

Projet de gestion intégrée des ressources en eau et de
développement des usages multiples dans le bassin du
fleuve Sénégal 2^{ème} Phase - PGIRE II

Etudes de réparation et de consolidation des
endiguements en rive droite et rive gauche du fleuve
Sénégal de Diama à Rosso

Diagnostic physique des ouvrages rive droite



WAMMJ048BTF

Juillet 2018

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
Provisoire	../07/2018	P. Cailluet / P. Chevrier / D. Chod / C. Lescoulier / LP Ribes	S. Laborde
Définitive	24/07/2018	P. Cailluet / P. Chevrier / D. Chod / C. Lescoulier / LP Ribes	S. Laborde

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Anta SECK	OMVS	30/07/18
Ibrahima DIALLO	OMVS	30/07/18

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Table des matières

1.	Contexte et objet de l'étude	7
1.1	Contexte général	7
1.2	Objet de l'étude	8
2.	Collecte bibliographique	11
3.	Présentation des ouvrages ou partie d'ouvrages à étudier	12
3.1	Préambule.....	12
3.2	Le barrage de Diama	12
3.3	Les endiguements du fleuve Sénégal de Diama à Rosso.....	13
3.3.1	L'endiguement rive droite et les ouvrages hydrauliques associés.....	14
3.3.2	L'endiguement rive gauche et les ouvrages hydrauliques associés	17
4.	Méthodologie des investigations de terrain et du diagnostic	18
4.1	Digues	18
4.1.1	Inspections visuelles.....	18
4.1.2	Travaux topographiques	19
4.1.3	Reconnaitances géophysiques et géotechniques	20
4.1.4	Méthodologie du diagnostic	21
4.2	Ouvrages hydrauliques.....	22
4.2.1	Travaux d'entretien et de réhabilitation.....	22
4.2.2	Travaux topographiques	22
4.2.3	Génie Civil	22
4.2.4	Equipements hydromécaniques	23
4.3	Remblais contigus aux culées du barrage de Diama.....	23
5.	Résultats du diagnostic	24
5.1	Digues	24
5.1.1	Digue de bouchure	24
5.1.1.1	Inspection visuelle.....	24
5.1.1.2	Topographie	24
5.1.2	Digue de fermeture	25
5.1.2.1	Inspection visuelle.....	25
5.1.2.2	Topographie	26
5.1.3	Piste de liaison.....	26
5.1.4	Digue de Bell	27

	5.1.4.1	Inspection visuelle.....	27
	5.1.4.2	Topographie	28
5.1.5		Digue principale	28
	5.1.5.1	Inspection visuelle.....	28
	5.1.5.2	Topographie	36
5.1.6		Synthèse du diagnostic des digues.....	38
5.2		Génie civil des ouvrages hydrauliques.....	39
5.2.1		Description des ouvrages	39
	5.2.1.1	Les ouvrages de type cadre fermé.....	39
	5.2.1.2	L'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli.	42
5.2.2		Constatations faites lors de la visite des ouvrages	44
	5.2.2.1	Bell 1, Bell 2, Lemer et Cheyal	44
	5.2.2.2	Aftout-Es-Sahéli	44
	5.2.2.3	Dioup.....	46
	5.2.2.4	Dalagona, Ibrahima et Gouère	47
5.2.3		Diagnostic du génie civil.....	48
5.3		Les équipements hydro-mécaniques.....	49
5.3.1		Description des équipements.....	49
	5.3.1.1	Les vannes murales.....	49
	5.3.1.2	Les vannes segments d'Aftout-Es-Sahéli	50
5.3.2		Constatations faites lors de la visite des ouvrages	51
	5.3.2.1	Bell 1 et Bell 2.....	51
	5.3.2.2	Lemer	52
	5.3.2.3	Cheyal	53
	5.3.2.4	Aftout-Es-Sahéli	53
	5.3.2.5	Dioup.....	54
	5.3.2.6	Dalagona.....	54
	5.3.2.7	Ibrahima	55
	5.3.2.8	Gouère	55
5.3.3		Diagnostic des équipements hydro-mécaniques.....	56
	5.3.3.1	Les crics	56
	5.3.3.2	La boulonnerie	56
	5.3.3.3	Les crémaillères.....	57
	5.3.3.4	Les axes d'arrêt.....	57
	5.3.3.5	Potences et poutres frontales	57
	5.3.3.6	Les joints	57
	5.3.3.7	Les pelles.....	57
	5.3.3.8	Éléments de guidage	57
	5.3.3.9	Les barrières de sécurité	58
	5.3.3.10	Reniflards	58
5.4		Remblais contigus aux culées du barrage de Diama.....	58

6. Propositions concernant les scénarii d'étude de réhabilitation des digues	60
---	-----------

Liste des annexes

Annexe 1 : Bibliographie

Annexe 2 : Inspection des ouvrages hydrauliques et de leurs équipements hydro-mécaniques – Reportage photographique

Annexe 3 : Etude de l'évolution du profil en long des digues entre leur construction et l'état actuel

Liste des figures

Figure 1 – Vue d'ensemble du barrage de Diama	13
Figure 2 – Plan de situation général des endiguements rive droite et rive gauche	13
Figure 3 – Plan de situation des endiguements rive droite	14
Figure 4: Localisation de la digue principale	28
Figure 5: Revêtement des pistes en crête de digue	29
Figure 6: Localisation des zones de fontis en rive droite	32
Figure 7: Etude de l'évolution du profil en long de la crête de digue entre sa construction et février 2018.....	37
Figure 8: Localisation des désordres identifiées sur la culée rive droite du barrage	59

Liste des tableaux

Tableau 1 – Caractéristiques géométriques de référence des digues de la rive droite	15
Tableau 2 – Ouvrages hydrauliques de la rive droite	16
Tableau 3 – Principales caractéristiques géométriques des ouvrages hydrauliques, excepté celui d'AFTOUT-ES-SAHÉLI	41
Tableau 4 – Principales caractéristiques des vannes	51

Acronymes et abréviations

APS	Avant-Projet Sommaire
APD	Avant-Projet Détaillé
CDA	Centre de Documentation et d'Archives
DAO	Dossier d'Appel d'Offres
EIES	Etude d'Impact Environnemental et Social
IDA	Association Internationale de Développement
MCA	Millenium Challenge Account
OMVS	Office de Mise en Valeur du fleuve Sénégal
PGES	Plan de Gestion Environnemental et Social
PND	Parc National du Diawling
PSSSES	Plan de Surveillance et de Suivi Environnemental et Social
SOGED	Société de Gestion et d'Exploitation de Diama
TdRs	Termes de Références

1. Contexte et objet de l'étude

1.1 Contexte général

Le Mali, la Mauritanie et le Sénégal ont créés en 1972, pour permettre le développement intégré des ressources en eau du bassin du fleuve Sénégal, l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) qui a pour missions :

- de sécuriser et d'accroître les revenus des habitants du bassin du fleuve Sénégal et des zones avoisinantes,
- de sauvegarder le milieu naturel et inciter à l'établissement de l'équilibre écologique,
- de rendre les économies des Etats membres moins vulnérables aux conditions climatiques et aux facteurs extérieurs,
- d'accélérer le développement économique par la promotion intensive de la coopération sous-régionale.

Pour atteindre ses objectifs, l'OMVS a défini un Programme d'Infrastructures Régionale devant permettre à moyen terme la maîtrise et l'exploitation rationnelle des ressources en eau du fleuve Sénégal. Ce programme est constitué de :

- la construction du barrage (travaux terminés en mars 1988) et de la centrale hydroélectrique de Manantali sur le fleuve Bafing ainsi que les lignes électriques associés (travaux achevés en 2002),
- la construction du barrage de Diama sur le fleuve Sénégal, (travaux terminés en août 1986),
- l'aménagement du fleuve Sénégal en voie navigable pérenne de St Louis à Ambidédi, la construction d'infrastructures portuaires, la construction d'une liaison routière bituminée de Ambidédi à Kayes et la construction du pont sur le fleuve Sénégal à Kayes,
- la construction, associée au barrage de Diama, des endiguements latéraux du fleuve Sénégal de Diama à Rosso, en rive droite et en rive gauche, permettant la fermeture de la retenue de Diama, la protection contre les inondations et l'alimentation gravitaire des marigots du Delta. Les travaux de construction de l'endiguement rive droite ont été réalisés en deux tranches de 1989 à 1995. Ancienne digue existante, l'endiguement rive gauche Diama-Rosso a été réhabilitée en deux tranches de travaux de 1993 à 1995.

Le barrage et les digues de Diama à Rosso délimitent une retenue d'eau d'une capacité d'accumulation de 250 millions de m³, à la cote +1,50 m IGN, et 585 millions de m³, à la cote +2,50 m IGN. La retenue se développe, en saison sèche, sur le bief de Diama à Boghé, sur près de 380 km. Elle est alimentée en permanence par les apports amont, en particulier en saison sèche, constitués par les eaux turbinées au barrage hydroélectrique de Manantali pour la production d'électricité et restituées à l'aval.

En résumé, le barrage de Diama et les endiguements en rive droite et rive gauche du fleuve Sénégal de Diama à Rosso ont pour objectifs, au moyen de la retenue d'eau :

- d'empêcher, en périodes d'étiage, la remontée des eaux salées dans le delta et la basse vallée du fleuve Sénégal,
- de fournir, en combinaison avec le barrage de Manantali, l'eau pour l'irrigation de 120 000 hectares, en mode intensif, dans sa zone d'influence (de Diama à Boghé),

- de fournir l'eau pour l'approvisionnement des centres urbains et ruraux,
- d'améliorer les conditions de remplissage des lacs et des dépressions liés au fleuve Sénégal, notamment le lac de Guiers, le lac de R'kiz, la dépression de l'Aftout-Es-Sahel, le Parc du Djoudj, le Parc National du Diawling, les défluent en rive droite et en rive gauche,
- de réduire les hauteurs de pompage dans la zone d'influence de la retenue,
- d'assurer la continuité de la navigation et du transport sur le fleuve Sénégal entre les biefs amont et aval du barrage de Diama,
- protéger le delta sur les deux rives contre les inondations,
- contrôler et améliorer les conditions de remplissage et de vidange des systèmes hydrauliques (marigots, lacs, dépressions, etc..) du delta, alimentés par la retenue de Diama,
- servir de piste de circulation en saison sèche sur les tronçons situés dans les zones de franchissement des marigots.

Le maintien en bon état de conservation et de fonctionnement des digues du fleuve Sénégal entre Diama et Rosso ainsi que des ouvrages hydrauliques qui y sont incorporés (prise d'eau pour l'irrigation, pour l'AEP ou pour la conservation de la biodiversité) est donc essentiel.

Au titre de sa mission principale, la SOGED, organisme inter-étatique créée en 1997 par les états membres de l'OMVS, est chargée de l'exploitation, l'entretien et le renouvellement du barrage de Diama, de l'ouvrage de prise de l'Aftout Es Sahel, des endiguements du fleuve Sénégal et de leurs ouvrages connexes ainsi que de la conception, la construction et le financement de nouveaux programmes de l'OMVS que celle-ci décidera de lui confier dans le cadre du développement de la vallée, à l'exclusion de ceux consacrés à la production hydroélectrique.

1.2 Objet de l'étude

Les endiguements de Diama à Rosso, aujourd'hui âgés de plus de vingt ans, ont subi des détériorations assez importantes sous l'action combinée de plusieurs facteurs, notamment les ruissellements et les stagnations des eaux de pluie, les attaques des pieds et talus de digues par les eaux de la retenue et d'épandage de la crue, la circulation de véhicules automobiles sur les digues en périodes d'hivernage.

Les détériorations de digue se manifestent sous diverses formes, principalement :

- des ravinements en talus et en crête de digues ;
- des trous et des fissurations des digues ;
- des ornières longitudinales, souvent assez profondes, en crête de digue ;
- des éboulements et des affaissements des talus de digue.

Au niveau des ouvrages hydrauliques (prise d'eau pour l'irrigation, pour l'AEP et pour le maintien de la biodiversité), les dégradations sont constituées essentiellement par :

- des épaufures superficielles des structures en béton ;
- des évidements et des effondrements des protections en enrochement des entonnements d'entrée et de sortie des ouvrages ;
- des détériorations des vannes (corrosions des pelles, défauts de joints, flambage des crémaillères, etc.

Ces désordres sont accélérés et amplifiés par, d'une part, le fait de l'inexistence de dispositifs de protection spécifique pour les parties d'ouvrages les plus exposées, notamment les parements, talus et pieds de digue et, d'autre part, l'utilisation abusive de l'endiguement rive droite, comme axe routier, en périodes d'hivernage, le franchissement des digues par le bétail.

Les opérations d'entretien réalisées périodiquement par la SOGED, traitements de crête de digue par surfacage, comblements et bouchages de trous, reprofilage de talus érodés, graissage, remise en peinture et petites réparations des équipements de vantellerie, ont pour objectif de corriger, ou tout au moins d'atténuer, les dégradations locales d'origines diverses au fur et à mesure de leur apparition.

Malgré ces opérations d'entretien, les dégradations ont atteint une telle ampleur que la réparation des endiguements et de leurs ouvrages hydrauliques associés est devenu une nécessité, revêtant même un caractère d'urgence au risque d'entraîner à brève échéance des ruptures par endroits des endiguements.

Des études en ce sens ont déjà été réalisées en 2006/2007 par la société BRLi¹, et plus récemment en 2014², ayant pour but, d'une part, la détermination de la nature, de la consistance, des volumes, des coûts estimatifs et des durée de réalisation des différents travaux devant constituer les opérations de réparation et de consolidation des endiguements et des ouvrages associés de Diama à Rosso, et d'autre part, l'établissement des dossiers d'appel d'offres pour l'exécution desdits travaux.

Ces études n'ont pas été accompagnées des travaux qu'elles préconisaient, à l'exception des travaux de réhabilitation de la digue de Bell et des ouvrages hydrauliques du PND, **ce qui nécessite aujourd'hui de les actualiser dans le cadre de la présente étude.**

A ce titre, l'OMVS a obtenu des Fonds de l'Association Internationale de Développement (IDA) en vue de financer le coût de l'Etude de réparation et de consolidation des endiguements du fleuve Sénégal de Diama à Rosso.

Après mise en concurrence de plusieurs Consultants, l'OMVS a notifié à la société EGIS, en date du 27/11/2017, le contrat relatif à l'étude de réparation et de consolidation des endiguements du fleuve Sénégal de Diama à Rosso.

L'objectif de la présente étude sera donc de fournir à l'OMVS les bases d'un programme de restauration et de confortation de l'endiguement du fleuve Sénégal de Diama à Rosso, en vue de sécuriser durablement la satisfaction des besoins en eau des différents secteurs de développement socio-économique dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal, dont notamment : l'agriculture irriguée, le développement agroindustriel, le développement des petites et moyennes entreprises et industries [PMI et PME], l'approvisionnement en eau urbaine et rurale, le développement pastoral, la navigation et le transport fluvial, la restauration et protection de l'environnement, etc.

Cette étude permettra ainsi de préciser l'ensemble des éléments de définition, de qualification, d'estimation des coûts et de programmation des délais des travaux de réparation, de renforcement ou de consolidation des endiguements existants du fleuve Sénégal en rive droite et en rive gauche de Diama à Rosso.

¹ Etude de réparation et de consolidation des endiguements du fleuve Sénégal de Diama à Rosso - BRLi 2006/2007

² Réhabilitation des digues et ouvrages hydrauliques du PND – Groupement Inros Lackner, AHT, IRC

Cette étude s'articulera autour des deux phases suivantes :

- **Phase 1** : Diagnostic de l'état actuel des ouvrages et élaboration d'options de réparation et de renforcement et consolidation des ouvrages. Cette phase étant elle-même décomposée en cinq sous-tâches :
 - Etat des lieux technique et diagnostic physique des ouvrages ;
 - Etudes géophysiques et géotechniques ;
 - Etudes topographiques ;
 - Etat des lieux environnemental et social ;
 - APS des propositions de variantes d'aménagements.
- **Phase 2** : Elaboration de l'avant-projet détaillé (APD) et des dossiers d'appels d'offres (DAO). Cette phase étant elle-même décomposée en trois sous-tâches :
 - Etudes environnementales et sociales réglementaires (EIES, PGES, PSSSES),
 - Etude d'APD de la variante retenue,
 - DAO de la variante retenue.

Le **présent rapport** est le livrable intitulé « **Diagnostic physique des ouvrages rive droite** » correspondant à la **Phase 1**.

2. Collecte bibliographique

La liste des documents remis par l'OMVS/SOGED ainsi que la liste des documents consultés au Centre de Documentation et d'Archives (DCA) de St Louis figurent en **Annexe 1**.

Les documents remis par l'OMVS/SOGED sont sous forme numérique tandis que les documents consultés au CDA sont sous forme papier.

Parmi les plus récents, figurent notamment les études BRLi de 2006/2007 que la présente étude doit actualiser.

Il est à noter que :

- les versions numériques des études diagnostic de l'étude BRLi et de l'étude d'APD de la route Rosso - Diama sont incomplètes. Pour cette dernière étude, **il y manque** l'Annexe 2 relative à la Topographie et aux **coordonnées des polygonales de base**,
- les versions papiers des études diagnostic de l'étude BRLi consultables au CDA sont complètes,
- tous les plans relatifs aux études BRLi sont uniquement consultables en version papier au CDA. Ces plans contiennent notamment les **dessins côtés de tous les ouvrages traversant des digues** rive droite et rive gauche.

3. Présentation des ouvrages ou partie d'ouvrages à étudier

L'aménagement hydraulique dénommé "Barrage de Diama" est **un ensemble d'ouvrages** comprenant :

- le barrage proprement-dit ;
- les endiguements en rive droite et rive gauche du fleuve Sénégal de Diama à Rosso ainsi que les ouvrages hydrauliques associés, destinés au maintien des fonctions écologiques des parcs du Djoudj et du Diawling, à la réalimentation des marigots, à l'épandage des crues, à l'alimentation en eau potable de centres urbains et ruraux et à l'irrigation.

3.1 Préambule

Il a été acté, lorsque la progression de l'ouvrage est continue par rapport au barrage de Diama (digue de bouchure, digue de fermeture, digue principale et ouvrages traversant) que le repérage des ouvrages se ferait par rapport au PK0 situé au milieu de la vanne centrale du barrage de Diama.

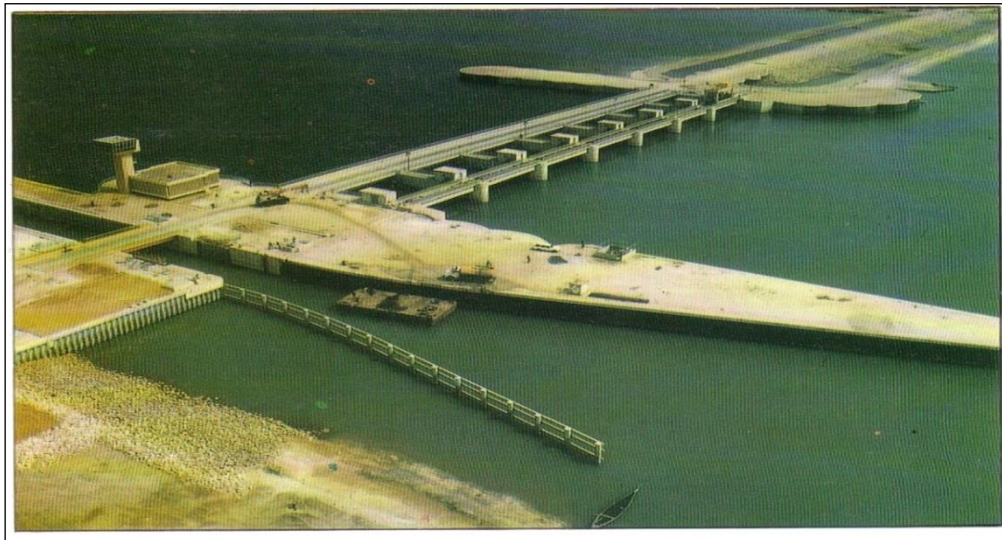
Ce système de comptage permet ainsi d'être en cohérence avec les panneaux de l'OMVS implantés au droit des ouvrages et qui indiquent à la fois le nom de l'ouvrage et son PK.

Seule la digue de Bell et les ouvrages hydrauliques associés auront leur propre PK dédié.

3.2 Le barrage de Diama

Construit sur le fleuve Sénégal, dans le delta à environ 23 km en amont de Saint-Louis, le barrage de Diama (voir vue d'ensemble page suivante) a été mis en service en Août 1986. Il est constitué de:

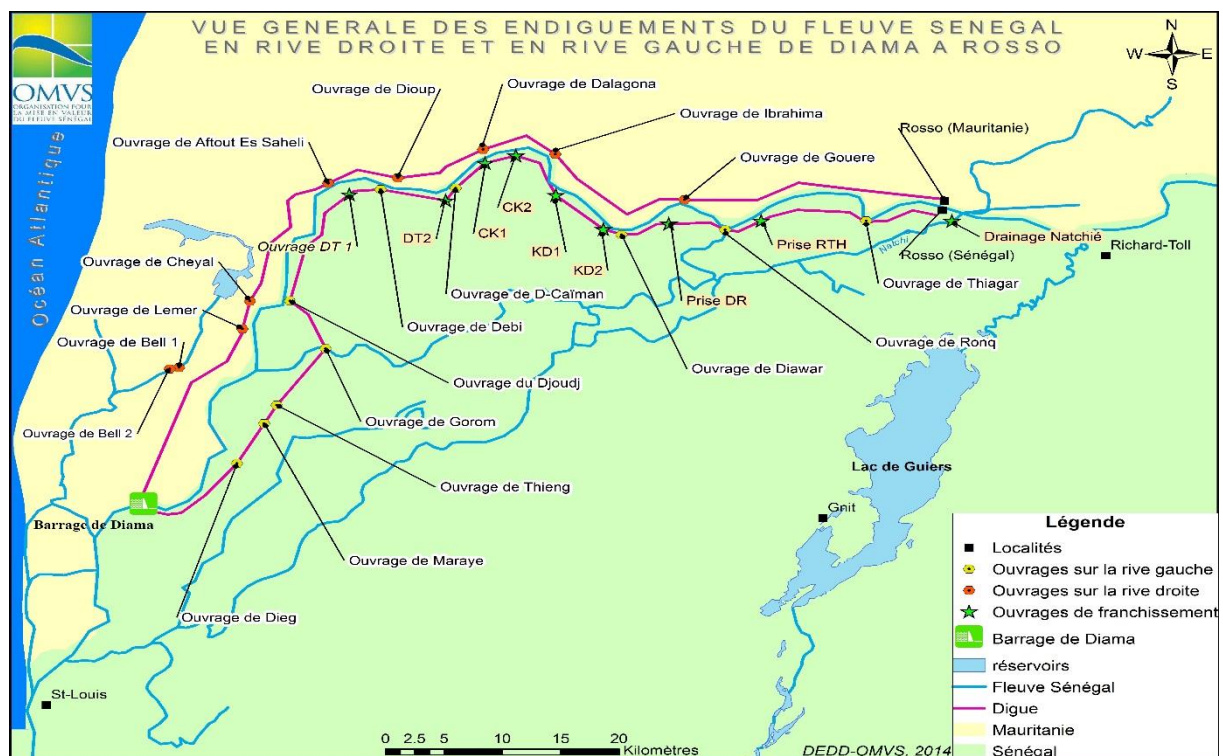
- un évacuateur des crues d'une capacité d'évacuation de 6 500 m³/s et comportant sept (7) passes d'évacuation, équipées de vannes segment de 20 mètres x 11,5 mètres, et supportant un (1) pont routier à deux voies reliant les 2 rives du fleuve Sénégal ;
- une écluse de navigation de 13 m x 175 m équipée de deux (2) portes busquées (amont et aval), et d'un (1) pont basculant de 13 m de portée
- une digue de bouchure du lit mineur du fleuve Sénégal de 440 m de longueur, supportant la route de traversée du barrage et revêtue, sur sa crête, d'une couche de bitume.
- deux plates formes en rive droite et en rive gauche et deux culées en rive droite et en rive gauche, supportant la route de traversée du barrage,
- deux digues de fermeture du majeur du fleuve Sénégal prolongeant les ouvrages jusqu'au Tound Birette en rive droite et au Tound N'Guinor en rive Gauche.

Figure 1 – Vue d'ensemble du barrage de Diama


Dans le cadre de la présente étude, et conformément aux TdRs, **seuls les remblais contigus aux culées du barrage de Diama** feront l'objet d'un diagnostic et de propositions éventuelles de réparation/confortement.

3.3 Les endiguements du fleuve Sénégal de Diama à Rosso

Deux endiguements, en rive droite et rive gauche du fleuve Sénégal depuis Diama jusqu'à Rosso, sont annexés au Barrage (voir figure ci-après).

Figure 2 – Plan de situation général des endiguements rive droite et rive gauche


3.3.1 L'endiguement rive droite et les ouvrages hydrauliques associés

L'endiguement rive droite de Diama à Rosso comprend :

- La digue principale sur une longueur continue de 76,5 km, entre le carrefour de Bouhajra (extrémité Ouest de la digue) et la digue dite chinoise (extrémité Est de la digue) ;
- la digue de Bell qui est une bretelle de 6 km de longueur entre le carrefour de Bouhajra et la dune de Birette au Nord ;
- La digue de fermeture rive droite ;
- La digue de bouchure ;
- une piste de liaison de 9 km environ entre le carrefour de Bouhajra et l'extrémité Nord de la digue de fermeture rive droite du barrage de Diama ;
- sept (7) ouvrages de réalimentation de marigots et d'épandage des crues du fleuve Sénégal (Gouère, Ibrahima, Dalagona, Dioup, Aftout-Es-Sahel, Cheyal et Lemer) qui sont incorporés dans la digue principale ;
- deux (2) ouvrages de prise d'eau (Bell I et Bell II) qui sont incorporés dans la digue bretelle du Bell.

Figure 3 – Plan de situation des endiguements rive droite



L'endiguement principal est constitué d'un remblai de terre compactée à profil trapézoïdal. Ses caractéristiques géométriques de référence sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 1 – Caractéristiques géométriques de référence des digues de la rive droite

Nom de la digue	Réf. du plan conforme à l'exécution(*)	Côte de crête (m IGN)	Largeur crête (m)	Pente des talus	
				Côté fleuve	Côté terre
Digue principale	RAZEL n°305/113 à 305/119 du 27/07/91	3.04 à 4.51	6	3H/1V	2H/1V
Digue de Bell	GTM n°G142301A du 04/07/86	1.74	6	3H/1V	3H/1V
Digue de fermeture	RAZEL n°841-21-23A du 30/11/95	3.74	6	3H/1V	3H/1V
Digue de bouchure	GTM n°G314304D du 04/07/86	3.74	6	3H/1V	Risberme sup. 3H/1V Risberme inf. 5H/1V

(*) Les côtes indiquées sur ces plans sont en m NGS. La correspondance³ entre les référentiels NGS et IGN est la suivante : Cote NGS = cote IGN + 26 centimètres

Les travaux de construction de l'endiguement rive droite de Diama à Rosso ont été réalisés en deux tranches : de 1989 à 1992 pour la première tranche (endiguement, ouvrages hydrauliques de Gouère, Dioup, Lemer et Bell I) et de 1994 à 1995 pour la seconde tranche (ouvrages de Ibrahima, Dalagona, Cheyal et Bell II).






Une piste de circulation de véhicules automobiles, aménagée en pieds de talus, longe la digue sur une distance de 45 kilomètres entre l'ouvrage de Ndioup et l'extrémité-est de la digue (hors zones de franchissement des marigots et des dépressions d'accumulation d'eau).

Dans le cadre de la présente étude, et comme précisé dans l'addendum à notre méthodologie annexée au contrat, **les pistes en pied de digue ne font pas partie des ouvrages à étudier.**

La localisation des ouvrages de prise d'eau sous les digues (PK comptés à partir du PK0 à partir du milieu de la vanne centrale du barrage de Diama) ainsi que le nombre de passes et les dimensions des vannes de ces ouvrages sont indiqués dans le tableau ci-après.

³ Etude de réparation et de consolidation des endiguements du fleuve Sénégal de Diama à Rosso BRLi 2006/2007

Tableau 2 – Ouvrages hydrauliques de la rive droite

Ouvrages	PK comptés à partir du PK0 du barrage	Vannes		Vocation principale / Exploitant	Photos
		Nbre	m x m		
Bell I	15+161	1	1,90 x 1,65	Environnement & Faune / Parc National du Diawling	
Bell II	15+228	3	1,90 x 1,65	Environnement & Faune / Parc National du Diawling	
Lemer	22+615	3	1,90 x 1,65	Environnement & Faune / Parc National du Diawling	
Cheyal	25+609	4	1,90 x 1,65	Environnement & Faune / Parc National du Diawling	
Aftout Es Saheli	40+122	4	6,00 x 2,00	Irrigation et AEP / SONADER (3 vannes) et SNDE (1 vanne)	

Ouvrages	PK comptés à partir du PK0 du barrage	Vannes		Vocation principale / Exploitant	Photos
		Nbre	m x m		
Ndioup	46+262	1	1,90 x 1,50	Irrigation / SONADER	
Dalagona	54+553	4	1,90 x 1,65	Irrigation et Faune / SONADER	
Ibrahima	61+232	2	1,90 x 1,65	Irrigation / SONADER	
Gouère	75+524	2	1,90 x 1,65	Irrigation / SONADER	

Les **ouvrages de Lemer, Cheyal, Bell I et Bell II**, dédiés à la gestion de l'eau à l'intérieur de la zone du Parc National du Diawling, ont été **réhabilités en 2015**, dans le cadre du Projet «Gestion durable des aires protégées côtières et marines en Mauritanie, construction et réhabilitation des infrastructures du Parc National du Diawling », sur financement de la coopération entre la République Fédérale d'Allemagne et la Mauritanie.

3.3.2 L'endiguement rive gauche et les ouvrages hydrauliques associés

A la demande de l'OMVS/SOGED, cet endiguement fait l'objet d'un rapport séparé intitulé « **Diagnostic physique des ouvrages gauche** » correspondant à la **Phase 1**.

4. Méthodologie des investigations de terrain et du diagnostic

4.1 Digues

4.1.1 Inspections visuelles

Lors des inspections, une attention particulière a été portée :

- À la présence de fissures parallèles ou transversales à la ligne de crête des talus ou sur le talus proprement dit ;
- À tout affaissement de la ligne de crête des talus ;
- À l'émergence de débit de percolation au pied d'un talus. Ceci serait révélé par l'humidité de la surface, par une concentration locale de végétation ou par une érosion régressive de la surface du talus ;
- Aux traces d'affouillement côté fleuve ;
- À d'éventuels fontis, au droit des ouvrages traversant, pouvant révéler des circulations d'eau interne à travers la digue.
- A l'état des couches de roulement des pistes en crête de digue,

L'apparition de l'un de ces signes avertisseurs est une indication très marquée de l'instabilité ou du risque de rupture à terme du talus.

4.1.2 Travaux topographiques

Conformément à l'étude BRLi de 2006/2007, la borne de référence qui a été utilisée pour le calage de la polygonale de base est celle qui sert au contrôle topographique annuel du barrage de Diama, c'est-à-dire la broche scellée (repère Rn) sur le mur du bâtiment ateliers du barrage de DIAMA (photo ci-contre) dont **l'altitude est à la cote 3.963 m IGN.**

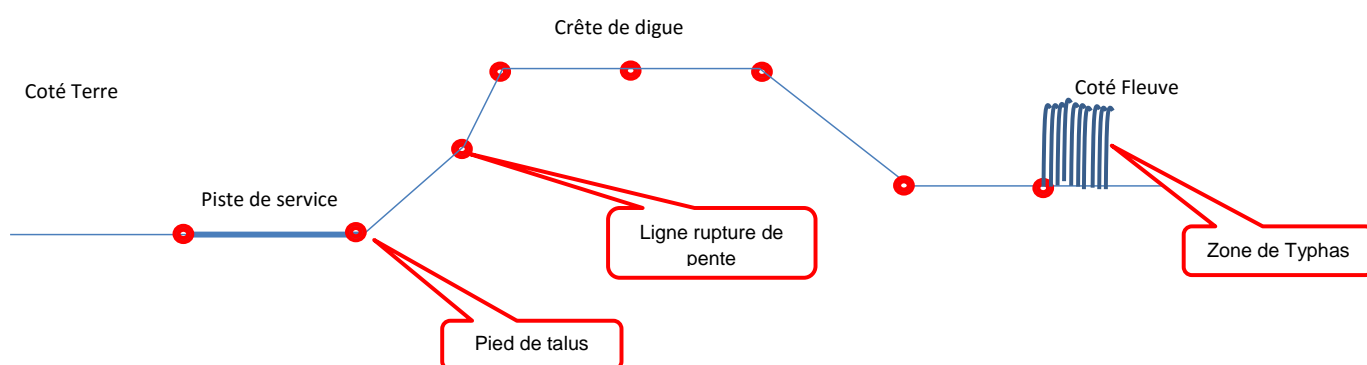


A la demande de l'OMVS/SOGED, les levés topographiques font l'objet d'un rapport séparé intitulé « **Etude topographique des ouvrages rive gauche** » correspondant à la Phase 1.

Les travaux topographiques ont porté à la fois sur les digues et la piste de liaison mentionnées au chapitre 3.3.1. Ces travaux ont consisté à :

- Réaliser une polygonale de base à partir de la borne de référence citée ci-avant ;
- Réaliser un profil en travers de la digue et des routes/pistes de liaison tous les 50 m dans les sections rectilignes et homogènes avec un resserrement des profils tous les 25 m dans les sections courbes ou non homogènes. Sur la crête, 3 points ont été levés : un au centre et les deux autres à la ligne de rupture de pente avec les talus. Tous les points de ligne de rupture de pente ainsi que l'emprise des pistes de circulation en pied de digue ont été levés. Dans les zones d'habitations, les profils ont été levés jusqu'au bâti. Les profils ont été réalisés de l'aval (barrage de Diama) vers l'amont avec une progression continue des PK depuis le PK0 du barrage de Diama (milieu de la vanne centrale du barrage). Seule la digue de Bell a son propre PK dédié ;

● Points à lever



- relever les points caractéristiques ou singularités dans l'emprise du levé : zones végétalisées (début et fin), poteaux électriques, façades d'habitations, réseaux,...

Tous les points de nivellement ont été repérés en X, Y, Z et ont été rattachés au référencement IGN.

4.1.3 Reconnaissances géophysiques et géotechniques

Géophysique

L'étude a été réalisée en 2 étapes en combinant différentes méthodes géophysiques :

- Auscultation des digues et diguettes par méthode électromagnétique (EM) en vue de détecter la présence d'hétérogénéités,
- Auscultation des digues et diguettes par méthode électrique en vue de caractériser la géométrie des hétérogénéités.

1. Auscultation des digues et diguettes par méthode électromagnétique (EM)

La méthode électromagnétique (EM) permet un zonage rapide des hétérogénéités sur l'ensemble des digues et diguettes des deux rives gauche et droite sur une épaisseur de 3 à 6 mètres. Les défauts sur les digues devraient se présenter sous forme de résistivité trop élevées ou trop faibles par rapport à la résistivité de la digue saine et compacte.

A titre d'exemples, la présence de cavités dans la digue va entraîner une augmentation de la résistivité si la cavité est remplie d'air ou une baisse de résistivité si la cavité est remplie d'eau. Il en est de même pour toutes les dégradations entraînant une modification locale de la teneur en eau, de la cohésion ou de la compacité à l'intérieur de la digue.

Matériel utilisé : Conductimètre EM 31-MK2 de Geonics.

Le conductimètre EM 31 permet une mesure rapide de la résistivité sur une épaisseur de 3 à 6 mètres en fonction de la disposition des bobines.

Rendu : carte de résistivité montrant les hétérogénéités sur la digue.

2. Auscultation des digues et diguettes par méthode électrique

La méthode EM permet de détecter la présence d'hétérogénéités. Pour caractériser la géométrie des hétérogénéités, des profils de tomographies de résistivité électrique sont réalisés à des endroits choisis à partir de la carte de résistivité. L'orientation du profil est dictée par la nature de l'hétérogénéité, avec au besoin la possibilité de réaliser des profils sécants.

Matériel utilisé : Résistivité Terrameter LS Lund de ABEM

Le Terrameter LS permet de réaliser des pseudo-sections qui sont inversées pour obtenir le profil de résistivité sur la profondeur.

Rendu: Profil de résistivité montrant la géométrie des hétérogénéités.

Géotechnique

Dans les secteurs où la digue a présenté des hétérogénéités inquiétantes ainsi qu'en d'autres secteurs caractéristiques, les principales caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs de la digue ont été déterminées à l'aide de sondages de reconnaissances géotechniques et d'essais de laboratoire. La connaissance de ces caractéristiques, associée au profil géométrique actuel de la digue, permettra dans un second temps de réaliser des calculs de stabilité des ouvrages. Ces résultats seront présentés ultérieurement dans le rapport d'APS.

Parallèlement à cela, des recherches de zones d'emprunts ont également été effectuées pour identifier les matériaux d'apport exploitables en vue de la réhabilitation des digues.

A cet effet, le programme d'investigation géotechnique suivant a été réalisé comprenant des essais in situ et la recherche de sites d'emprunt.

1. Les essais in situ :

a. Pénétrromètre dynamique

Sept sondages au pénétromètre dynamique ont été réalisés afin d'apprécier de façon qualitative la résistance des terrains traversés, la succession de différentes couches de terrain, l'homogénéité d'une couche et la présence d'anomalies.

b. Sondages carottés

Sept sondages carottés à 10m de profondeur ont été réalisés au niveau des endiguements. Ces derniers permettront de réaliser d'une part, les coupes lithologiques détaillées des couches traversées et d'autre part de prélever des échantillons intacts et remaniés pour les essais en laboratoire.

1. Les essais de laboratoire :

A la suite des sondages carottés, les échantillons prélevés feront l'objet d'essais géotechniques en laboratoire pour procéder à leur identification complète.

Des prélèvements intacts seront réalisés sur chaque matériau constitutif de la digue pour les essais mécaniques dans le but de déterminer leur angle de frottement interne et leur cohésion.

L'objectif sera de caractériser l'état actuel des matériaux utilisés lors de la construction de la digue afin de procéder à des calculs de stabilité en vue de définir un programme de réhabilitation.

2. Recherches de carrières :

Des recherches et études de carrières, à la fois côté Sénégal et Mauritanie, ont été effectuées dans le but d'identifier les matériaux d'apport. A cet effet, des sondages par puits manuels suivis d'essais géotechniques en laboratoire ont été réalisés :

- identification complète des matériaux d'emprunt (analyse granulométrique, l'indice de plasticité, V_s, Proctor, CBR etc.) ;
- essais de cisaillement déterminant c et Φ nécessaire pour les calculs de stabilité ;
- essais de compressibilité à l'œdomètre pour observer d'éventuels gonflements et la compressibilité du matériau étudié ;
- des essais de perméabilité ;

A la demande de l'OMVS/SOGED, les investigations géophysiques font l'objet d'un rapport séparé intitulé « **Etude géophysique des ouvrages rive droite** » correspondant à la Phase 1.

4.1.4 Méthodologie du diagnostic

Compte tenu des agressions extérieures (érosion des talus par ruissellement, par piétinement du bétail, érosion éolienne, utilisation des digues comme axe de transport routier pendant l'hivernage,

affouillements liés au batillage,...) que subissent les digues, il sera mesuré dans cette phase de diagnostic l'évolution de la dégradation du profil des digues, par rapport à l'année de leur construction.

Dans un second temps sur la base de la synthèse du diagnostic, des résultats des sondages géotechniques et des calculs de stabilité réalisés au stade de l'APS, l'étude des digues sera complétée par:

- L'identification des linéaires de digue pour lesquels le matériau constitutif devra être purgé et remplacé, à cause de ses caractéristiques intrinsèques impropres, avant de redonner à la digue son profil de référence en altimétrie et en épaisseur ;
- L'identification des autres secteurs où la digue devra être simplement engraisée pour retrouver son profil de référence.

Cela permettra également d'estimer, par secteurs homogènes, la largeur minimale de crête de digue répondant aux critères de stabilité, et à fortiori la durée de vie indicative de la digue en fonction de l'évolution constatée de sa dégradation depuis sa construction ou réhabilitation (voir 1^{er} alinéa). Ceci pourra éventuellement permettre, en fonction de la durée de vie de l'ouvrage qui sera exigé, de prévoir la réhabilitation de la digue avec une sur-largeur « sacrifiée à l'érosion ».

4.2 Ouvrages hydrauliques

Les ouvrages hydrauliques ont été inspectés avec la collaboration de :

- M. ZEIN, conservateur du parc du Diawling, et M. Adama Cheibany AW (OMVS/SOGED) pour les ouvrages Bell 1, Bell 2, Lemer et Cheyal ;
- M. HADRAMI (SNDE) et M. CHEIKH SI (SONADER) pour l'ouvrage d'Aftout-Es-Saheli ;
- M. CHEIKH SI (SONADER) pour les ouvrages de Dioup, Dalagona, Ibrahima et Gouère.

4.2.1 Travaux d'entretien et de réhabilitation

Les dossiers des opérations d'entretien réalisées sur tout ou partie des équipements et du génie civil, depuis les conclusions de l'étude BRLI de 2006/2007, ont été collectées auprès de la SOGED. Ces opérations d'entretien et de réhabilitation seront rappelées pour chaque ouvrage, ce qui permettra notamment de vérifier si leur mise en œuvre a permis d'assurer la durabilité des ouvrages jusqu'à aujourd'hui.

4.2.2 Travaux topographiques

Dans l'étude BRLI de 2006/2007, tous les plans côtés des ouvrages des endiguements rive droite sont disponibles au CDA en version papier.

Les travaux topographiques relatifs à ces ouvrages ont donc été limités à la réalisation d'une coupe longitudinale dans l'axe de chaque ouvrage traversant (voir Tableau 2) indiquant les côtes de sédimentation (amont et aval), de niveau d'eau (amont et aval) et de chaussée. Le relevé des cotes de sédimentation permettra notamment d'estimer le volume de curage à effectuer au droit de chaque ouvrage.

4.2.3 Génie Civil

L'appréciation de l'état du génie civil des ouvrages a été effectuée à partir d'une inspection visuelle des parties accessibles et visibles des ouvrages. La plupart des ouvrages étaient en eau et l'accès à leur intérieur étaient donc impossible.

La densité de la végétation autour de certains ouvrages rend également difficile leur inspection visuelle.

Sur la base de ces inspections et du diagnostic général des ouvrages, il sera fait des propositions d'actions de maintenance, de consolidation ou de réhabilitation de tout ou partie des éléments des équipements, pour garantir leur stabilité et leur pérennité à long terme. Les propositions seront établies sur la base de comparaison de variantes, avec une estimation du coût d'investissement.

4.2.4 Equipements hydromécaniques

L'appréciation de l'état des différentes parties du matériel en place, ainsi que de son fonctionnement a été effectuée à partir d'une inspection visuelle et mécanique de chacun des équipements. De plus cela, quand cela s'est avéré possible car certaines vannes étaient cadenassées, des manœuvres d'ouverture et de fermeture, totales ou partielles selon la possibilité laissée par l'exploitant, ont été réalisées en présence de ce dernier.

Sur la base de ces inspections et du diagnostic général des ouvrages, il sera fait des propositions d'actions de maintenance, de consolidation ou de réhabilitation de tout ou partie des éléments des équipements, pour garantir leur stabilité et leur pérennité à long terme. Les propositions seront établies sur la base de comparaison de variantes, avec une estimation du coût d'investissement.

4.3 Remblais contigus aux culées du barrage de Diama

Il est à noter que les culées du barrage de Diama, constituées de palplanches, font l'objet d'une étude en cours⁴ pour établir leur diagnostic et proposer des solutions de réhabilitation. Cette étude ne concerne que les culées en aval du barrage.

Dans le cadre de la présente étude, les plateformes des culées ont été inspectées afin d'identifier d'éventuelles problématiques de tassement, départs de matériaux ou fontis.

⁴ Etude et contrôle des travaux de rénovation du dispositif de protection anticorrosion des structures métalliques du côté aval, du sas de l'écluse et des vannes de l'évacuateur de crues du barrage de Diama - INROS LACKNER

5. Résultats du diagnostic

5.1 Digues

5.1.1 Digue de bouchure

5.1.1.1 Inspection visuelle

La digue de bouchure est située dans le prolongement du barrage de Diama. La digue de bouchure est implantée dans le lit mineur du fleuve (perpendiculaire à l'axe des écoulements du fleuve), et assure la continuité de la protection entre le barrage de Diama et la digue de fermeture.

L'ouvrage de protection est constitué d'un remblai d'environ 2,5m de haut, présentant des pentes de talus à 3H/1V. Les talus sont revêtus d'enrochements libres de petit calibre (environ 20 à 300kg) assurant une protection anti-batillage. La protection en blocs est dans un état moyen (tendance à la désorganisation des blocs). Une végétation arbustive se développe sur les talus de manière ponctuelle.

La crête de digue présente une largeur de 6 mètres. Elle est revêtue d'un enrobé présentant des dégradations (arrachements, pelades et nids de poule). Un réseau d'éclairage longe la crête de digue côté amont. Aucune trace de désordre structurel n'a été identifiée au cours de l'inspection visuelle de l'ouvrage.



5.1.1.2 Topographie

L'arase initiale de la digue est calée à la côte 3,74m IGN. A l'étude de la topographie actuelle, on observe une altimétrie variant entre 3,73 et 3,95m IGN. La revanche de 0,50m est donc bien respectée.

Les profils en long comparatifs de l'évolution de la crête de digue entre leur profil initial et l'état actuel sont donnés en annexe 3 au présent rapport.

5.1.2 Digue de fermeture

5.1.2.1 Inspection visuelle

La digue de fermeture assure la protection entre la digue de bouchure et le début de la piste de liaison, soit entre le Pk0,650 et le Pk2,900.



La digue de fermeture est constituée d'un remblai compacté. Les talus présentent une pente à 3H/1V côté fleuve et 2H/1V côté protégé.

La largeur en crête de digue varie entre 6 et 7 mètres. La crête est revêtue d'une couche de roulement en banco coquillé ancienne et très dégradée. Plusieurs ornières ont été recensées sur le linéaire de la digue.



Couche de roulement en banco coquillé dégradée

Il est à noter la présence d'une protection anti-batillage ancienne sur le talus côté retenue (côté fleuve). Cette protection est constituée de petits enrochements de 10 à 60kg désorganisés. Les Typhas présentes en pied de talus côté fleuve participent à apporter une protection naturelle anti-batillage. Côté protégé, le talus présente des ravines localisées mais profondes et formant des galeries dans le talus. Malgré l'importante largeur du remblai, ces ravines mériteraient de faire l'objet de travaux d'entretien consistant à purger les ravines et aménager des descentes d'eau.

	
Présence d'une ancienne protection anti-batillage sur le talus côté retenue	Ravines profondes et perforantes dans le talus côté protégé



5.1.2.2 Topographie

L'arase initiale de la digue est calée à la côte 3,74m IGN. A l'étude de la topographie actuelle, on observe une altimétrie variant entre 3,73 et 3,95m IGN. La revanche de 0,50 m est donc bien respectée.

5.1.3 Piste de liaison

La piste de liaison débute à l'extrémité de la digue de fermeture (Pk2,9) et s'achève au carrefour du Bouhajra (Pk11,2). La piste de liaison s'étend donc sur 8,3 kilomètres.

La piste présente une largeur en crête d'environ 6 mètres. Elle est constituée de remblai compacté revêtu d'une couche de roulement en banco-coquillé. Le revêtement de la piste est très dégradé. Il est à noter la présence de passages de tôle ondulée et d'ornières en crête.

	
Revêtement en banco coquillé dégradé	Présence d'ornières et nids de poule

5.1.4 Digue de Bell

5.1.4.1 Inspection visuelle

La digue de Bell est une digue secondaire située en retrait de la piste de liaison. D'une longueur de 5,350 kilomètres, le Pk0 de cette digue est situé au droit du Carrefour du Bouhajra.

L'ouvrage est un remblai compacté dont la largeur en crête respecte 6 mètres sur pratiquement sur tout le linéaire. Les talus présentent une pente douce (inférieure à 3H/1V). La crête de digue est revêtue d'une couche de roulement en banco-coquillé. La piste présente des passages de tôle ondulée.



Digue de Bell: Un remblai d'une largeur de 3 à 4m avec des talus à pente douce (inférieure à 3H/1V)

Il est à noter la présence d'un ouvrage traversant au Pk2,650. Cet ouvrage a été réalisé dans le cadre du projet de réhabilitation des digues et ouvrages hydrauliques du Parc National du Diawling (PND), financé par la Coopération Allemande et sous maîtrise d'œuvre du Groupement Inros Lackner/AHT/IRC. Il ne fait pas partie des ouvrages de l'OMVS et est géré directement par le PND.

Cet ouvrage est équipé d'un dispositif de vannage de chaque côté de la digue. Il permet la prise d'eau du fleuve, ainsi que le drainage de la zone protégée. L'arase des cadre bétons est visible au droit des talus du fait du lessivage des matériaux constituant la digue. Il est également à noter l'érosion régressive de la tête d'ouvrage côté protégé. Le gestionnaire de cet ouvrage n'est pas connu.



Ouvrage traversant la digue de Bell au Pk 2,650

5.1.4.2 Topographie

L'arase initiale de la digue est calée à la côte 1,74m IGN. A l'étude de la topographie actuelle, on observe une altimétrie variant entre 2,20 et 3,30m NGS. La revanche de 0,50m est donc bien respectée.

5.1.5 Digue principale

5.1.5.1 Inspection visuelle

La digue principale débute au droit du carrefour du Bouhajra, et prend fin au raccordement sur la digue des Chinois. L'ouvrage s'étend sur une distance de 76 kilomètres, entre les Pk11,200 et le Pk87,200.

A l'origine, l'ouvrage a été construit en remblai compacté, présentant une largeur de 6 mètres en crête, des talus côté fleuve à 3H/1V et 2H/1V côté protégé.

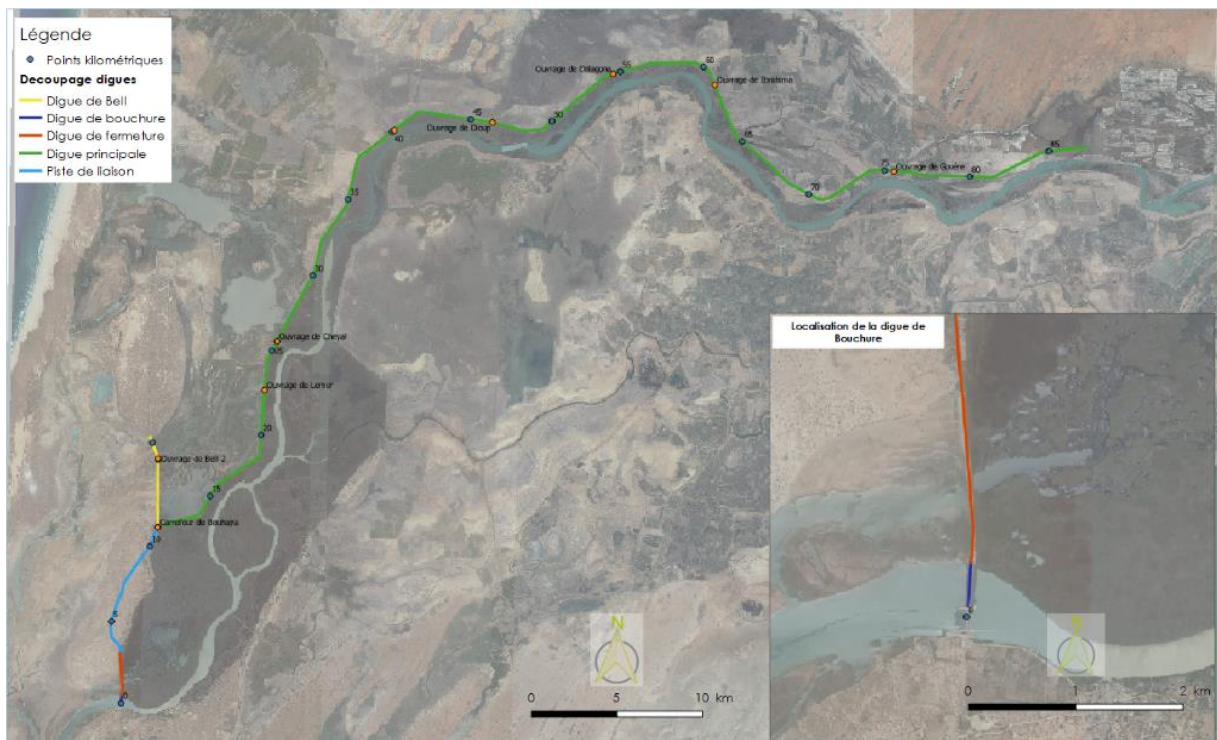


Figure 4: Localisation de la digue principale

L'état de dégradation de la couche de roulement en crête de digue varie selon les secteurs. Une carte de zonage est donnée en page suivante. Les principaux tronçons identifiés sont les suivants :

- Du Pk 11,250 au Pk 46,800 : Banco coquillé
- Du Pk46,800 au Pk 63,800 : Remblai
- Du Pk63,800 au Pk 68,600 : Banco coquillé
- Du Pk68,600 au Pk 82,500 : Remblai
- Du Pk82,500 au Pk83,750 : Latérite
- Du Pk 83,750 au Pk 87,200 : Remblai

Sur une partie du linéaire, la piste de pied côté protégé est absente :

- Du Pk11,250 au Pk24,100
- Du Pk25,800 au Pk28,350

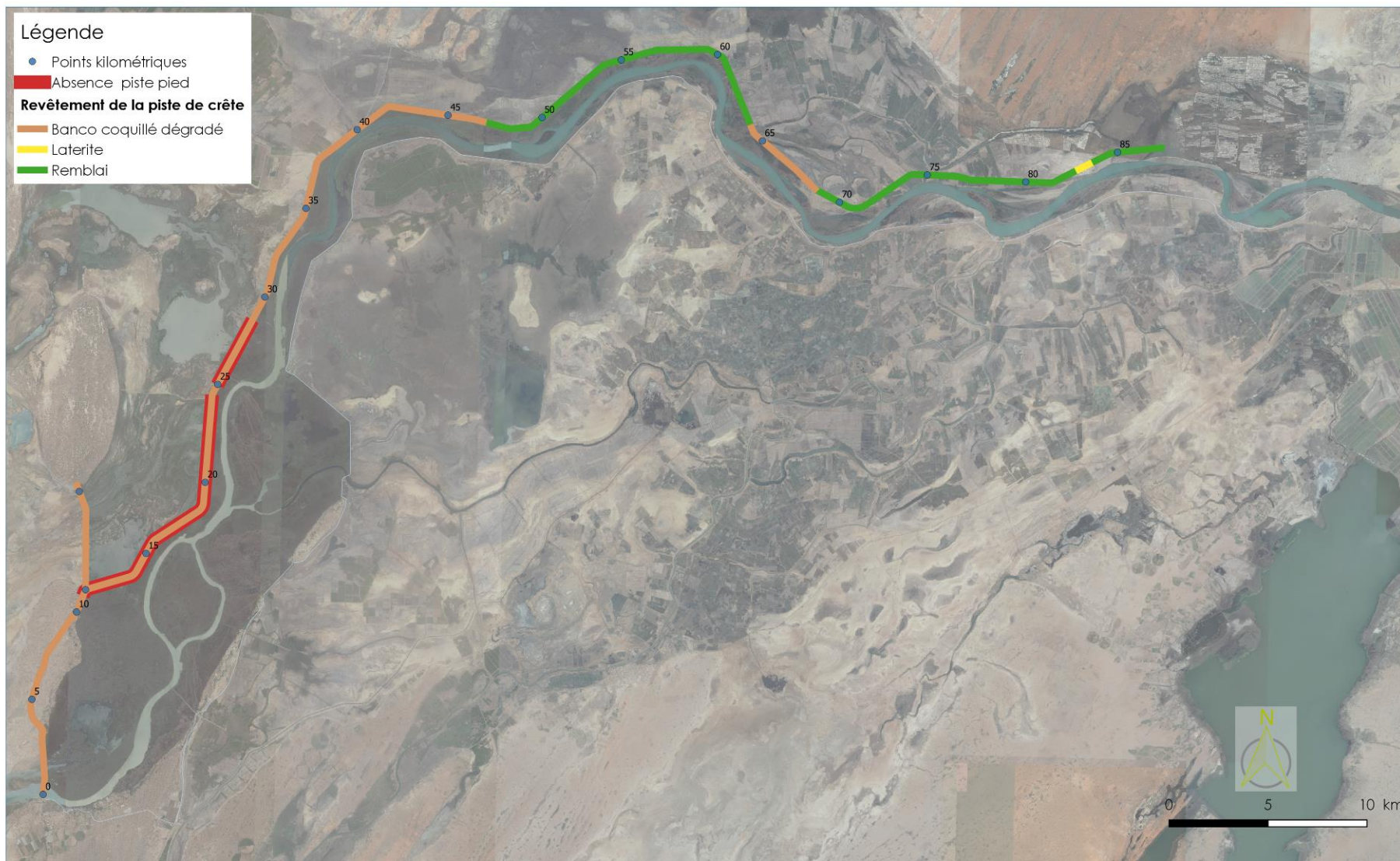


Figure 5: Revêtement des pistes en crête de digue

Plusieurs désordres ont été identifiés sur le linéaire de la digue :

- La présence de traces d'humidité en pied de talus côté protégé du Pk11,250 au Pk24,250,
- Une problématique de piétinement des talus par le bétail, dont le passage répété décomprime les matériaux superficiels, favorisant ainsi l'érosion des talus,
- Une érosion longitudinale des talus,
- La présence de ravines parfois profondes sur le talus côté protégé, accentué par l'absence de revêtement et la pente du talus côté protégé (plus importante que la pente côté fleuve),
- La présence d'ornières plus ou moins profondes sur la crête de la digue à certains endroits, provoquées par le passage de véhicules automobiles sur la digue en état d'humidité.

Traces d'humidité en pied de talus côté protégé

Sur la digue principale, du Pk11,250 au Pk24,250, une bande d'humidité a été observée en pied de talus côté protégé. Ces traces sont caractéristiques d'infiltrations au travers du corps de digue (établissement du gradient hydraulique au travers du remblai). Les zones d'humidité correspondent à des secteurs où le pied de talus côté fleuve est au contact de l'eau en permanence (zones marécageuses du lit moyen du fleuve).

Il est à noter qu'aucun départ de matériaux ou érosion régressive n'a été constaté en pied de talus côté protégé.

Erosion longitudinale des talus

Un phénomène d'érosion longitudinale des talus côté protégé a été constaté sur certains secteurs :

Du Pk 22,5 au Pk24,5, ainsi que du Pk25,5 au Pk27 : Ces sapements des pieds de talus sont provoqués par le batillage sous l'effet du vent au droit des marigots.

Du Pk64,250 au Pk68,750 : Une érosion prononcée du talus côté protégé provoquée par le piétinement par le bétail.

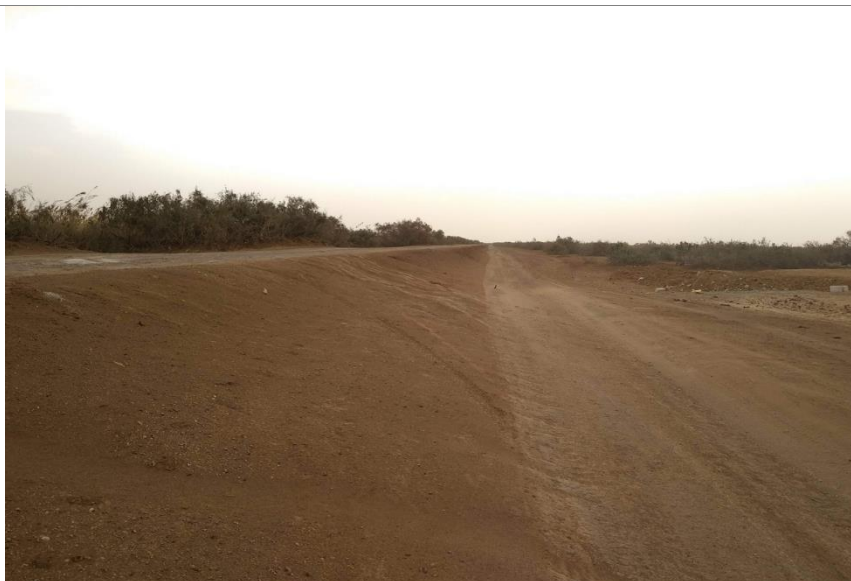
Du Pk34,5 au Pk36,4 : Une érosion du talus provoquée par la circulation de véhicules contre le pied de talus.



Sapement du pied de talus au droit d'un marigot



Erosion du talus liée au piétinement par le bétail



Erosion du talus côté protégé provoquée par la circulation de véhicules contre le pied de talus

Fontis

Plusieurs secteurs de fontis ont été identifiés sur le linéaire de la digue :

- Au Pk72,7,
- Du Pk84,8 au Pk86,2.



Fontis ponctuel identifié au Pk72,7



Secteur de fontis au droit du Pk85

Ces fontis laissent à supposer un défaut de compactage localisé du remblai de la digue. Ces zones de fontis sont aujourd'hui aggravées par le ruissellement au sein des conduits.



Figure 6: Localisation des zones de fontis en rive droite

Piétinement animalier et dessiccation des talus

Le piétinement des talus par le bétail est généralisé sur le linéaire de la digue principale rive droite. On observe également un phénomène de dessiccation des talus (alternance d'humidification / assèchement des matériaux de la digue entre la saison sèche et la saison humide). Ces deux actions combinées à l'action du vent et du ruissellement pluvial expliquent le lessivage des matériaux des talus.



Piétinement des talus par le bétail

Sur la digue principale rive droite, ce phénomène est plus particulièrement marqué entre les Pk42 et le Pk87, linéaire souvent dépourvu de végétation en pied de talus côté protégé. Sur la zone d'étude, les vents dominants en provenance nord-est /nord-nord-est et l'absence de végétation en pied côté protégé semblent accentuer le phénomène d'érosion de la digue.

A contrario, le phénomène est moins marqué entre les Pk 11,250 et 42 du fait de la moindre exposition aux vents dominants, et de la présence de végétation arbustive en pieds de digue.



Réduction du gabarit de la digue du fait de son exposition et de l'absence de végétation en pied



Gabarit de la digue préservé sur les linéaires moins exposés aux vents dominants et en présence de végétation en pied

Désordres sur les couches de roulement

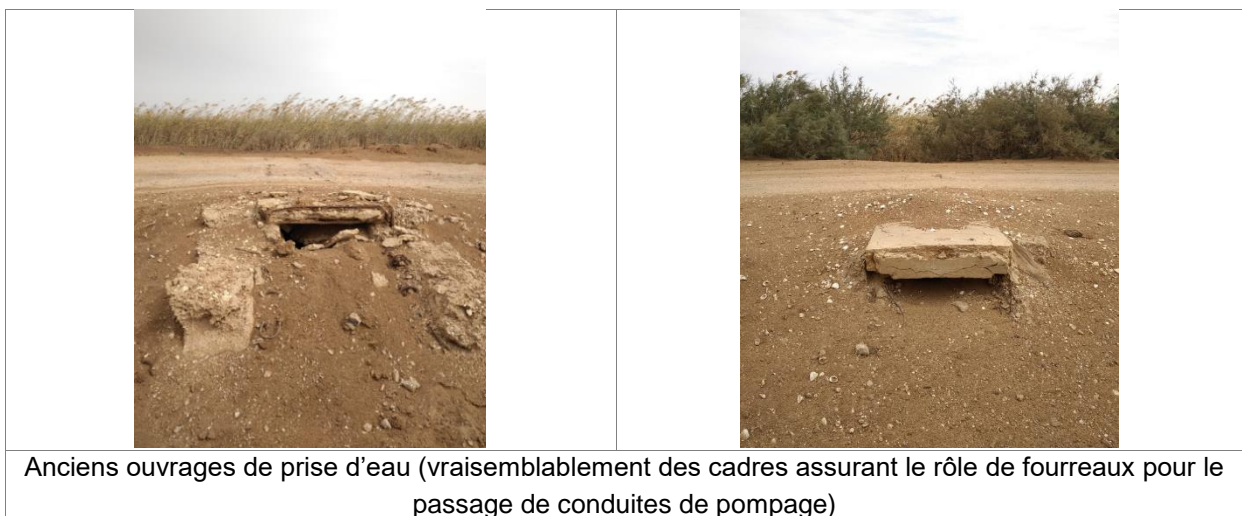
D'une manière générale, la piste de crête est encore circulaire sur les linéaires revêtus de Banco-coquillé (cf. figure n°5), malgré la présence de tôle ondulée, de nids de poule et d'ornières ponctuelles. Sur les linéaires non-revêtus (remblai à nu), les pistes de crête sont très difficilement circulables (nombreuses ornières et nids de poule). L'ensemble des désordres observables en crête de digue sont générés par le trafic routier durant l'hivernage. Pendant cette période, les pistes de pied n'étant plus empruntables (présence d'eau côté protégé), les véhicules circulent en crête de digue. Cette circulation en période de pluies accélère significativement les dégradations en crête de digue.

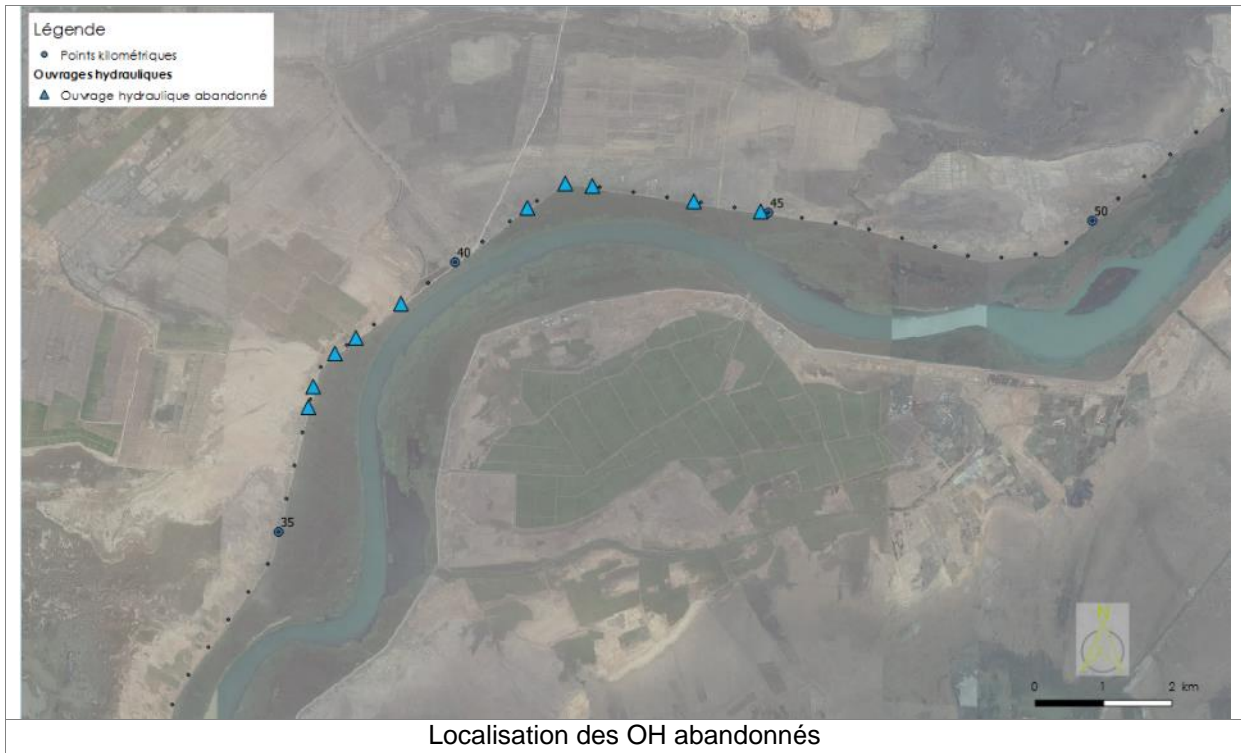
Les ouvrages traversant la digue

En plus des ouvrages traversants sous gestion de l'OMVS (cf. chapitre 5.2), plusieurs ouvrages abandonnés ou dont la gestion n'est pas assurée par l'OMVS ont été recensés :

5.1.5.1.1.1 Ouvrages abandonnés de prise d'eau

Ces ouvrages partiellement colmatés sont situés sous la crête de la digue, dans la revanche de sécurité de 0,50m.





Bien que situés dans la revanche de sécurité, ces ouvrages constituent aujourd’hui un point de faiblesse sur les digues. En effet, ces ouvrages traversants n’étant vraisemblablement pas équipés de bride anti-renard pourraient favoriser les phénomènes d’érosion interne. Par ailleurs, les radiers des cadres dégradés constituent une menace pour les véhicules circulant sur la digue.

5.1.5.1.1.2 Ouvrages traversants en fonction non-gérés par l’OMVS

Quatre ouvrages recensés ne sont pas sous gestion de la SAED ou de la SONADER. Ces ouvrages semblent être directement gérés par des associations de riverains exploitant les terres en retrait de la digue.

Ces ouvrages traversent le corps de digue. Aucune information n’a pu être récupérée afin de vérifier la présence d’une bride anti-renard. Cette dernière est supposée absente.



Ouvrages traversant la digue



5.1.5.2 Topographie

L'arase initiale de la digue varie entre 4.51m IGN à Rosso et 3.04 m IGN au carrefour du Bouahjra. L'analyse de la topographie actuelle de la crête de digue (levés de février 2018) met en évidence un abaissement significatif de la crête de digue sur une grande partie du linéaire.

La carte en page suivante synthétise les abaissements constatés entre la topographie actuelle et le calage initial des ouvrages.

La carte met en évidence un abaissement généralisé de la crête de digue entre les Pk11,250 et 77.

On constate que sur une grande partie du linéaire, la revanche de sécurité est nulle. Sur ces secteurs, des débordements auraient lieu en cas de crue centennale. Dans le cadre du diagnostic réalisé par BRLi en 2005, la revanche était encore de l'ordre de 0,20m sur ces secteurs. On constate donc un abaissement de 0,20 à 0,30m sur la dernière décennie.

Cet abaissement de la crête de digue correspond globalement aux linéaires dont la couche de roulement est constituée de Banco-coquillé, soit des linéaires sur lesquels les circulations de véhicules sont importantes. Les travaux d'entretien consistant à niveler la couche de roulement afin de traiter les ornières et nids de poule avant recharge en banco-coquillé favorise l'abaissement de la crête de digue.

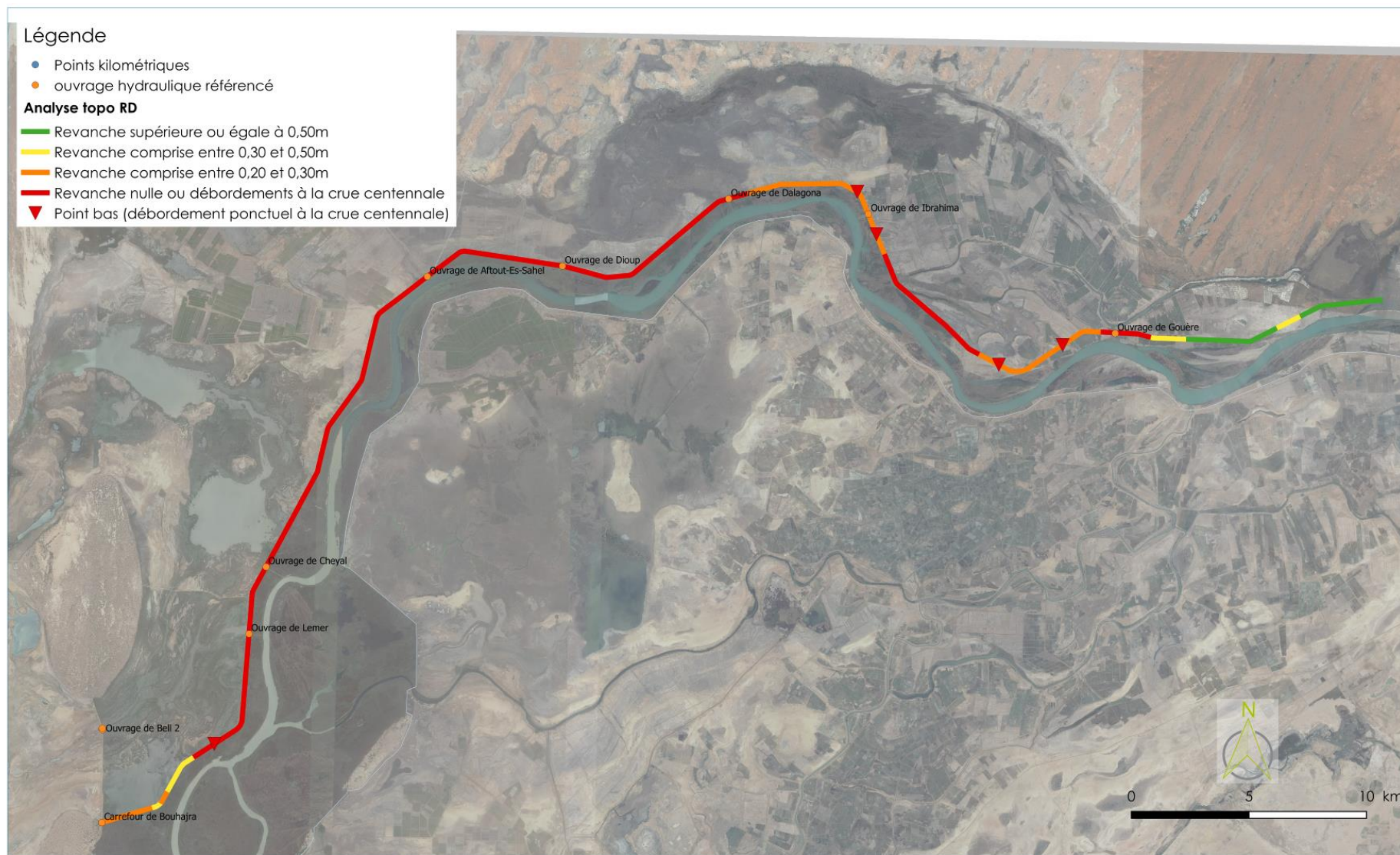


Figure 7: Etude de l'évolution du profil en long de la crête de digue entre sa construction et février 2018

5.1.6 Synthèse du diagnostic des digues

D'une manière générale, peu de désordres structurels ont été recensés au cours de la visite des ouvrages.

Seule les zones sur lesquelles les fontis ont été recensés nécessitent un arasement et une reconstruction complète de la digue.

Par ailleurs, les zones d'érosion longitudinale des talus méritent d'être confortées (reconstitution des talus).

Les ouvrages hydrauliques dont la gestion n'est pas assurée par les gestionnaires reconnus (SAED et SONADER) doivent être sécurisés, et les ouvrages abandonnés purgés.

Le gabarit initial doit être reconstitué afin de garantir la stabilité des ouvrages. Des calculs de stabilité seront réalisés dans le cadre de l'APS afin de vérifier la largeur minimale du remblai pour laquelle la stabilité de la digue est garantie. Plusieurs scénarii de confortement seront proposés.

Au vu des enjeux de circulation sur les ouvrages et de l'état actuel des couches de roulement en crête de digue, la reconstitution des couches de roulement doit être envisagée.

5.2 Génie civil des ouvrages hydrauliques

Les ouvrages sont exclusivement désignés par leur nom à l'exclusion de toute référence kilométrique qui varie suivant les origines retenues.

Les noms retenus pour les 9 ouvrages hydrauliques inspectés sont ceux figurant sur les panneaux installés aux entrées et sorties de chaque ouvrage et dont la liste avait été établie par une note de début juillet 2015.

Deux de ces ouvrages sont situés sur la digue de Bell, tandis que les sept autres sont incorporés dans l'endiguement principal de la rive droite du fleuve Sénégal.

5.2.1 Description des ouvrages

Du point de vue de leur génie civil, et à l'exception de l'ouvrage d'Aftout-Es-Saheli, tous les ouvrages sont de conception identique, de type cadre fermé sous remblai.

5.2.1.1 Les ouvrages de type cadre fermé.

Il s'agit de cadres fermés en béton armé, sans gousset. Ils possèdent un ou plusieurs puits (4 au maximum), de 2.30 m d'ouverture (à l'exception de l'ouvrage Bell 1 : 2.90 m) et de hauteur libre variable entre 1.15 m (Bell 1) et 2.70 m (Dioup).

Les radiers sont protégés contre les affouillements par des bèches, situées à l'amont et aval, de 1.50 m de hauteur et 60 cm d'épaisseur.

Leur traverse supérieure est recouverte par un remblai de terre, d'épaisseur variable comprise entre 0.45 et 2.05 m d'épaisseur. Le remblai est soutenu par deux murets de 60 cm d'épaisseur. Le muret situé à l'aval (côté terre) est moins haut que celui situé à l'amont (côté fleuve Sénégal).

Les cadres sont équipés de murs en retour en béton armé, de 60 cm d'épaisseur.

Sur le mur aval sont posés des plots en béton.

Tous ces ouvrages sont équipés de vannes murales. Elles sont placées côté fleuve Sénégal (amont), à l'exception de celle de l'ouvrage Bell 1 qui est située côté mer. Elles sont installées dans des chambres de vannes équipées de rainures de guidage verticales destinées à pouvoir installer des batardeaux dans le cas de leur réparation ou remplacement.

Les chambres de vannes sont protégées par un garde-corps métallique peint en rouge et blanc.

Ils sont équipés d'échelles de crues, parfois cachées par les typhas et de limnimètres placés en amont et aval pourvus d'un système d'enregistrement automatique.



Vue d'un ouvrage de type cadre fermé (Dioup, vue depuis la piste/digue)



Vue d'un ouvrage de type cadre fermé (Gouère, depuis l'aval)

Les ouvrages du parc national de Diawling

Quatre de ces ouvrages (Bell 1 et 2, Lemer et Cheyal) sont situés dans le parc naturel du Diawling. Leur exploitation est gérée par le Parc qui a passé une convention avec la SOGED.

Situés sur la digue de Bell, les ouvrages Bell I et de Bell II ont été mis en service respectivement en 1994 et en 1998. Ils permettent les échanges entre les bassins de Bell et de Ntiallakh.

L'ouvrage de Lemer avait été mis en service en 1994. Il permet le remplissage du bassin de Bell par ouvertures progressives de ses vannes, réalisées en principe entre Juillet et Octobre de chaque année. Il dispose d'un bassin de dissipation en aval composé de plots en béton armé, ancrés dans le substratum.

L'ouvrage de Cheyal a été mis en service en 1998 pour permettre le remplissage du bassin de Diawling par ouvertures successives de ses vannes, en principe entre juillet et octobre de chaque année. Son bassin de dissipation est composé de plots en béton armé, ancrés dans le substratum.



**Vue d'un ouvrage du parc de Diawling
(Bell 1, vue depuis l'amont)**



**Vue d'un ouvrage du parc de Diawling
(Cheyal, vue depuis l'aval)**

Les principales caractéristiques géométriques des huit ouvrages de type cadre fermé sont mentionnées dans le tableau ci-après.

Tableau 3 – Principales caractéristiques géométriques des ouvrages hydrauliques, excepté celui d'AFTOUT-ES-SAHÉLI

	H remblai	Nb de pertuis	O x HL hydro AM	O x HL du cadre	Épaisseur radier	Épaisseur piédroits	Ép. traverse supérieure	Largeur cadre	Longueur cadre	Murs en retour Long. x épaisseur	Longueur totale de l'ouvrage*
Bell 1	~ 1.50	1	1.90 x 1.65	1.90 x 1.85	0.60	0.30	0.30	2.70	13.80	? x 0.30	?
Bell 2	~ 0.45	3	1.90 x 1.65	2.30 x 2.55	0.60	0.40	0.45	8.50	15.00	5.35 x 0.60	19.20
Lemer	~ 0.70	3	1.90 x 1.65	2.30 x 2.55	0.60	0.40	0.45	8.30	18.00	4.00 x 0.60	16.30
Cheyal	~ 0.70	4	1.90 x 1.65	2.30 x 2.55	0.60	0.40	0.45	11.20	16.80	4.00 x 0.60	19.20
Dioup	~ 1.20	1	1.90 x 1.50	2.30 x 2.70	0.60	0.40	0.45	3.10	13.60	2.45 x 0.60	8.00
Dalagona	~ 1.00	4	1.90 x 1.65	2.30 x 2.55	0.60	0.40	0.45	11.20	15.00	4.00 x 0.60	19.20
Ibrahima	~ 1.70	2	1.90 x 1.65	2.30 x 2.15	0.60	0.40	0.45	5.80	15.00	4.00 x 0.60	13.80
Gouère	~ 2.05	2	1.90 x 1.65	2.30 x 2.55	0.60	0.40	0.45	5.80	19.10	4.00 x 0.60	13.8

* Longueur totale, entre les extrémités des murs en retour, de l'OH mesurée parallèlement à l'axe de la digue/piste.

5.2.1.2 L'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli.

Cet ouvrage, construit en 1983, assure une double fonction hydraulique : celle d'alimenter en eau les périmètres agricoles et celle d'alimenter en eau potable, par pompage, une partie de la ville de Nouakchott.

On peut distinguer deux parties dans cet ouvrage :

1. à l'aval, côté opposé au fleuve Sénégal, un pont qui porte la route qui relie le barrage de Diama à la ville de Rosso ;
2. côté fleuve Sénégal, la structure qui porte les mécanismes de prise d'eau, constitués par 4 vannes à segment.

Le pont routier

Il s'agit d'un pont constitué de 4 travées de 8 m de portée. Les travées sont continues deux à deux. Le tablier est constitué par une dalle en béton armé, d'environ 50 cm d'épaisseur. Le joint qui sépare les 2 groupes de 2 travées, semble être constitué par un simple espace sans dispositif particulier.

Il porte une chaussée de 7 m de largeur entre les bordures de trottoirs. Ces derniers ont une largeur utile de 1.05 m et totale de 1.25. Ils sont équipés de garde-corps métallique à barreaudage vertical.

La longueur hors tout du tablier est de 34 m et sa largeur de 8.50 m.

La couche de roulement sur le pont est en béton sans recouvrement particulier.

Les dalles reposent sur des culées et des piles en béton de forte épaisseur.

À l'entrée, côté Rosso, du pont, on trouve une barrière de pluie en état de fonctionnement.



Vue de l'ouvrage en allant vers Rosso



Vue de la dalle de la travée côté Diama

Dispositifs de prise d'eau

En amont (côté fleuve Sénégal), se trouvent les dispositifs portant les équipements hydro-mécaniques (4 vannes à segment deux de 6 m de portée). Ils s'étendent sur la même longueur que le pont, 34 m. Leur largeur, comptée entre le trottoir du pont et l'extrémité des musoirs des piles, est de 9.00 m.

Ils sont constitués de poutres en béton armé qui s'appuient sur des voiles en béton qui prolongent les piles et culées du pont. Sur la première, d'environ de 1.00 m de large, s'appuient les plots en béton sur lesquels sont fixées les potences des vannes. La seconde poutre d'environ 3 m de hauteur et 1.50 m de largeur en tête, est placée à l'amont de l'ouvrage et sert d'appui aux joints frontaux des vannes. Elle permet aussi d'accéder aux dispositifs de batardage.

Aux extrémités des piles sont posés les appuis des portiques des chemins de roulement des batardeaux.



Vues du dispositif de prise d'eau

Fondations de l'ouvrage

L'ouvrage est fondé sur un radier en béton d'épaisseur variable entre 1.50 m (sous le pont) et 3.50 m (sous les vannes à segment). Le radier serait posé sur un remblai de substitution de plusieurs mètres d'épaisseur. Le radier et le remblai de substitution sont protégés par un rideau de palplanches disposé sur leurs 4 côtés.

Soutènement des accès

Les remblais d'accès à l'ouvrage sont soutenus par des rideaux de palplanches battus de part et d'autre de l'ouvrage, côtés amont et aval.

D'après le plan conforme à l'exécution C341402B du 20/01/1984, ces rideaux sont constitués de palplanches de type LARSEN L4 S en nuance d'acier E270 (épaisseur 15.5 mm – 176 kg/m² de parement). Leur hauteur totale serait de 15.2 m. La longueur des rideaux amont est de 18.25 m (vérifiée par mesure sur le terrain). Celle du rideau aval côté Diama est de 20.50 m (20.90 m mesurés sur le terrain). Le rideau aval côté Rosso n'est plus visible depuis la construction de la station de pompage que se trouve à l'aval de l'ouvrage, côté Rosso.

Toujours suivant ces plans de récolement, les rideaux sont équipés d'une lierne composée de deux profils UPN 260 en nuance d'acier E240, boulonnés sur le rideau par des écrous de 60 mm de diamètre, placée à 2.4 m sous la crête du rideau. Une rangée de 7 tirants par rive a été mise en place entre les rideaux amont et aval (tirant de 80 mm de diamètre en nuance d'acier E26).



Rideau de palplanches aval RG



Rideau de palplanches amont RG

5.2.2 Constatations faites lors de la visite des ouvrages

5.2.2.1 Bell 1, Bell 2, Lemer et Cheyal

En 2015, ces 4 ouvrages ont fait l'objet d'une réhabilitation de leur génie civil, qui présentait quelques désordres mais sans porter préjudice à leur fonctionnalité.

Leur réhabilitation avait consisté en :

- Réparations du béton existant : traitement des fissures des supports et réparations des éléments de structure dégradés.
- Réhabilitation et extension des protections des talus : rehaussement du mur aval et des murs de protection d'une hauteur de 30 cm.
- **Bell 1 et Bell 2** : rehaussement des murs en béton de protection et de tête de l'ouvrage en aval et en amont, prolongement des protections en amont et en aval, rechargement par enrochement des protections amont et aval, protection des talus par perrés maçonnés.
- **Lemer** : réalisation de protection en béton du côté amont de l'ouvrage conformément à l'aval, renforcement, par perrés maçonnés et petits enrochements de pierres, des abords des murs de protections de part et d'autre de l'ouvrage à l'amont et à l'aval.
- **Cheyal** : le bassin de décantation ne disposait pas de murs en retour, ce qui occasionnait des érosions des berges. Pour y remédier, ont été construits, sur 15 m de longueur, des murs de protection en béton du côté aval de l'ouvrage, et les protections des abords, en amont et aval, ont été renforcées à l'aide d'enrochements de pierres et des petits perrés maçonnés.
- Réalisation de plots en béton 60x60x70 destinés à baliser les ouvrages et les protéger contre d'éventuel choc de véhicules.

Ces réparations et renforcement étant récents, le génie civil de ces 4 ouvrages ne nécessite pas d'intervention particulière.

5.2.2.2 Aftout-Es-Sahéli

L'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli est un ouvrage massif : la dalle du tablier est d'une épaisseur confortable pour des portées de 8 m, les piles et culées sont massives, un enrobage de 7 cm a été préconisé sur les plans d'exécution. Ce qui explique que son état général est bon.

La principale dégradation constatée sur cet ouvrage est l'abrasion, sous l'effet du passage des véhicules, de la couche de roulement du tablier. L'enrobage de certaines armatures a complètement disparu. Ces armatures sont donc sans protection sont soumises aux chocs des roues des véhicules.

Si rien n'est entrepris rapidement, l'abrasion de béton ne va qu'empirer et des armatures risquent même d'être arrachées.

A l'exception de ces observations, la plupart des désordres signalés lors de l'inspection de 2007 ont été réparés. L'état des trottoirs et des garde-corps est acceptable et ils sont parfaitement fonctionnels. Les épaufrures signalées ont été ragréées.

Les autres dégradations constatées sont :

- Fissures des supports des potences des vannes à segment,
- Fissure fine et sans gravité sur haut du voile de la culée rive droite (côté Rosso),
- Quelques épaufrures des arêtes des poutres sur lesquelles reposent les supports des potences ; certaines ayant déjà été ragréées,
- Quelques fissures superficielles des marches d'escaliers.



Armatures apparentes sur la chape de roulement du pont.



Plot fissuré



Fissures au sommet du voile de la culée RD



Arête épaufrée et déjà ragrée

5.2.2.3 Dioup

Lors de la précédente inspection, cet ouvrage avait été classé parmi les 4 ouvrages les plus dégradés de la rive droite (les 3 autres, Bell 1, Lemer et Cheyal, ayant été réhabilités depuis).

Les détériorations signalées ont été réparées :

- Les épaufrures signalées sur le voile amont ont été ragrées,
- Les armatures apparentes aux pieds des voiles aval ont également été ragrées,
- Béton éclaté au niveau des rainures à batardeau : la réparation a été faite mais de nouveau le béton a éclaté,
- Érosion des parties inférieures des voiles et des bajoyers : ces parties de l'ouvrage sont d'accès difficile et le ragréage de ces parties nécessite que l'ouvrage soit mis à sec. Ces travaux n'ont pas été faits.

Toutefois, nous avons observé de nouvelles détériorations :

- Les arêtes supérieures béton de la chambre de vanne sont en partie éclatées,
- Les ragréages qui ont été effectués sur le voile aval ont tendance à se décoller en plaques,
- Des fissures sont apparues sur l'extrémité du mur aval,
- Au-delà des protections en béton existantes, on note une érosion des deux rives amont. Des sacs remplis de sable font office de soutènement des talus,
- Comme pour beaucoup d'ouvrages, il faut signaler l'invasion du lit et de ses berges par les typhas, tant en amont qu'en aval de l'ouvrage,
- La barrière de pluie est détruite et hors d'usage.



Arête supérieure de la chambre de vannes éclatée



Le béton de la partie basse de la chambre de vanne est délavé



Décollement du ragrage du voile aval (côté Diama)



Barière de pluie hors d'usage.

5.2.2.4 Dalagona, Ibrahima et Gouère

Il avait été indiqué lors de l'inspection de 2007 que, globalement, ces ouvrages sont en bon état, notamment au niveau des structures porteuses : tablier, linteau et chambre de vannes.

Il avait été observé quelques défauts ponctuels, qu'il conviendra de réparer pour stopper leur évolution :

- Érosion des bétons sur les voiles en retour,
- Fissures et épaufrures ponctuelles dans les rainures à batardeaux existantes,
- Défauts d'enrobage ponctuels avec armatures visibles.

Les réparations nécessaires ont été effectuées. Nous avons toutefois noté lors de l'inspection :

- Dalagona : l'état des bétons émergés est très bon. À noter une petite fissure entre les chambres de vanne centrale et côté Diama.
- Ibrahima : un plot en béton posé sur le mur aval a été renversé. Il est entièrement fissuré. La barrière de pluie a subi quelques chocs mais reste fonctionnelle.
- Gouère : le débouché hydraulique de cet ouvrage est réduit à néant.

Le problème principal pour ces 3 ouvrages est leur envasement très prononcé et l'invasion de leur lit et des berges par les typhas.

5.2.3 Diagnostic du génie civil

L'état du génie civil des neuf ouvrages inspectés est bon.

On peut classer ces ouvrages comme ci-après :

- **Ouvrages de classe 1** : ce sont les 4 ouvrages de Bell 1, Bell 2, Lemer et Cheyal, qui ont été réhabilités il y a seulement trois ans, et qui ne nécessitent pas d'intervention.
- **Ouvrage de classe 2** : Il s'agit de l'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli qui nécessite une intervention rapide voire urgente. Une nouvelle couche de roulement doit être rapidement mise en œuvre sur le tablier du pont. Les armatures apparentes non seulement ne sont plus protégées de la corrosion, mais elles constituent un danger pour les usagers car elles risquent d'être arrachées au passage des véhicules.

Les autres désordres relevés sur cet ouvrage sont mineurs et ne remettent en cause ni la fonctionnalité ni la résistance de cet ouvrage.

- **Ouvrages de classe 3** : ce sont les 4 ouvrages de Dioup, Dalagona, Ibrahima, Gouère dont la structure est en bon état et qui ne nécessitent donc pas d'intervention lourde.

En effet, ce sont des structures massives, de faible portée qui ne supportent qu'un trafic faible et peu lourd. Par contre, ils sont situés dans un environnement agressif du fait de la salinité ambiante et des transports éoliens sableux et donc abrasifs.

Les petites dégradations dont ils sont ou ont été victimes sont dues aux effets du temps, de l'agressivité de l'eau de pluie et des écoulements et du vent. Elles résultent aussi de défauts de mise œuvre soit lors de leur construction (enrobage insuffisant, conduisant à la corrosion des armatures et à l'éclatement du béton), soit lors de leur réparation (ragréages de mauvaise qualité).

Les dégradations signalées lors de l'inspection de 2007 ont pour la plupart été réparées : les bétons endommagés ont été ragrésés et les garde-corps repeints.

La quelques défauts que nous constatés résultent soit de l'évolution de ragréages mal réalisés qui se fissurent ou se décollent, soit de réparations qui n'ont pas pu être effectuées car elles réclament des moyens importants. C'est le cas des parties basses et immergées des ouvrages. Mais même dans ce dernier cas, il ne s'agit que de bétons superficiellement érodés et les armatures demeurent encore protégées ; ce qui est l'essentiel.

Les barrières de pluie, si elles sont toujours utilisées, devront être remises en état.

En conclusion ces quatre ouvrages ne nécessitent que des travaux d'entretien et pas d'interventions lourdes.

5.3 Les équipements hydro-mécaniques

5.3.1 Description des équipements

5.3.1.1 Les vannes murales

À l'exception des vannes à segment de l'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli, les huit autres ouvrages sont équipés de vannes murales.

Ces vannes sont constituées comme ci-après :

- la pelle dont le tablier empêche partiellement ou totalement le passage de l'eau. Le tablier est constitué par une tôle de 10 mm d'épaisseur. La tôle est raidie par un cadre et des renforts soudés perpendiculairement. Il est également muni de pattes d'ancrage pour la manutention de la pelle et de chapes de fixation de la crémaillère sur celle-ci. Ces éléments sont en acier courant de type E24,
- les joints en néoprène, en forme de note de musique, fixés sur le cadre de la pelle à l'aide de plats de serrage boulonnés sur le cadre, Ils assurent l'étanchéité entre l'amont et l'aval de la pelle. Les joints sont positionnés à l'aval des vannes, de manière à être comprimés sous l'effet de la poussée de l'eau en amont de la vanne,
- les patins et coins de guidage, fixés sur le cadre de la pelle, dont la fonction est d'assurer le guidage latéral de la pelle lors des mouvements de translation verticale. Ces éléments sont en matière plastique pour les premiers et en acier inoxydable pour les seconds,
- les rainures de guidage de la pelle dans la maçonnerie et la rainure de seuil, dans lesquelles translatent les éléments précédents et qui servent également de surfaces d'appui pour les joints. Ces éléments sont en acier inoxydable,
- le réducteur à manivelle (cric), dont la fonction est de démultiplier l'effort nécessaire à la montée ou descente de la pelle dans les rainures de guidage et à bloquer celle-ci dans la position désirée. Les crics sont de marque Feugier, de modèle OD, de 4 tonnes de capacité de levage. Ils sont munis d'une tête de sécurité constituée par une roue à rochets et un cliquet. Ce mécanisme de sécurité empêche la vanne de se fermer sous son propre poids et d'entraîner la manivelle lors des manœuvres. Le cric est fixé sur la potence ou sur les poutres frontales par des boulons en acier inoxydable. Le cric est actionné par une manivelle amovible, à poignée repliable. Tous ces éléments sont en acier courant de type E24,
- la crémaillère qui assure la liaison entre la pelle et le réducteur à manivelle. Elle est fixée sur la pelle par un ensemble axe-rondelles-goupilles en acier inoxydable et est en prise directe sur un engrenage du réducteur à manivelle. Elle est en acier courant de type E24.
- Les 2 poutres frontales, constituées par des profilés en "U", en acier courant de type E24. Elles servent d'appui à la potence.
- La potence, fixée sur les poutres frontales par des boulons en acier inoxydable et qui sert d'appui au réducteur à manivelle (cric). Sur la plupart des ouvrages, elle est constituée de profilés en "U" liaisonnés par des plats métalliques ; les deux étant en acier courant de type E24, Lors des travaux de réhabilitation des ouvrages du parc de Diawling, des potences d'un autre type ont été installées sur une vanne de l'ouvrage Lemer et deux vannes de l'ouvrage Cheyal. La potence y est constituée par un tube métallique à l'intérieur duquel est placée la crémaillère.

5.3.1.2 Les vannes segments d'Aftout-Es-Sahéli

L'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli est équipé de 4 vannes segments 6.0 m x 2.00 m de marque Neyrpic, à commande par double réducteur à manivelle (cric) et boîtier de manœuvre latéral de marque Louis Feugier, type 1D, de 6 tonnes de capacité.

Ces vannes sont composées comme ci-après :

- le segment qui est la partie fonctionnelle de la vanne, dont le tablier empêche partiellement ou totalement le passage de l'eau. Le tablier possède des renforts soudés perpendiculairement, afin d'éviter son gauchissement sous les effets de la charge hydraulique. Le tablier est en acier inoxydable. Il est bordé sur ses extrémités par des plaques d'étanchéité frontales et latérales qui servent à maintenir les joints. Ces éléments sont en acier courant de type E24,
- les joints en néoprène, en forme de note de musique, fixés sur le cadre de la pelle à l'aide de plats de serrage boulonnés sur le cadre, Ils assurent l'étanchéité entre l'amont et l'aval de la pelle. Les joints sont positionnés à l'aval des vannes, de manière à être comprimés sous l'effet de la poussée de l'eau en amont de la vanne,
- les tirants et pivots, dont la fonction est d'assurer le guidage en rotation de la vanne segment lors des mouvements d'ouverture et de fermeture et d'encaisser les efforts dus à la charge hydraulique. Ces éléments sont en acier courant de type E24,
- les flancs de frottement des joints latéraux, fixés dans la maçonnerie, qui permettent d'assurer l'étanchéité latérale du segment. Ces éléments sont en acier inoxydable,
- les poutres frontales qui servent d'appui directement aux réducteurs et au boîtier de manœuvre. Elles sont constituées par 2 profilés en "U", entretoisés par des plats métalliques. Elles reposent sur des potences en forme de trépieds, Tous ces éléments sont en acier courant de type E24.
- le réducteur à manivelle (cric), dont la fonction est de démultiplier l'effort nécessaire à la l'effort nécessaire à la rotation du segment et à le bloquer dans la position désirée. Il est fixé sur les poutres frontales par des boulons en acier inoxydable. Il est muni d'un mécanisme de sécurité par roue à rochets et cliquet, empêchant la vanne de se fermer sous son propre poids et d'entraîner la manivelle lors des manœuvres. Ces éléments sont en acier,
- la crémaillère 65 x 40 mm au pas de 28 mm, qui assure la liaison entre le segment et le réducteur à manivelle. Elle est fixée sur le segment par un ensemble axe-rondelles-goupilles en acier inoxydable et est en prise directe sur un engrenage du réducteur à manivelle. Elle est en acier courant de type E24.

Tableau 4 – Principales caractéristiques des vannes

Nom de l'ouvrage	Nombre	Dimensions O x H	Commande de manœuvre	Observations
Bell I	1	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
Bell II	3	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
Lemer	2	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
	1	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type ?	Cric, crémaillère et potence ont été récemment changés
Cheyal	2	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
	2	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle	Cric, crémaillère et potence ont été récemment changés
Aftout–Es-Sahéli	4	6.00 x 2.00	Double réducteur à manivelle et boîtier de manœuvre latéral Louis Feugier Type 1D	Vanne à segment de marque Neyrpic
Dioup	1	1.90 x 1.50	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
Dalagona	4	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
Ibrahima	2	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	
Gouère	2	1.90 x 1.65	Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D	

5.3.2 Constatations faites lors de la visite des ouvrages

5.3.2.1 Bell 1 et Bell 2

La gestion des vannes des ouvrages Bell I et Bell II a été transférée au Parc National du Diawling (PND) par un protocole signé entre la SOGED et le PND le 29 Juin 2009.

Les pelles de ces 2 ouvrages ont été changées en 2014/2015 lors de leurs travaux de réhabilitation.

Durant ces travaux, un dispositif de protection cathodique a été installé sur les vannes et les crics ont été peints.

Lors de notre visite, les vannes ont été montées et descendues sans difficultés ou à coup.

Contrairement aux vannes des autres ouvrages hydrauliques, celle de Bell 1 n'est pas située côté fleuve Sénégal mais du côté océan.

Les trois vannes de Bell 2 sont bien situées du côté du fleuve.

La fonction de ces vannes est de réguler le niveau et la qualité des eaux du parc national de Diawling. Afin de restaurer les conditions naturelles qui existaient avant la construction du barrage de Diama, l'ouverture des vannes peut, soit permettre de baisser le niveau des eaux du bassin de Bell, voire même l'assécher pour une durée déterminée, soit de l'alimenter en eaux saumâtres en provenance des zones situées à l'ouest de la digue de Bell pour maintenir une certaine biodiversité (espèces migratrices, palétiivers...).

Depuis leur mise en place, ces vannes fuient. Sur la vanne de Bell 1, nous avons pu constater que le joint supérieur est arraché. Suite à ces fuites, les joints ont été remplacés à plusieurs reprises et

plusieurs experts se sont rendus sur place. Mais aucune explication et solution n'a pu être apportée à ce problème qui nuit à la fonction de régulation des vannes.

Nous avons également constaté que le plat de serrage de la queue du joint frontal déchiré est fixé sur la face supérieure du profilé en U et pas sur la face latérale comme c'est le cas pour les autres vannes. Dans cette position, le joint n'est plus maintenu entre le cadre et le mur lors des manœuvres de montée et descente de la vanne. Il subit des efforts de cisaillement importants qui peuvent expliquer son arrachement.

Les vannes sont des équipements qui sont plus complexes qu'il n'y paraît au premier abord. Et d'autant plus quand elles fonctionnent dans les deux sens ; les joints d'étanchéité sont alors alternativement comprimés ou décomprimés. Dans ce dernier cas, l'étanchéité de la vanne est bien entendu diminuée.

Nous avons également pu constater sur Bell 1 que le cliquet de la roue à rochets est usé et ne fonctionne plus, ce qui pose un problème de sécurité lors de l'ouverture de la vanne avec un risque de chute brutale.

La partie basse de la liaison entre la crémaillère et l'axe d'arrêt, qui se trouve dans la zone de marnage, présente des tâches de rouille superficielles alors que la vanne a été installée il y a moins de 3 ans.



Joint d'étanchéité frontal déchiré. On peut distinguer les anodes sacrificielles



Le plat de serrage est fixé sur la face supérieure du cadre

5.3.2.2 Lemer

Afin de ne pas impacter le niveau des plans d'eau en aval, les vannes des ouvrages de Lemer et Cheyal n'ont pas pu être manœuvrées. Toutefois, les opérateurs du Parc du Diawling nous ont assuré de leur bon fonctionnement.

Lors des travaux de réhabilitation de 2015, le cric, la crémaillère et la potence de la vanne centrale ont été changés. Le cric semble être de marque Feugier mais il est légèrement différent du cric de l'ouvrage précédent. La potence est également différente, puisqu'elle est constituée par un tube métallique à l'intérieur duquel se trouve la crémaillère. Les crics ont été repeints.

Sur la vanne côté Diama, un des 4 boulons de fixation du cric sur la potence n'est pas de même longueur que les 3 autres et pas en acier inoxydable. Il est rouillé.

5.3.2.3 Cheyal

Lors des travaux de réhabilitation de 2015, le cric, la crémaillère et la potence de la vanne de rive et vanne centrale côté Rosso ont été changés. Les crics et la potence sont du même type que ceux de l'ouvrage de Lemer.

Nous avons remarqué que le cric de la vanne RG (côté Diama) est légèrement en torsion et que la crémaillère de la vanne contigüe n'est pas strictement verticale.



La potence est constituée par un tube métallique

5.3.2.4 Aftout-Es-Sahéli

Cet ouvrage est équipé de 4 vannes à segment de 6 m de large et 2 m de hauteur.

Les 3 vannes côté Diama sont gérées par la SONADER. Elles sont destinées à l'alimentation en eau du périmètre agricole qui se trouve en aval de la digue, et qui, à terme, devrait s'étendre sur une superficie de 11 000 hectares.

La vanne côté Rosso est gérée par la Société Nationale de l'Eau (SNDE). Sa fonction est d'alimenter la station de pompage d'Aftout-Es-Sahéli pour l'alimentation en eau potable de la capitale Nouakchott.

Lors de notre visite, l'aiguardier en charge des vannes de la SONADER était absent et nous n'avons donc pas pu les manoeuvrer. Les témoignages recueillis sur place laissent penser que ces vannes seraient trop rarement manoeuvrées. Il serait nécessaire de le faire plus régulièrement et plus souvent afin, d'une part de pouvoir s'assurer de leur bon fonctionnement et, d'autre part, éviter un grippage des mécanismes de fait de leur inactivité.

La crémaillère de la vanne côté Rosso a flambé. Elle a été réparée mais on peut encore constater une déformation.

La vanne côté Rosso est plus fréquemment manoeuvrée et, selon le responsable de la station de pompage (M. HADRAMI), son utilisation ne pose pas de problème.

Les roues à rochets des crics connaissent des problèmes récurrents. Régulièrement, elles se cassent ou s'arrachent de leur axe de manoeuvre. Actuellement ce sont les roues à rochets des vannes côté Diama qui sont cassées. Outre le problème de sécurité qui se pose durant leur manoeuvre, les vannes se trouvent bloquées et dans l'impossibilité d'être remontées.

Pour remédier à ces dysfonctionnements et compte tenu que depuis sa mise en service en 1986 l'ouvrage n'a pas fait l'objet de gros entretiens, la SOGED a lancé une consultation pour sa réhabilitation, sur financement de la Banque Mondiale dans le cadre du PGIRE II.

Dans les documents d'APS et d'APD, il sera ainsi tenu compte du fait que l'ouvrage d'Aftout-Es-Sahéli aura fait l'objet de réhabilitation. Par ailleurs, le Consultant a pris connaissance de l'ampleur et de la nature des travaux envisagés pour la réhabilitation de l'ouvrage à travers les documents du DAO de la SOGED.

5.3.2.5 Dioup

Lors de la manœuvre de la vanne, il est apparu que la manivelle touchait la lisse supérieure du garde-corps. Ceci rend ainsi difficile et ralentit considérablement l'ouverture et la fermeture de la vanne.

On note la corrosion du plat métallique qui fait la jonction entre la crémaillère et la poutre frontale.



La manivelle touche la lisse supérieure du garde-corps



Vue de la potence, de la crémaillère, du plat métallique rouillé et de la poutre frontale

5.3.2.6 Dalagona

La manivelle utilisée pour l'ouverture des vannes touche le béton du trottoir. Il est impossible d'ouvrir les vannes avec cette manivelle.

Lors de notre visite, les 4 vannes étaient à moitié levées. Nous avons noté :

- Des joints frontaux en bon état,
- Une corrosion des parties immergées,
- Les axes en acier inoxydable sont en très bon état.



La vanne est très difficilement manœuvrable. La manivelle est bloquée par le béton



Plat de liaison corrodé. Axe d'arrêt en bon état

5.3.2.7 Ibrahima

Lors de notre visite, les deux vannes étaient en partie ouvertes et cadénassées. L'aiguardier ne disposant pas des clés, les vannes n'ont pas pu être manœuvrées.

La position du cric est trop basse, trop proche du trottoir et du garde-corps. Ceci rend dangereux, lent et pénible la manœuvre des vannes. L'aiguardier nous a montré que sa manivelle heurtait le béton du trottoir.

Nous avons noté que le couvercle de l'orifice permettant le graissage du mécanisme du cric n'était pas refermé. Le cric n'est donc plus étanche à la poussière et au sable qui progressivement encrassent et abrasent les engrenages avec le risque de les gripper.

Les vannes n'étaient pas suffisamment ouvertes pour que la pelle soit visible.



**La position du cric est trop basse.
La manivelle touche le béton**



**Les typhas et débris gênent le bon
fonctionnement de la vanne**

5.3.2.8 Gouère

Lors de notre visite, les deux vannes étaient presque entièrement levées. Chacune est munie d'une chaîne et d'un cadenas ; mais seul la vanne côté Diama était enchaînée et cadénassée.

Nous avons pu manœuvrer la vanne côté Rosso. Nous avons pu la monter à fond, mais cela a représenté quelques centimètres seulement. Nous avons alors constaté que le débouché hydraulique était quasiment nul et qu'il n'y avait aucun écoulement. Puis nous l'avons redescendu, mais d'une dizaine de centimètres seulement car rapidement la vanne a touché le fond du lit.

Lors de ces manœuvres, le cric a parfaitement fonctionné. Notons toutefois que la manivelle effleure la lisse inférieure du garde-corps ; ce qui a occasionné une petite éraflure de la main de l'aiguardier.

Il manque des boulons de fixation des crics sur la potence : un pour la vanne côté Diama et deux sur l'autre vanne.

Le capot du cric de la vanne côté Diama est endommagé et n'est plus totalement étanche.



La manivelle affleure la lisse du garde-corps



Le carter du cric n'est pas étanche

5.3.3 Diagnostic des équipements hydro-mécaniques

Les principaux enseignements de la visite des équipements hydro-mécaniques sont décrits ci-après.

5.3.3.1 Les crics

Les crics que nous avons pu manœuvrer sont parfaitement fonctionnels. Leur manœuvre se fait sans difficulté ou à-coup, ce qui indique que la cinématique interne n'est pas détériorée, notamment les dents des engrenages.

Malheureusement nous avons pu en faire fonctionner très peu pour les raisons suivantes :

- Les manivelles peuvent difficilement, ou pas du tout, être tournées car les crics sont mal positionnés par rapport au béton du trottoir ou aux lisses du garde-corps : soit trop bas, et la manivelle touche le béton (Dalagona et Ibrahima), de plus, même si la manivelle pouvait passer, la position de l'aiguardier est très inconfortable, soit la manivelle touche ou effleure l'une des lisses du garde-corps (Dioup et Gouère). Pour ces ouvrages, il faut soit changer les dimensions de la manivelle, soit changer la position des crics (ce qui conduirait à changer la longueur des crémaillères) et de la lisse inférieure du garde-corps.
- Les contraintes d'exploitation des bassins en aval des ouvrages de Lemer et Cheyal ne permettaient pas de manœuvrer les vannes.

Depuis le dernier diagnostic de BRLi, qui avait signalé la présence de points de rouille superficiels, les carters ont été peints et peu de points de rouille superficiels sont visibles. Les recommandations ont donc été suivies empêchant la formation d'une corrosion en profondeur pouvant percer les carters.

La plaque latérale du carter du cric aval de Gouère n'a pas été redressée depuis le dernier diagnostic. La structure des carters servant directement de guidage aux engrenages internes, cela pourrait engendrer des contraintes mécaniques sur la cinématique interne ou sur la crémaillère.

5.3.3.2 La boulonnerie

La boulonnerie de fixation des crics sur les potences et des potences sur les poutres frontales est en bon état. Les boulons manquants sur les deux vannes de l'ouvrage Gouère n'ont pas été remis en place. Un boulon de fixation du cric sur la potence de la vanne côté Diama de l'ouvrage Lemer a été changé mais il n'est pas en acier inoxydable.

5.3.3.3 Les crémaillères

Le bon état des crémaillères n'a pas évolué depuis le dernier diagnostic. Elles demeurent parfaitement fonctionnelles. Les dentures en contact avec les pignons des crics ne présentent pas de zone de faiblesse. Les crémaillères présentent des points de rouille superficiels sur les parties émergées. Cela n'empêche pas leur fonctionnement, cette rouille n'étant pas localisée sur la partie fonctionnelle de la denture qui est graissée.

5.3.3.4 Les axes d'arrêt

Les axes d'arrêt, avec leurs rondelles et leurs goupilles, que nous avons pu observer (Bell 1 et 2, Dioup, Dalagona et Ibrahima) sont en bon état car ils sont en acier inoxydable. Cependant, ils ne sont plus enduits de graisse, ce qui peut engendrer des problèmes de corrosion au droit de leur guidage dans les crémaillères et dans les chapes des pelles.

5.3.3.5 Potences et poutres frontales

Par rapport au dernier diagnostic, l'état des potences et poutres frontales n'a pas véritablement empiré. Elles présentent certes des taches de rouille superficielles mais cette corrosion superficielle n'est pas nuisible au fonctionnement à court et moyen terme.

Il en est de même pour les jambes de force que nous avons pu observer. Leur corrosion n'a pas sensiblement évolué, et elles demeurent fonctionnelles.

5.3.3.6 Les joints

Les joints latéraux et de seuil sont des éléments qui sont inaccessibles sans démonter totalement la vanne. En ce qui concerne les joints frontaux, ils sont parfois accessibles sur les vannes dont les poutres frontales sont suffisamment hautes par rapport au niveau d'eau à l'amont.

Nous n'avons ainsi pas pu observer les joints frontaux de Bell 1 et 2, Dioup, Dalagona et Ibrahima.

A l'exception du joint de Bell 1 qui est déchiré, les autres joints frontaux sont en bon état, ce qui ne présume pas de l'état des joints frontaux qui n'ont pu être vus et encore moins de l'état des joints latéraux et de seuil.

5.3.3.7 Les pelles

Nous n'avons pu observer que l'encadrement supérieur et les chapes de fixation des pelles des ouvrages Bell 1 et 2, Dioup, Dalagona et Ibrahima.

Les pelles de Bell 1 et 2 ont moins de 3 ans et sont équipées d'une protection cathodique. On peut supposer que leur état est bon.

Pour les trois autres ouvrages, nous n'avons pas observé une corrosion en profondeur des chapes de fixation des pelles aux axes des crémaillères.

5.3.3.8 Éléments de guidage

Lors du précédent diagnostic, il avait été signalé que les rainures de guidage de la pelle de Bell 1 présentaient des zones rouillées en profondeur sur les parties latérales. Ces éléments ont été changés lors de la réhabilitation de l'ouvrage.

5.3.3.9 Les barrières de sécurité

Depuis le dernier diagnostic, les barrières de sécurité des ouvrages ont été repeintes. Quelques points de rouille superficiels sont quelquefois visibles. Leur fonctionnalité est assurée à court et moyen terme.

5.3.3.10 Reniflards

Des chapeaux de reniflards sont manquants ou fortement endommagés par la corrosion sur les ouvrages de Bell 1 et 2, Lemer, Cheyal, Ibrahima et Gouère.

5.4 Remblais contigus aux culées du barrage de Diama

Les principales dégradations observées sur les plateformes des culées du barrage de Diama sont de légers tassements liés aux départs de matériaux au travers des palplanches. Les désordres sont reportés sur le plan en page suivante.

Dans l'ensemble, les tassements constatés sur les remblais contigus aux palplanches sont relativement faibles (0,10 à 0,20m de hauteur). Les actions à engager se limitent à une surveillance de l'évolution de ces tassements.

Il est à noter la présence de deux désordres ponctuels plus importants :

- Présence d'une zone de prélèvement de matériaux dans la plateforme au droit d'un bâtiment technique. Une conduite PVC débouche dans cette zone de déblai. Ce désordre mérite d'être traité (dévoisement de la conduite, purge et remblai compacté de la fosse).
- Présence d'un fontis à proximité du raccordement à la digue de bouchure, côté retenue. Ce fontis important mérite d'être purgé avant reconstitution de la plateforme en remblai compacté.

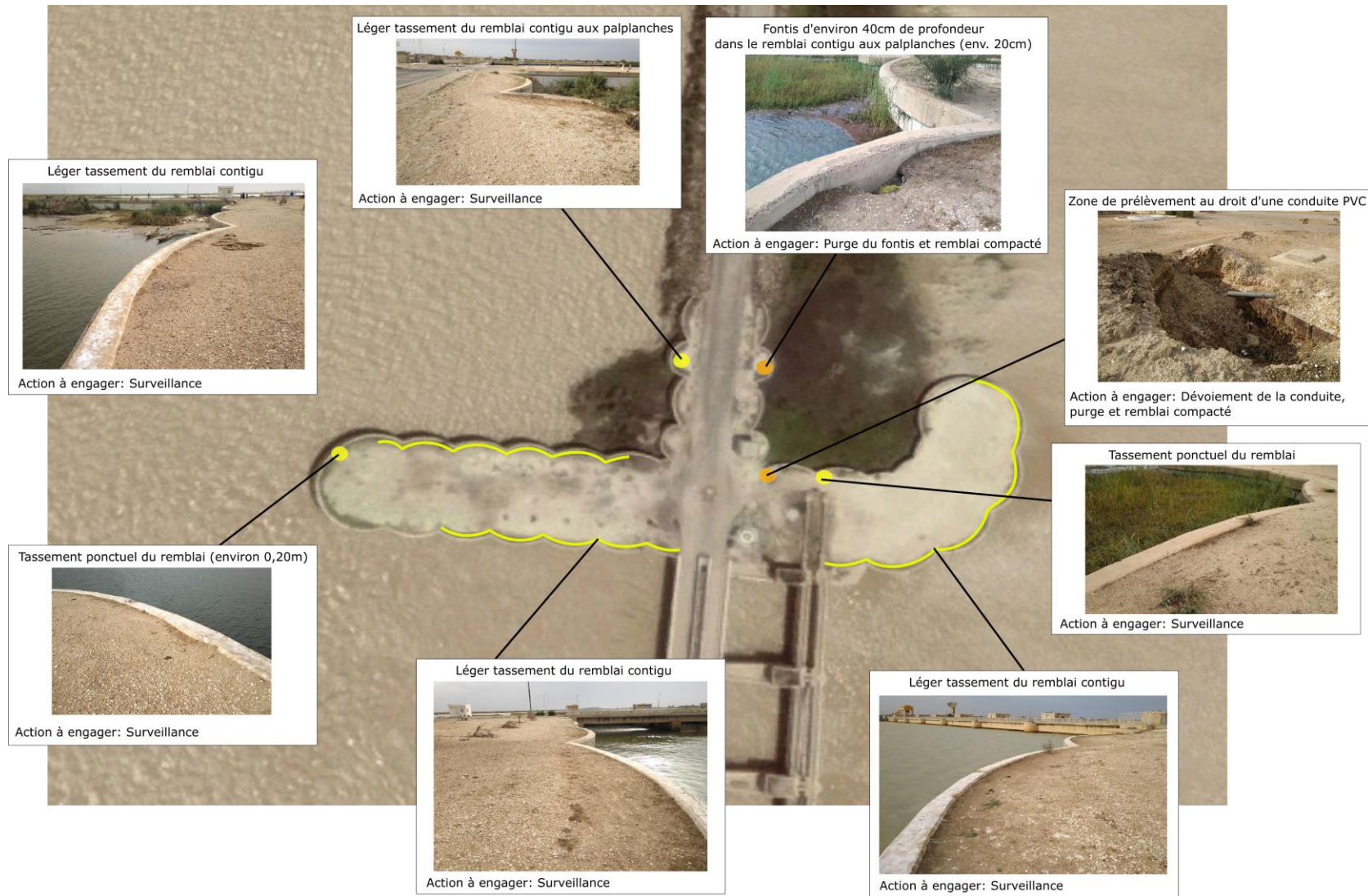


Figure 8: Localisation des désordres identifiés sur la culée rive droite du barrage

6. Propositions concernant les scénarii d'étude de réhabilitation des digues

Il a été fait constat dans les chapitres précédents que les digues avaient subi une perte de profil initial, à la fois en élévation et en épaisseur.

S'il est à priori admis que le rétablissement du profil initial en élévation sera réalisé selon un scénario convenu consistant en l'apport de matériaux constitutifs du corps de digue et d'une couche de roulement (latérite ou banco coquillé), l'épaississement des digues et leur résistance à l'érosion peut par contre être envisagé selon différents scénarii :

1. Scénario 1 : les digues sont réhabilitées selon leur profil initial et sans protection anti-érosive des talus ;
2. Scénario 2 : les digues sont réhabilitées selon leur profil initial et avec une protection des talus pour lutter contre l'érosion ;
3. Scénario 3 : les digues sont réhabilitées avec une surépaisseur sacrifiée à l'érosion pour atteindre une certaine durée de vie (20 ans par exemple), en considérant les pertes d'épaisseur observées depuis leur construction.

Une analyse comparative des coûts, avantages et inconvénients de ces différents scénarii de réhabilitation sera ensuite réalisée en phase APS pour permettre à l'OMVS de se prononcer sur le choix du scénario en toute connaissance de cause.

ANNEXES

Annexe 1 : Bibliographie

Liste des documents remis ou consultés	Format et Version	Observations
Documents remis par OMVS/SOGED		
1- Etudes BRLi 2006/2007		
<ul style="list-style-type: none"> Rapport Diagnostic Chapitres A à D 	Word – Version non indiquée	RAS
<ul style="list-style-type: none"> Rapport Diagnostic Chapitre E rive droite 	Word – Version non indiquée	Chapitre E1.2 Topographie : Tableau incomplet Manque les chapitres : E1.3 Géophysique E1.4 Expertise géotechnique E2 Pistes de liaison et ouvrages associés
<ul style="list-style-type: none"> Rapport Diagnostic Chapitre F rive gauche 	Word – Version non indiquée	Chapitre F1.2 Topographie : Tableau incomplet Manque les chapitres : F1.3 Géophysique F1.4 Expertise géotechnique F2 Pistes de liaison et ouvrages associés
<ul style="list-style-type: none"> APD de la rive droite Mauritanienne 	Pdf – Version non indiquée	Manque : le dossier de plans des endiguements, pistes et ouvrages hydrauliques
<ul style="list-style-type: none"> APD de la rive gauche Sénégalaise 	Pdf – Version non indiquée	Manque : le dossier de plans des endiguements, pistes et ouvrages hydrauliques
2- Etudes MCG 2011		
Etude d'APD de la route ROSSO - DIAMA	Word – Version non indiquée	Manque l'Annexe 2: Topographie, coordonnées des polygonales de base
DAO de la route ROSSO - DIAMA	Word – Version provisoire	RAS
Devis confidentiel de la route ROSSO - DIAMA	Excel - Version non indiquée	RAS
Plan d'Action de Réinstallation de la route ROSSO - DIAMA	Word – Version provisoire	RAS
3- Etude de contrôle topographique annuel du barrage de Diama		
Rapport final du contrôle Mars 2015	Word – Version définitive	RAS
Rapport final du contrôle Août 2016	Word – Version définitive	RAS

Liste des documents remis ou consultés	Format et Version	Observations
4- Etude Groupement INROS LACKNER – AHT GROUP – IRC CONSULTANT - 2014		
APS / APD pour la réhabilitation des digues et ouvrages hydrauliques du PND	PDF – Version définitive – Septembre 2014	RAS
5- Note sur les endiguements du fleuve Sénégal (Février 2017)	Word – Version définitive	RAS
6- Convention portant création de l’agence de gestion et d’exploitation de Diama (Janvier 1997)	PDF	RAS
7- Dossiers des opérations d’entretien réalisées par la SOGED	Word	RAS
Documents consultés au Centre de Documentation et d’Archives (CDA) de St Louis		
<ul style="list-style-type: none"> Endiguement du fleuve Sénégal rive gauche et rive droite – Etudes de diagnostic (BRLi/MCG Octobre 2006) 	Papier – Version non indiquée	RAS
<ul style="list-style-type: none"> Endiguement du fleuve Sénégal rive gauche et rive droite – APD (BRLi/MCG Avril 2007) 	Papier – Version non indiquée	RAS
<ul style="list-style-type: none"> Endiguement du fleuve Sénégal rive gauche et rive droite – DAO (BRLi/MCG Avril 2007) 	Papier – Version non indiquée	RAS

Annexe 2 : Inspection des ouvrages hydrauliques et de leurs équipements hydro-mécaniques – Reportage photographique

OUVRAGE BELL I



Vue de l'ouvrage en venant de Diama, depuis « l'aval ». On observe les ragréages sur le mur



Dispositif de manœuvre de la vanne à simple réducteur à manivelle Louis Feugier de type 0D



Vue de l'ouvrage depuis « l'amont »



Vue de l'ouvrage depuis « l'aval »



Le cliquet du cric est trop usé pour remplir sa fonction



Joint d'étanchéité déchiré. On distingue les anodes sacrificielles

OUVRAGE BELL II



Vue de l'ouvrage en venant de Diamas



Les 3 vannes à simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D



Vue de l'ouvrage depuis « l'amont »



Vue de l'ouvrage depuis « l'aval »



Vanne baissée



Vanne levée. On distingue les anodes sacrificielles mises en place sur la pelle

OUVRAGE LEMER



Vue de l'ouvrage en allant vers Rosso



Vue des 3 dispositifs de manœuvre des vannes



Vue de l'ouvrage depuis l'amont



Vue de l'ouvrage depuis l'aval



Simple réducteur à manivelle Louis Feugier type 0D. Un des boulons de fixation sur la potence n'est pas en acier inoxydable.



Vue des événements

OUVRAGE CHEYAL



Vue de l'ouvrage en allant vers Rosso



Vue des crics de levage et des fixations des garde-corps



Vue de l'ouvrage depuis l'amont RD



Vue de l'ouvrage depuis l'aval RD



Vue des chambres des vannes



Calage du cric à manivelle sur la potence à l'aide de fers à béton.

OUVRAGE AFTOUT - ES - SAHEL



Vue de l'ouvrage en allant vers Rosso



Vue de la dalle de la travée côté Diama



Vue de l'amont de l'ouvrage depuis la RG



L'ouvrage vu depuis l'aval RG



Rideau de palplanches amont RG



Rideau de palplanches amont RD



Vue des ensembles de manœuvre des 4 vannes



Ensemble de manœuvre de la vanne segment



Ensemble de manœuvre des vannes murales : double réducteur à manivelle et boîtier de manœuvre latéral Louis Feugier Type 1D



Fissuration des plots de soutien des vannes



Dalle du pont : armatures apparentes et sans aucun enrobage



Vannes à segment : béton immergé délavé et guide oxydé

OUVRAGE DIOUP



Vue de l'ouvrage en venant de Rosso. On remarque que la barrière de pluie est détruite



La manivelle touche la lisse supérieure du garde-corps



Vue de l'ouvrage depuis l'amont



Vue de l'ouvrage depuis l'aval



Le béton immergé de la chambre de vanne est délavé



Vue de la potence, de la crémaillère, du plat métallique rouillé et de la poutre frontale

OUVRAGE DALAGONA



Vue de l'ouvrage en venant de Rosso



La vanne est très difficilement manœuvrable.
La manivelle est bloquée par le béton !



Vue de l'ouvrage depuis l'amont. Le canal est envahi par les typhas. On remarque le limnimètre.



Vue de l'ouvrage depuis l'aval. L'écoulement est grandement obstrué par les typhas.



Chambre de vanne. Le béton est en très bon état.



Vue de l'attache crémaillère/pelle.

OUVRAGE IBRAHIMA



Vue de l'ouvrage en venant de Rosso. La barrière de pluie est fonctionnelle



La manivelle touche le béton



Vue depuis l'amont. On remarque le limnimètre.



Vue de l'ouvrage depuis l'aval.



Vue d'une vanne en cours d'ouverture. Le béton est en très bon état.



Limnimètre enregistreur

OUVRAGE GOUÈRE



Vue de l'ouvrage depuis l'amont



La manivelle frotte contre la lisse du garde-corps, occasionnant des blessures à la main.



Béton, crémaillère et potence en très bon état.



Évents avec leurs capuchons



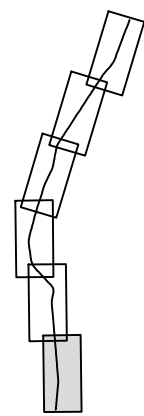
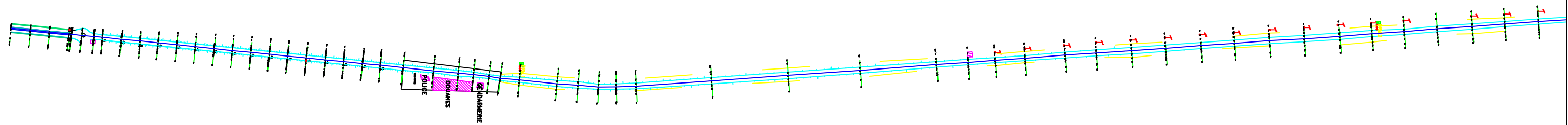
Cric cadenassé (vanne côté Diama)



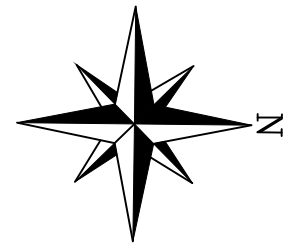
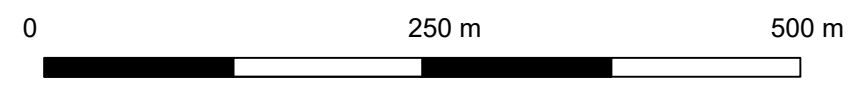
Un boulon est manquant. Capot légèrement entrouvert

**Annexe 3 : Etude de l'évolution du profil en
long des digues entre leur construction et l'état
actuel**

Digue de bouchure et digue de fermeture



Echelle 1/5000



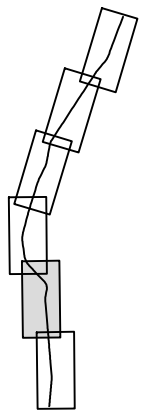
— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

Echelle en X : 1/5000

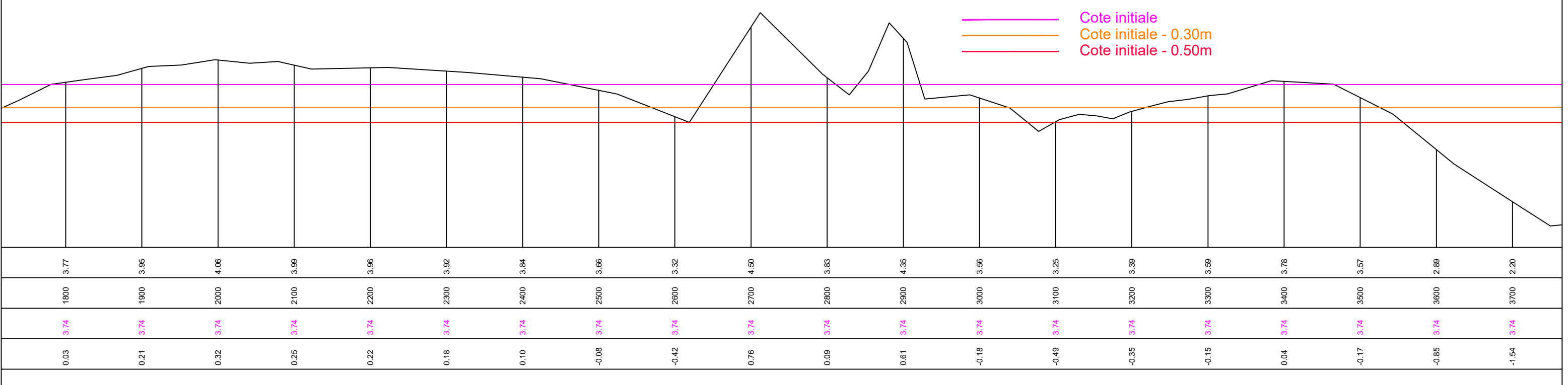
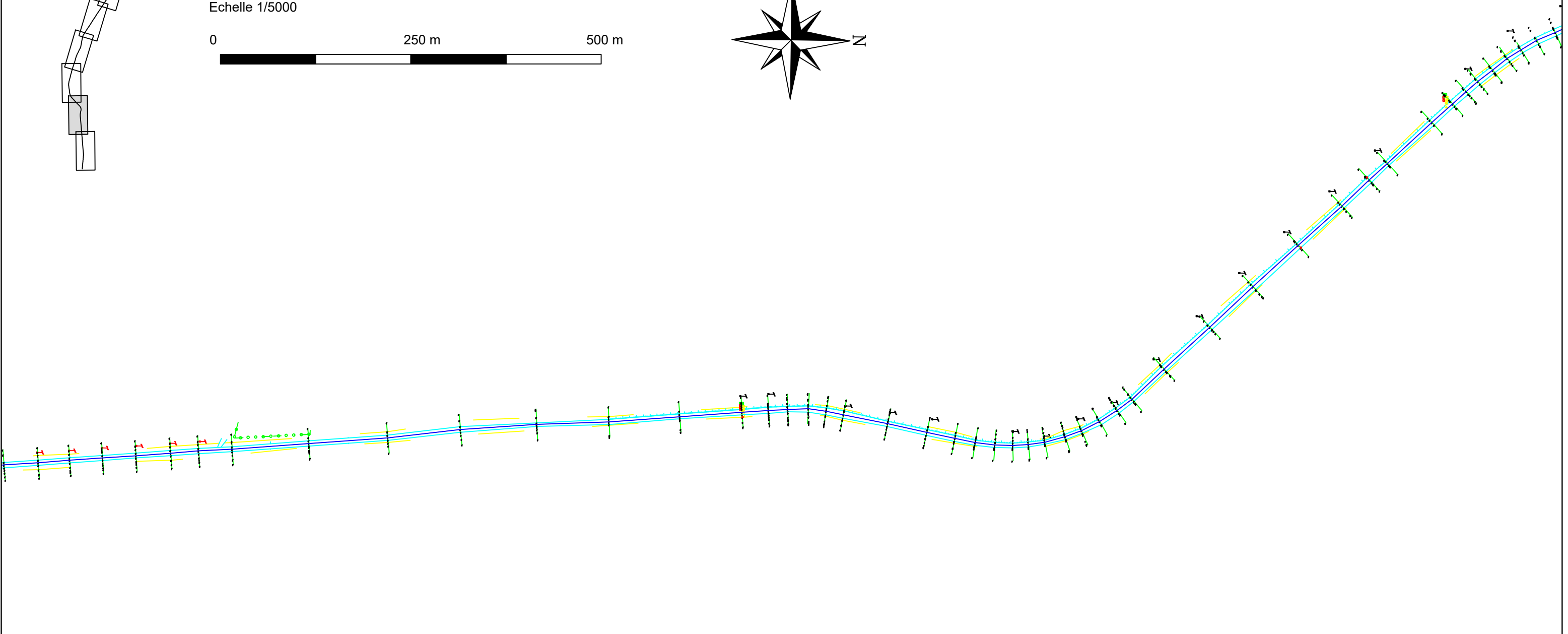
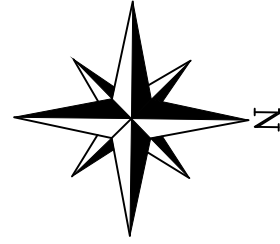
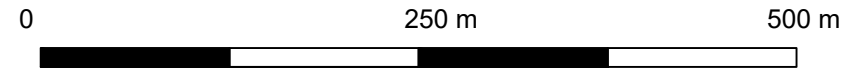
Echelle en Y : 1/50

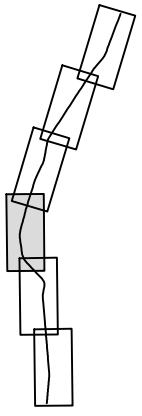
PC : 1.60 m

Altitudes Digue actuelle	3.84	3.70	3.84	3.81	3.73	3.75	3.86	3.76	3.66	3.84	3.80	3.59	3.38	3.45	3.68	3.38	3.30
Distances cumulées	0	73	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Altitudes Digue initiale	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74
Différence d'altitude	0.10	-0.04	0.10	0.07	-0.01	0.01	0.22	0.02	-0.08	0.10	0.06	-0.15	-0.36	-0.29	-0.06	-0.36	-0.44

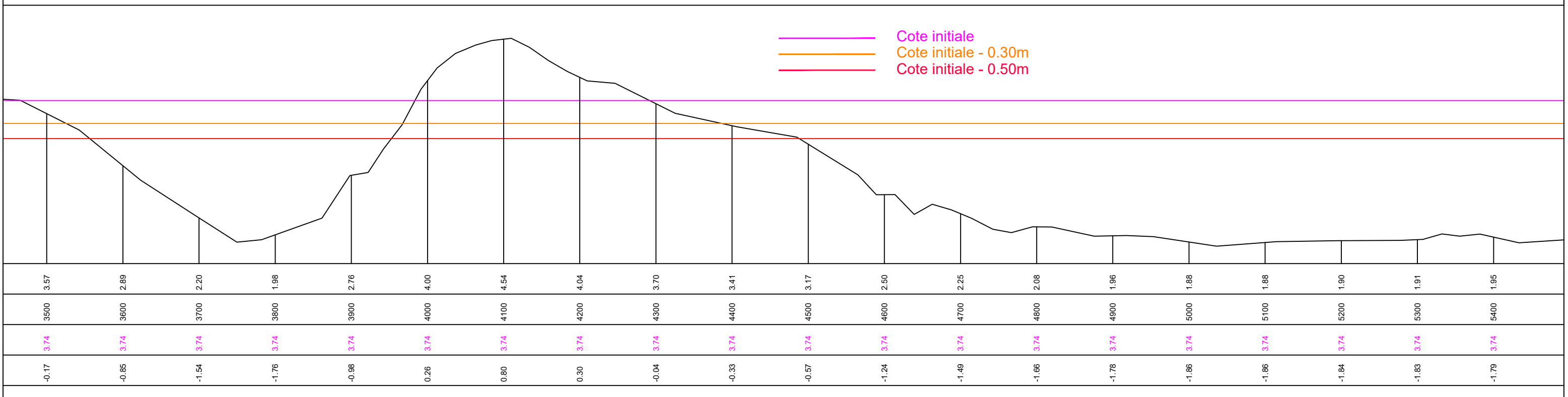
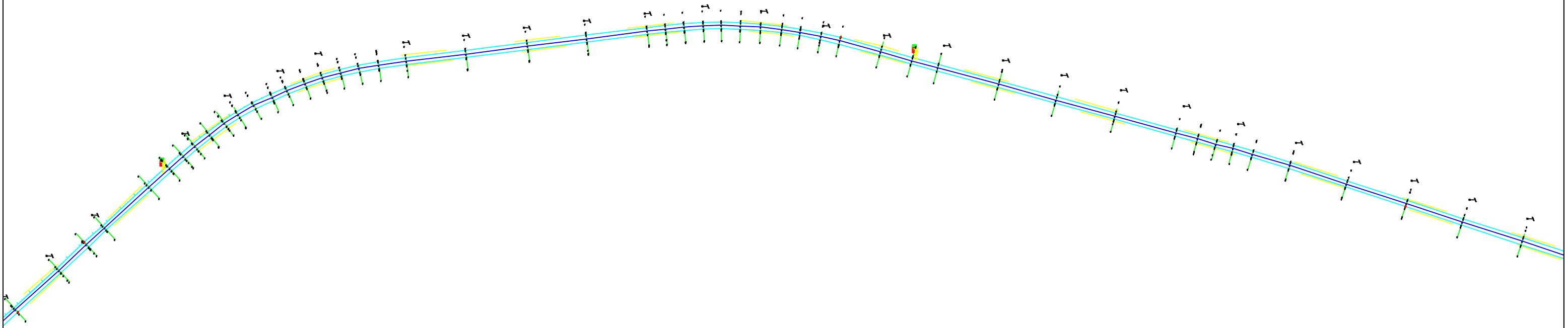
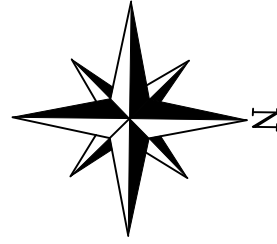
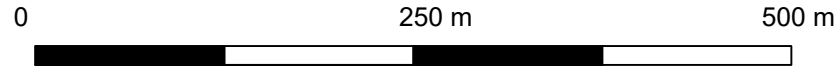


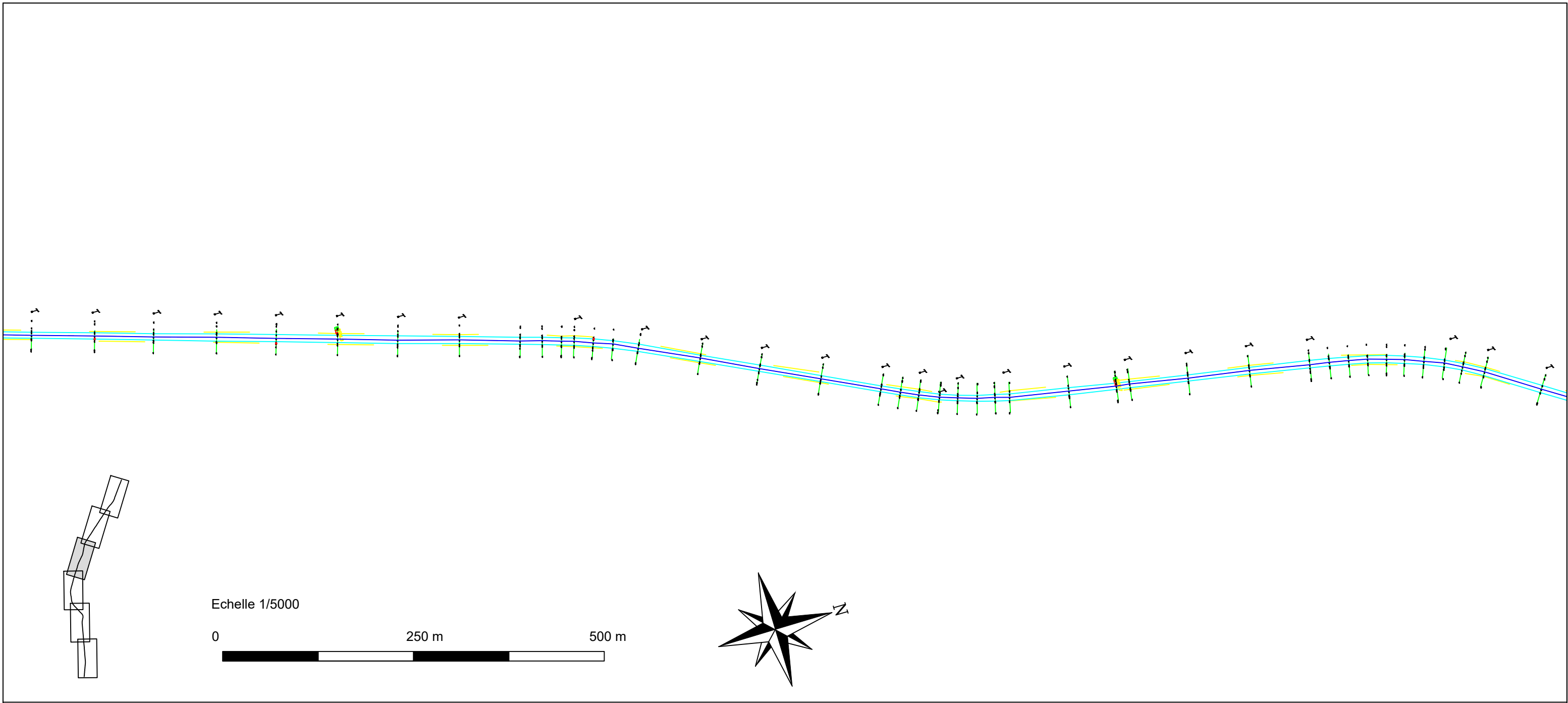
Echelle 1/5000



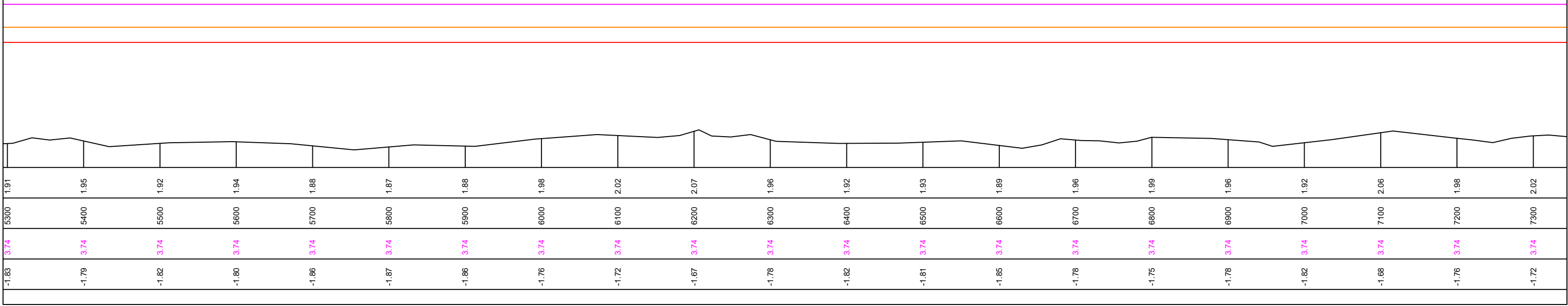


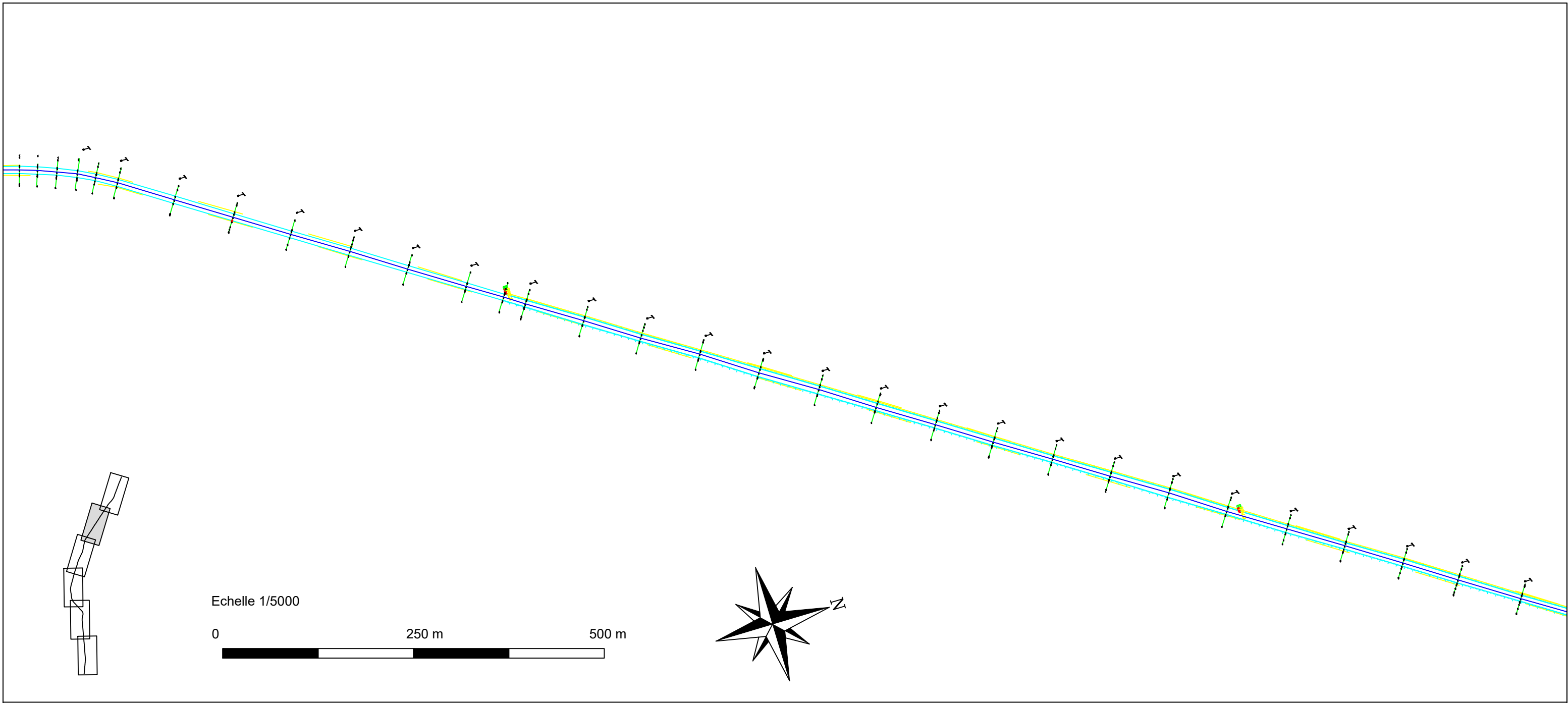
Echelle 1/5000





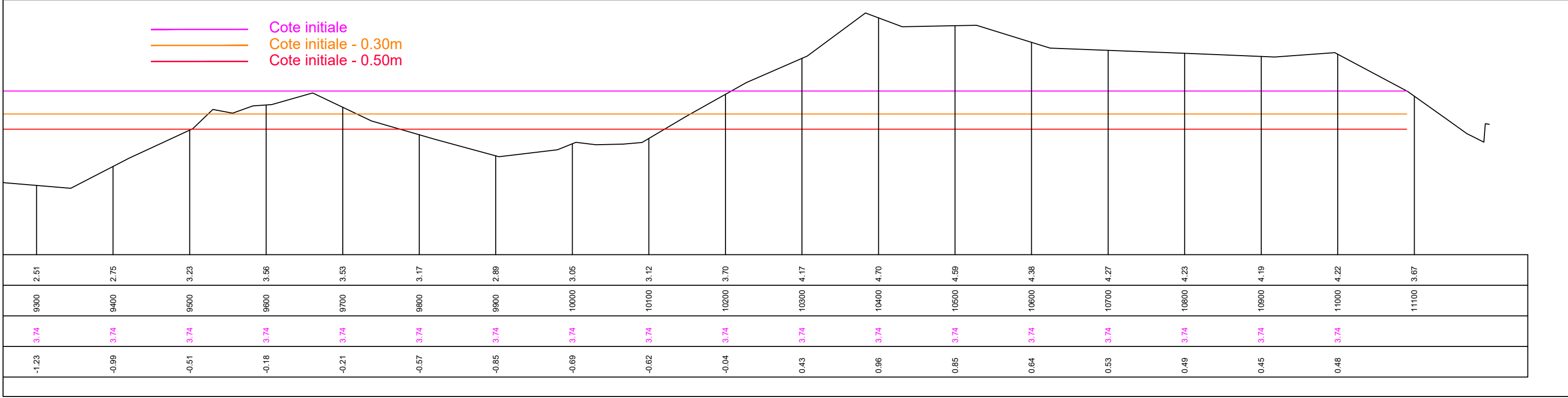
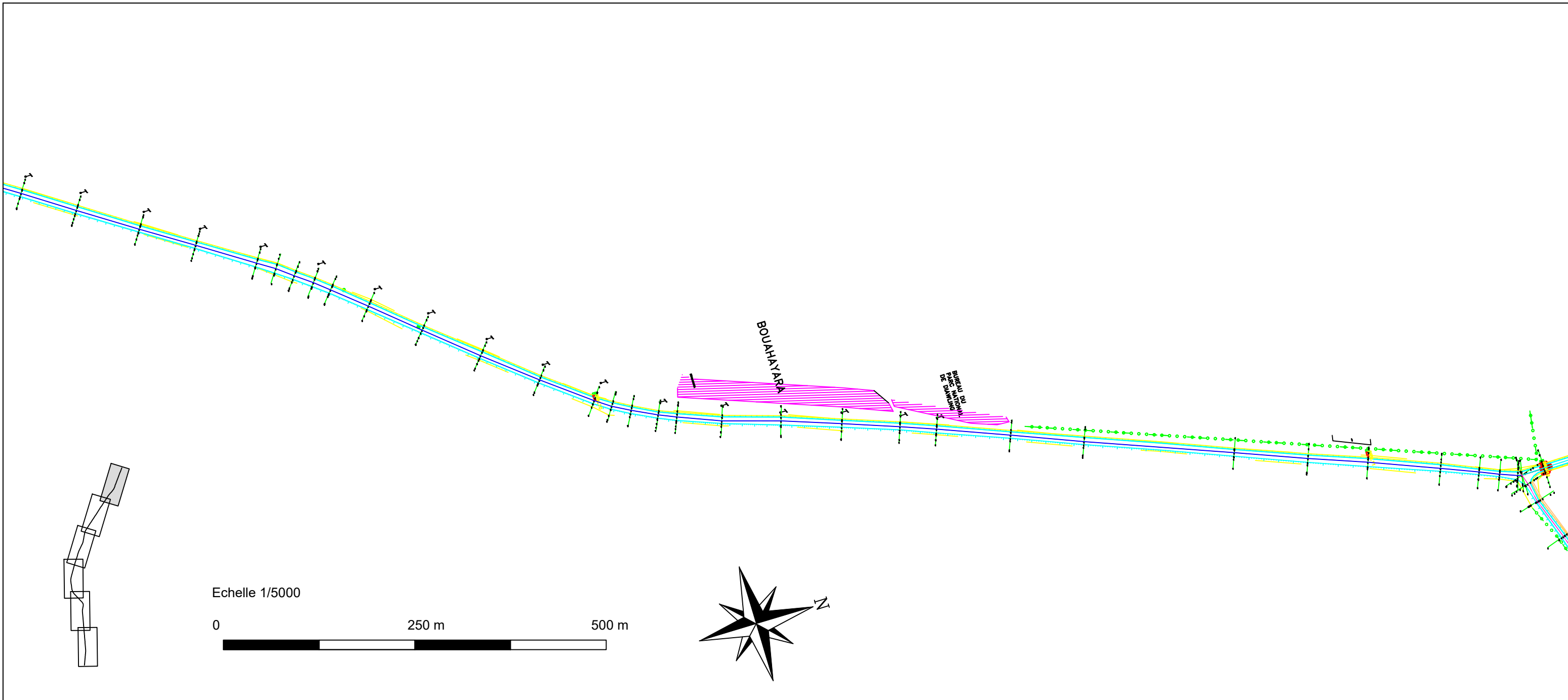
— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m



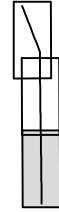


— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

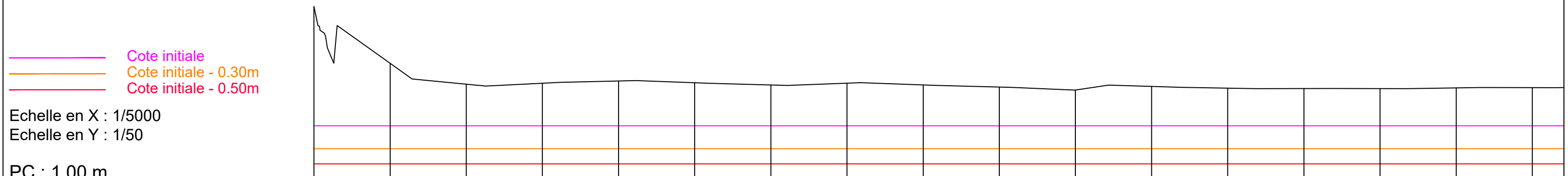
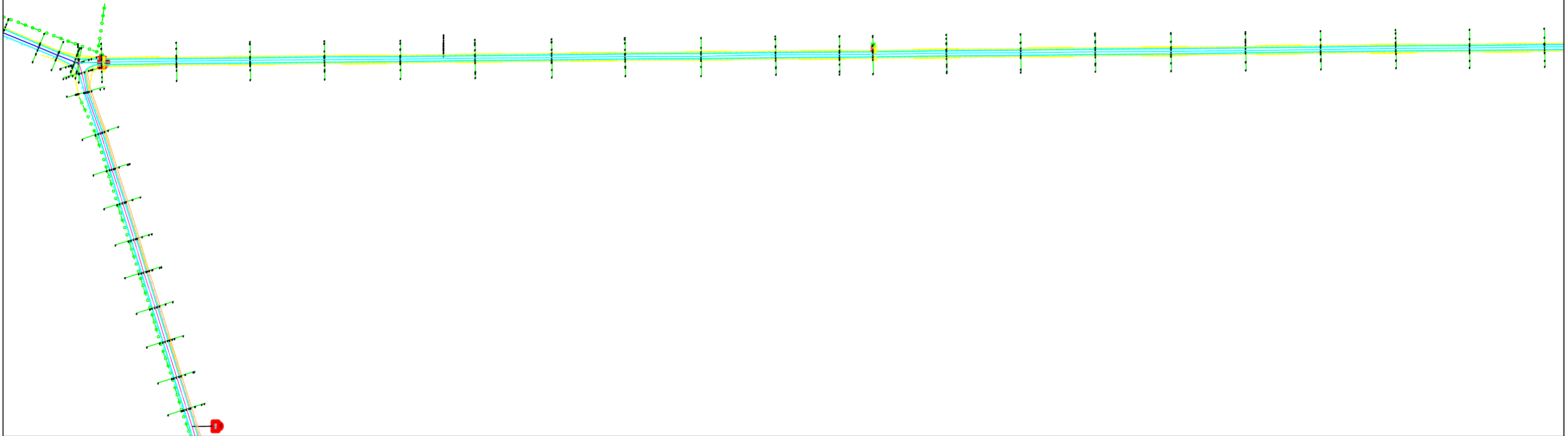
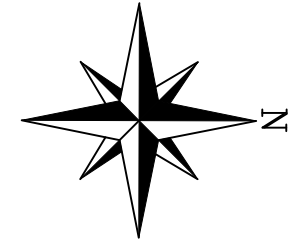
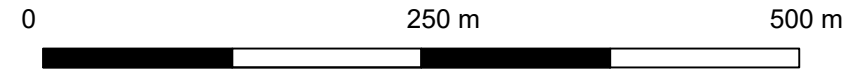
1.98	2.02	1.97	2.08	2.13	2.05	2.10	1.95	1.81	1.89	1.91	1.96	2.00	2.05	1.97	1.99	2.12	2.28	2.46	2.40
7200	7300	7400	7500	7600	7700	7800	7900	8000	8100	8200	8300	8400	8500	8600	8700	8800	8900	9000	9100
3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74
-1.76	-1.72	-1.77	-1.66	-1.61	-1.69	-1.64	-1.79	-1.93	-1.85	-1.83	-1.78	-1.74	-1.69	-1.77	-1.75	-1.62	-1.46	-1.28	-1.34



Digue de Bell



Echelle 1/5000

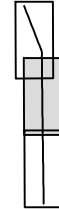
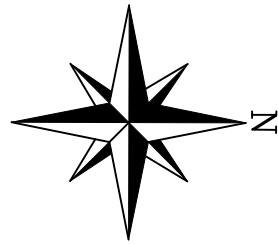


— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

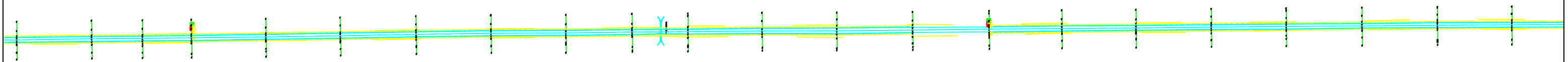
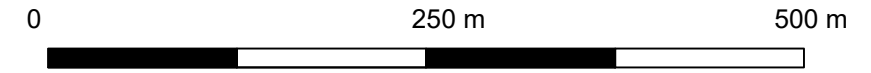
Echelle en X : 1/5000
 Echelle en Y : 1/50

PC : 1.00 m

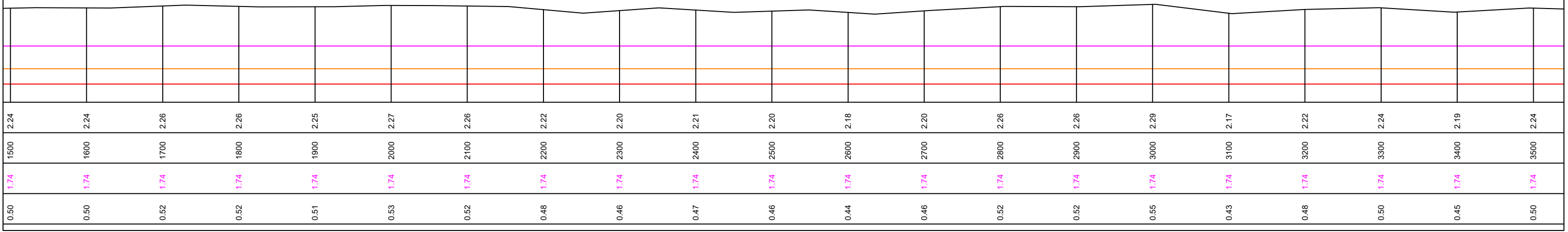
Altitudes Digue actuelle	3.30	2.56	2.29	2.30	2.33	2.30	2.28	2.30	2.28	2.25	2.21	2.26	2.23	2.23	2.23	2.24	2.24
Distances cumulées	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Altitudes Digue initiale	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
Différence d'altitude	1.56	0.82	0.55	0.56	0.59	0.56	0.54	0.56	0.54	0.51	0.47	0.52	0.49	0.49	0.49	0.50	0.50

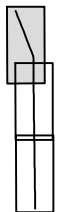


Echelle 1/5000

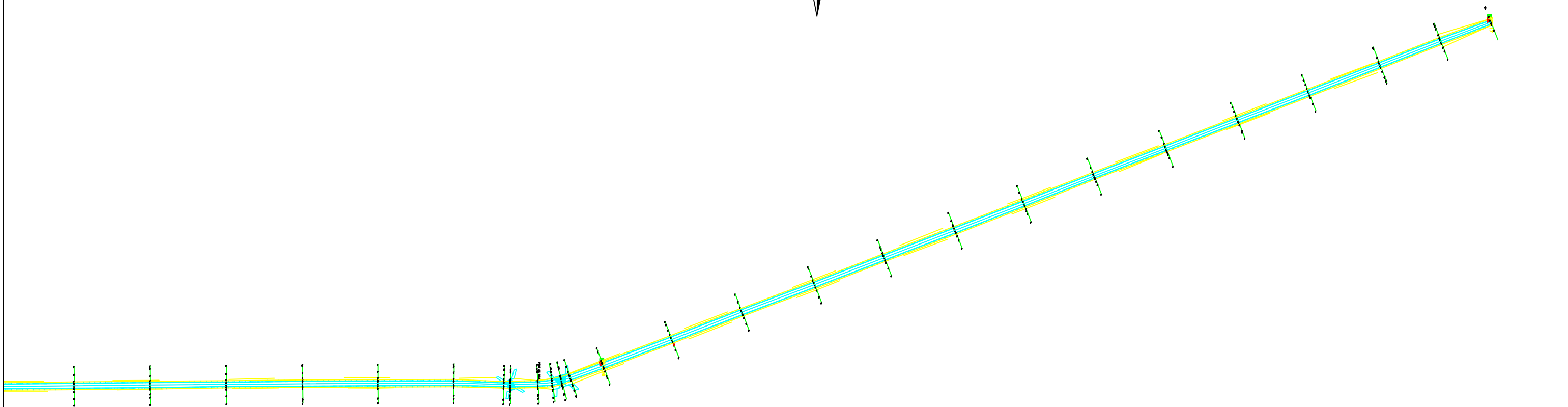
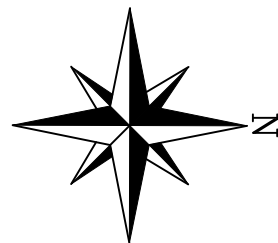
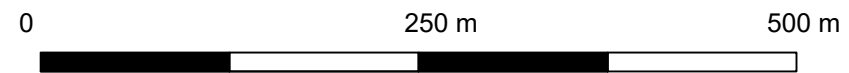


— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m





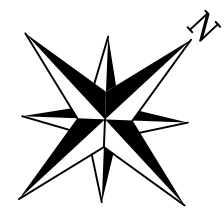
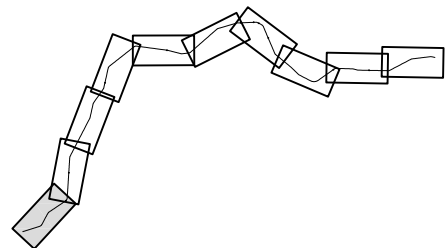
Echelle 1/5000



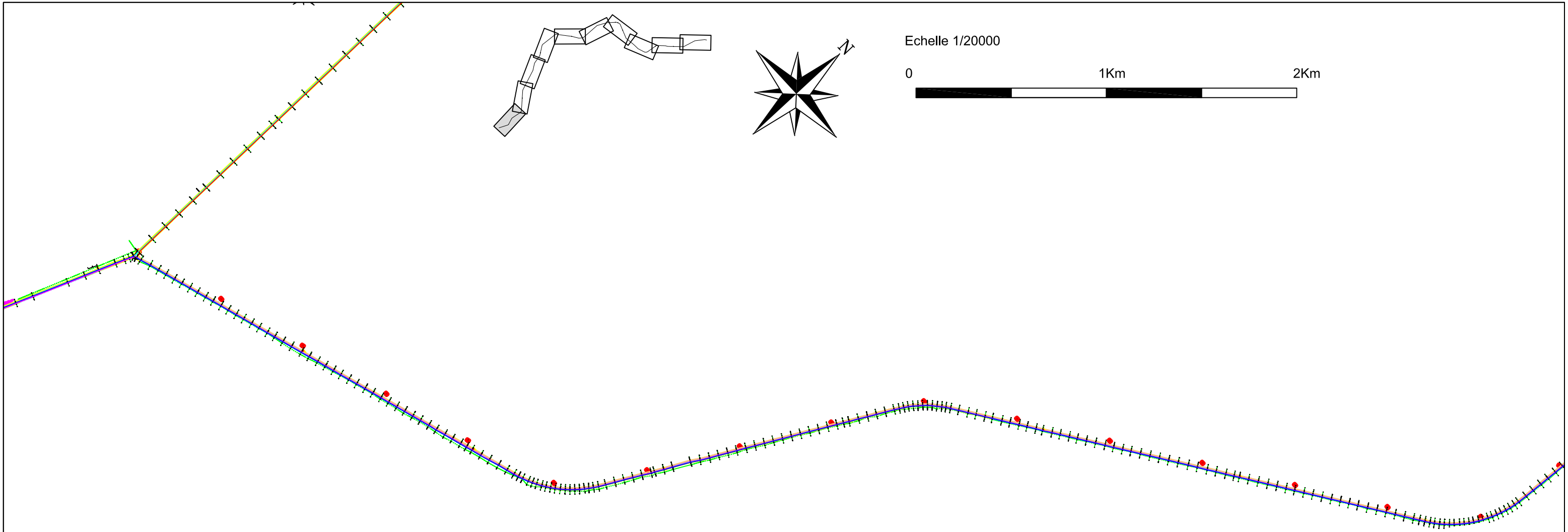
— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

2.19	2.24	2.21	2.22	2.27	2.34	2.21	2.20	2.23	2.18	2.20	2.20	2.21	2.19	2.20	2.23	2.20	2.21	2.24	2.53
3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200	5300
1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
0.45	0.50	0.47	0.48	0.53	0.60	0.47	0.46	0.49	0.44	0.46	0.46	0.47	0.45	0.46	0.49	0.46	0.47	0.50	0.79

Digue principale



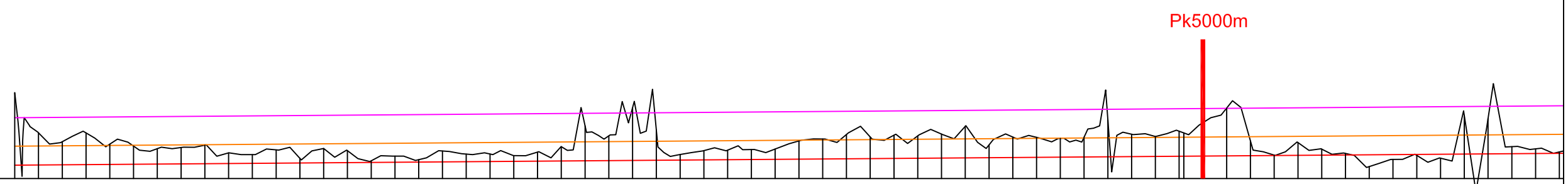
Echelle 1/20000



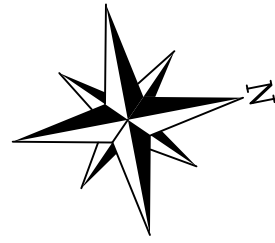
- Cote initiale
- Cote initiale - 0.30m
- Cote initiale - 0.50m

Echelle en X : 1/20000
Echelle en Y : 1/50

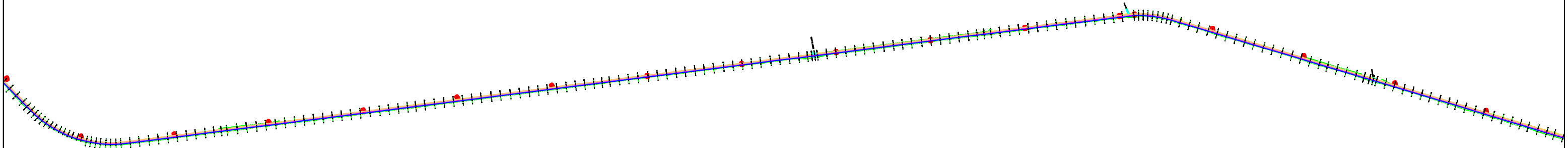
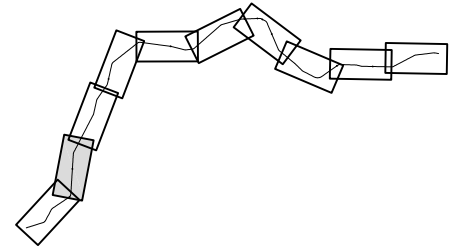
PC : 2.40 m



Altitudes Digue actuelle	3.30	2.79	2.76	2.71	2.75	2.65	2.61	2.69	2.64	2.69	2.66	2.66	2.95	3.14	2.65	2.70	2.71	2.82	2.84	2.85	2.95	2.84	2.82	3.02	2.84	2.99	2.80	2.78	2.66	2.60	2.61	3.03	2.71
Distances cumulées	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000	6200	6400
Altitudes Digue initiale	3.04	3.04	3.05	3.05	3.06	3.06	3.06	3.07	3.07	3.07	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.10	3.10	3.11	3.11	3.11	3.12	3.12	3.12	3.13	3.13	3.14	3.14	3.14	3.15	3.15	3.16	3.16	3.16
Différence d'altitude	0.26	-0.26	-0.29	-0.34	-0.30	-0.41	-0.45	-0.37	-0.43	-0.38	-0.42	-0.40	-0.13	0.05	-0.44	-0.40	-0.39	-0.29	-0.27	-0.26	-0.17	-0.28	-0.30	-0.11	-0.29	-0.15	-0.34	-0.36	-0.48	-0.55	-0.54	-0.13	-0.45



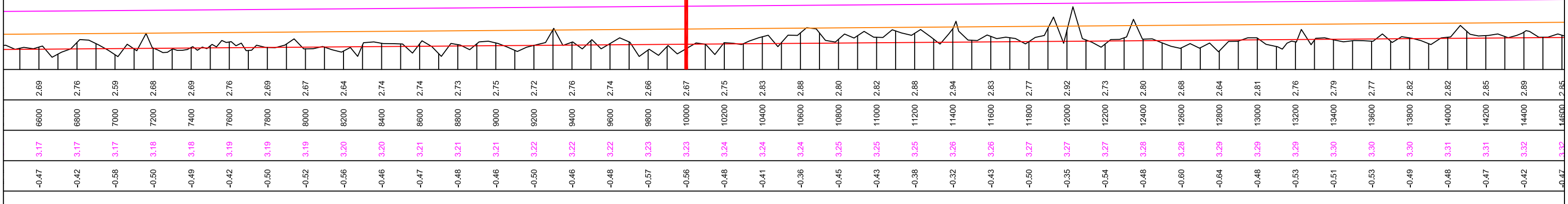
Echelle 1/20000

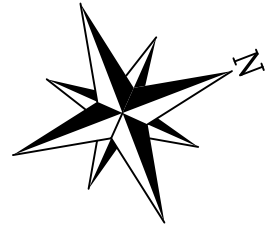


— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

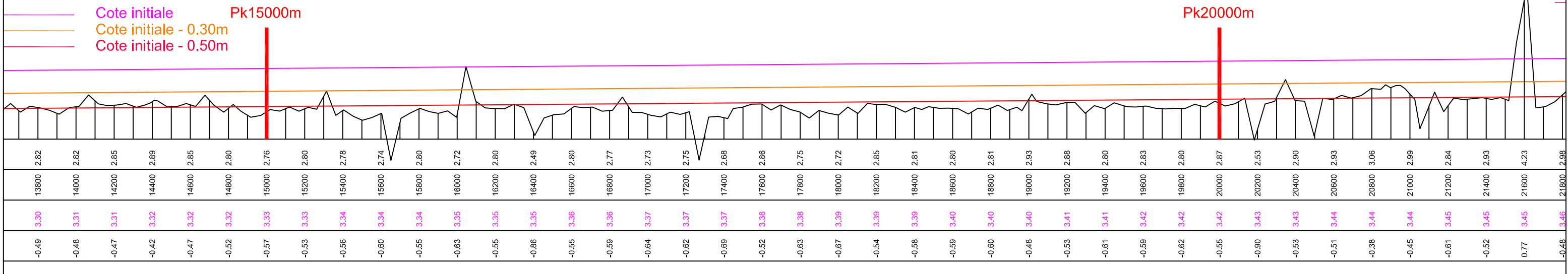
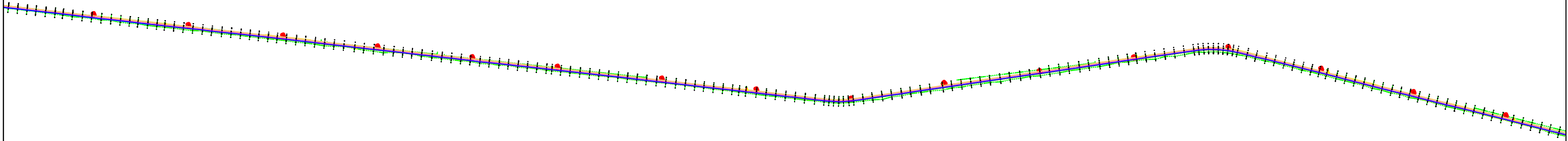
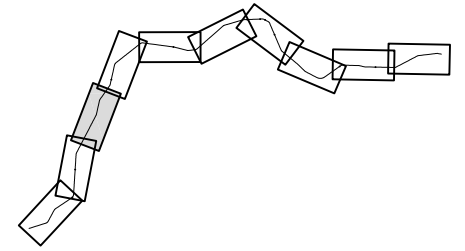
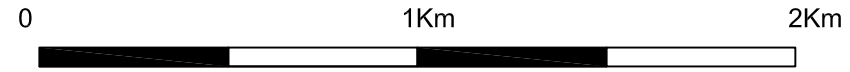
PK10000m

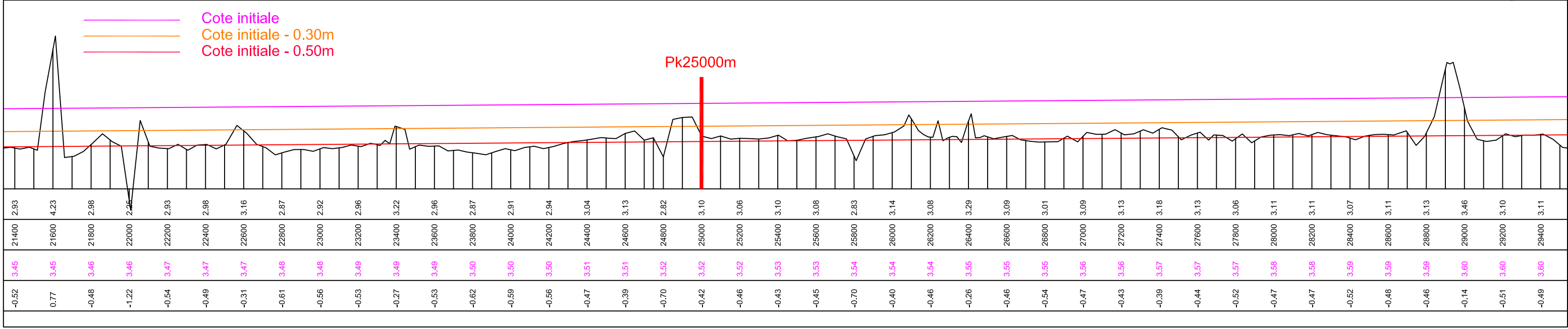
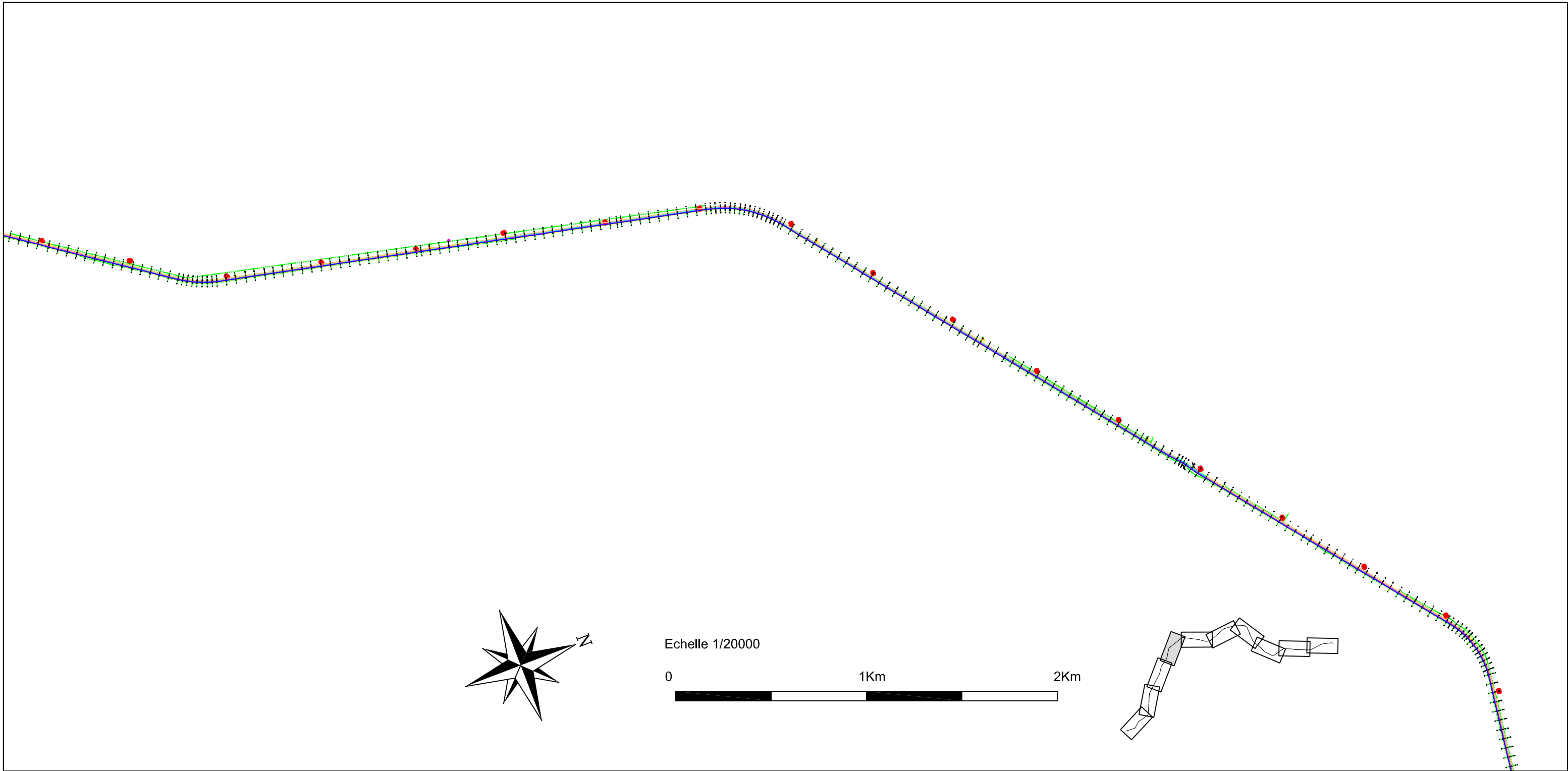
— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

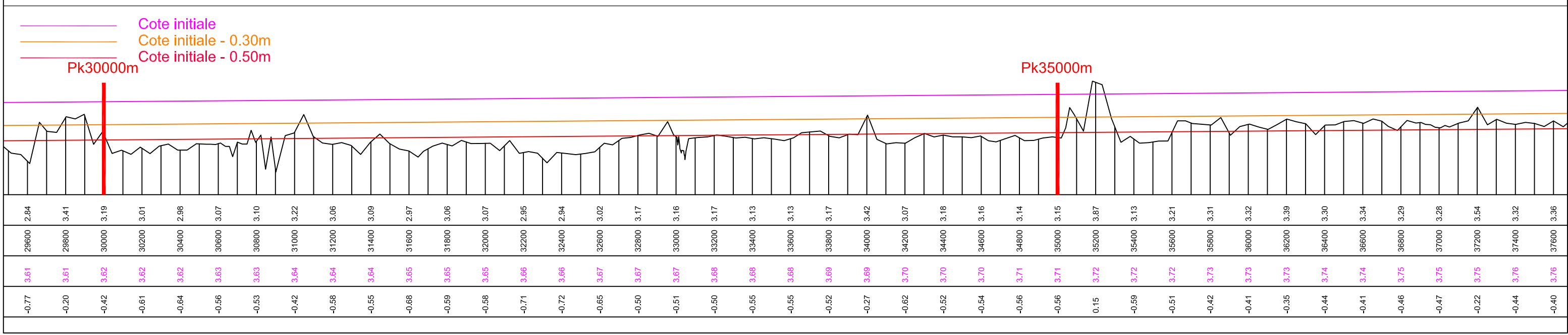
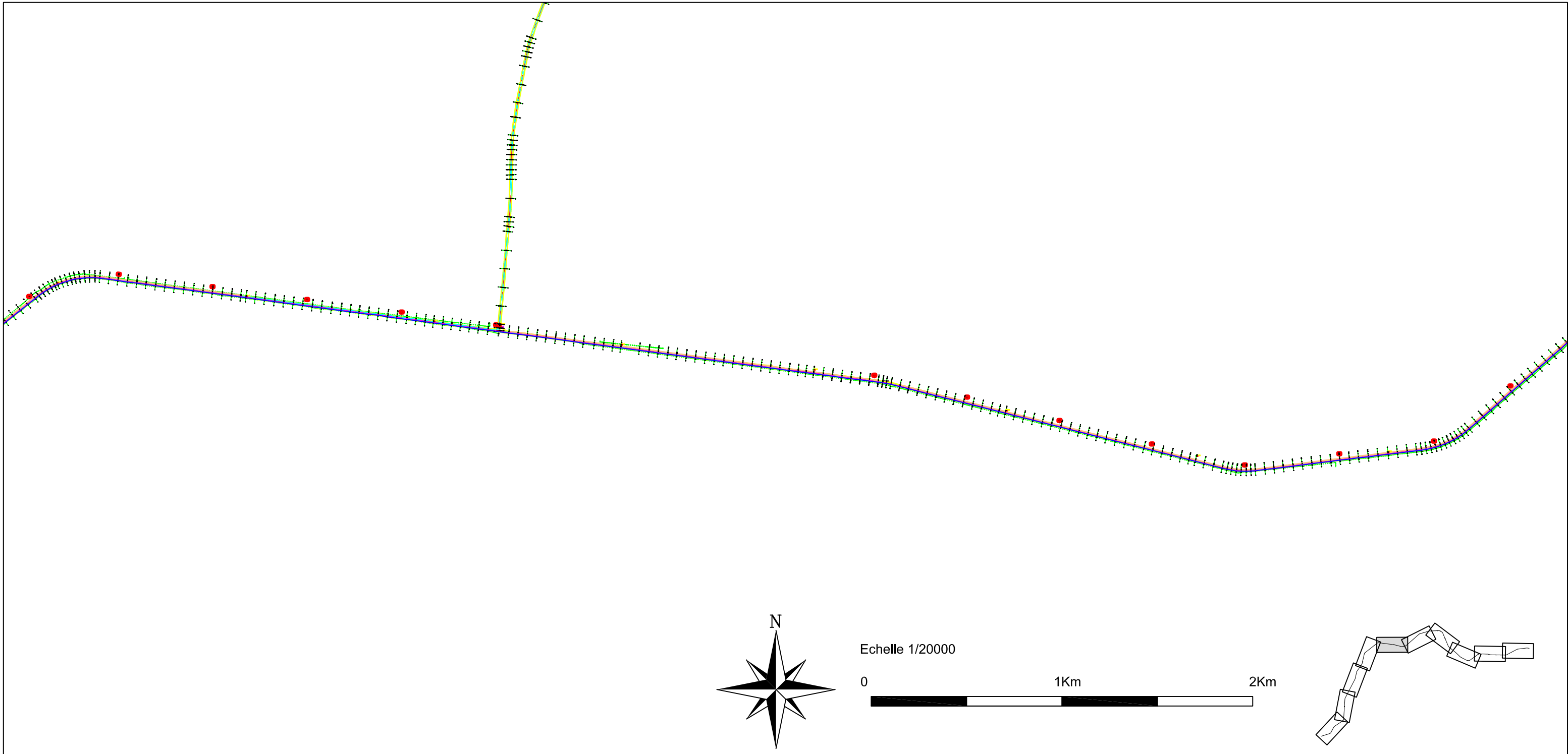


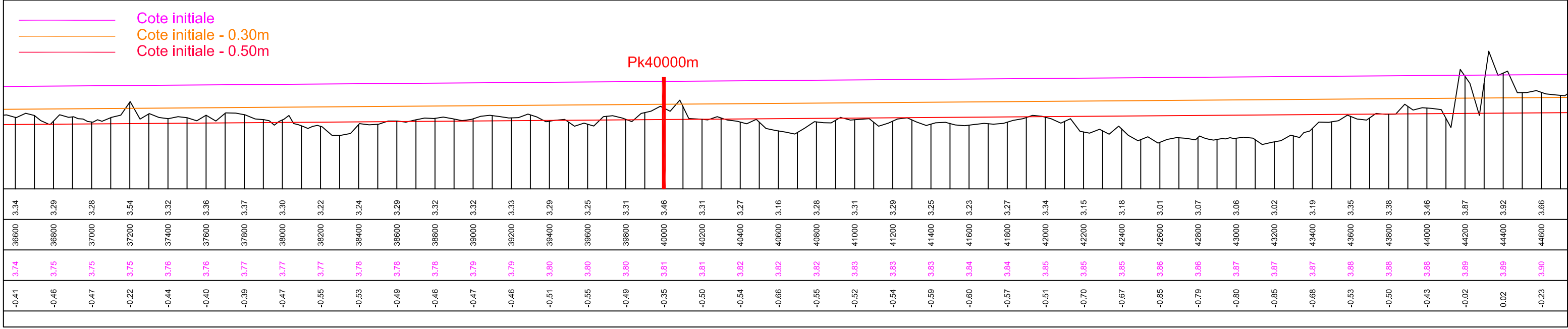
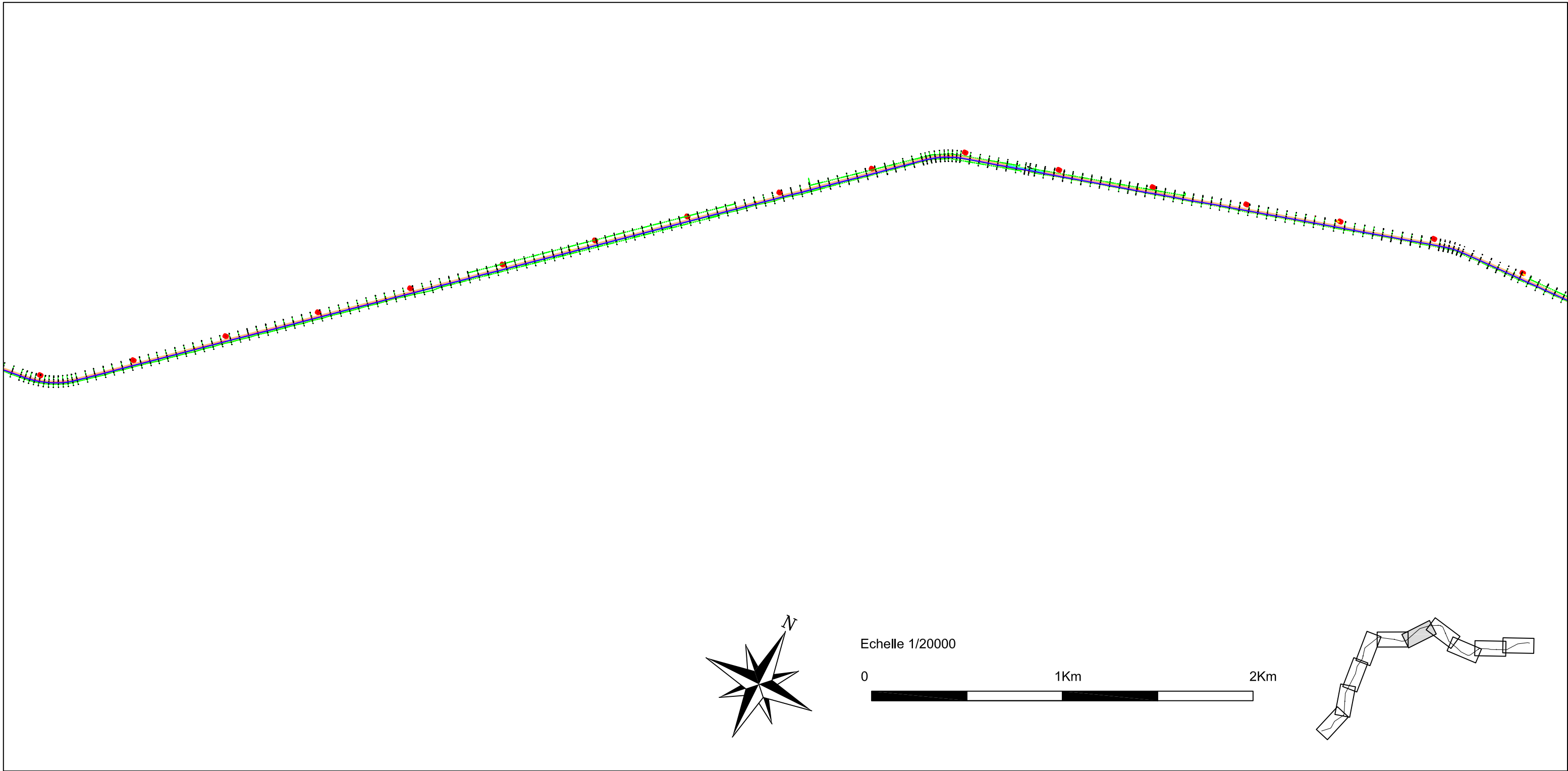


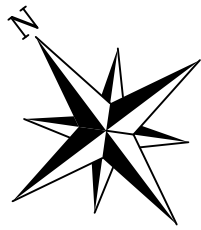
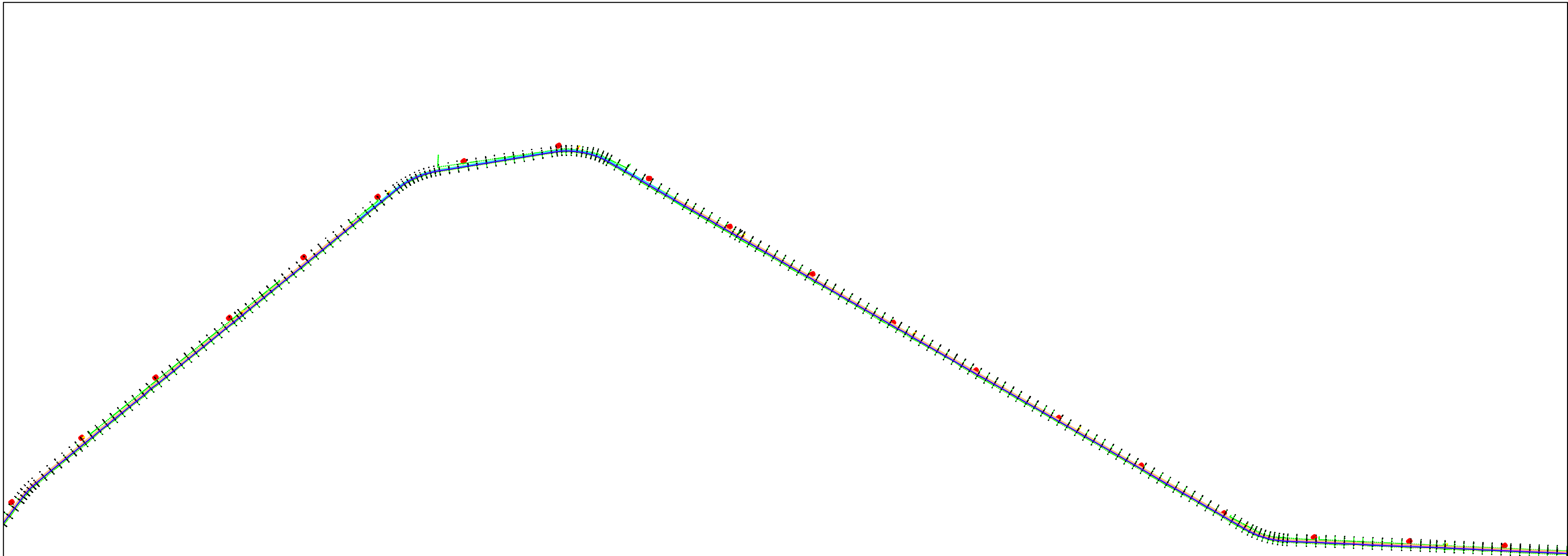
Echelle 1/20000



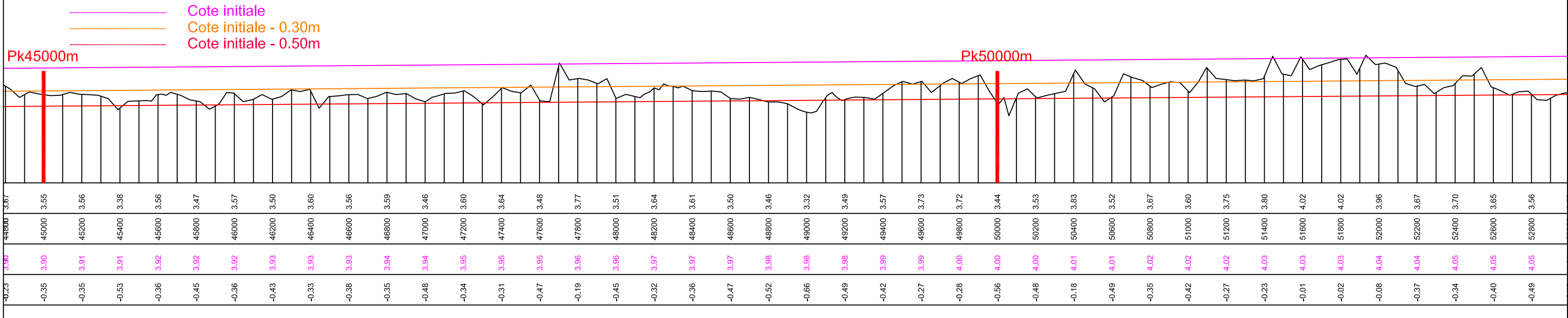
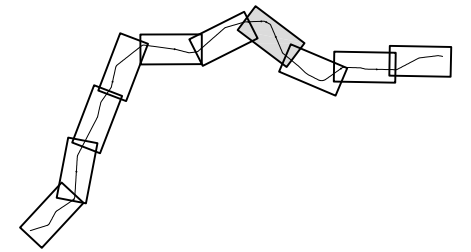


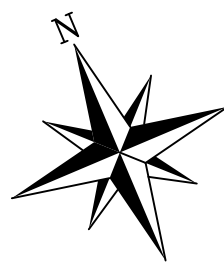
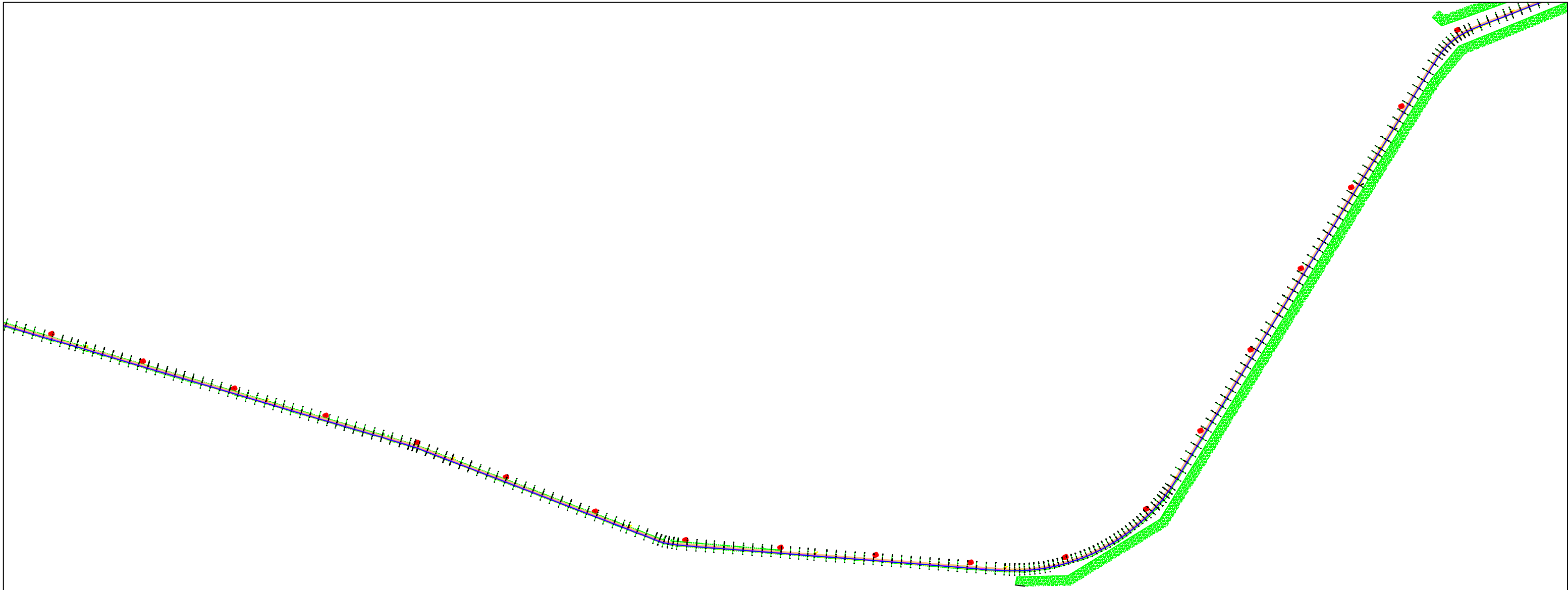




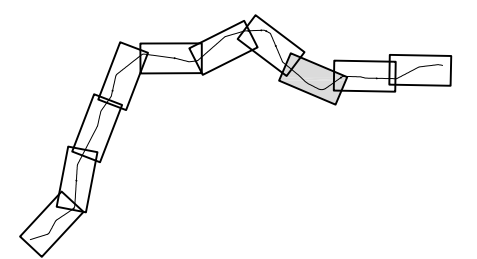
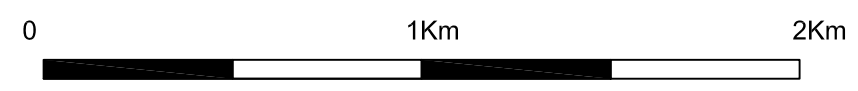


Echelle 1/20000

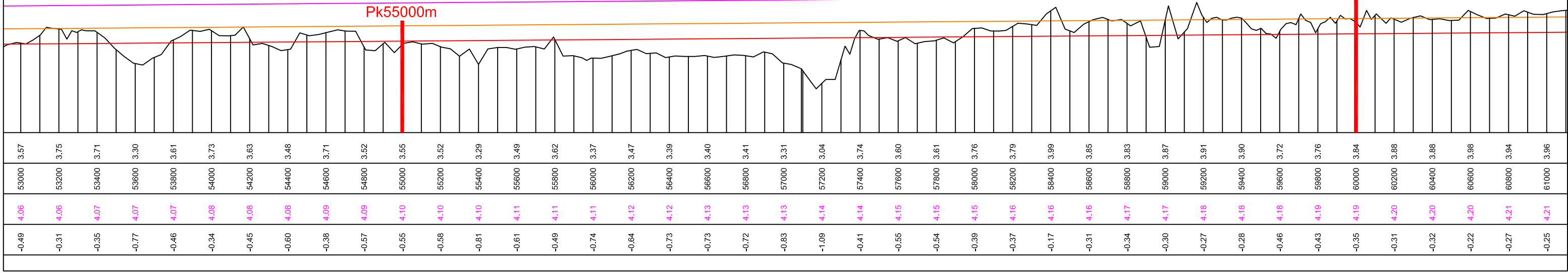


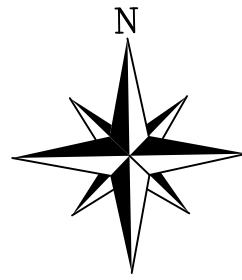


Echelle 1/20000

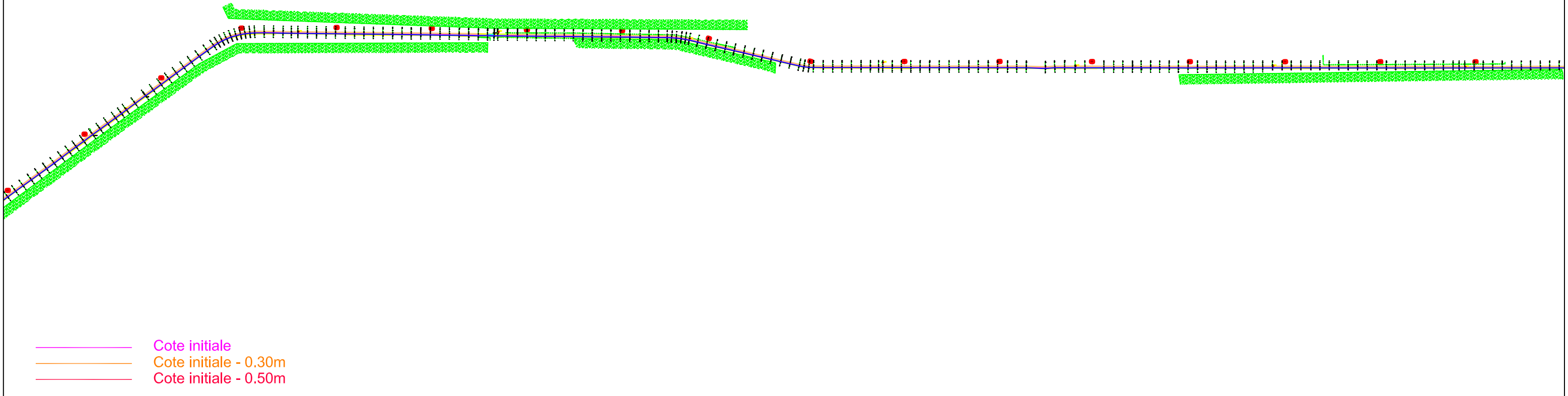
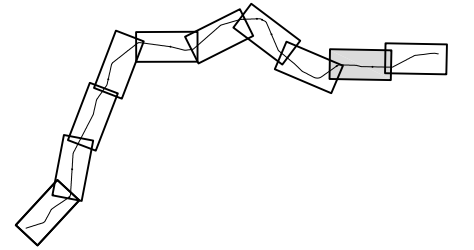
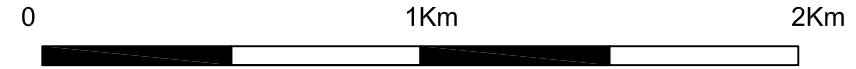


— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m

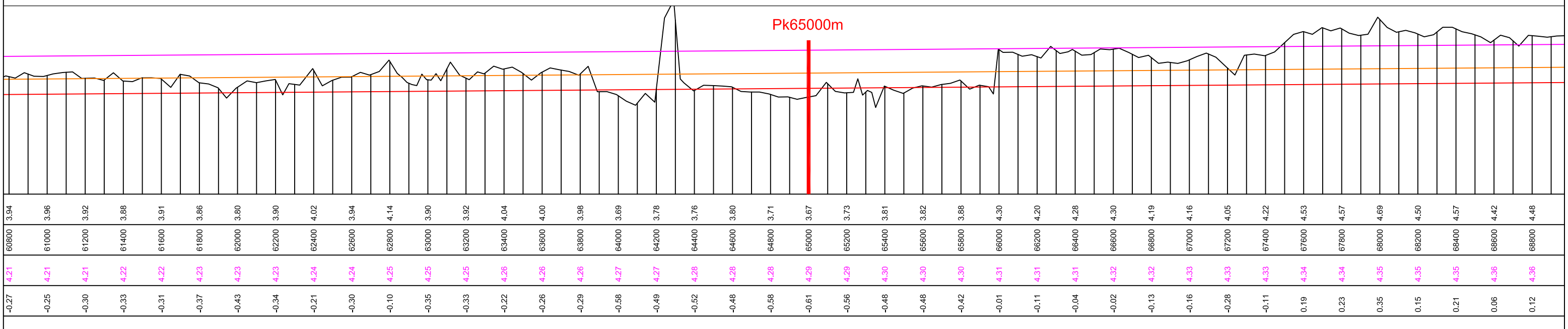




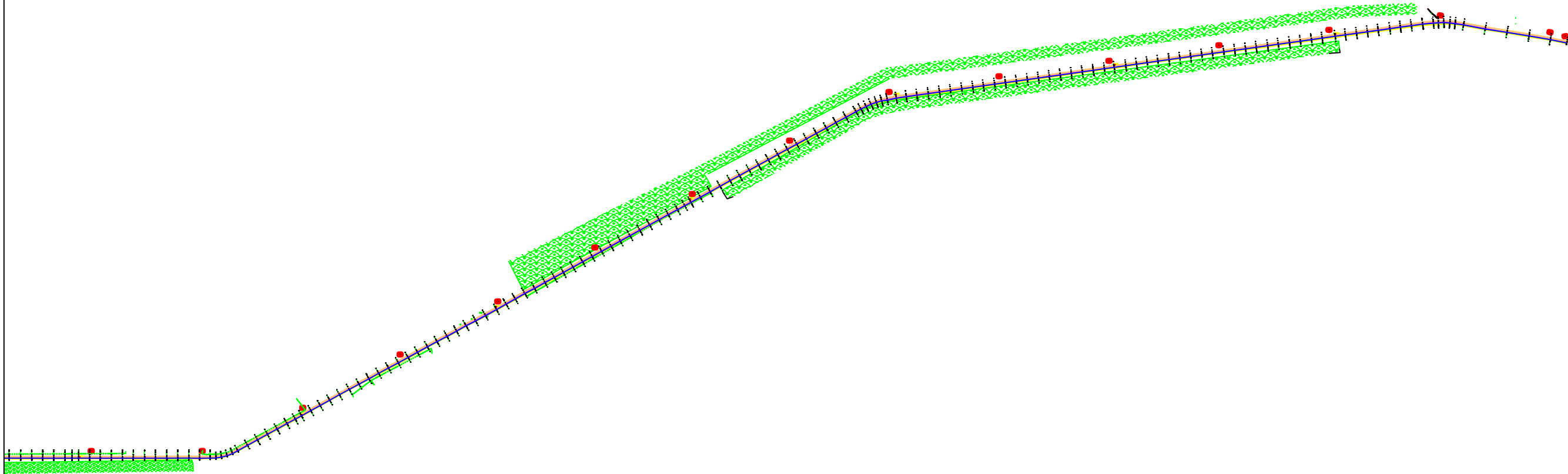
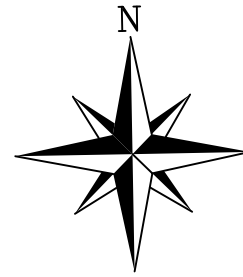
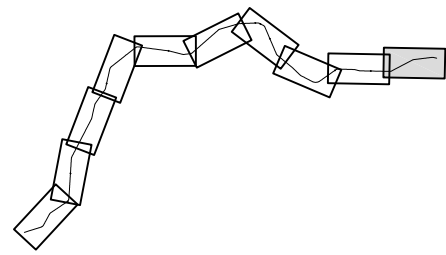
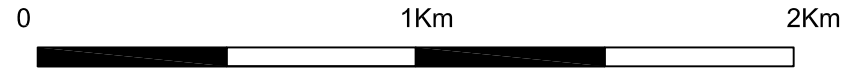
Echelle 1/20000



— Cote initiale
— Cote initiale - 0.30m
— Cote initiale - 0.50m



Echelle 1/20000



- Cote initiale
- Cote initiale - 0.30m
- Cote initiale - 0.50m

