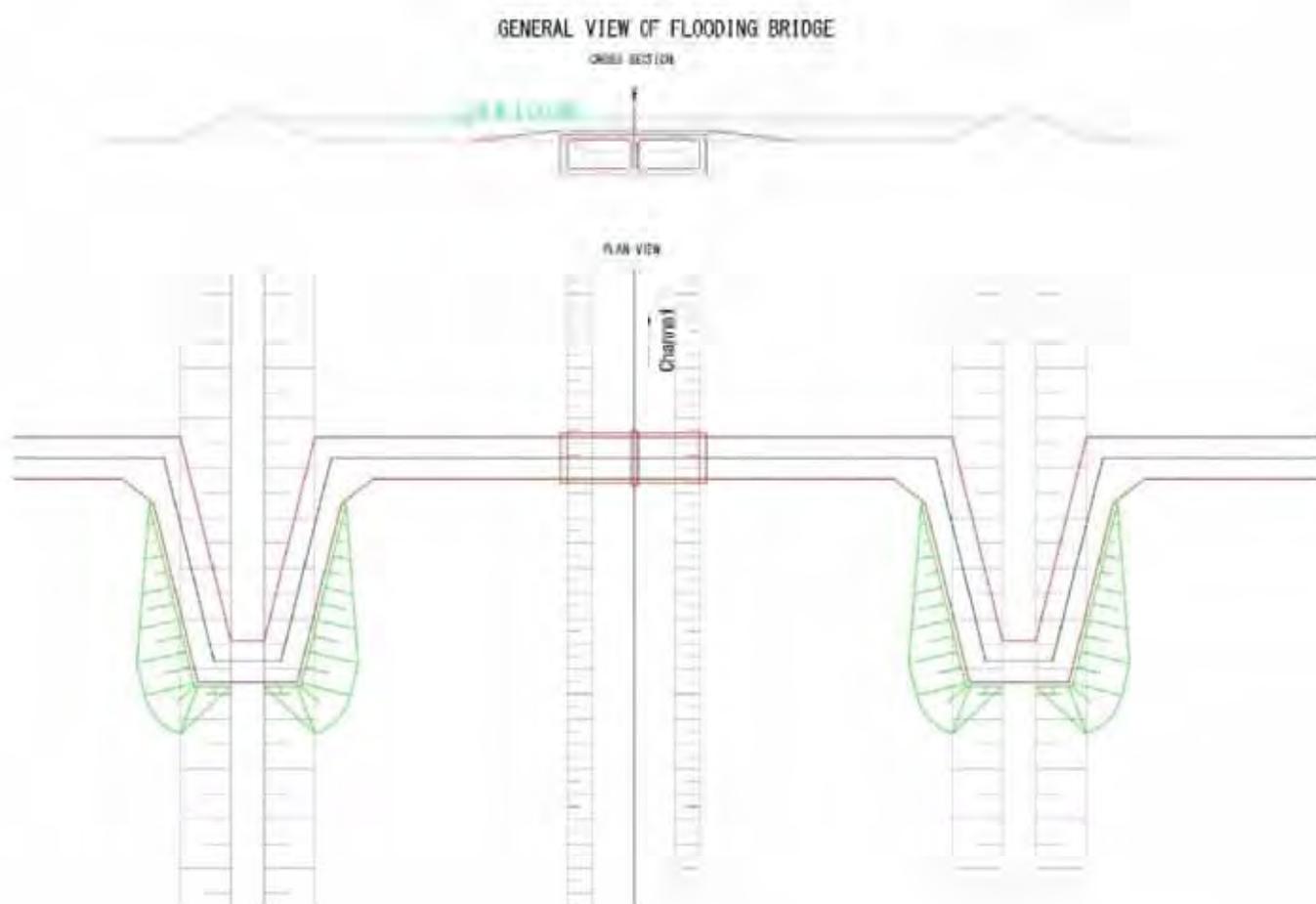
	Catégorie A	Catégorie B
Aperçu des catégories	Circulable en cas de crues pour le transport humain et matériel ;	Non circulable en cas de crues, donc nécessaire d'emprunter d'autres ponts ; Que la longueur du pont soit la moins importante nécessaire en vue de la réduction de coûts ;
Circulabilité	En temps normal : circulable ;	En temps normal : circulable ;
	En cas de crues : circulable ;	En cas de crues : non circulable ;
Performances exigées	Capable de maintenir les fonctions de pont en cas de crues ;	Capable de maintenir les fonctions de pont en temps normal pour les cours d'eau d'étiage ;
Plan de pont	Cote sous poutre supérieure à la cote de plus hautes eaux de projet ; Longueur du pont supérieure à la largeur du cours d'eau ;	Pont servant à traverser uniquement des cours d'eau d'étiage et submergé en cas de crues ;

Source : Équipe d'étude de la JICA



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.2-3 Aperçu du pont classé à la catégorie A



Sauf en cas de routes qui doivent maintenir la circulabilité en cas de crues, on prévoit un pont submersible en cas de crues conçu pour traverser uniquement un cours d'eau d'étiage où l'eau s'écoule permanemment de manière à ce que la taille du pont soit la moins importante nécessaire, pourvu qu'une route en pente permettant de traverser la digue soit prévue de manière à ne pas la rompre.

Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.2-4 Aperçu du pont classé à la catégorie B

6.2.2 Le résultat de l'identification des orientations pour l'aménagement des ponts

Le résultat de l'identification faite suivant le schéma d'identification précité est montré ci-dessous.

Tableau 6.2-2 Résultat de l'identification des orientations pour l'amélioration des ponts

No.	Bridge Name	Channel		Historical Bridge	flow	Condition	Policy of bridge improvement
		Name	Distance				
1	K LANDAUS BRIDGE	Medjerda	4.664		NG		Reconstruction(outside the scope of the project)
2	TOBIAS BRIDGE	Medjerda	10.028		OK		No measures
3	TOBIAS OLD BRIDGE	Medjerda	10.061		伊勢新橋と橋脚位置が一致		Removal
4	GP9 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	Medjerda	13.726		OK	Not Good	Reconstruction
5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Medjerda	16.017		OK		No measures
6	FOOTBRIDGE	Medjerda			OK		No measures
7	WATER PIPE BRIDGE	Medjerda	34.440		OK		No measures
8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Medjerda	37.543		伊勢新橋と橋脚位置が一致	Not Good	Removal
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Medjerda	37.634		NG		Extension of the existing bridge
10	JEDEIDA BRIDGE	Medjerda	41.071		河道改修なし		No measures
11	JEDEIDA OLD BRIDGE	Medjerda	41.091	○	河道改修なし	Not Good	No measures
12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	Medjerda	41.926		NG		Extension of the existing bridge
13	EL BATTAN BRIDGE	Medjerda	53.111	○	河道改修なし		No measures
14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	Medjerda	56.899		河道改修なし	Not Good	No measures
15	GP7 BRIDGE ON CHAFIROU	Chafirou			NG		Reconstruction
16	GP7 OLD BRIDGE ON CHAFIROU	Chafirou			伊勢新橋と橋脚位置が一致	Not Good	Removal
17	EL N' BIBIA BRIDGE	Chafirou			NG	Not Good	Reconstruction as "Flooding Bridge"
18	Bridge on the local road	Driving			NG		Reconstruction
19	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving			NG		Reconstruction as "Flooding Bridge"
20	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving			NG		Reconstruction as "Flooding Bridge"
21	FARM BRIDGE	Driving			NG		Reconstruction as "Flooding Bridge"
22	BOSSO EL MABTOUH BRIDGE	Driving			NG		Reconstruction
23	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh			河道改修なし		No measures
24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh			河道改修なし		No measures
25	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh			河道改修なし		No measures
26	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh			河道改修なし		No measures
27	GP7 BRIDGE AND ROAD IVES Mabtouh	Mabtouh			既存橋脚が全壊	Not Good	Reconstruction
28	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh			河道改修なし		No measures
29	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh			河道改修なし		No measures

Source : Équipe d'étude de la JICA

6.2.3 Plan d'installation des nouveaux ponts

L'aménagement des cours d'eau prévu dans le Projet concerne également le bassin de retardement d'El Mabtouh, en plus de l'amélioration des oueds Mejerda et Chafrou. Il existe dans le tronçon entre l'oued Mejerda et le bassin de retardement d'El Mabtouh des canaux d'adduction d'eau agricoles traversés par des ponts aux points de croisement avec des routes, sauf les endroits indiqués à la figure suivante où aucun canal ni pont n'est installé.

Il est toutefois prévue que, s'il y aura dans ce tronçon des points de croisement entre les routes existantes et un canal à aménager dans le Projet jusqu'au bassin de retardement, de nouveaux ponts y seront installés.

6.2.4 Liste des ponts à aménager (amélioration / nouvelle installation)

Il en résulte que, parmi 29 ponts, 15 ponts sont à améliorer et 3 ponts à installer nouvellement. Quant au pont de Kalâat Landalous situé le plus en aval, bien qu'il faille le reconstruire à cause de l'amélioration du lit de cours d'eau, la reconstruction de celui-ci n'est pas incluse dans le Projet pour la raison qu'elle sera éventuellement prise en charge par le secteur de la construction routière.

Tableau 6.2-3 Liste des ponts à aménager

No.	Bridge Name	Channel		Route	Policy of bridge improvement	Classification
		Name	Distance			
1	A. LANDAOUO BRIDGE	Medjerda	1.984	Rus Sadok Belnadi	Reconstruction *	
2	TOBIAS BRIDGE	Medjerda	10.828	MC50	No measures	
3	TOBIAS OLD BRIDGE	Medjerda	10.836	MC50	Removal	
4	GP8 BRIDGE OVER OUED MEJERDA	Medjerda	13.728	GP8	Reconstruction	A
5	A4 MOTORWAY BRIDGE	Medjerda	16.017	MOTORWAY A4	No measures	
6	FOOTBRIDGE	Medjerda		Sidewalk	No measures	
7	WATER PIPE BRIDGE	Medjerda	34.440	Water supply	No measures	
8	JEDEIDA RAILWAY OLD BRIDGE	Medjerda	37.848	RAILWAY	Removal	
9	JEDEIDA RAILWAY BRIDGE	Medjerda	37.934	RAILWAY	Extension of the existing bridge	
10	JEDEIDA BRIDGE	Medjerda	41.071	RVE507	No measures	
11	JEDEIDA OLD BRIDGE	Medjerda	41.091	RVE507	No measures	
12	JEDEIDA BRIDGE ON GP7	Medjerda	41.926	GP7	Extension of the existing bridge	
13	EL BATTAN BRIDGE	Medjerda	53.111	MC64	No measures	
14	TEBOURBA IRRIGATION CANALS BRIDGE	Medjerda	56.899	IRRIGATION CANALS	No measures	
15	GP7 BRIDGE ON CHAFUROU	Chafouou		GP7	Reconstruction	A
16	GP7 OLD BRIDGE ON CHAFUROU	Chafouou		GP7	Removal	
17	EL H' BIDIA BRIDGE	Chafouou		Local Road	Reconstruction	B
18	Bridge on the local road	Driving		Local Road	Reconstruction	A
19	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving		Farm Road	Reconstruction	B
20	FARM BRIDGE ON Driving CHANNEL	Driving		Farm Road	Reconstruction	B
21	FARM BRIDGE	Driving		Farm Road	Reconstruction	B
22	MC50 EL MABTOUH BRIDGE	Driving		MC50	Reconstruction	A
23	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	No measures	
24	A4 BRIDGE OVER Mabtouh	Mabtouh		MOTORWAY A4	No measures	
25	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	No measures	
26	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	No measures	
27	GP8 BRIDGE AND ROAD OVER Mabtouh	Mabtouh		GP8	Reconstruction	A
28	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	No measures	
29	FARM BRIDGE ON Oued Mabtouh	Mabtouh		Farm Road	No measures	
30	FARM BRIDGE (NEW)	Driving		Farm Road	New construction	B
31	FARM BRIDGE (NEW)	Driving		Farm Road	New construction	B
32	FARM BRIDGE (NEW)	Driving		Farm Road	New construction	B

* Outside the scope of the project

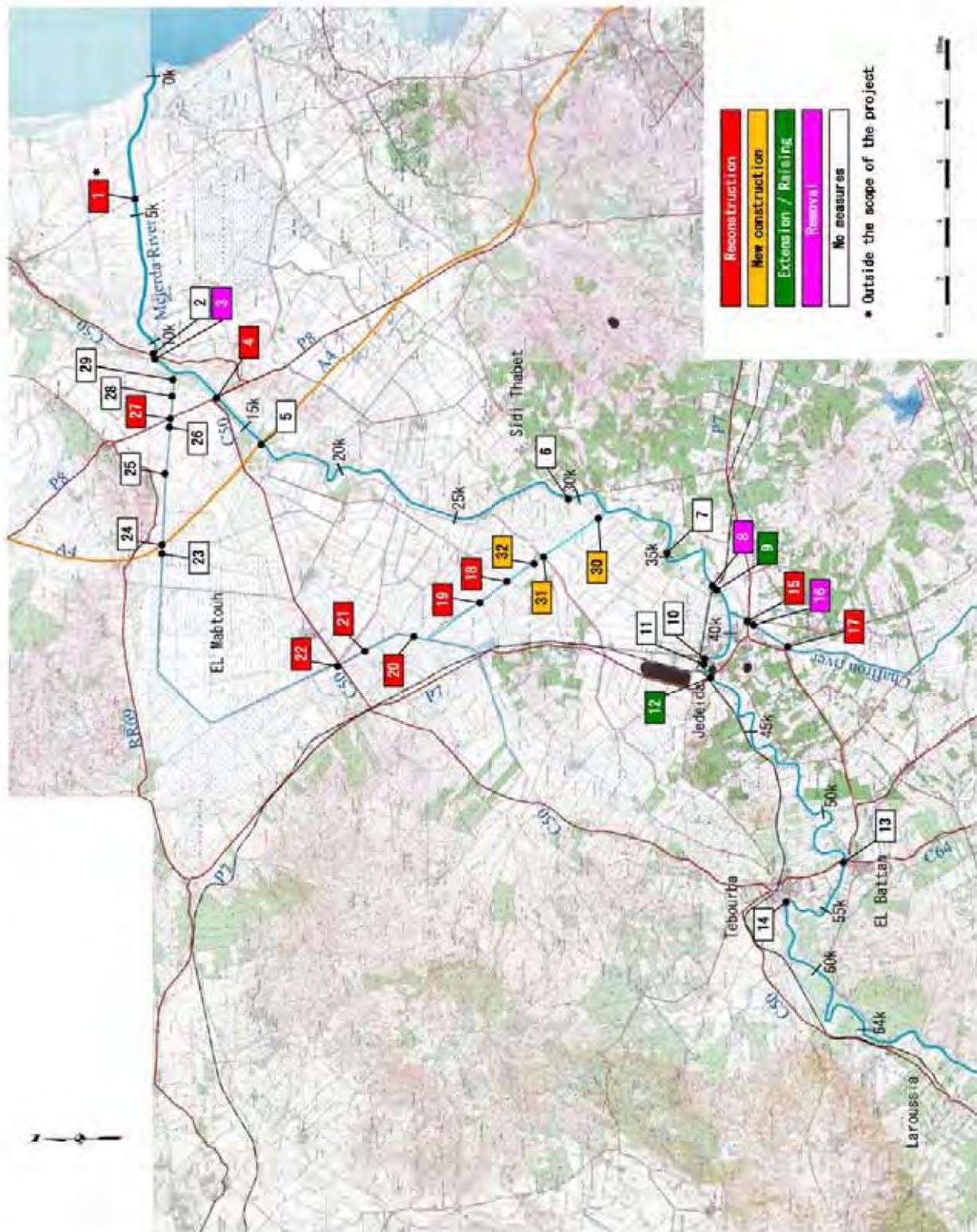
Source : Équipe d'étude de la JICA

Tableau6.2-4 Liste de nombres de pont

Policy of bridge improvement	Medjerda	Chafurou	Mabtouh	TOTAL
Reconstruction	1	1	3	5
Reconstruction as "Flooding Bridge"		1	3	4
Extension of the existing bridge	2			2
Removal	2	1		3
No measures	8		6	14
Reconstruction *1	1			1
Existing bridge	14	3	12	29
New construction as "Flooding Bridge"			3	3
TOTAL	14	3	15	32

*1 Outside the scope of the project(K.LANDAOUS BRIDGE)

Source : Equipe d'étude de la JICA



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.2-6 Plan de situation des ponts à aménager et à construire

6.3 Plan d'amélioration des ponts existants

6.3.1 No.1 Pont de Kalâat Landalous

(1) Aperçu

- Il se situe sur un axe principal reliant Ariana et Kalâat Landalous. C'est un pont submersible sur une route à deux voies de trafic moyen ou moins dense.
- Construction en dalots de béton mis en série ;
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-1 L'état actuel du pont de K.Landalous (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

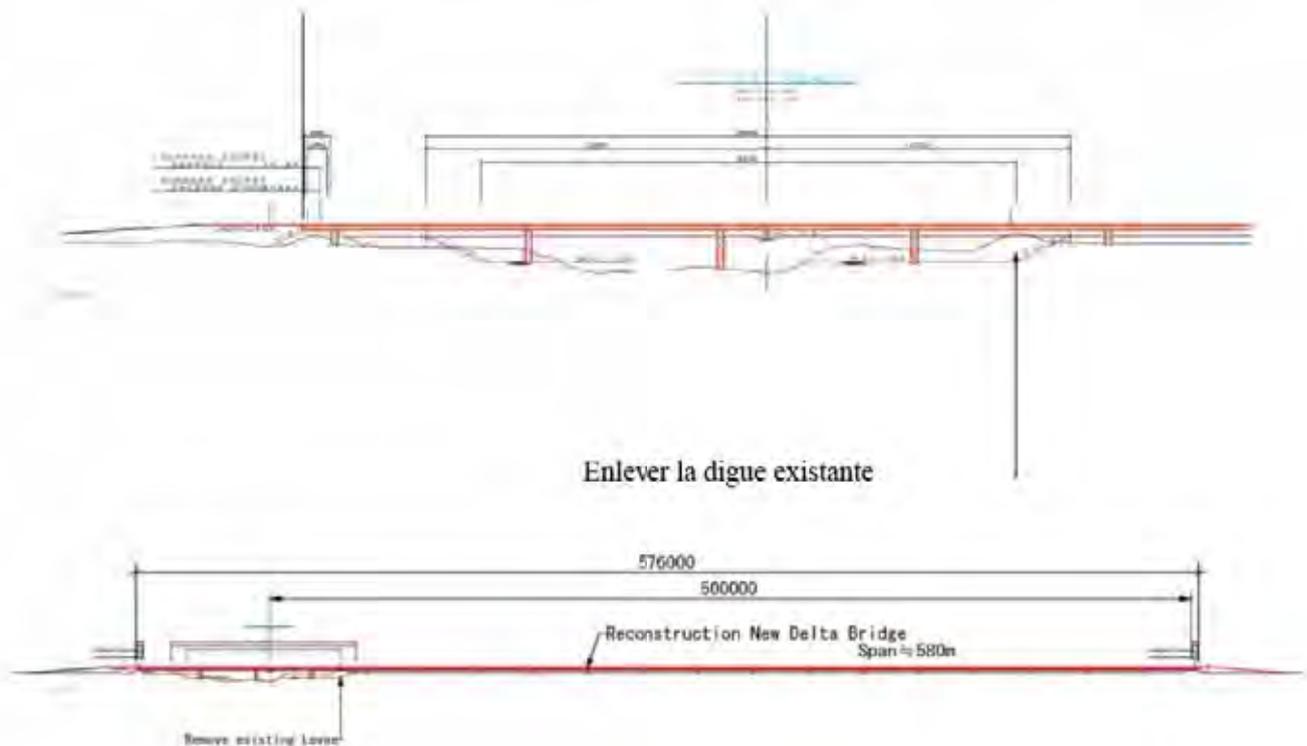
Du fait que la cote sous poutre de ce pont correspond à une cote inférieure à la cote de plus hautes eaux de projet, la section de décharge est entravée et, en cas de crues, les ouvrages sont submergés au point que le trafic sera rompu durant plusieurs semaines.

La cote de plus hautes eaux de projet est de 3,670m. Il faut y ajouter 1,0m pour avoir 4,670m dont il convient de s'assurer en tant que cote sous poutre.

(3) Plan d'amélioration du pont existant

Le trafic est dense sur l'axe principal reliant Ariana et Kalâat Landalous et plusieurs projets de développement de la côte littorale sont en train de se planifier pour les zones adjacentes.

Le Ministère de l'Équipement envisage de prendre en charge les travaux de remplacement de ce pont par un nouveau pont, qui seront donc exclus du présent Projet. Pour l'exécution de ces travaux, il convient de concevoir un pont d'environ 580m de long avec la cote sous poutre de 4,670m.



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-2 Spécifications de remplacement du pont K.LANDALOUS par un nouveau pont

6.3.2No.3 Ancien pont de Tobias

(1) Aperçu

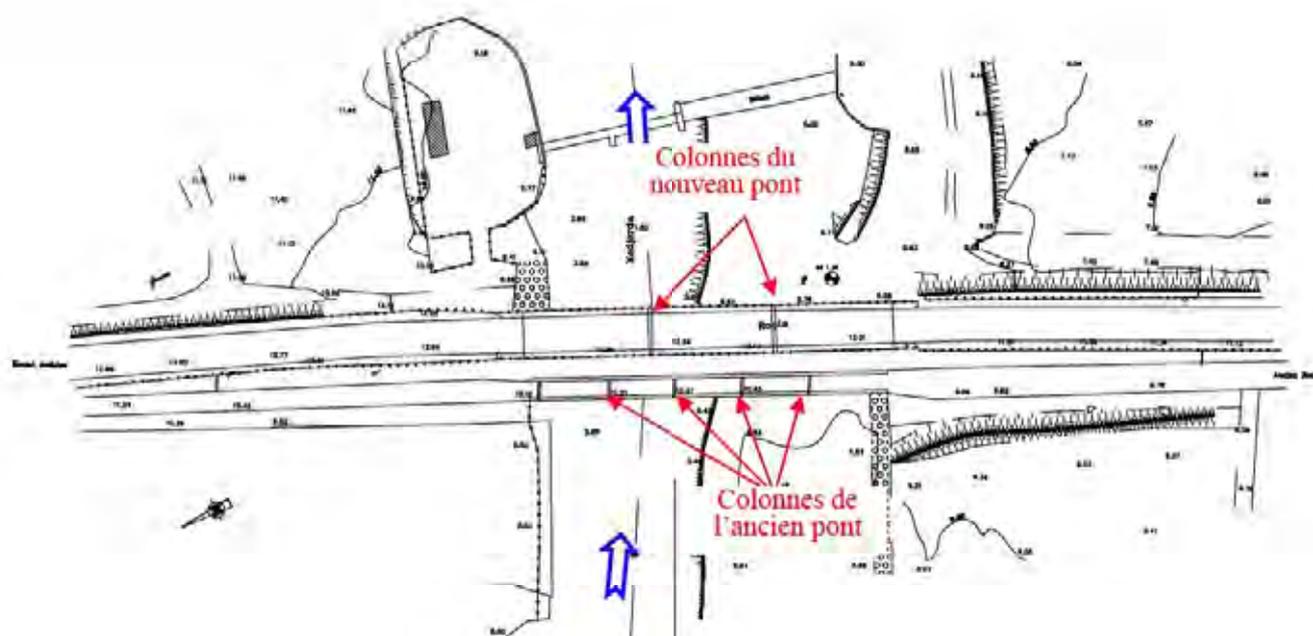
- C'est un pont emprunté par la route MC50 pour traverser l'oued Mejerda. En aval de ce pont, il existe un nouveau pont.
- C'est un ouvrage construit avant 1948. On y remarque une détérioration généralisée.
- Pont Gerber en béton armé à 5 travées
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-3 État actuel de l'ancien pont de Tobias (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Bien que construit parallèlement au nouveau pont, comme le montre la figure suivante, les positions des colonnes de ce pont ne s'accordent pas à l'axe du courant, qui est en conséquence entravé par l'existence de ces colonnes. Ceci entrave aussi la décharge des crues et affecte finalement les structures du pont à cause éventuellement de l'érosion localisée.



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-4 Les positions des colonnes du pont

(3) Plan d'amélioration du pont existant

Posant un problème à la décharge du cours d'eau, le pont doit être enlevé d'autant plus qu'il existe en aval un nouveau pont avec trottoir, ce qui ne provoque aucun problème de circulation des piétons et des véhicules.

6.3.3No.4 Pont GP8 sur l'oued Mejerda

(1) Aperçu

- Pont emprunté par la route GP8 pour traverser l'oued Mejerda.
- Ouvrage construit au moins avant 1973.
- Pont en simple béton armé à 9 travées.
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-5 État actuel du Pont GP8 sur l'oued Mejerda (8.2012)

- Comparé avec les autres ponts, il se caractérise par 2 piliers de 60cm×60cm par colonne dont le diamètre n'est pas important ;
- Endommagés en plusieurs endroits, le pont se trouve dans un état préoccupant. Comme le montrent les photos suivantes, il s'agit principalement de l'écaillage et l'exposition de barres d'armature des colonnes et de la poutre principale, la défaillance des dispositifs d'expansion, la fissuration des poutres principales, etc.



1) écaillage et exposition de barres d'armature des colonnes et des poutres principales

2) Fissuration des poutres principales (Fissures dues à la flexion au milieu de la travée)

Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-6 Dommages réels

(2) Évaluation hydrologique

Le pont pourrait assurer une section de recharge nécessaire sans changer sa longueur ni toucher la cote sous poutre, si le dessablement était effectué dans son emplacement pour maintenir la section d'exploitation.

(3) Plan d'amélioration du pont existant

L'élément principal de la structure du pont est endommagé en de nombreux endroits au point que l'intégrité structurale et la résistance à la charge ne sont pas suffisantes pour à la fois la superstructure et l'infrastructure. En cas de mise en valeur de la structure telle qu'elle existe actuellement, il faut prévoir un renfort de grande envergure au niveau de l'infrastructure. D'autant plus que la période de renouvellement de la superstructure paraît s'approcher, l'amélioration de la structure actuelle n'est pas très avantageuse.

Il convient donc de le remplacer par un nouveau pont.

6.3.4No.8 Ancien pont ferroviaire de Jedaida

(1) Aperçu

- Le pont emprunté par le chemin de fer entre Tunis et Bizerte pour traverser l'oued Mejerda, en aval duquel un nouveau pont est installé.
- Il n'est plus utilisé puisque les voies ferrées sont déjà enlevées.
- Il est possible de le démolir (ce dépendant du résultat de la concertation avec le SNCFT)
- Pont en treillis à deux travées avec simple poutre d'acier inférieure

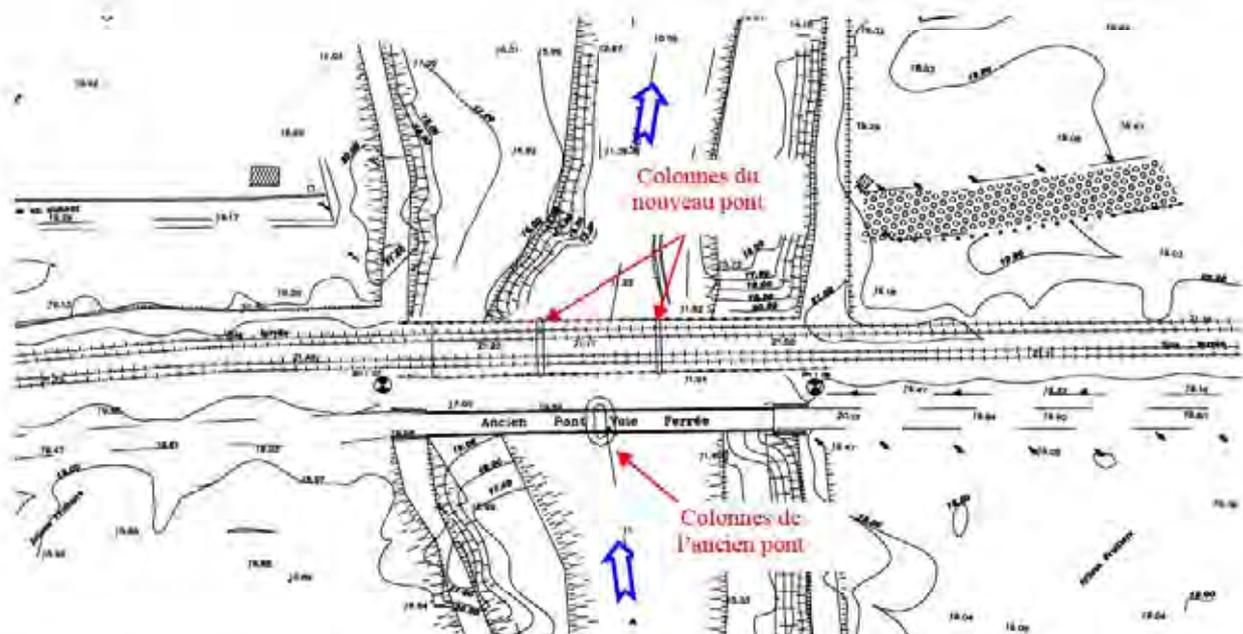
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-7 État actuel del'ancien pont ferroviaire de Jedeida (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Bien que construit parallèlement au nouveau pont, comme le montre la figure suivante, les positions des colonnes de ce pont ne s'accordent pas à l'axe du courant qui est donc entravé par l'existence de ces colonnes. Ceci entrave aussi la décharge des crues et affecte finalement les structures du pont à cause éventuellement de l'érosion localisée.



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-8 Emplacement des colonnes du pont

(3) Plan d'aménagement du pont existant

Ce pont pose un problème à la décharge du cours d'eau. Le réseau ferroviaire entre Tunis et Bizerte emprunte le nouveau pont situé en aval de ce pont. La démolition de celui-ci ne pose pas de problème à l'exploitation du chemin de fer. Il convient donc de le démolir.

Toutefois, le pont est équipé d'une conduite d'alimentation en eau potable. À la démolition du pont, celle-ci devra être réinstallée sur le nouveau pont (l'accord de la SNCFT déjà obtenu pour la réinstallation de la conduite AEP).

6.3.5No.9 Pont ferroviaire de Jedeida

(1) Aperçu

- Le pont emprunté par le chemin de fer entre Tunis et Bizerte pour traverser l'oued Mejerda, en amont duquel un ancien pont est installé.
- Pont à trois travées avec 2 poutres principales en T pré-coulées
- Construction datée de 1981/1982
- Ligne à deux voies dont la voie paire repose sur une structure séparée et la voie impaire sur une structure monobloc.
- On observe sur les côtes des poutres des cicatrices des cures, bétons détérioré ou barres d'armature exposées, suggérant des chocs de débris emportés par le torrent.
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-9 État actuel du pont ferroviaire de Jedeida (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Vu la cote de plus hautes eaux de projet est de 19,269m, il faut ajouter 1,0m de franc-bord à la cote sous poutre actuelle de 19,200m pour s'assurer d'une cote sous poutre de projet de 20,369m. Pour s'assurer d'une section de décharge effective, il faut s'assurer également d'une largeur obligatoire de 100m du cours d'eau.

(3) Plan d'amélioration du pont existant

Construit il y a 30, le pont conserve son intégrité structurale sans trace de dégâts sérieux et sa structure est encore dans un état exploitable. Toutefois, il est prévu d'avoir recours à l'élévation du niveau de la culée par un vérin de levage ainsi qu'à l'ajout de travées pour s'assurer de la cote sous poutre et de la largeur du cours d'eau. D'après la concertation tenue avec la SNCFT, il s'avère nécessaire de considérer dans l'étude détaillée les conditions suivantes, sur lesquelles elle insiste bien qu'elle permette le raccordement transitoire des voies pendant l'exécution des travaux :

- la sûreté de la structure après le levage par vérin doit être suffisamment considérée ;
- La déclivité transversale des voies provisoires doit être inférieure à 9‰ ;
- Il faut assurer au moins une voie même dans un état provisoire.

* Le contenu déterminé par le présent examen est montré à la Documentation 4.3.

6.3.6No.12 Pont de Jedeida sur GP7

(1) Aperçu

- Pont emprunté par la route GP7 pour traverser l'oued Mejerda.
- Construit en 1945, rénové en 2009
- Pont à cinq travées avec poutre pré-coulée
-
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-10 État actuel du pont de Jedeida sur GP7 (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Étant de 25,130m, la cote sous poutre actuelle est satisfaisante pour la cote de plus hautes eaux de projet de 21,276m, mais elle ne l'est pas pour la largeur obligatoire du cours d'eau (100m) qui assure une section de décharge.

(3) Plan d'amélioration du pont existant

Construit il y a 70 ans et restauré en 2009, le pont est dans un état sans aucun dégât sérieux. Toutefois, il convient de prévoir d'ajouter des travées pour s'assurer d'une largeur du cours d'eau suffisante.

6.3.7No.15 Pont GP7 sur l'oued Chafrou

(1) Aperçu

- Pont emprunté par la route GP7 pour traverser l'oued Chafrou, en amont duquel est installé l'ancien pont.
- Pont en dalle creuse pré-coulée à trois travées
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-11 État actuel du pont GP7 sur l'oued Chafrou (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Vu la cote de plus hautes eaux de projet est de 19,800m, il faut ajouter 1,0m de franc-bord à la cote sous poutre actuelle d'environ 18,9m pour s'assurer d'une cote sous poutre de projet de 20,800m. Pour s'assurer d'une section de décharge effective, il faut s'assurer également d'une largeur obligatoire de 61m du cours d'eau.

(3) Plan d'amélioration du pont existant

Bien que dans un bon état ne présentant aucun dégât sérieux, le pont doit être remplacé par un nouveau pont pour la raison qu'il est difficile de mettre en valeur sa structure telle qu'elle est actuellement à cause du manque considérable à la fois de cote sous poutre et de largeur du cours d'eau.

6.3.8No.16 Ancien pont GP7 sur l'oued Chafrou

(1) Aperçu

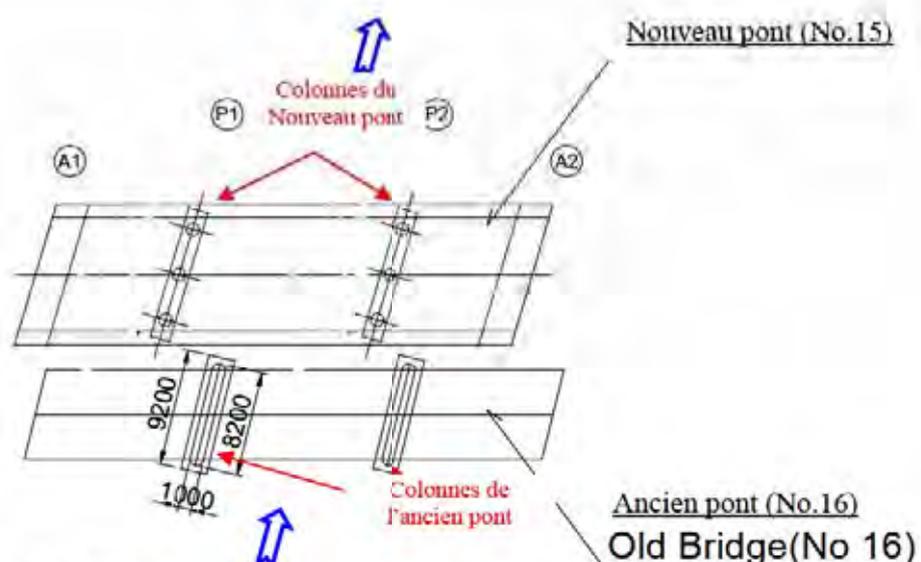
- Pont emprunté par la route GP7 pour traverser l'oued Chafrou, en aval duquel est installé un nouveau pont.
- Pont en béton à trois travées
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-12 État actuel de l'ancien pont GP7 sur l'oued Chafrou (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Bien que construit parallèlement au nouveau pont, comme le montre la figure suivante, les positions des colonnes de ce pont ne s'accordent pas à l'axe du courant qui est donc entravé par l'existence de ces colonnes. Ceci entrave aussi la décharge des crues et affecte finalement les structures du pont à cause éventuellement de l'érosion localisée.



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-13 Emplacement des colonnes du pont

(3) Plan d'amélioration du pont existant

Posant un problème à la décharge du cours d'eau, le pont doit être enlevé d'autant plus qu'il existe en aval un nouveau pont avec trottoir, ce qui ne provoque aucun problème de circulation aux piétons ni aux véhicules.

6.3.9No.17 Pont d'El H'bibia

(1) Aperçu

- Pont de modeste trafic traversant l'oued Chafrou.
- Pont en béton à quatre travées
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-14 État actuel du pont d'El H'bibia (8.2012)

(2) Évaluation hydrologique

Vu la cote de plus hautes eaux de projet est de 19,800m, il faut ajouter 1,0m de franc-bord à la cote sous poutre actuelle d'environ 19,5m pour s'assurer d'une cote sous poutre de projet de 20,800m. Pour s'assurer d'une section de décharge effective, il faut s'assurer également d'une largeur obligatoire de 62m du cours d'eau.

Comme le montre la photo suivante, la montée des eaux a été constatée à l'occasion des inondations de janvier 2003.



Source: Étude préparatoire

Figure 6.3-15 Photo du pont d'El H'bibia prise le 13 janvier 2003

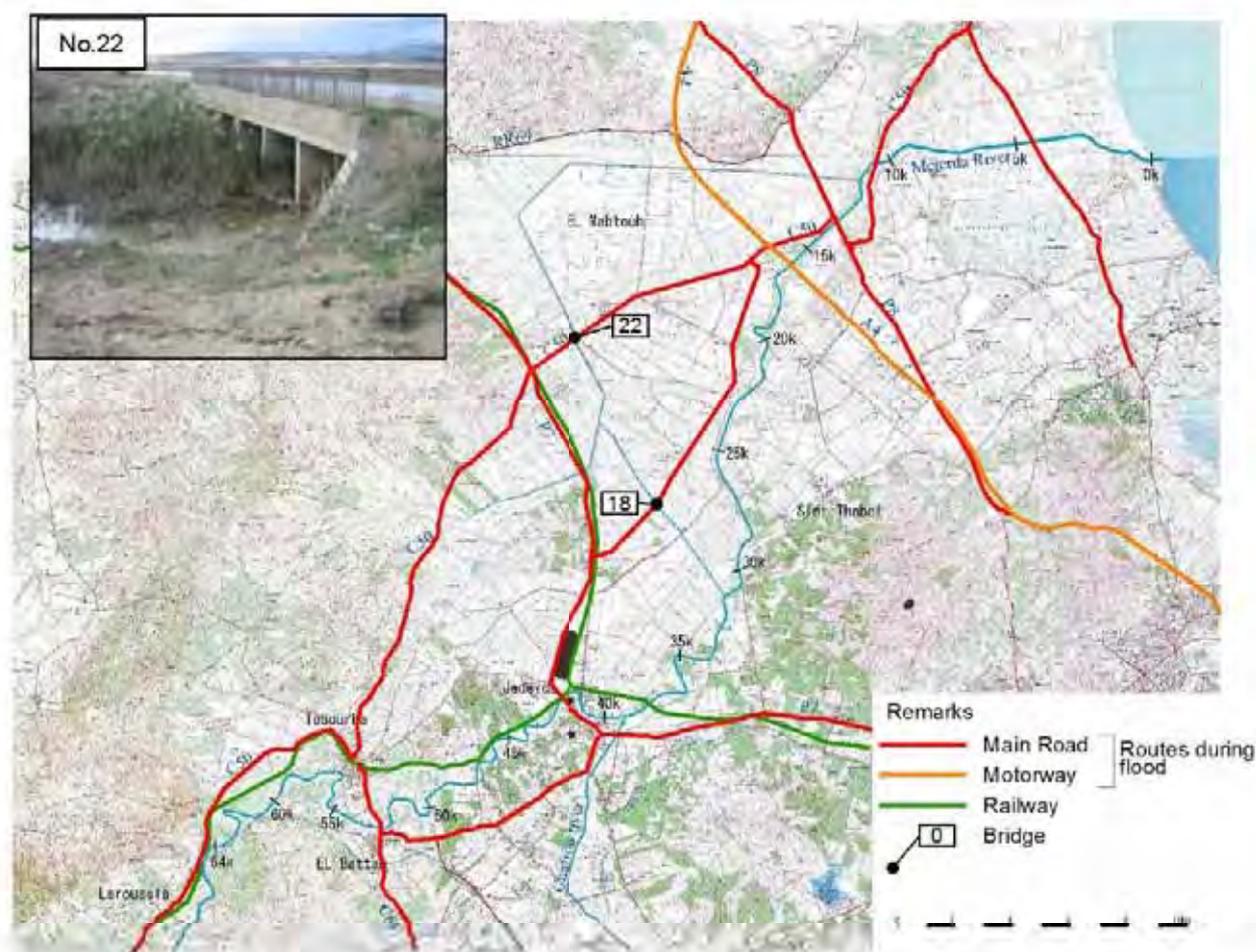
(3) Plan d'amélioration du pont existant

Il convient de le remplacer par un nouveau pont pour la raison qu'il est difficile de mettre en valeur sa structure actuelle à cause du manque considérable de largeur du cours d'eau.

6.3.10 No.18 Pont sur la route locale, No.22 Pont MC50 El Mabtough

(1) Aperçu

- Ponts situés sur le canal d'adduction d'eau allant de l'oued Mejerda au bassin de retardement d'El Mabtough.
- No.18 : Pont en béton, No.22 : Pont en dalot
- Photo de l'état actuel



Source: JICA Survey Team

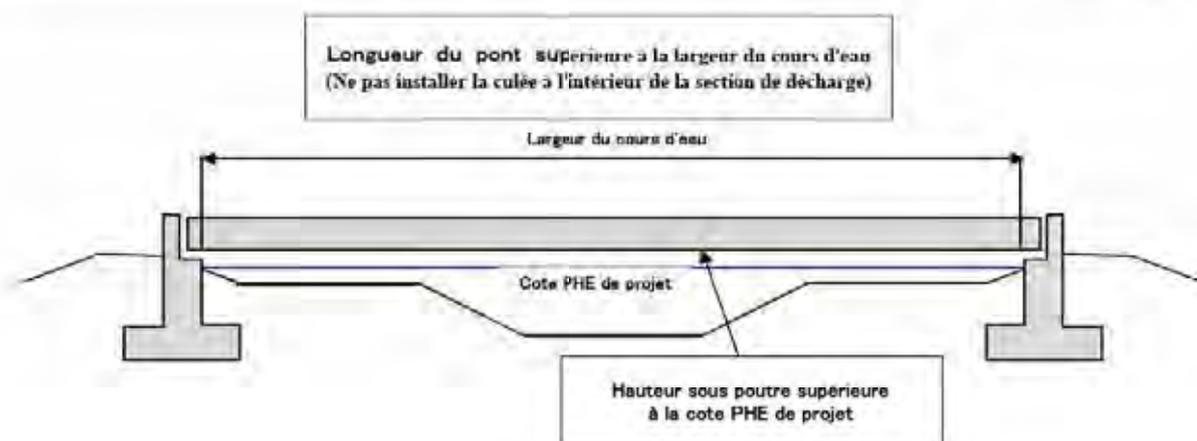
Figure 6.3 16 Localisation des ponts No.18 et 22

(2) Évaluation hydrologique

Le canal situé dans le tronçon entre l'oued Mejerda et le bassin de retardement d'El Mabtouh est trop étroite pour assurer une section de décharge satisfaisante pour les débits prévus dans le présent Projet. Il convient donc d'élargir la largeur du cours d'eau.

(3) Plan d'amélioration des ponts existants

Vu que la section de décharge est largement insuffisante, il est envisagé de remplacer les ponts No.18 et 21 par de nouveaux ponts classés à la catégorie A, capables d'assurer la circulation en cas de crues.



Source: Équipe d'étude de la JICA

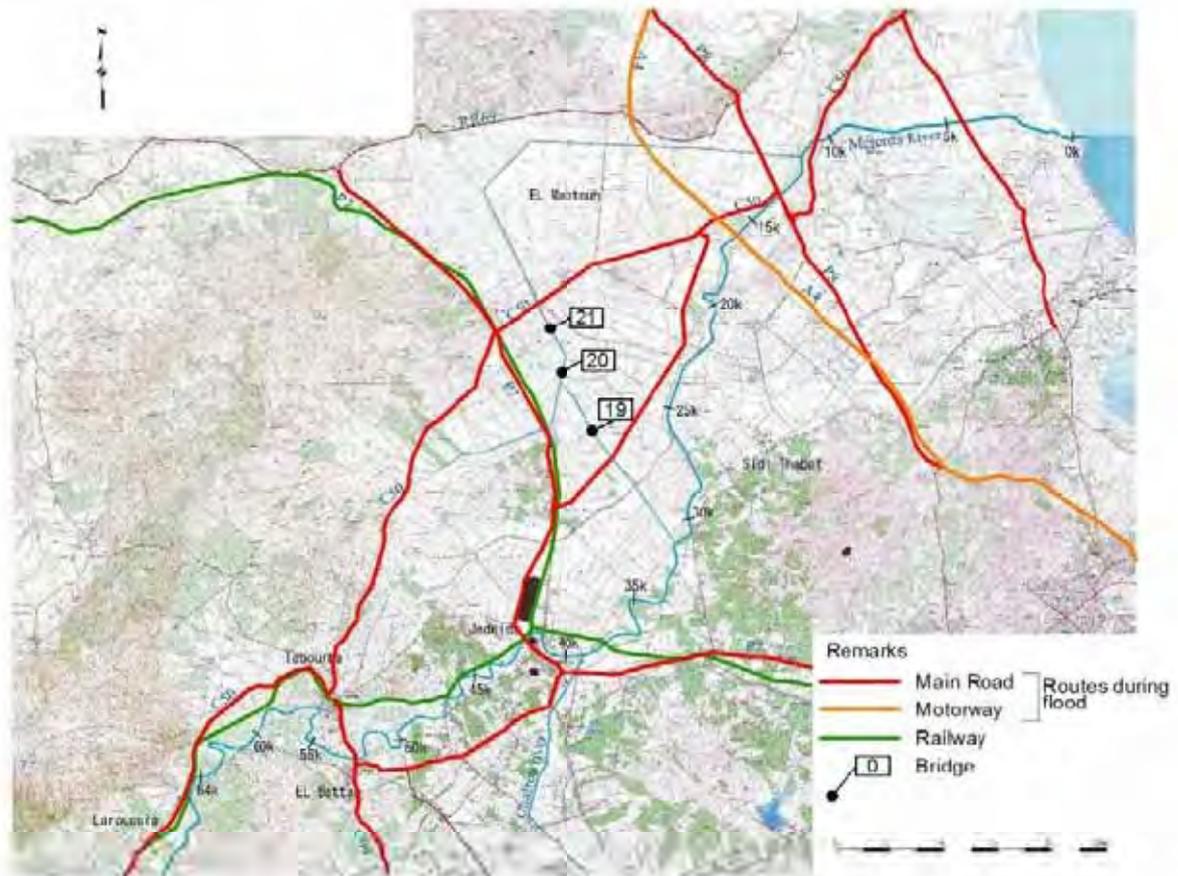
Figure 6.3-17 Aperçu d'un pont classé à la catégorie A

6.3.11 No.19 à 21 Ponts agricoles

(1) Aperçu

- Ponts situés dans le tronçon entre l'oued Mejerda et le bassin de retardement d'El Mabtouh.
- Pont en béton
- Photo de l'état actuel





Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-18 Localisation des ponts No.19 à 21

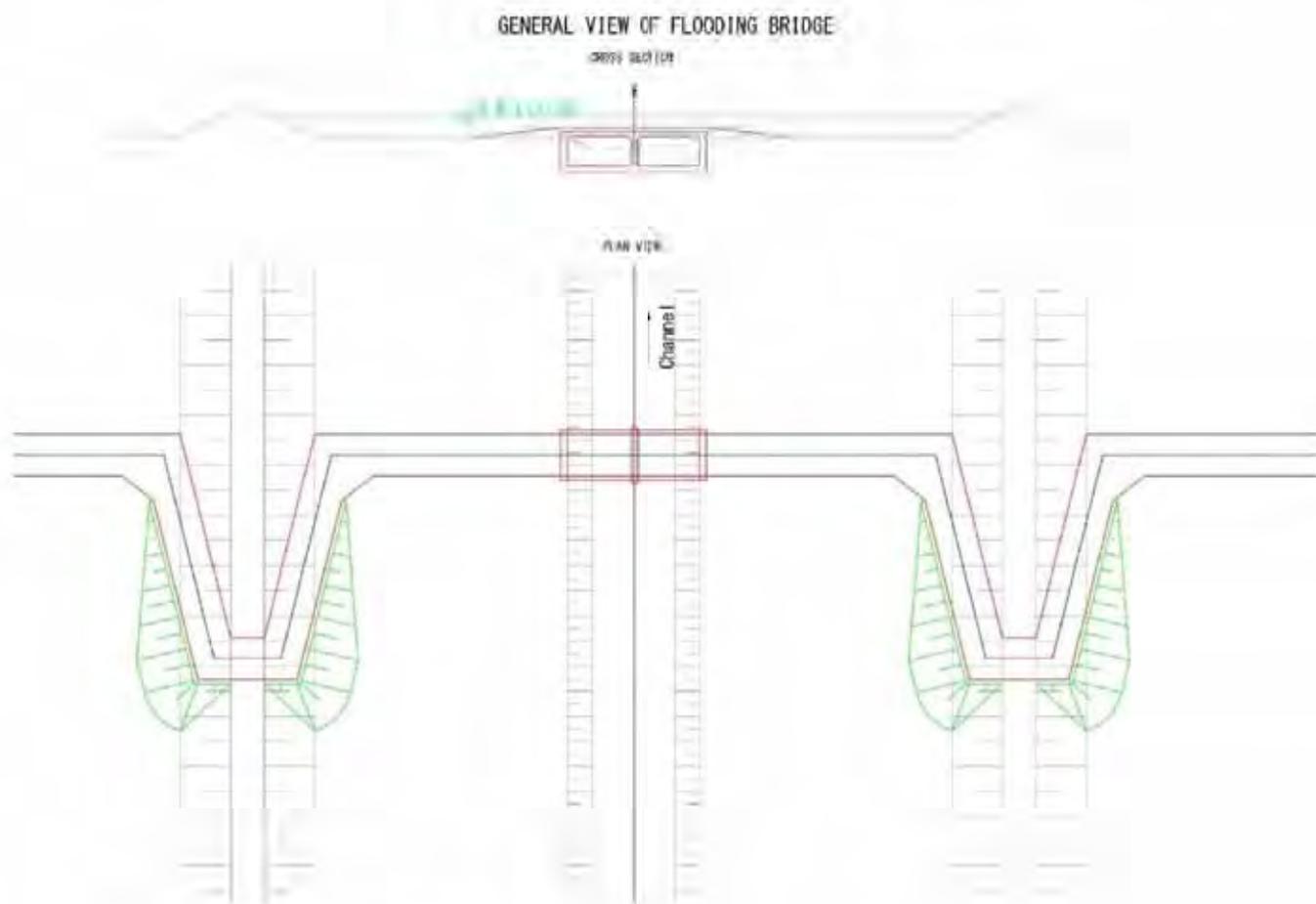
(2) Évaluation hydrologique

Le canal situé dans le tronçon entre l'oued Mejerda et le bassin de retardement d'El Mabrouh est trop étroit pour assurer une section de décharge satisfaisante pour les débits prévus dans le Projet.

(3) Plan d'amélioration des ponts existants

La section de décharge est remarquablement insuffisante. Il convient donc de les remplacer par de nouveaux ponts. Il est toutefois à noter qu'il s'agit des ponts de nature à servir principalement à l'usage agricole, mais pas des routes principales. Il convient donc que les ponts soient classés à la catégorie B.

Il convient de prévoir une structure permettant aux ouvrages de traverser des cours d'eau d'étiage où s'écoule l'eau tout le temps, qui sont d'ailleurs submersibles en cas de crues. Il est toutefois prévu d'installer une route en pente pour traverser la digue, pourvu que celle-ci ne soit pas rompue par la route.



Source : Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-19 Aperçu des ponts classés à la catégorie B

6.3.12 No.27 Pont GP8 et route sur l'oued Mabtough

(1) Aperçu

- Pont emprunté par la route GP8 pour traverser le canal de décharge.
- Endommagement vérifié qui représente un problème sur la sécurité du pont. Comme problèmes relevés, on peut donner l'exemple de l'abrasion de la dalle, l'apparition des armatures et fissure sur le sabot
- Photo de l'état actuel



Figure 6.3-20 État actuel du pont GP8 et route sur l'oued Mabtough (8.2012)

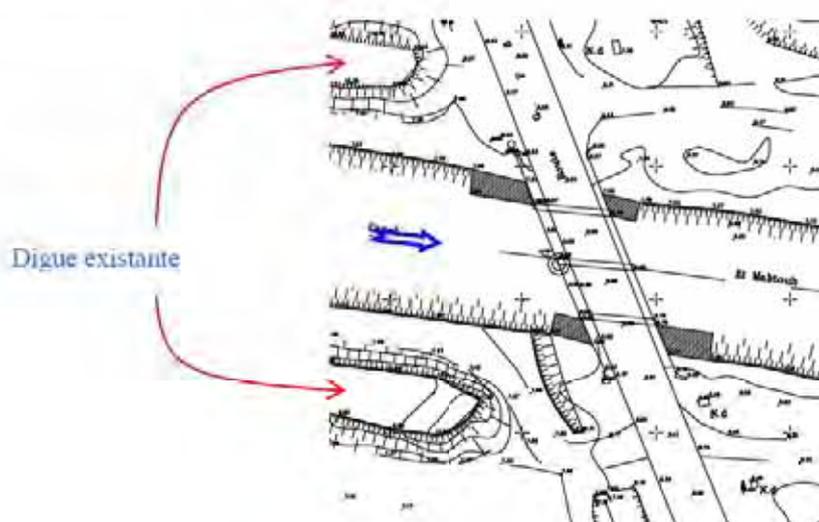
(2) Évaluation hydrologique

Il est essentiel qu'un canal de décharge laisse s'écouler autant de débit d'eau de décharge que la section existante le permet. Or, ce canal n'a qu'une largeur peu importante dans cet endroit où il est pourvu de trois colonnes de pont, ce qui entrave l'aire transversale du cours d'eau d'environ 10%.

De plus, la digue est rompue dans cet endroit, ce qui montre qu'il y a eu des inondations autrefois, selon les résultats de l'interview auprès du Ministère de l'Agriculture.

(3) Plan d'amélioration du pont existant

La section actuelle du cours d'eau est satisfaisante pour assurer la capacité de décharge, mais la structure actuelle entrave largement l'aire transversale du cours d'eau et rompt la digue existante. Et d'autant plus que son intégrité structurale est préoccupante et vu les crues survenues dans le passé, ce pont devra être remplacé par un autre nouveau.



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.3-21 Digue existante

6.4 Plan d'installation d'un nouveau pont

Ce paragraphe décrit sur le résultat de la considération des types et des spécifications des structures des ponts à installer nouvellement, en plus des ponts existants à remplacer par d'autres nouveaux et des nouveaux éléments intégrés dans les ponts améliorés.

Il est à noter que les types et les spécifications susmentionnés sont déterminés sur la base des réalisations des ponts en Tunisie ayant été étudiées, ainsi que des expériences dans le domaine de la construction de ponts au Japon.

6.4.1 L'étude des réalisations de ponts

(1) Les ponts qui traversent l'oued Mejerda

Une étude effectuée sur les réalisations de ponts en Tunisie rapporte que les différents types de structures telles que la poutre en béton armée en T, la poutre pré-coulée en I, la poutre d'acier, etc., sont appliqués à la superstructure de pont en fonction de la taille de pont. Quant à la traversée de l'oued Mejerda, une structure avec poutre pré-coulée en I est fréquemment appliquée. Les spécifications ainsi que le rapport entre la hauteur de la poutre et la travée des ponts ordinaires ayant été étudiés sont montrés ci-dessous.

Tableau 6.4-1 Réalisations de superstructures (poutre pré-coulée en I)

No.	Cours d'eau	Travée max. (m)	Hauteur de la poutre (m)	Hauteur de la poutre / Travée
1	Mejerda	28,0	1,8	1/15,6
2	Mejerda	28,0	1,8	1/15,6
3	Mejerda	37,0	2,0	1/18,5

Source : Équipe d'étude de la JICA

Dans la plupart des cas, l'infrastructure est réalisée avec deux types de colonnes, l'un avec trois piliers en acier et béton et l'autre en forme de mur, et la fondation se réalise par forage en circulation inverse, en plus de la fondation de pieux d'acier.

(2) Dalot

Ce type de structure est fréquemment utilisé en Tunisie et appliqué particulièrement dans la Zone D2 aux structures de petite taille construites dans les environs du bassin de retardement d'El Mabtoul.

6.4.2 Superstructure

(1) Ponts classés à la catégorie A

1) Type de structure

Pour les endroits dédiés aux ponts classés à la catégorie A, le pont sera d'environ 150m de long avec une hauteur de l'infrastructure d'environ 10m de manière à s'assurer de la longueur de pont supérieure à la largeur du cours d'eau et de la cote de projet assurant un franc-bord en plus de la cote de plus hautes eaux de projet.

Il est préférable de réduire au maximum le nombre de colonnes entravant l'aire transversale du cours d'eau. Toutefois, il ne serait pas très avantageux d'appliquer une structure assurant une longueur importante de la travée, comme par exemple la poutre à caisse pré-coulée ou la poutre d'acier, pour la raison, d'une part, que le débit normal n'est pas important et, d'autre part, qu'il n'est pas nécessaire de prévoir une installation provisoire de grande taille pour l'exécution des travaux d'infrastructure.

Il en découle qu'il convient d'appliquer à la superstructure une structure à poutre pré-coulée en I ayant été fréquemment réalisée pour les ponts qui traversent l'oued Mejerda.

2) Spécifications structurales

Les figures suivantes montrent les sections des nouveaux ponts appartenant à la catégorie A approuvées par le Ministère de l'Agriculture selon les conditions suivantes :

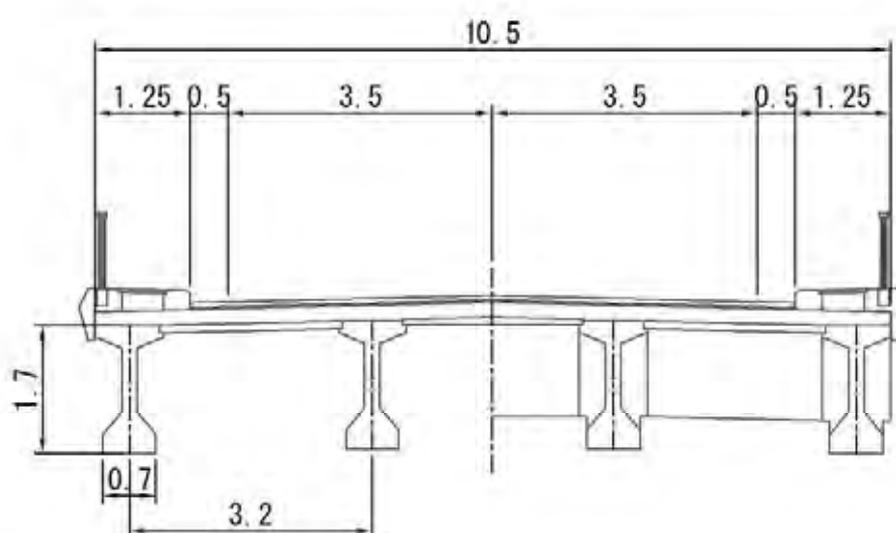
- Conçue avec deux voies, la route actuelle sera classée à la catégorie 1 avec une chaussée de 2@3,5m de large. Les routes tunisiennes sont classées dans les trois catégories suivantes :

Catégorie 1	Largeur de la chaussée	2@3,5m (deux voies)
Catégorie 2	Largeur de la chaussée	1@5,0m (une voie)
Catégorie 3	Largeur de la chaussée	1@3,0m (une voie)
- Vu que la longueur maximum de la travée résultant des réalisations de ponts est de 28 à 37m, il convient de fixer la longueur de base de la travée à 30m et de la faire varier entre 25,0m, 30,0m et 35,0m selon les cas.

- Vu que le rapport entre la hauteur de la poutre et la travée résultant des réalisations de ponts à poutre pré-coulée en I en Tunisie varie entre 1/15 et 1/18, le Projet la fixe à 1/15 pour déterminer la hauteur de la poutre à partir de ce rapport.

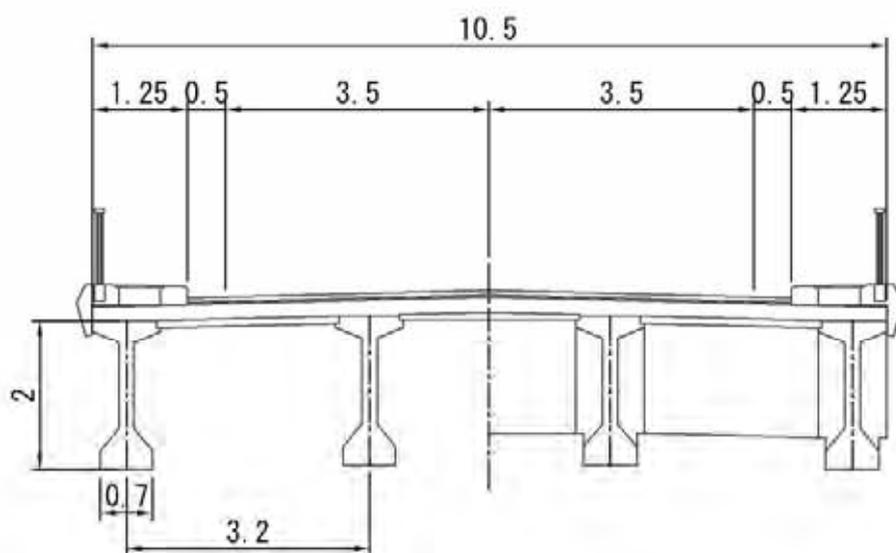
Longueur de la travée	25,0m	hauteur de la poutre 1,7m
Longueur de la travée	30,0m	hauteur de la poutre 2,0m
Longueur de la travée	35,0m	hauteur de la poutre 2,4m

- Il convient de déterminer le nombre de poutres principales par référence aux intervalles entre les poutres. Il en résulte qu'une structure à quatre poutres principales à 3,2m d'intervalles devra s'appliquer à une route à deux voies (10,5m de largeur totale).



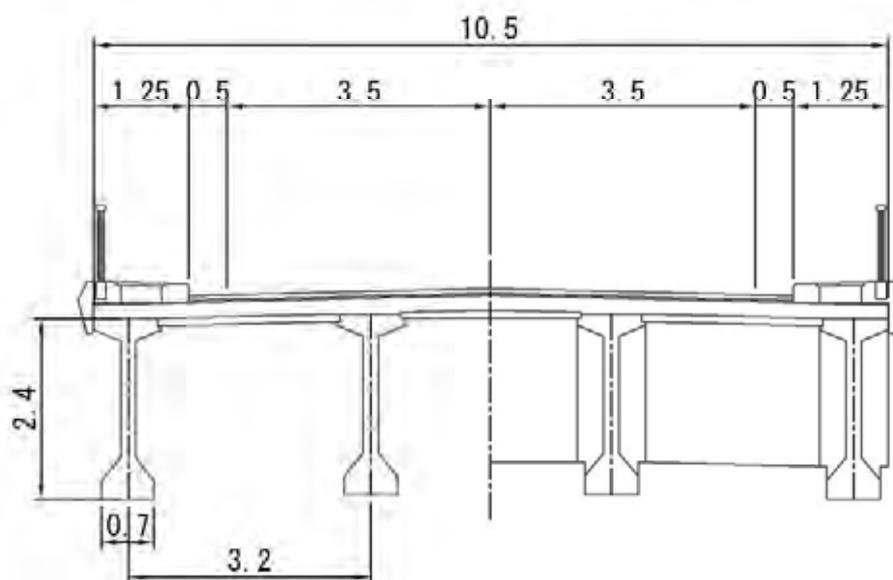
Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.4 1 Section d'un pont (longueur de la travée=25,0m)



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.4-2 Section d'un pont (longueur de la travée =30,0m)



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.4-3 Section d'un pont (Longueur de la travée =35,0m)

(2) Ponts classés à la catégorie B

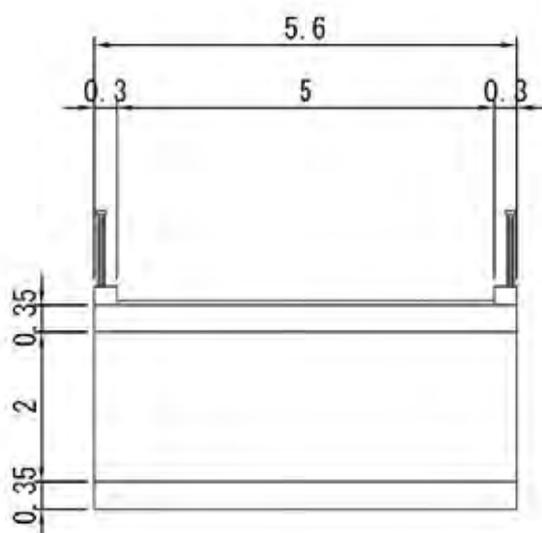
1) Type de structure

Dans les endroits dédiés aux ponts classés à la catégorie B, le pont sera conçu pour servir à traverser un cours d'eau d'étiage. La longueur de pont est d'environ 30m, alors que la hauteur de l'infrastructure atteint environ 2m. Cela signifie qu'un pont à poutre n'est pas rentable économiquement. Il en découle que la structure sera d'un type à dalot.

2) Spécifications structurales

Une section du pont classé à la catégorie B est indiquée ci-dessous avec les conditions déterminées :

- Vu une largeur effective de 4,4m sur la largeur totale de 5,6m résultant de la mesure des largeurs des routes agricoles, il convient de déterminer la catégorie 1 et de s'assurer de 5,0m de largeur effective.



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.4-4 Section d'un pont

6.4.3 Infrastructure

(1) Type de culée

Le type de culée varie en fonction de la hauteur de la structure, des conditions du sol de support et du facteur économique. Le tableau suivant indique les différents types de culées censés être pertinents par rapport à chaque hauteur de la structure.

Basée sur une hauteur entre 5,0m et 12,0m, la présente étude propose une culée en T inversé pour la raison que le sol de support n'est pas dans un état très approprié.

Tableau 6.4-2 Types de culée et hauteurs standard

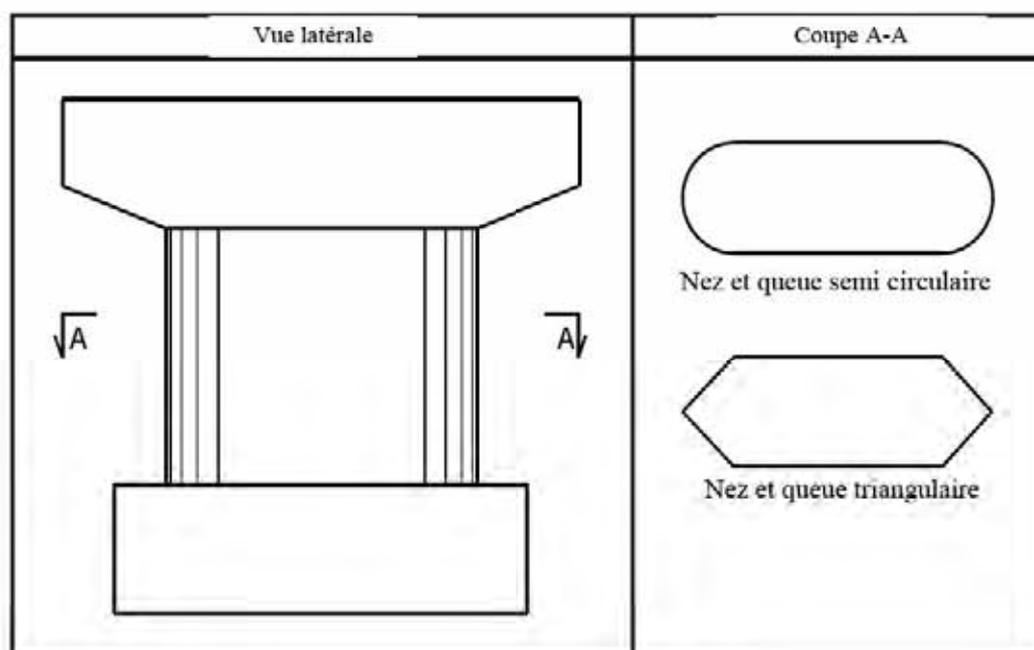
Type de culée	Hauteur			Remarque
	10	20	30	
Gravitaire				
Semi gravitaire				
Cantilever				
Contrefort				
Cadre rigid				

Source : Équipe d'étude de la JICA

(2) Type de colonne

D'après les interviews effectuées sur la conception parasismique en Tunisie, il s'avère que l'effet sismique est négligeable ou peu considéré dans le calcul et la conception. Par conséquent, il est possible de réduire la taille structurale de la colonne dans la présente étude.

Il est entendu que le type de colonne doit être tenu en compte de manière non seulement à satisfaire aux besoins de la structure, mais aussi à réduire au maximum des matériaux utilisés pour faire en sorte que la structure soit avantageuse économiquement. Dans ce sens, il convient d'opter pour un type de colonne fréquemment construit dans le pays. Il est toutefois à noter que la colonne à envisager dans le Projet devra appartenir au type suivant et ce pour ne pas entraver l'écoulement d'eau.



Source: Équipe d'étude de la JICA

Figure 6.4-5 Colonne en forme de mur

6.4.4 Structure de la fondation

(1) Caractéristiques géologiques

Jusqu'à une profondeur plus importante que 45m (strates de roche non confirmées), la terre consiste principalement en des sols argileux parfois consolidés (argile sableuse, argile limoneuse). Les différents sols ayant été étudiés montrent qu'ils forment une couche géologique étroite et homogène couvrant l'ensemble des zones d'étude. Il est donc presque impossible de rencontrer une couche rocheuse localisée. Les couches de support des endroits dédiés aux ponts principaux sont résumées au tableau suivant.

Tableau 6.4-3 Couches portantes

Endroit	Forage	Géologie	Valeur N	Localisation des couches portantes (m)		
				Profondeur de la face supérieure	Profondeur de la face inférieure	Épaisseur
Pont Jedeida	BHI25	Sable, Socle	Sable plus de 50 ; Socle plus de 60 ;	13	30 (Fond d'orifice)	Supérieure à 17
Pont ferroviaire	BHI07 (Rive gauche) BHI09 (Rive droite)	Couche alternative de sable et d'argile Argile limoneuse-argile sableuse	Supérieur à 30 Supérieur à 20	28 25	33(Fond d'orifice) 30(Fond d'orifice)	supérieur à 5 supérieur à 5
Pont autoroutier	BHI22 (Rive gauche)	Argile sableuse	Supérieur à 20 (Supérieur à 50)	29 38	45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice)	supérieur à 16 supérieur à 7)
	BHI23 (Rive gauche)	Argile limoneuse	Supérieur à 20 (Supérieur à 50)	31 41	45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice)	supérieur à 14 supérieur à 4)
	BHI24 (Rive droite)	Argile sableuse	Supérieur à 20 (Supérieur à 50)	34 41	45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice)	supérieur à 11 supérieur à 4)
Pont GP8	BHI14 (Rive gauche)	Argile limoneuse	Supérieur à 20 (Supérieur à 50)	29 38	45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice)	supérieur à 16 supérieur à 7)
	BHI15 (Rive gauche)	Argile sableuse	Supérieur à 20 (Supérieur à 50)	35 41	45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice)	supérieur à 10 supérieur à 4)
	BHI16 (Rive droite)	Argile sableuse	Supérieur à 20 (Supérieur à 50)	28 38	45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice) 45(Fond d'orifice)	supérieur à 17 supérieur à 7)
Pont de Tobias	BHI26 (Rive droite)	Argile limoneuse/Argile sableuse	Supérieur à 30	42	50 (Fond d'orifice)	supérieur à 18
Pont de Kalâat Landalous	BHI21 (Rive droite)	Argile sableuse	Inférieur à 10 (40-45m)	Sans couche de support jusqu'à 45m (fond d'orifice)		
Bassin de retardement d'El Mabtouh	BHI06	Argile limoneuse	Supérieur à 20(26-27m) Supérieur à 30(29-30m)	Sans couche de support jusqu'à 30 m (fond d'orifice)		

(Source : Données compilées du sondage géologique effectué dans l'étude préparatoire)

(2) Type de fondation

Vu que la couche censée appartenir à un sol de support paraît se trouver dans une profondeur importante, il convient d'opter pour un type de fondation à pieux. La fondation à pieux assure une structure capable de supporter la charge en valorisant la force portante de l'extrémité et le frottement circonférentiel. Puisque la couche de support de la Zone D2 a une profondeur importante, d'autant plus que l'interview des entrepreneurs rapporte qu'ils appliquent normalement des pieux de frottement en béton, il convient d'appliquer une fondation à pieux de frottement en béton dans la présente étude.

(3) Spécifications structurales

Du fait qu'il n'y a pas de sols de support ni de couches solides dans les zones de l'oued Mejerda, une fondation à pieux de frottement dont le diamètre n'est pas important peut être efficace (pour la raison que la surface totale des pieux devient importante par rapport à la charge reçue). Par conséquent, le diamètre d'un pieu est uniforme indépendamment de la travée de la superstructure en appliquant 1m de diamètre ayant fréquemment appliqué dans les réalisations de ponts sur l'oued Mejerda.

6.4.5 Plan d'installation de nouveaux ponts

Les plans d'installation de nouveaux ponts élaborés sur la base des conditions susmentionnées sont montrés à la collection des dessins de conception.

6.5 Critères de calcul et de conception

6.5.1 Pont routier

Conformément à la concertation tenue le 20 octobre 2010 entre MEHAT (Direction du Génie Civil, Ministère de l'Équipement, de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire) et l'équipe d'étude de la JICA, il convient d'appliquer les normes, les critères et les standard suivants à la construction, aux plans et dessins et à la conception des ouvrages concernés.

(1) Plans et dessins (profils en long, profils en travers, plans de calcul, dessins de conception)

- Suggestions et recommandations techniques concernant le concept global et géométrique
Ouvrages des routes principales (sauf autoroute et grande route à deux voies);
Guides techniques, août 1994 SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), code : B9413 ;
- ICTAAL :Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison interurbaine
Notification du 12 décembre 2000 du SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes) ;
Code publié en décembre 2000 : B0103.

(2) Conception d'ouvrages structuraux (structure de route)

- Réalisation des remblais et des couches de forme (abrégé par GTR) – guide technique -
SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées) ;
Publié en septembre 1992 Code : D9233 ;
- Réalisation des remblais et des couches de forme (abrégé par GTR) – guide technique -
SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes) publié en mars 2007
Code : 0720 ;

(3) Plan de calcul des ouvrages structuraux (Structure en béton)

Tableau 6.5-1 Normes et règlements concernant le calcul des ouvrages en béton

Rubrique	Normes et règlements	Version
Charge active	CCTG (Cahiers des clauses techniques générales) Fascicule 61, Titre II ; « Conception et calcul des ouvrages structuraux, Charges actives des ponts routiers » La charge active exceptionnelle varie selon les types de ponts :	Juin 1977
Fondation	CCTG (Cahiers des clauses techniques générales) Fascicule 62, Titre V ; « Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil »	Décembre 1993
Superstructure – béton armé	CCTG (Cahiers des clauses techniques générales) Fascicule 62, Titre I Section 1 ; « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages de construction en béton armé suivant la méthode des états limites, dit BAEL91, modifié en 99 » ; • Fissures admissibles variant selon l'environnement (3 environnements classés : bon, ordinaire, mauvais) ; • Environnement ordinaire en principe ;	Avril 1999
Béton précontraint	CCTG (Cahiers des clauses techniques générales) Fascicule 62, Titre I Section 1 ; Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages de construction en béton armé suivant la méthode des états limites, dit BAEL91, modifié en 99 ; • Classement de pré-stress varie selon chaque pont ; (3 classes : 1,2,3) • Classe 2 en principe ;	Avril 1999
Règles sur le concept parasismique	«Ponts courants en zone sismique - Guide de conception»	Janvier 2000

Source : Étude préparatoire

(4) Calcul et conception des ouvrages structuraux (acier ou autres matériaux)

Au cas où les règles susmentionnées ne seraient pas suffisantes, il convient de se référer à l'Eurocode.

- Eurocode 0: Bases de calcul des structures (EN 1990)
- Eurocode 1: Actions sur les structures (EN 1991)
- Eurocode 2: Calcul des structures en béton (EN 1992)
- Eurocode 3: Calcul des structures en acier (EN 1993)
- Eurocode 4: Calcul des structures mixtes acier-béton (EN 1994)
- Eurocode 5: Conception et calcul des structures en bois (EN 1995)
- Eurocode 6: Calcul des ouvrages en maçonnerie(EN 1996)
- Eurocode 7: Calcul géotechnique (EN 1997)
- Eurocode 8: Calcul des structures pour leur résistance aux séismes (EN 1998)
- Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium (EN 1999)

(5) Les conditions exigées des structures par rapport à un cours d'eau

Les conditions conceptuelles exigées des structures à installer sur un cours d'eau devront être déterminées suivant les recommandations décrites dans la guide technique du « SETRA, publication 2007, no. Code : DT4263, Cours d'eau et ponts,». Les dispositions principales à prendre sont décrites comme suit :

Tableau 6.5-2 Règles concernant la conception hydrologique des ponts (Guide technique du SETRA)

Crues	Probabilité	Objectifs hydrauliques	Objectifs matériels	Disposition à prendre pour la conception
Hautes Eaux	2ans (probabilité décennale de 99%) ;	Aucun effet remarquable sur le lit de cours d'eau ;	—	Forme et/ou emplacement pour réduire au maximum l'effet sur le lit de cours d'eau ;
Fortes crues	50ans (probabilité décennale de 18%) ;	—	Aucune structure ne doit être endommagée.	Débit durable (à confirmer l'état de la limite d'exploitation) - dispositions préventives contre l'érosion ;
Rares crues	100ans (probabilité décennale de 10%) ;	Aucun effet remarquable dans les environs ;	—	Aménager le cercle intérieur de l'arc* - drainage pour imprévus – protection du remblai de la route ;
Crues exceptionnelles	200 à 500ans.	—	Aucune structure n'est gênée sérieusement ;	Débit final (à confirmer l'état de la limite final)

*Prévoir un franc-bord de manière à laisser couler des corps flottants ; ceci sera décrit dans la description mentionnée ci-dessous ;

La présente guide servira à l'évaluation des risques d'érosion et à la considération des ouvrages à protéger ainsi que des travaux de fondation.

Source : « Cours d'eau et ponts », SETRA 2007, no. Code : DT4263

1) La longueur minimum de la travée (Risques des obstacles flottants)

La guide du SETRA ne stipule aucun article concernant la longueur de la travée à respecter des ouvrages structuraux construits sur un cours d'eau. Cependant, les critères en la matière (Nouvelle référence du « Code des structures de gestion hydraulique », Association des cours d'eau du Japon, novembre 1999) stipule à la page 303 :

$$L = 20 + 0,005 \times Q$$

L : Longueur de la travée (m), Q : débit (m3/s)

Le débit prévu dans le Projet est de 800m³/s entre le barrage de Laroussia et le canal de décharge du bassin de retardement d'El Mabtoulh et de 600m³/s entre ce canal de décharge et le pont de Kalâat Landalous. Par conséquent, la longueur de la travée devra être supérieure à 24,0m ($20+0.005 \times 800=24.0$ m).

2) Espace au-dessous des ouvrage (une hauteur de franc-bord prévue par rapport au niveau d'eau en prévision de tout corps flottant)

La guide du SETRA susmentionné décrit comme suit :

« La hauteur de fixation du cercle intérieur est déterminée suivant les crues de référence (crues centennales en règle générale) tout en tenant compte du développement des rives par le gonflement des sols dû à la sédimentation des corps solides au fond du canal et par le mouvement du cours d'eau (vitesse d'écoulement, boucle formée par le cours d'eau), ou de l'espace minimum permettant de laisser couler des corps flottants. En se référant au Processus de Sejourmet, le document de modèle du SETRA dit Ohvm63 décrit qu'un espace de 0,60m à 1,50m de haut est nécessaire pour une ouverture de 2m à 8m. »

À ce propos, les normes japonaises (« Critères d'installation des structures des cours d'eau », Association des cours d'eau du Japon, novembre 1999) stipulent à la page 115 les rapports sous mentionnés variant en fonction des débits considérés.

Tableau 6.5-3 Procédé de détermination des hauteurs de franc-bord (normes japonaises)

Débit (m ³ /s)	< 200	200<...<500	500<...<2000	2000<...<5000	5000<...<10000	>10000
Hauteur de franc-bord (espace) (m)	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2

Source : « Critères d'installation des structures des cours d'eau », Association des cours d'eau du Japon, novembre 1999

Les normes japonaises ont le même contenu de celles françaises en règle générale.

La hauteur de franc-bord dépend des corps flottants éventuellement emportés par les crues. La taille des corps flottants est différente suivant les pays. En France et au Japon, il y a de grands et gros arbres dans les forêts, alors qu'en Tunisie, pays méditerranéen, il n'y a que de forêts claires qui sont composées plutôt de petits arbres. On peut estimer donc pour ce dernier une hauteur de franc-bord moins importante que les autres. Par contre, les interviews effectuées auprès des entrepreneurs locaux rapportent qu'ils appliquent habituellement à l'oued Mejerda une hauteur de franc-bord d'environ 1,0m, qui sera donc respectée dans le Projet.

6.5.2 Pont ferroviaire

Conformément à la concertation tenue le 22 octobre 2010 entre le CNCFT et l'équipe d'étude de la JICA, il convient d'appliquer les normes françaises (25t de poids axial) mises en vigueur en 1960. Ces normes sont plus rigoureuses que les critères de l'UIC (Union Internationale des Chemins de fer, 22,5t de poids axial).

6.5.3 Règles parasismiques

Le « Projet des règles parasismiques Tunisiennes » définit une accélération sismique de $0,25g = 2,45 \text{ m/s}^2$ sur le socle de support des ponts de la Zone D2.

Cependant, dans l'interview sur le terrain effectuée pour préciser si l'action sismique est considérée dans le calcul et la conception du pont de référence ou du pont le plus récemment construit, il s'est avéré que les ponts traversant l'oued Mejerda considèrent 0,3 à 0,5% de la charge morte et qu'aucun effet de l'action sismique n'est considéré dans un pont ferroviaire. Aucun critère en la matière ne paraît être considéré précisément.

Par conséquent, il convient que l'action sismique conceptuelle sera de 0 à 0,5% de la charge morte par pont. Il reste à se réunir lors de l'étude détaillée pour la déterminer par référence aux points suivants :

- 1) Pont routier Catégorie A 0,5% de la charge morte;
- 2) Pont routier Catégorie B 0% de la charge morte (non considérée) ;
- 3) Pont ferroviaire 0% de la charge morte (non considérée) ;.



Source: Étude préparatoire

Figure 6.5-1 Proposition pour les règles sismiques tunisiennes