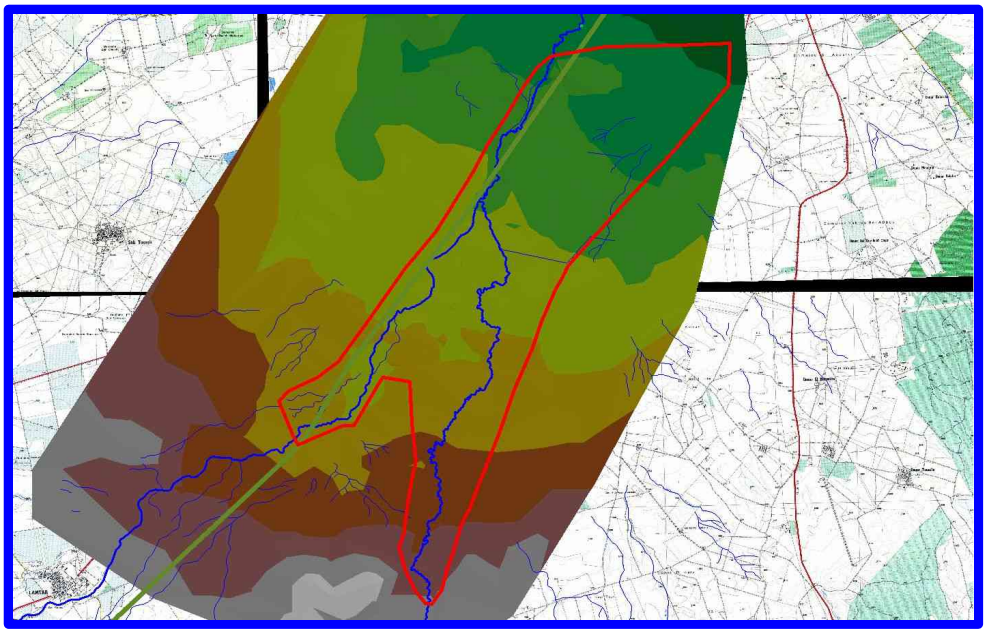
RUWA

acqua
territorio
energia

# *Republique d'Algerie*

# *VALLEE DU MEKERRA*
# *Etude hydraulique*



*Août 2009*

*Dario Tricoli*

*RUWA srl*
*acqua territorio energia*
Via Carlo Pisacane 25/F
88100 Catanzaro - ITALIE
tel/fax 39 0961 33381 - cel. 39 334 7090356
www.ruwa.it - info@ruwa.it - P.I. 02723670796

# Republique d'Algerie

# VALLEE DU MEKERRA

# Etude hydraulique

***Août 2009***

***Dario Tricoli***

# Indice generale

Introduction....3
1 - Définition de la zone d'étude....4
2 - Recensement de crues historiques....6
3 - Recensement des ouvrages hydrauliques en projet / construction....10
4 – Définition des critères de conception....15
5 – Choix du modèle de simulation....16
6 – Implémentation du modèle....17
6.1 - Définition du domaine de calcul ....17
6.2 - Préparation du modèle numérique de terrain ....19
6.3 - Levè des ouvrages hydrauliques....22
6.4 - Vérification des criticités sur place....27
6.5 - Reconstruction d'hydrogrammes de crues....32
6.6 - Entrée de données ....34
7 – Modélisation état actuel....35
8 - Définition des principales caractéristiques ouvrages hydrauliques....38
9 - Modélisation état en projet....43

# Introduction

Le tronçon du nouveau chemin de fer Sidi Bel Abbes - Tlemcen entre Sidi Khaled Sidi Lachen traverse une zone que à plusieurs reprises dans ces dernières années a été touchées par les inondations des eaux des deux principaux oued traversant la région Mekerra et Mouzen.

Pour la raison évoquée ci-dessus a été réalisée une étude hydraulique dans la zone inondable pour évaluer les effets de la mise en œuvre de la  nouvelle ligne sur la propagatione des inondations.

Plus loin dans ce rapport seront d'abord décrite les étapes préparatoires à l'étude comme la recueille des données sur la topographie et sur le des dernières inondations, sur l'hydrologie sur les systèmes d'ouvrages hydrauliques en cours de construction et / ou un projet pour la redustion du risque des inondations.

Ensuite seront decrites les phases de mise en œuvre du modèle hydraulique bi-dimensionnel, qui a été utilisé pour simuler la crue de projet soit à l'état actuel que à l'état de projet-

Le modèle hydraulique a permis le correct dimensionnement des ouvrages hydrauliques nécessaires le long de la nouvelle ligne d'un côté pour permettre d'evacuer les debit des crues et l'autre pour assurer la sécurité de cette ligne ferroviaire.

*Phases d'ètude*

*1 - Définition de la zone d'étude*
*2 - Recensement de crues historiques*
*3 - Recensement des ouvrages hydrauliques en projet / construction*
*4 – Définition des critères de conception*
*5 – Choix du modèle de simulation*
*6 – Implémentation du modèle*
*7 – Modélisation état actuel*
*8 - Définition des principales caractéristiques ouvrages hydrauliques*
*9 - Modélisation état en projet*

# *1 - Définition de la zone d'étude*

Le chemin de fer en projet parts de Sidi Bel Abbès et suit l'itinéraire de celui qui existait jusqu'au sud de Sidi Lachen et puis s'éloigne de la voie existante en passant à l'ouest de Sidi Khaled. Dans la zone où les deux lignes se separent dans le passe ont a enregistré les plus haut niveau des inondations parce que situé près de la confluence de l'Oued Mouzen Oued Mekerra.

Dans la même région il ya les ponts de la ligne ferroviaire existante sur les deux Oued. Sur la base de rapports d'inondations ou dans le passé aussi les zones en amont soit le long de du Mekerra que le long du Mouzen sont fréquemment touchées par les inondations de l'eau. De même, une vaste zone située en aval de la confleunce entre le Mouzen et le Mekerra est sujet aux inondations récurrentes.

L'analyse des données disponibles sur les inondations et l'étude historique de la morphologie de la région, a permis à la délimitation de la zone d'étude qui est délimité à l'ouest et l'est respectivement par la RN 7et RN 95. La limite nord est représentée par le chemin de fer secondaire que conturn le sud de Sidi Bel Abbes et vers le sud, la région s'étend le long du Mouzen jusqu'à en amont de Sidi Khaled et le long du Mekerra jusqu'à 'Boukanefis. Tout est mieux représenté à la figure 1.a.

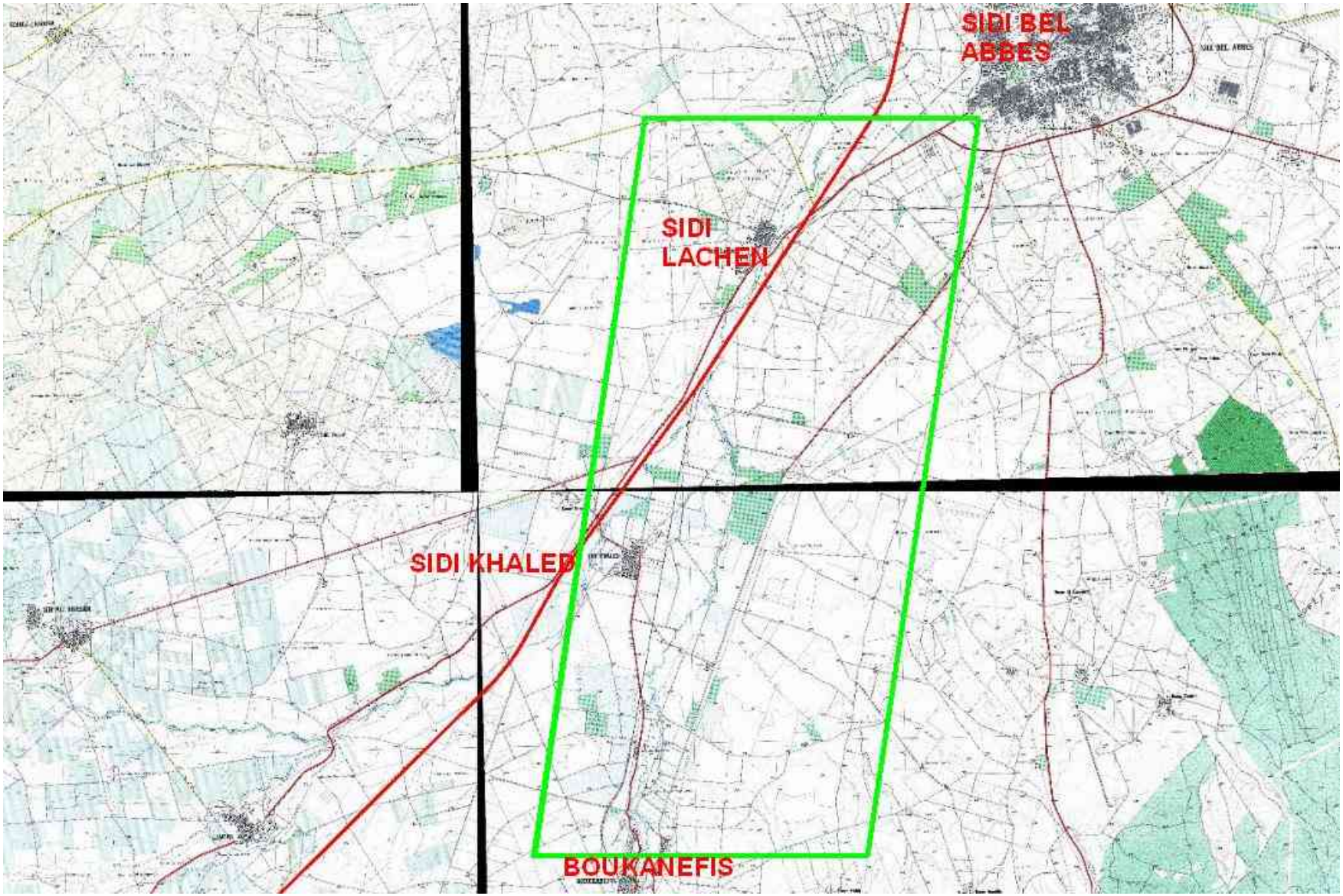



*Fig. 1.a – Zone d'étude*

# 2 - Recensement de crues historiques

La première phase de collecte de données a concerné l'étude et l'analyse des crues historiques qui ont affecté la région dans le passé.

Au cours de cette phase ont a d'abord consulté quelques publications et autres informations recueillies sur Internet. Les données recoltées montrent que les inondations des eaux des deux Oued, Mekerra et Mouzen , dans ces dernières années ont affecté de vastes régions avec des infrastructures endommagées et la perte de vies humaines. Au cours de ces inondations la ligne ferroviaire existante a été également affectée par le passage de l'eau à plusieurs endroits.

Les zones qui ont été touchées par les inondations au cours des dernières décennies sont indiquées dans les figures 2a, b, c.

Après l'analyse des données historiques sur les inondations, des visites sur les terrain ont ete faites avec une attention particulière aux criticitées rescontrées le long de la ligne ferroviaire existante. Dans ces visites, qui ont confirmé les points critiques trouvés par les études, ont ete trouvé des signes encore visibles du passage d'eau sur le chemin de fer comme indiqué par la photo dans la section 6.4.

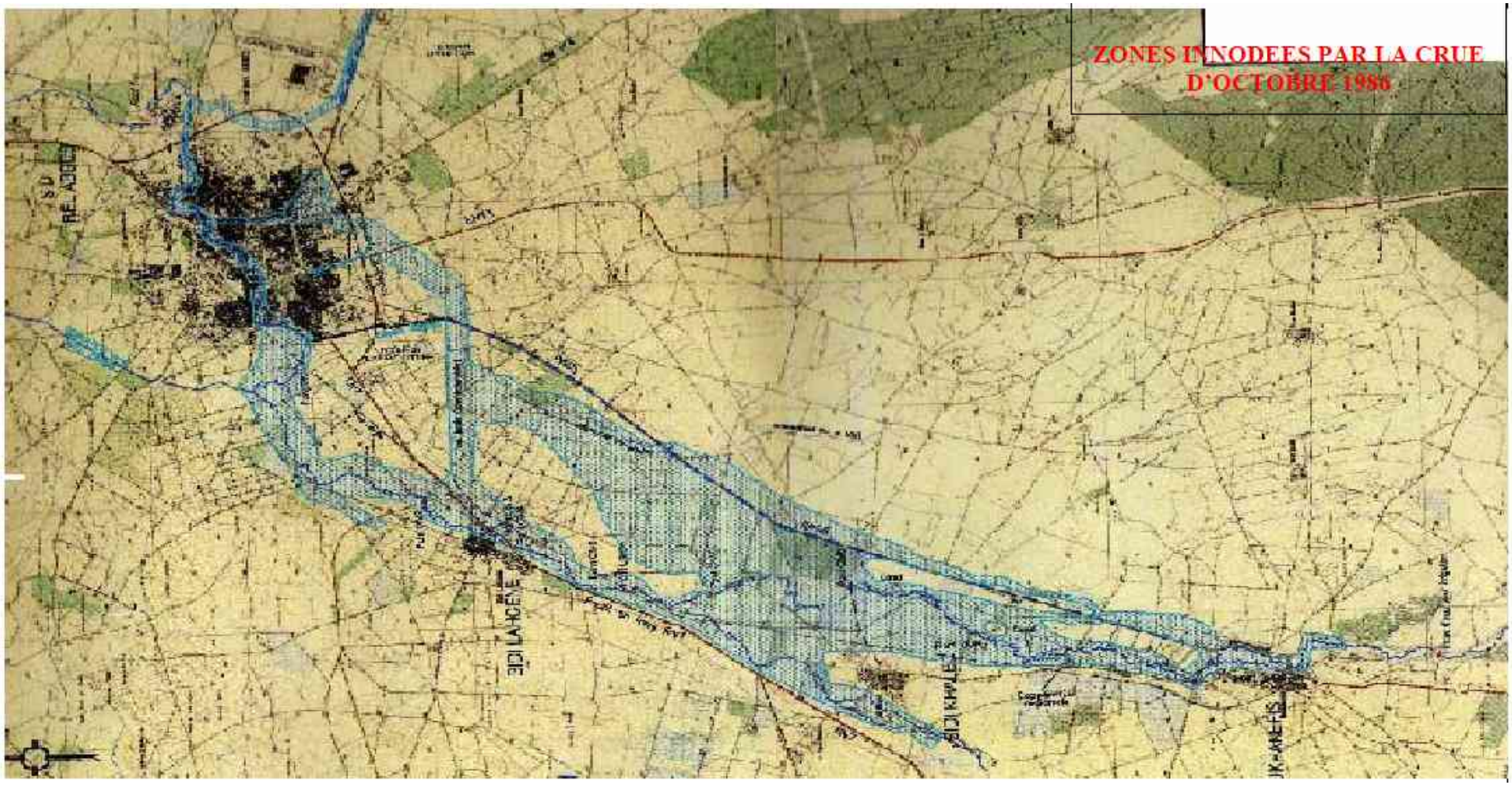



*Fig. 2.a – Zones inondées par la crue d'octobre 1986*

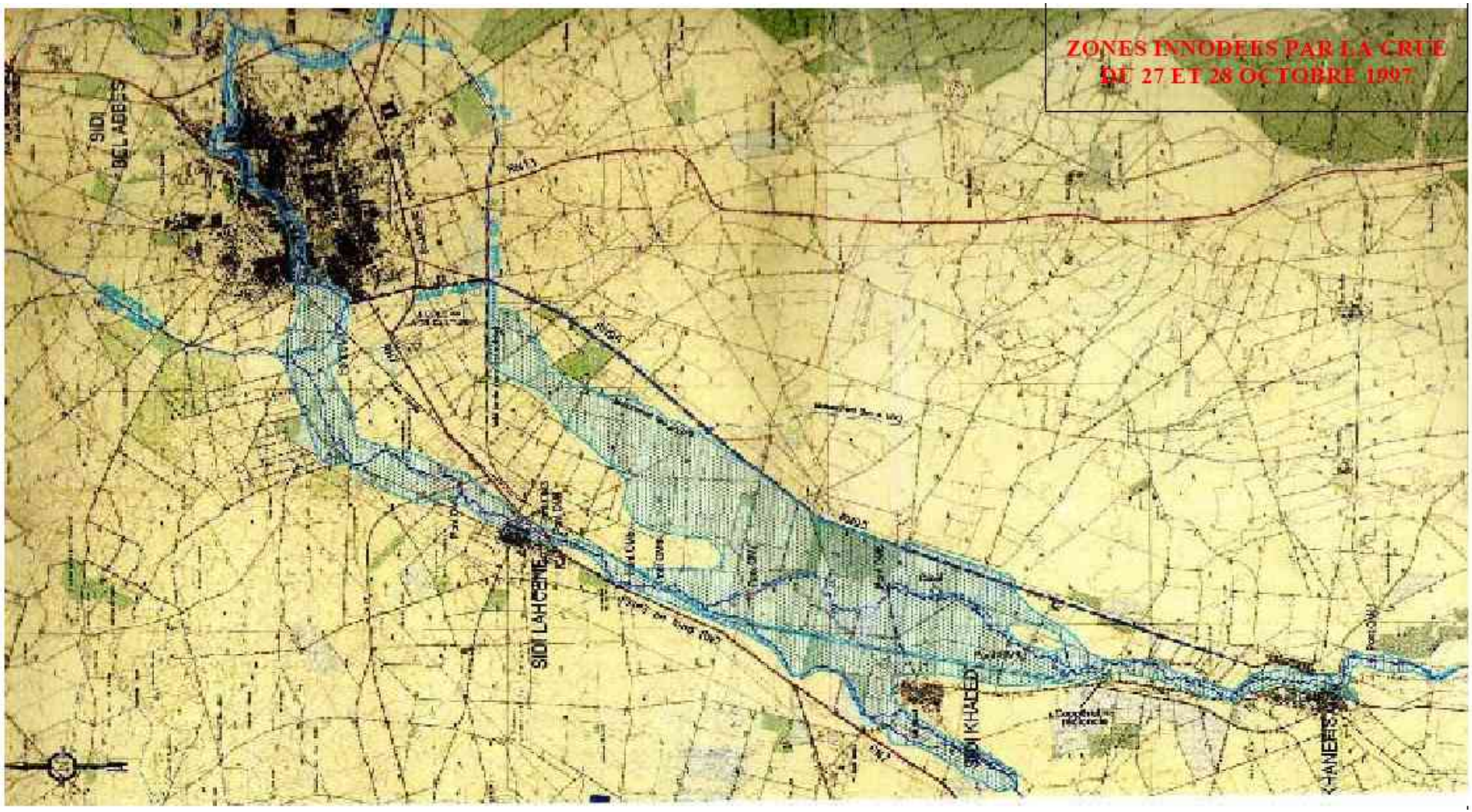



*Fig. 2.b – Zones inondées par la crue d'octobre 1997*

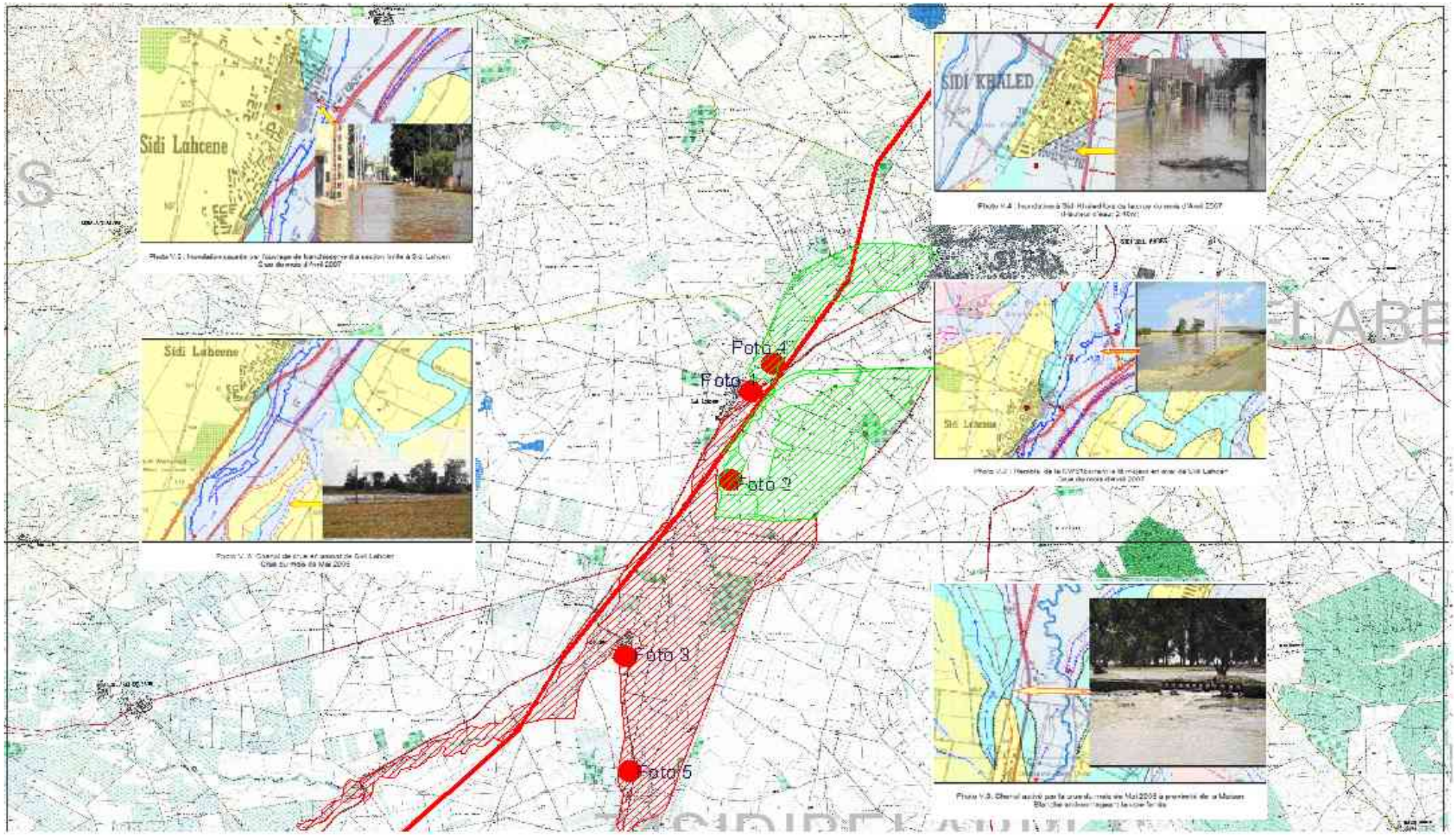



*Fig. 2.c – Zones inondées par la crue de 2006 et 2007*

# *3 - Recensement des ouvrages hydrauliques en projet / construction*

Suite aux inondations qui ont touché la zone dans le passé, les autorités locales ont conçu et en partie mis en ouvre une série des ouvrages hydrauliques pour limiter les effets des inondations dans la région.

Comme il s'agit d'une vaste zone touchée par les inondations des deux grands fleuves le projet de mis en securité de la zone comprends une série d'interventions, voir fig. 3.a, dont les principales sont:

- Canal evacuateur Sud (*Fig. 3.b,c,d)*;
- Barrages d'ècretages (2) à Sidi Khaled (*Fig. 3.e)*;
- Barrage de Tabia (*Fig. 3.f)*;
- Reprofilage Mekerra (*Fig. 3.g)*;
- Canal evacuateur pour l'affluent à la droite.

A l'etat actuel seulement les barrafes d'ecretage de Sidi Khaled sont terminés tous les autres ouvrages sont en cours d'exécution.

En termes d'interventions n'ont été trouvés que des rapports sporadiques ensuite vérifié sur place pendant les visites sur le terrain mais les caractéristiques des ces ouvrages hydrauliques ne sont pas connues dans le detail ainsi comme les effets qui ils auran pendant les inondations. Pour cette raison et compte tenu des caractéristiques que ont a pu détecter pour la conception de la nouvelle ligne ferroviaire en tant que mesure de précaution ont a considere de ne pas considerer les effets des ces nouveaux ouvrages hydrauliques pendant les inondations.

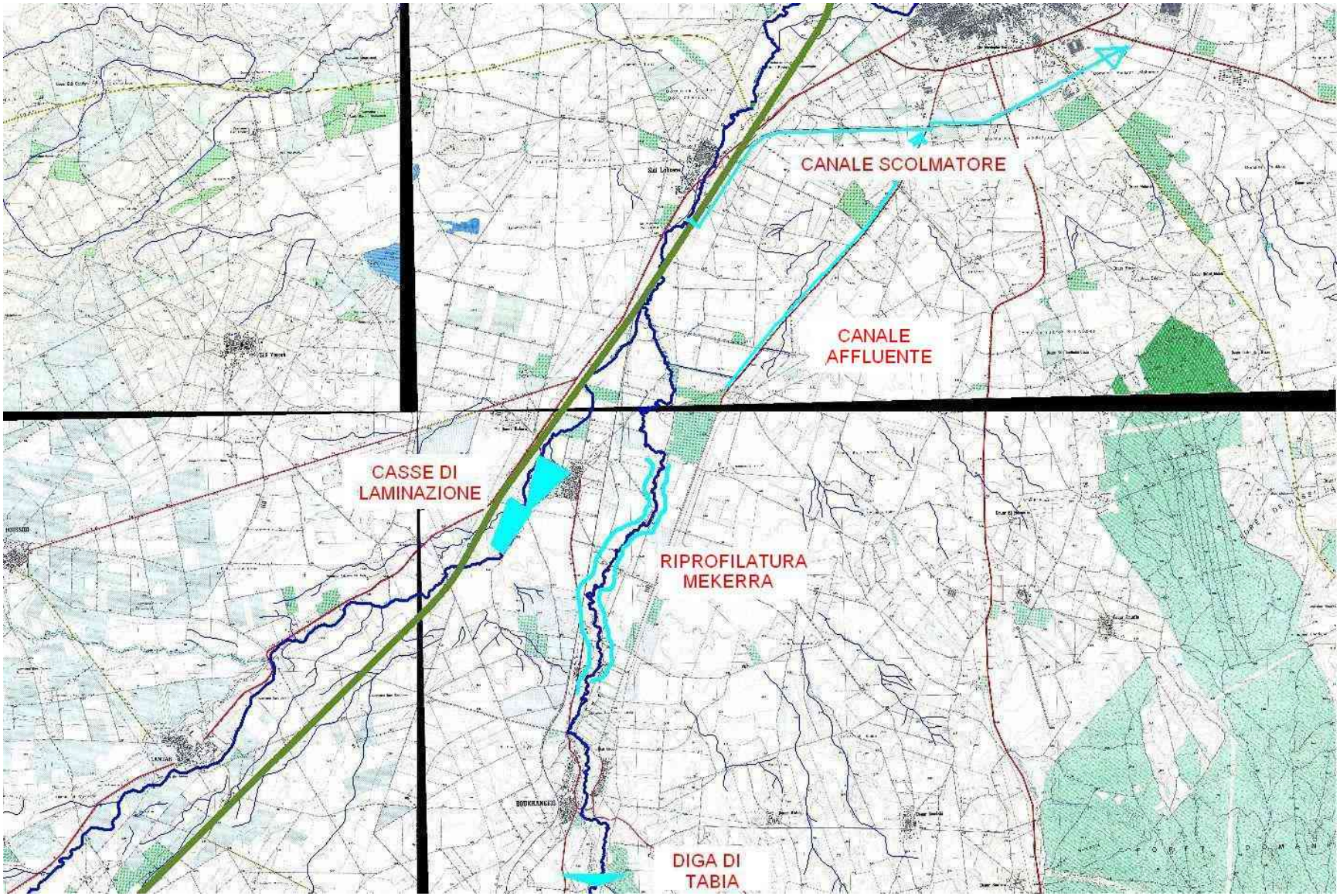



*Fig. 3.a – ouvrages hydrauliques en projet / construction*

*Fig. 3.b - Canal evacuateur*

*Fig. 3.c - Canal evacuateur*

*Fig. 3.d - Canal evacuateur*

*Fig. 3.e- Barrage d'ecretage di Sidi Khaled*

*Fig. 3.f – Barrage de Tabia*

*Fig. 3.g – Reprofilage Mekerra*

# 4 – Définition des critères de conception

***- Normes techniques***
***- Nécessité de ne pas bouleverser la situation actuelle***
***- Nécessité de ne pas compromettre la possibilité d'interventions futures***

Dans la conception de la nouvelle ligne ferroviaire et en particulier dans le dimensionnement des passages principaux des cours d'eau et les passages inférieurs du rail devrait être pris en compte divers aspects. Tout dabords il ya des règles techniques qui exigent que les passages d'eaux (ponts et dalots) dans le projet sont construits de façon à ne pas causer des obstacles à la libre circulation de l'eau, évitant ainsi les phénomènes de régurgitation, et de garantir un adequat revanche de securité.

D'autre partie on ne peut pas ignorer le fait que on vas à intervenir dans une zone soumise au risque d'inondations récurrentes, où donc tout changement dans la morphologie des sites devraient être examinés avec soin afin de ne pas provoquer une aggravation de la condition de risque hydraulique existant .

Parmi les autres choses, il doit aussi sûrement être considéré qu'à l'heure actuelle les ponts sur la Mouzen et Mekerra sont insuffisantes pour évacuer les débits dee crues et donc ils provoquent le débordement des eaux d'inondation dans le campagnes en amont et en suite le laminage des débit de pointe avec un effet de protection pour les territoires en aval ou sont situés les villes de Sidi Lachen et surtout de Sidi Bel Abbès.

Pour empêcher qui la réalisation de nouveau chemin de fer puisse aggraver les conditions d'inondation qui ont a à l'etat actuel il est necessaire que les passages d'eaus soient dimensionnées de manière à ne pas affecter les caractéristiques de la circulation d'es eaux de crues tout en assurant la sécurité de la ligne de chemin de fer pendant les inondations.

Un autre critère qui devrait être pris en compte dans ces cas est de ne pas entraver la capacité de faire des interventions futures des systèmation hydraulique. À l'état actuelle on n'est pas au courant des actions envisagées pour le future et donc on n'a pas pu prendre compte de cet aspect.

# 5 – Choix du modèle de simulation

Le principales caractéristiques du modele bidimensionel de simulation adopté avec le logiciel Flo-2D, modèle basé sur l'équation de continuité, son le suivants:

- Superficie 30 km ² de domaine
- Cellules de calcul 75 m x 75 m

Le principaux avantages du modele bidimensionel sont la capacité à modéliser la propagation de l'onde de crue dans des grands zones alluviales avec différentes conditions morphologiques. Les principaux inconvénients sont le poids des calculs et la nécessité de disposer d'un modèle numérique de terrain assez détaillé

# 6 – Implémentation du modèle

## *6.1 - Définition du domaine de calcul*

Dans la définition du domaine de calcul on doit prendre en compte les caractéristiques morphologiques de la zone touchée par les inondations ainsi comme identifiés sur la base des données historiques recueillies comme décrit précédemment. Les critères utilisés pour la délimitation de l'étude sont les suivants:

- identification de un limit morphologique;
- choix des conditions au contour

La choix du domaine de calcul a été effectué en fonction de la nécessité d'évaluer les effets de la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire dans la zone inondable. Le but de cette étude n'est pas en effet d'évaluer en détail les caractéristiques des inondations causées par les crues du Mekerra et du Mouzen dans la zone.

Le domaine de calcul qui a une extensione d'environ 30 kmq, comme montré dans la Figure 6.1.a, est si limitée:

- à l'ouest par la RN 7;
- à l'est par la RN 95;
- à nord par le chemin de fer secondaire que conturn le sud de Sidi Bel Abbes
- à sud jusqu'à en amont de Sidi Khaled, le long du Mouzen, et jusqu'à 'Boukanefisl e long du Mekerra

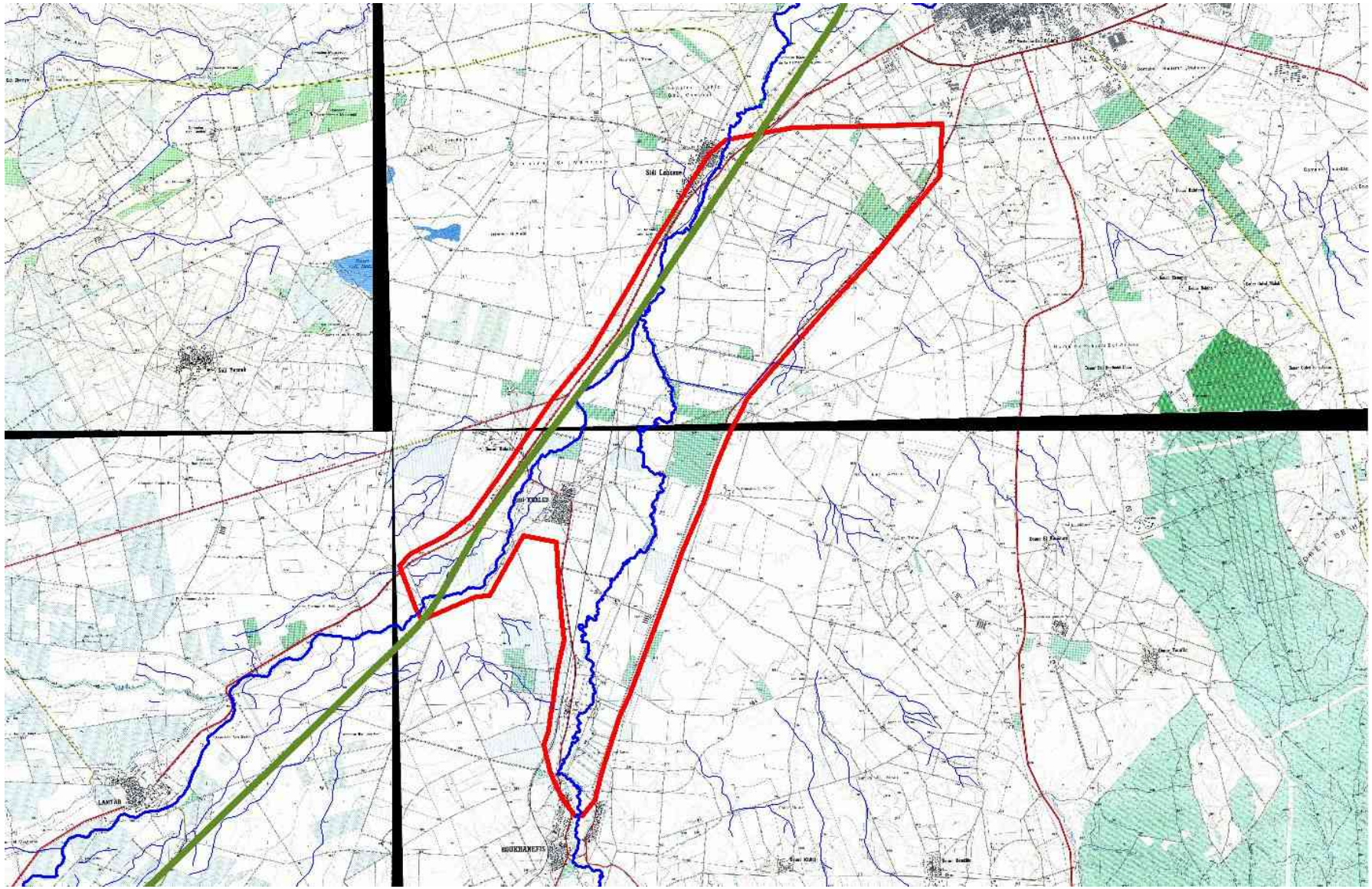


*Fig. 6.1.a – Définition du domaine de calcul*

## *6.2 - Préparation du modèle numérique de terrain*

Dans la preparation du modèle numérique de terrain à utiliser comme input dans l'implementation du modèle pour la simulation hydrauliques de propagation des crues ont été utilisées comme base les cartes à l'échelle 1: 25.000 disponibles.

Tous les points  avec altitude present dans la cartographie inclus dans le domaine de calcul et dans ses environs immédiats ont été identifiées et intégrées dans un système d'information géographique,comme indiqué dans la Fig. 6.2.a.

Pour le raffittement de la mailles des points ont a ensuite réalisé une étude topographique, avec l'aide de matériel GPS, qui a mis l'accent sur les discontinuités dans le domaine et au cours de laquelle ont été levé environ 500 nouveaux points, voir Fig. 6.2.b.

Sur la base de tous les points avec altitude disponibles et à l'ajout de quelques discontinuités, comme routes, réseau ferroviaire et cous d'eaux, le modèle numérique de terrain a été reconstruit abord sous la forme d'un réseau triangulaire irrégulier (TIN), voir fig. 6.2.c, puis comme Digital Elevation Model (DEM), voir fig. 6.2.d., avec une maille de 75 mètres.

Le choix des dimensions du maillage est fruit de un compromis entre la nécessité d'utiliser une maille assez petite pour représenter au mieux la morphologie du terrain et d'autre partie de ne pas trop compliquer le modèle de calcul.

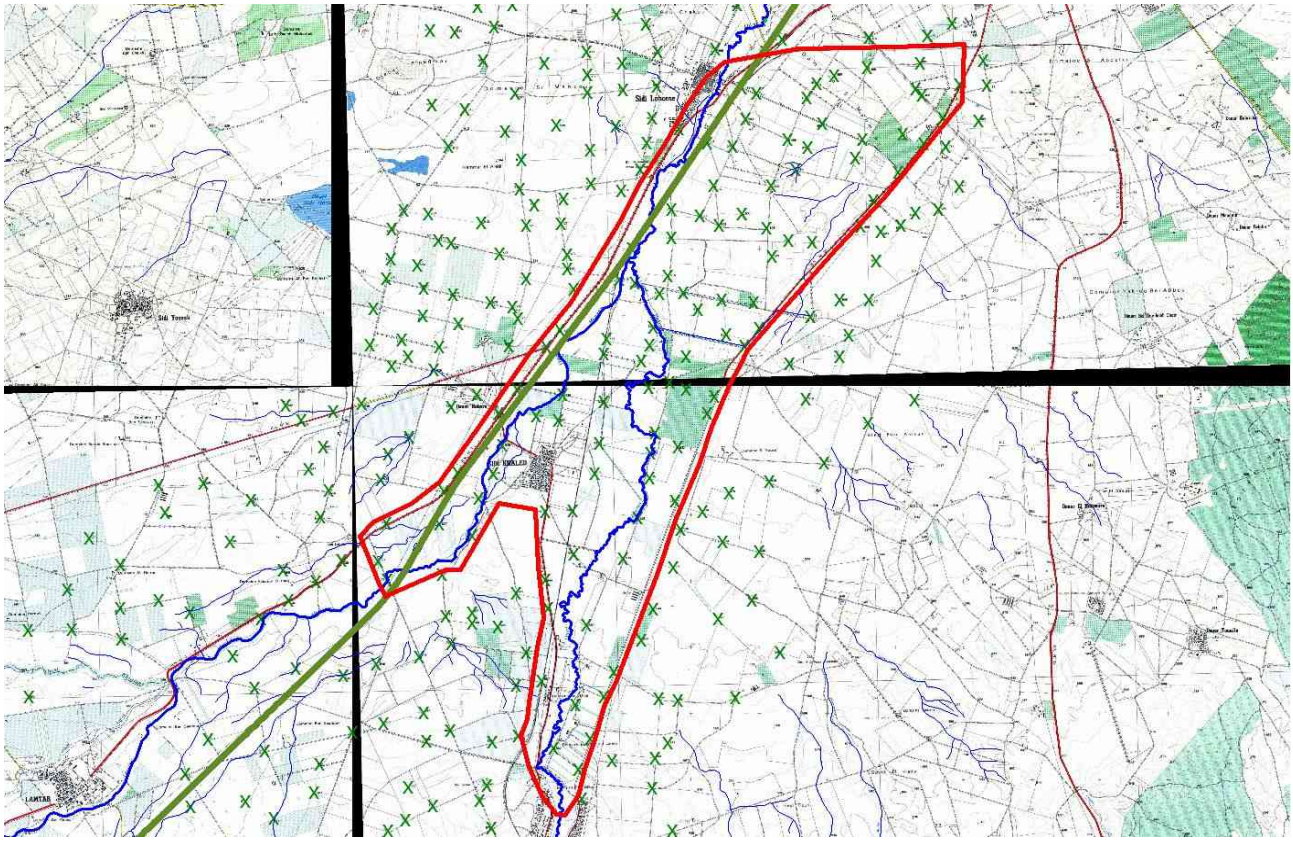


*Fig. 6.2.a – Préparation du modèle numérique de terrain- Points cartes 1:25.000*

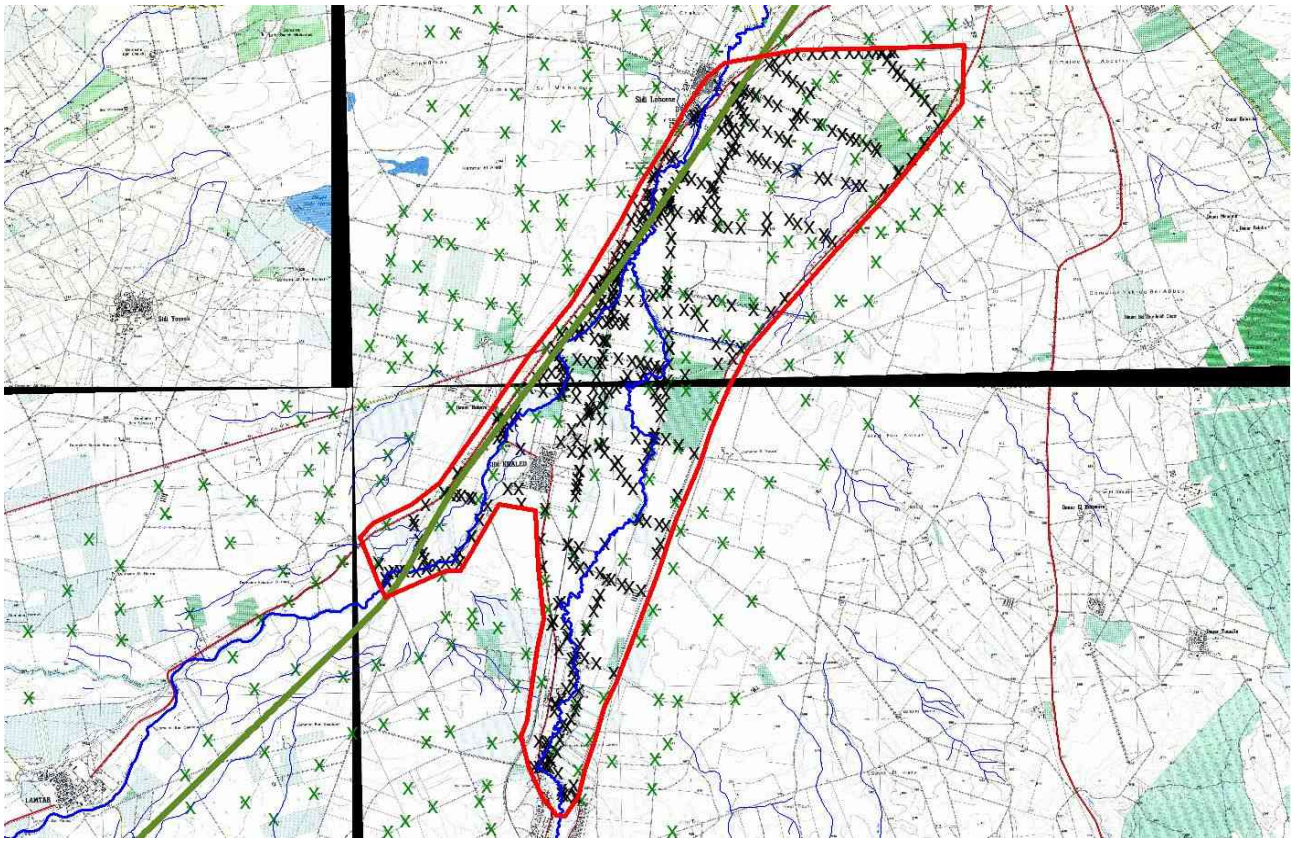


*Fig. 6.2.b – Préparation du modèle numérique de terrain (integrations levé GPS)*

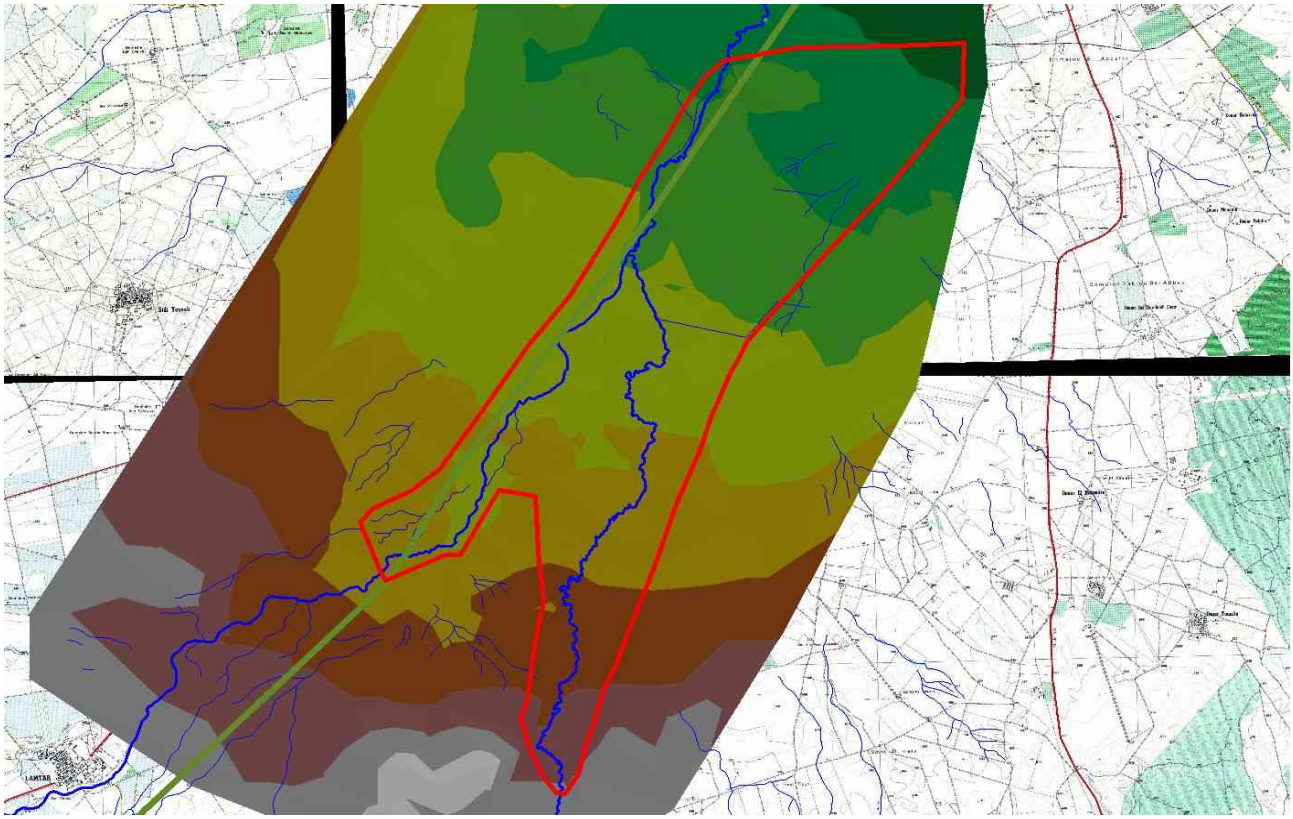


*Fig. 6.2.c – Préparation du modèle numérique de terraine (TIN)*

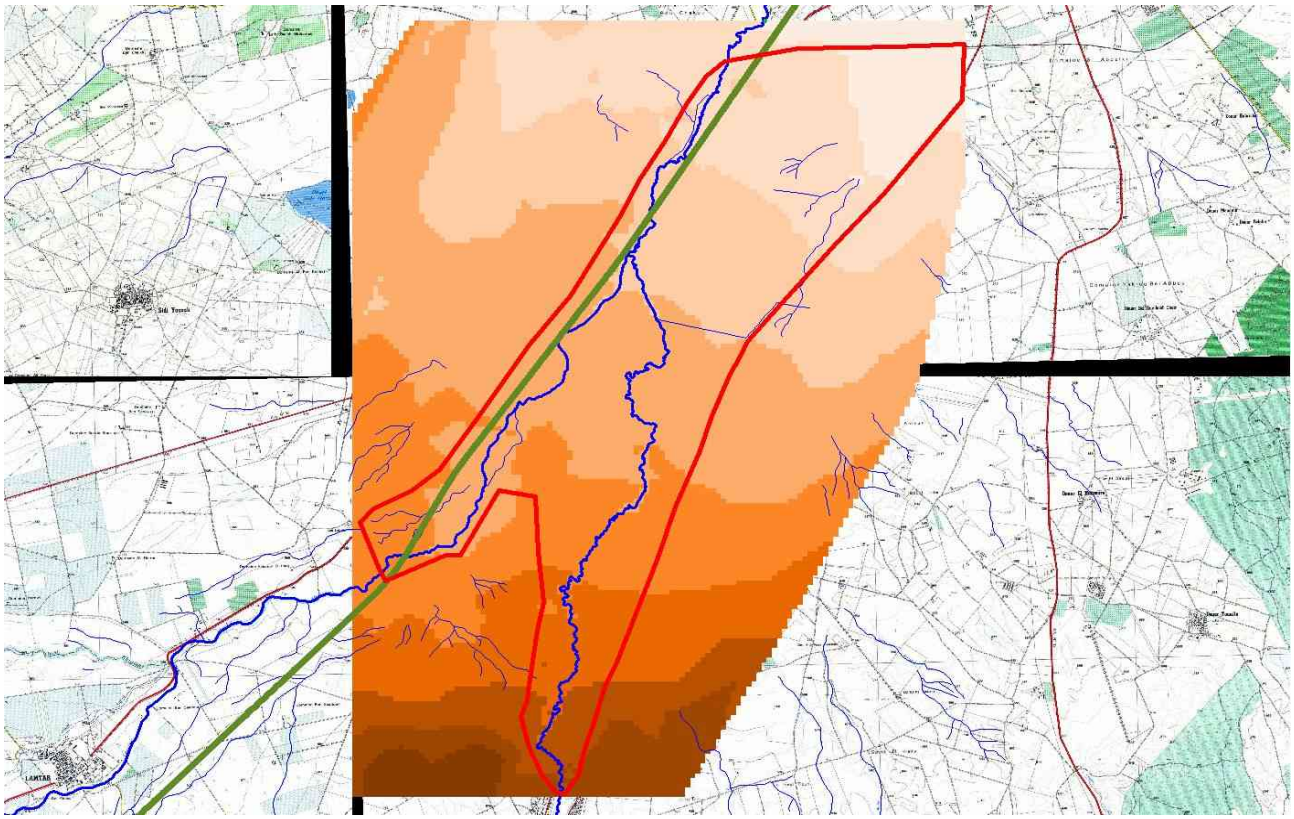


*Fig. 6.2.d – Préparation du modèle numérique de terraine (DEM)*

## *6.3 - Levè des ouvrages hydrauliques*

Pour compléter la définition du modèle hydraulique a été nécessaire détecter et puis entrez les caractéristiques principales des ouvrages hydrauliques qui interfèrent avec la libre circulation des eaux de crue. Voir Fig. 6.3.a.

Dans le domaine de calcul ont trouve nombreux ouvrages de passage d'eaux présent soit le long de la ligne ferroviaire existante soit le long des routes existantes. De ces œuvres ont été identifiées les principales caractéristiques dimensionnelles (largeur, hauteur, longueur longitudinale, etc)

La géométrie de ces ouvrages ensemble avec les caracteristiques des cours d'eaux ont ensuite été introduites dans le logiciel HEC-RAS pour la reconstruction des caractéristiques hydrauliques de l'écoulement et pour l'évaluation de la relation hauteur /débit pour chaque ouvrage de drainage nécessaires à la mise en œuvre du modèle calcul bi-dimensionnel.

Dans la suite le modèle de simulation hydraulique utilisé en mouvement permanent dans HEC-RAS est montré ainsi comme les photos de points de passage principal divisé en:

- Oued Mekerra (*Fig. 6.3.b,c)*;
- Oued Mouzen (*Fig. 6.3.d, e)*
- Passages routiere, ponceaux (*Fig. 6.3.f,g )*.

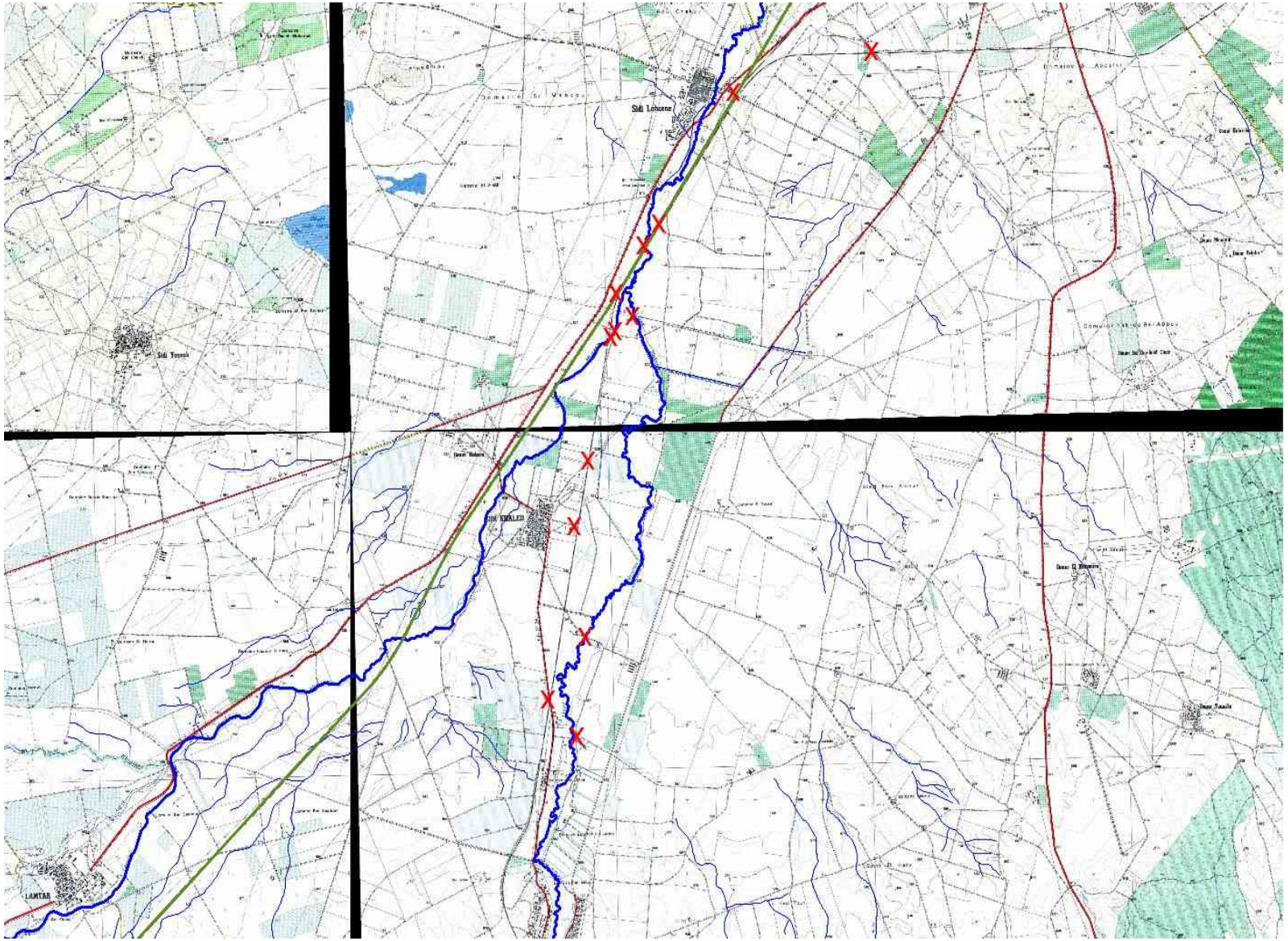



*Fig. 6.3.a – Levè des ouvrages hydraulique*

*Fig. 6.3.b – Pont chemin de fer sur l'Oued Mekerra – Photo*

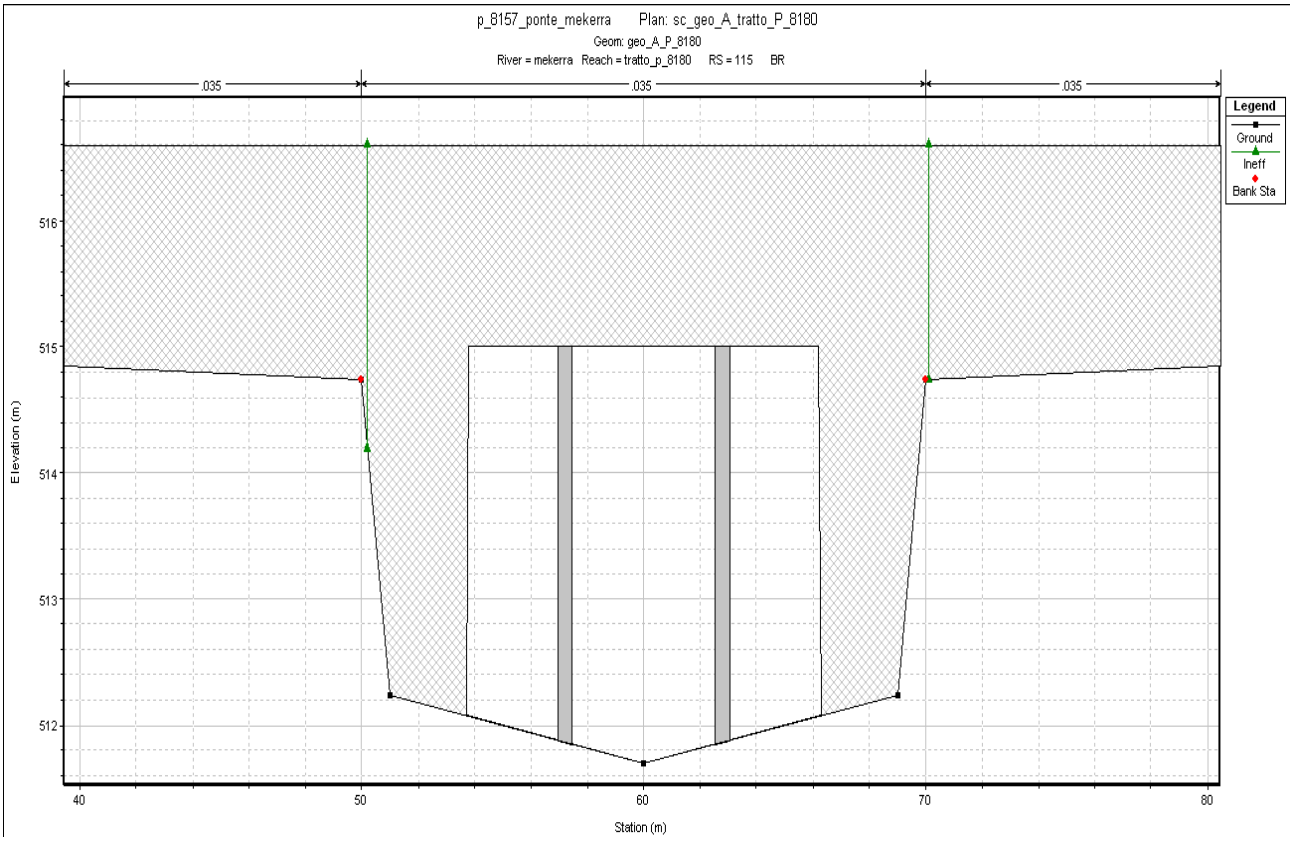



*Fig. 6.3.c – Pont chemin de fer sur l'Oued Mekerra - Schema*

*Fig. 6.3.d – Pont chemin de fer sur l'Oued Mouzen - Photo*

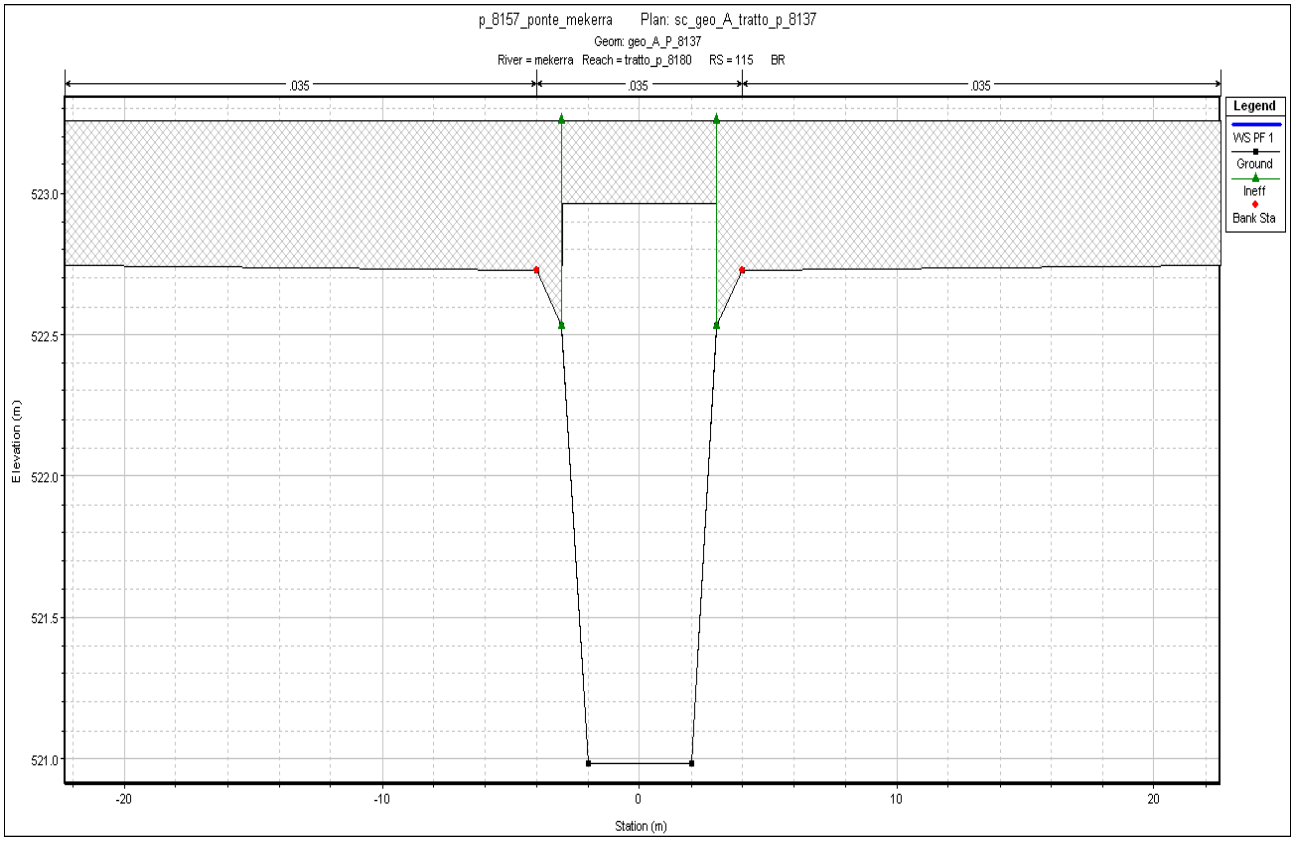



*Fig. 6.3.e – Pont chemin de fer sur l'Oued Mouzen - Schema*

*Fig. 6.3.f – Ponceau pres de Sidi Lachen - Photo*

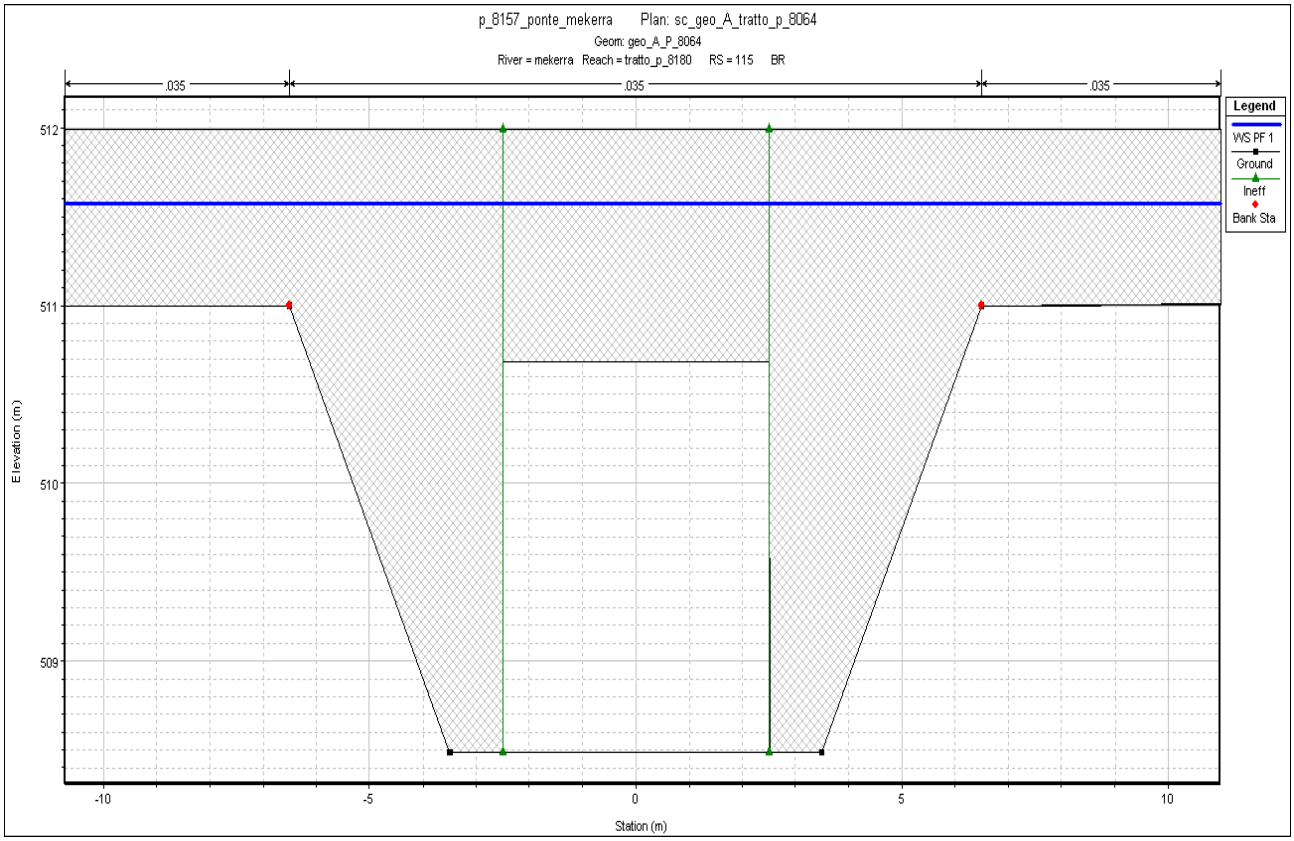



*Fig. 6.3.g – Ponceau pres de Sidi Lachen - Schema*

## 6.4 - Vérification des criticités sur place

Au cours de l'inspection, une attention particulière a été accordée à détecter les traces encore visibles des inondations survenues dans le passé et qui ont affecté la ligne ferroviaire existante. La reconstruction de ces points critiques a été faite sur la base des nouvelles des événements historiques d'inondation et a été confirmée par les témoignages recueillis pendant l'inspection.

Il ya trois points de la ligne de chemin de fer qui à plusieurs reprises dans le passé ont été surmontés par les eaux de crues, comme indiqué dans le plan de la fig. 6.4.a et en images dans les figures qui suivent.

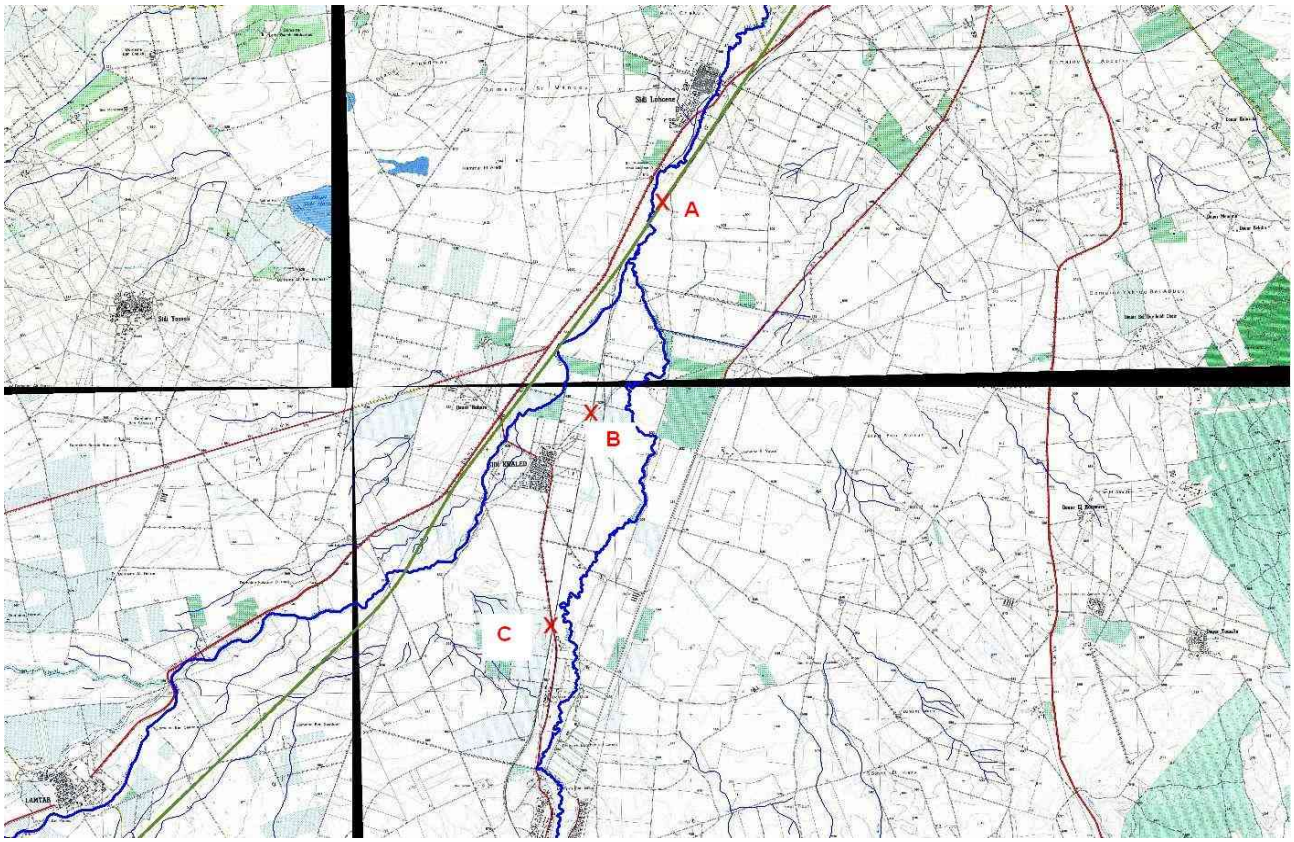



*Fig. 6.4.a – Plan avec indiication des criticité hydrauliques detectèes*

*6.4.b - Vérification de criticité sur place - Sidi Lachen*

*Fig. 6.4.c - Vérification de criticité sur place - Sidi Lachen*

*Fig. 6.4.c - Vérification de criticité sur place - Sidi Lachen*

*Fig. 6.4.e - Vérification de criticité sur place - Sidi Khaled (station)*

*Fig. 6.4.f - Vérification de criticité sur place - Sidi Khaled (station)*

*6.4.g - Vérification de criticité sur place - Vers Boukanefis*

*6.4.h - Vérification de criticité sur place - Vers Boukanefis*

## 6.5 - Reconstruction d'hydrogrammes de crues

L'étude menée sur les bassins versants de l'Oued Mouzen et Mekerra a permis la reconstruction des hydrogrammes de crue des deux cours d'eau à la suite de un événement de pluie avec un temps de retour de 200 ans et une durée de 24 heures.

La modélisation hydrologique a été menée en utilisant le logiciel HEC-HMS avec les données pluviométriques fournies par ANHR et morphologiques, géologiques, lithologiques et de l'utilisation des terres détectés dans cette étude. Dans ce document, nous omettons les détails de l'étude du bassin versant comme cela est largement diffusée dans les documents de construction.

Les principales caractéristiques des hydrogrammes de crue calculés, voir Fig. 6.5.a et b, sont indiquées ci-dessous:

| Oued | Qmax (mc/s) | Vtot (10^6mc) |
|---|---|---|
| Mouzen | 340 | 20 |
| Mekerra. | 1600 | 92 |

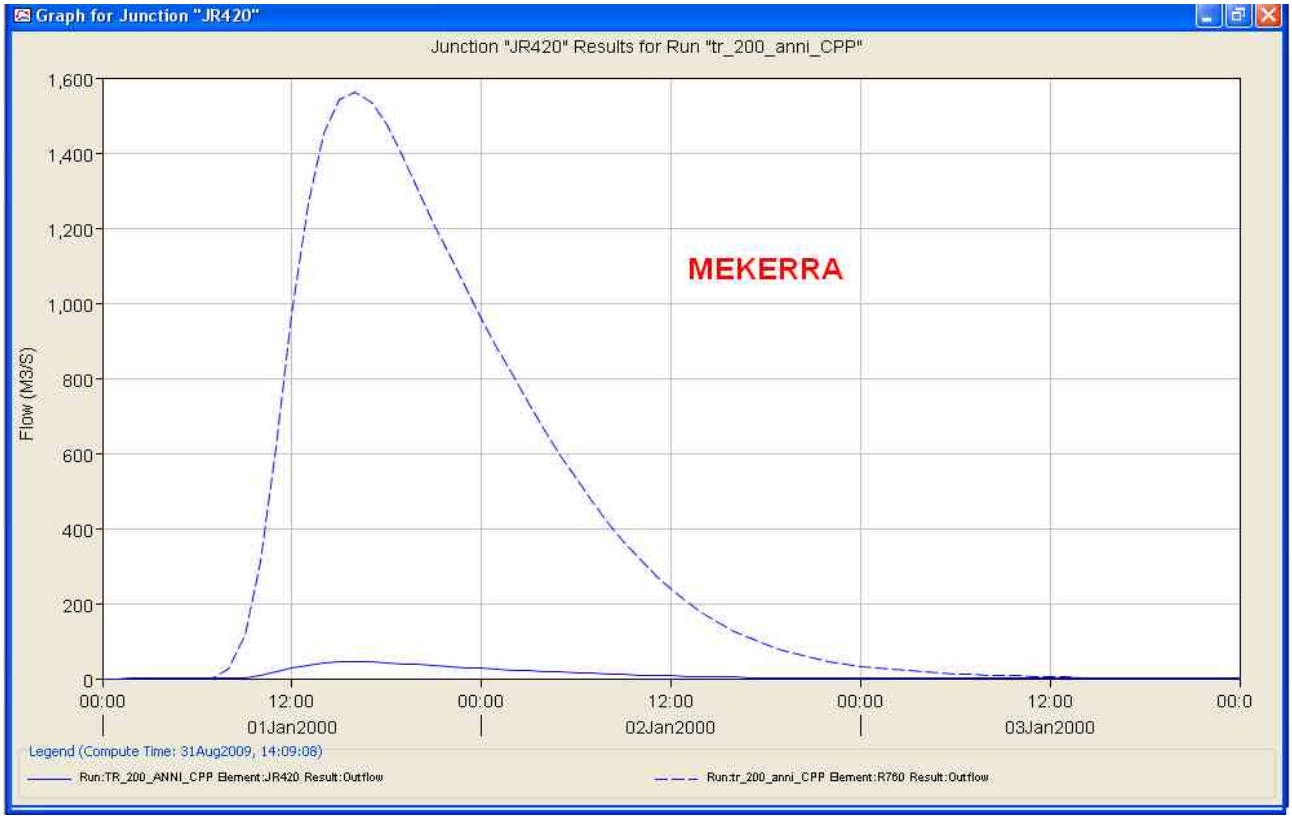



*Fig. 6.5.a - hydrogrammes de crues (Tr 200 ans)*

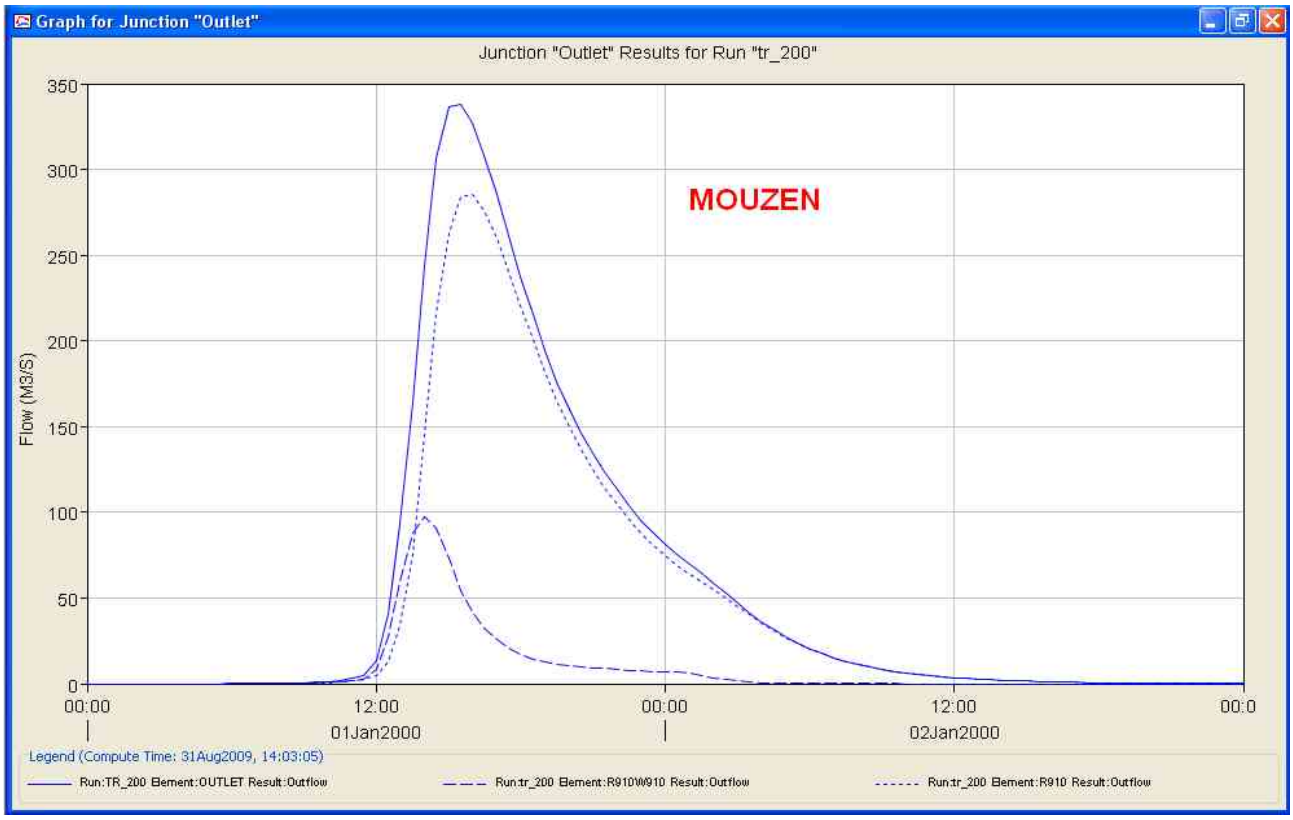



*Fig. 6.5.b - hydrogrammes de crues (Tr 200 ans)*

## *6.6 - Entrée de données*

Une fois mis en place tous les éléments nécessaires est passé à la mise en œuvre de deux calculs du modèle dimensionnel avec l'aide de la Flo-2D logiciel à travers les étapes suivantes:

- définir les caractéristiques des cellules de calcul (hauteur et coeff. Rugosité);
- insérer les conditions au contour (Hydrogramme et définition et cellules d'entrée et de sortie);
- insertion d'éléments de discontinuité (digues, ouvrages hydrauliques, etc.)

# 7 – Modélisation état actuel

Après l'implementation du modèle de calcul à l'état actuel on est passé à la simulation qui a nécessité plusieurs jours de temps de calcul à cause de l'extension du domaine et sa complexité due à la présence de plusieurs discontinuités.

À la fin de la simulation on a obtenu comme resultats l'hauteur d'eau et sa vitesse pour chaque élément et chaque intervalle de temps (1 heure) que la simulation a été poursuivie pendant 40 heures.

D'autres résultats sont les caractèristiques d'écoulement dans les cellules de la sortie du modèle et en correspondance des ouvrages hydrauliques. Sur la base des résultats obtenus par le modèle on est en mesure de reconstituer la carte des zones inondables, voir fig. 7.a, soit pour des intervals de temps différents soit et correspondance au niveau maximum de l'eau.

Les résultats obtenus confirment toutes les criticités qui ont émergé au cours des visites soit comme position que comme la taille.

Le tableau 7.a montre le maximum enregistré au cours de la simulation des lieux considérés comme les plus significatives pour la conception de la nouvelle ligne ferroviaire, voir fig. 7.b pour la position des points.

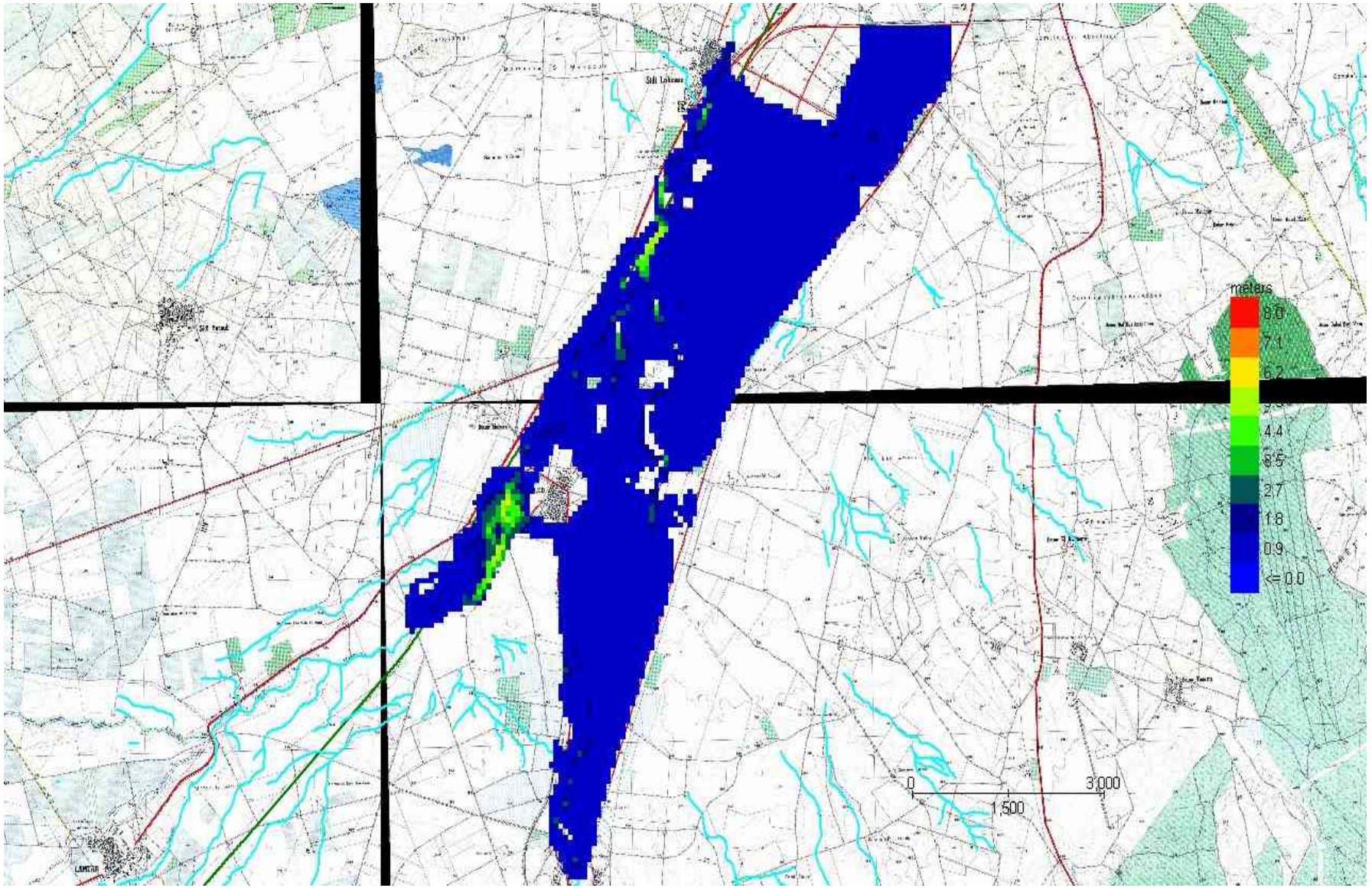



*Fig. 7.1.a – Definitions des zones inondées (vitesse et hauteur d'eau)*

# 8 - Définition des principales caractéristiques ouvrages hydrauliques

Sur la base des caractéristiques des ouvrages hydrauliques le long de la ligne ferroviaire existante et en tenant compte des vues exprimées dans le chapitre 4 qui porte sur les critères de conception à utiliser pour les nouveaux passages d'eau le long de la nouvelle ligne ferroviaire en prenant en considération les éventuelle reconstruction de la ligne Sidi Lachen - Tabia.

Les ouvrages de passage d'eau principaux prévus, qui sont reportés dans le plan en fig. 8.a, sont:

- sur le Oued Mekerra (D) dont le schéma est montré dans la Fig. 8.b;
- sur le Oued Mouzen (A), dont le schéma est montré dans la Fig. 8.c;
- ponceau (B), avec une section de 4 x 4 x 2, sur la ligne Sidi Lachen Tlemcen, fig 8.d;
- ponceau (G), avec une section de 3 x 4 x 2, sur la ligne Sidi Lachen Tlemcen, fig 8.e;
- ponceaux (D), avec une section de 4 x 4 x 3, sur la ligne Sidi Lachen Tlemcen, fig 8.f;
- ponceaux (C), avec une section de 4 x 4 x 2, sur la ligne Sidi Lachen Tabia, fig 8.d.

La necessité de réaliser autres ouvrages mineur serà verifié par la suite pour assurer la transparence du terrassament en projet toujours dans le but de ne pas de modifier les conditions d'inondation se produisant à l'heure actuelle.

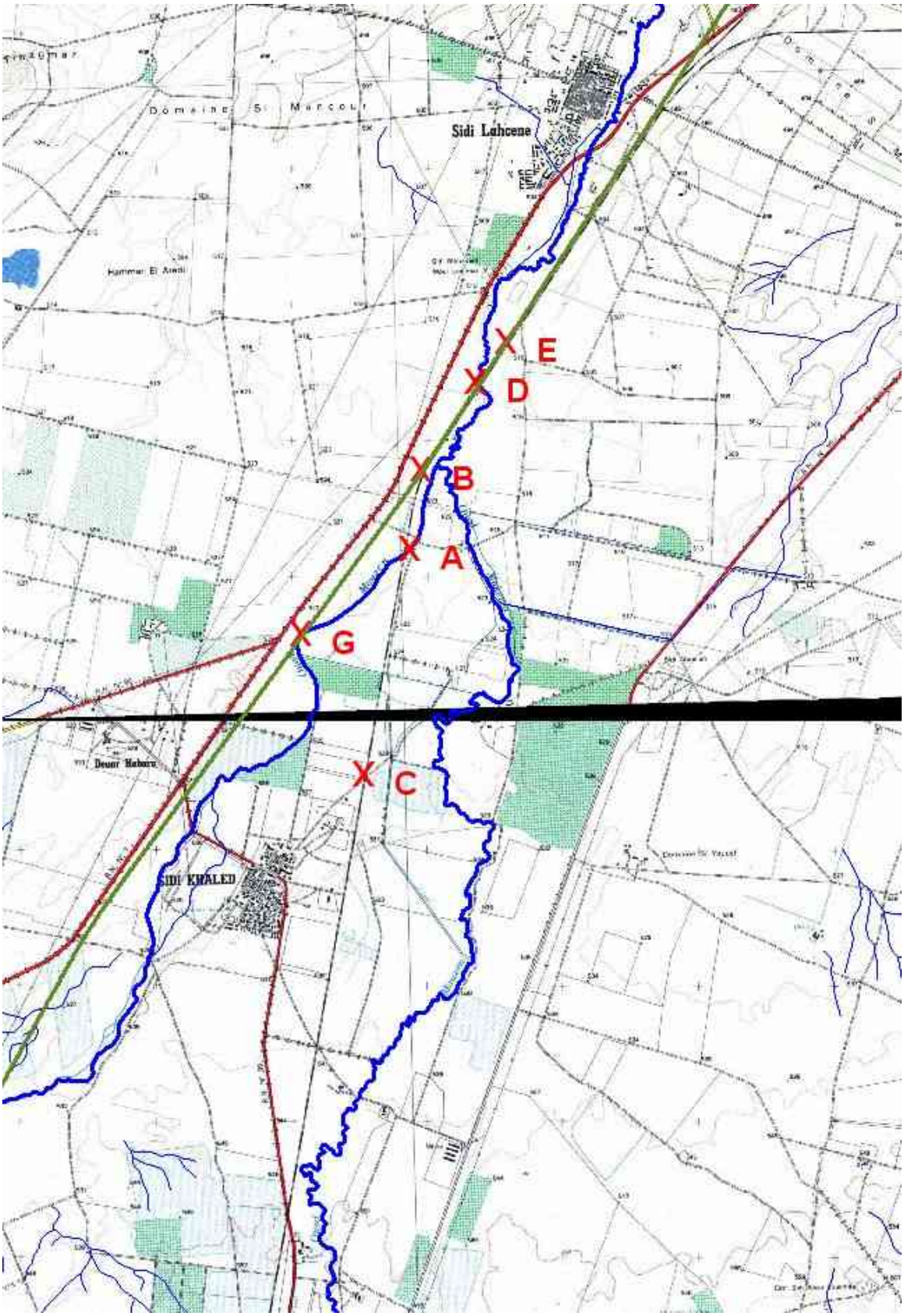



*Fig. 8.a – Ouvrages en projet*

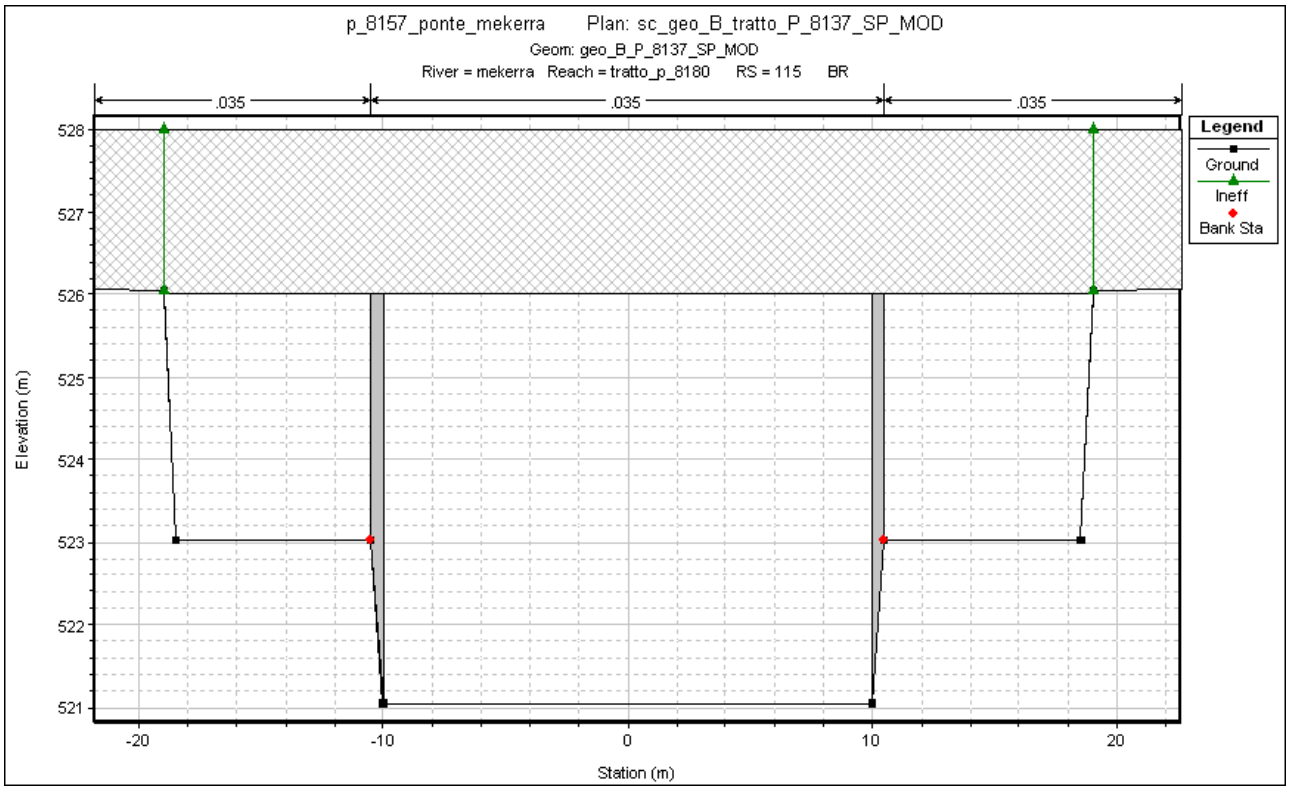



*Fig. 8.2.b – Pont Mouzen (A)*

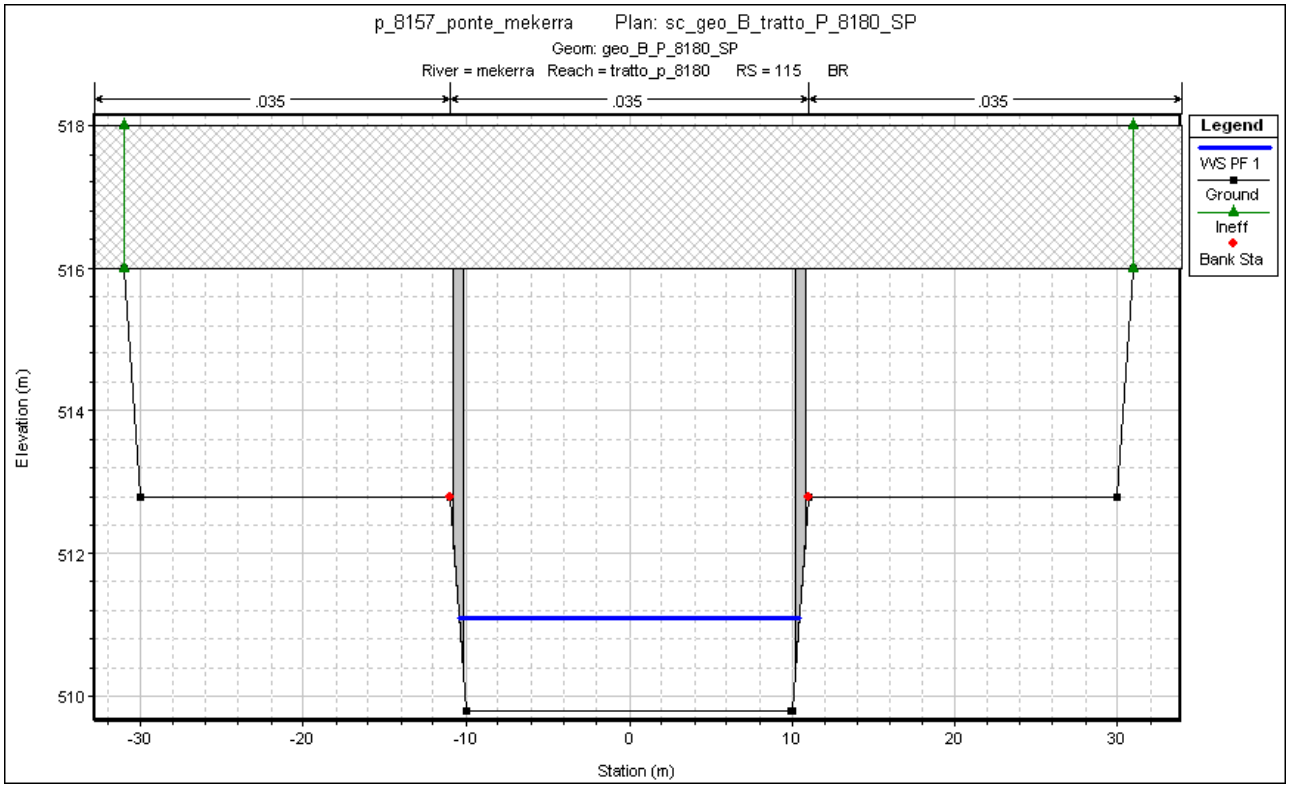



*Fig. 8.2.c – Pont Mekerra (D)*

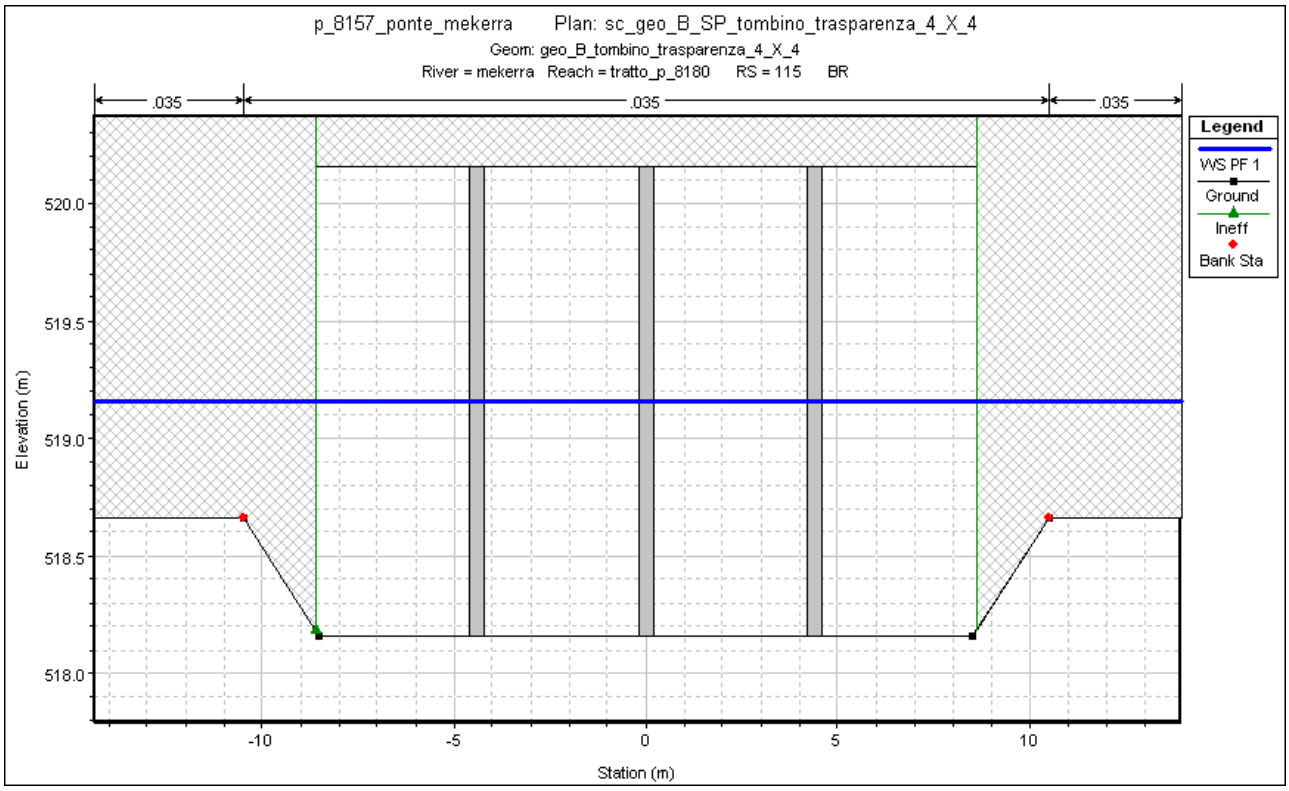



*Fig. 8.d – Ponceau, 4 x (4 x 2) mc*

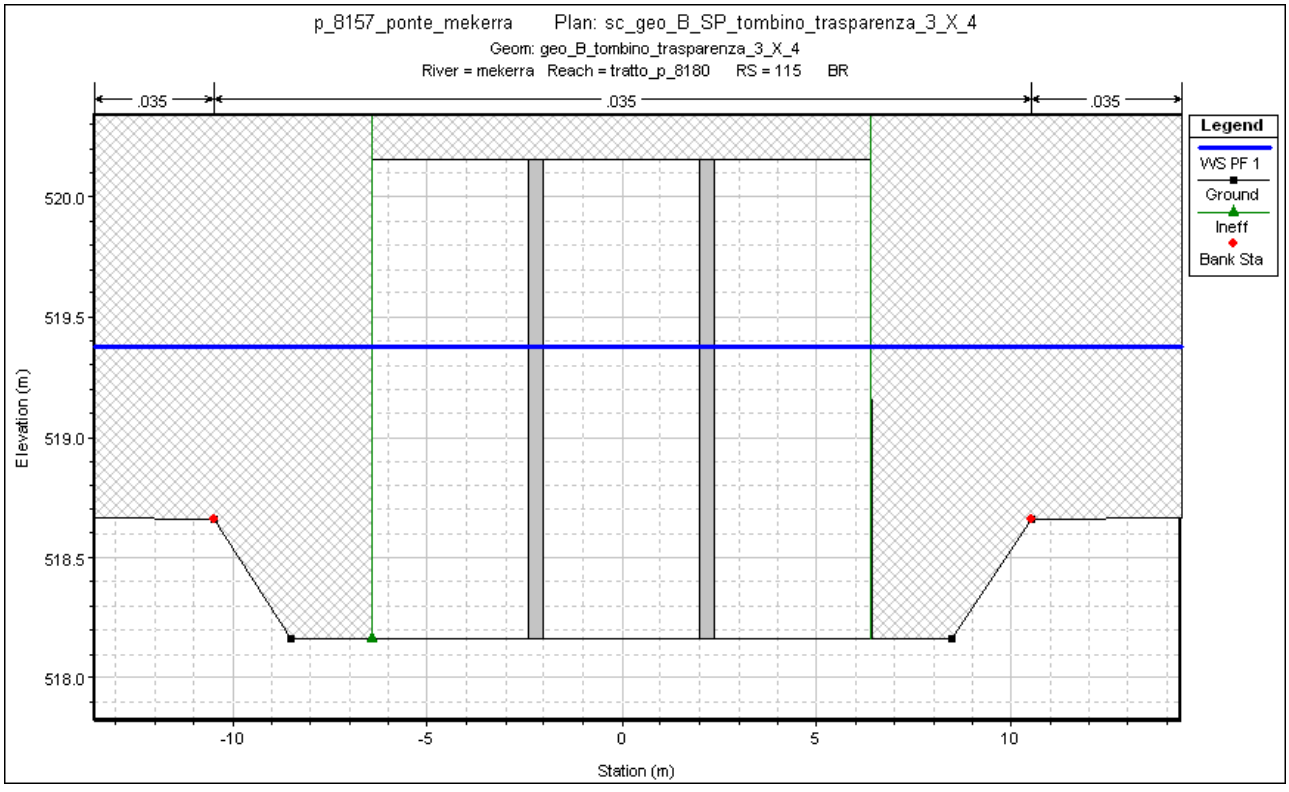



*Fig. 8.e – Ponceau, 3 x (4 x 2) mc*

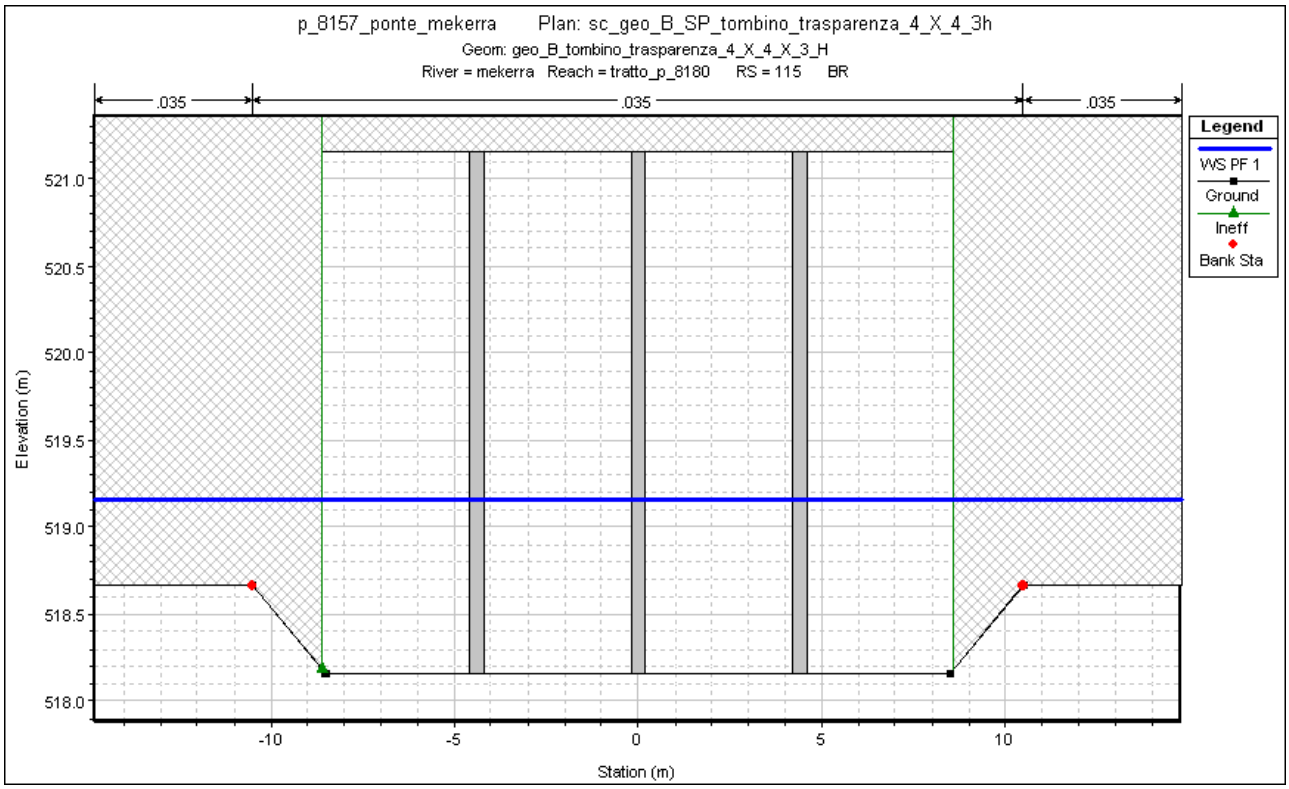



*Fig. 8.f – Ponceau, 4 x (4 x 3) mc*

# 9 - Modélisation état en projet

Le dimensionnement des passages d'eau a permis la finalisation du modèle de calcul pour la simulation du projet. L'état de projet est essentiellement similaire à la situation actuelle la seule différence étant que la ligne de chemin de fer a été soulevée pour garantir votre sécurité en cas d'inondations dans les zones environs.

Sur la base des résultats obtenus par le modèle on est en mesure de reconstituer la carte des zones inondables, voir fig. 9.a, soit pour des intervals de temps différents soit et correspondance au niveau maximum de l'eau. Le tableau 9.a montre le maximum enregistré au cours de la simulation des lieux considérés comme les plus significatives pour la conception de la nouvelle ligne ferroviaire, voir fig. 9.b pour la position des points.

La simulation de l'état du projet a confirmé le choix de la taille des nouveaux passages d'eau à réaliser sur le nouveau tracé de la ligne ferroviaire. Les différences qui existent dans la niveau d'eau maximum calculée dans les points de majeur intérêt entre la simulation du projet et l'état actuel est en general inférieur à quelques dizaines de centimètres, et en tout cas les differences rentrent dans la précision globale de la procédure de calcul utilisée.

Bien que les caractéristiques générales des inondations entre la situation actuelle et le projet sont essentiellement inchangés, au niveau local dans les zones près du chemin de fer et des passages d'eau on peut remarquer des differences de niveau plus importante entre l'état actuel et celui de projet.  Se fait est due principalement au fait que on doit garantir le nouveau chemin de fer contre les inondations ey donc empecher que le terrassament soit debordè par l'eau.