Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Deuxième Rapport

Version finale

Programme de Mitigation des Désastres Naturelles (PMDN)
Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Durable (MARNDR)

Contrat No : MARNDR/PMDN/AOI/S-09

Août 2015



Programme de Mitigation des Désastres Naturelles (PMDN)
Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR), Haïti

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Deuxième Rapport - Version Finale

No de référence : MARNDR/PMDN/AOI/S-09

60339088

Août 2015

© AECOM Tous droits réservés.

Table des matières

Page

Liste des annexes ii
Liste des tableaux iii
Liste des figures v
Liste des photos vi
Liste des acronymes et abréviations vii
Mise en garde aux lecteurs ix
Résumé exécutif xi

1 Introduction 1-1
1.1 Objet du rapport 1-1
1.2 Contenu du rapport 1-1

2 Contexte, objectifs et aire d'étude 2-1
2.1 Mise en contexte 2-1
2.2 Objectifs de l'étude 2-1
2.3 Localisation et étendue de la zone d'étude 2-2

3 Aménagement de protection riveraine 3-1
3.1 Présentation des aménagements recommandés 3-1
3.1.1 Enrochement 3-2
3.1.2 Murs berlinois 3-2
3.1.3 Protection de berge en gabion 3-3
3.1.4 Palplanches 3-3
3.1.5 Curage/calibrage/reprofilage du lit mineur 3-4
3.2 Localisation et caractérisation des sites potentiels d'intervention 3-5
3.2.1 Sites de Grande Rivière du Nord 3-5
3.2.2 Site de Cavaillon (Cavaillon) 3-6
3.2.3 Site de Camp Perrin (Ravine du Sud) 3-11
3.2.4 Sites de l'Artibonite - Ouest 3-15
3.2.5 Site de Laplace (Acul Dubreuil) 3-19
3.3 Analyse coût-bénéfice 3-19
3.3.1 Estimation sommaire des coûts des aménagements proposés 3-19
3.3.2 Estimation des bénéfices attendus des aménagements 3-20
3.3.3 Analyse coût bénéfice et priorisation des aménagements 3-27
3.3.4 Analyse de sensibilité pour les sites dans l'Artibonite 3-28
3.3.5 Analyse de sensibilité pour les sites de St-Malon-Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Camp Perrin et Laplace 3-29

4 Ouvrage de traitement de ravine 4-1
4.1 Présentation des ouvrages recommandés 4-1
4.1.1 Seuils 4-1
4.1.2 Micro-retenue 4-2
4.2 Localisation des zones potentielles d'intervention 4-3
4.3 Liste de critères de choix pour sélectionner les sous-bassins versants prioritaires 4-4
4.3.1 Caractéristiques hydromorphologiques du sous-bassin versant 4-5
4.3.2 Occupation du sol 4-7
4.3.3 Potentiel de mise en valeur agro-pastorale 4-7
4.3.4 Sévérité des processus d'érosion 4-7
4.4 Détermination des sous-bassins versants prioritaires 4-7
4.4.1 Méthodologie 4-7
4.4.2 Bassin versant de Grande Rivière du Nord 4-8

4.4.3 Bassin versant de Cavaillon 4-13
4.4.4 Bassin versant de Ravine du Sud 4-18
4.4.5 Bassin versant de l'Artibonite - Commune de St-Raphaël 4-22
4.4.6 Bassin versant de l'Artibonite - Commune de St-Michel de l'Attalaye 4-26
4.5 Détermination des sites potentiels de localisation des ouvrages de traitement de ravine dans les sous-bassins versants prioritaires 4-29
4.5.1 Grande Rivière du Nord 4-29
4.5.2 Cavaillon 4-30
4.5.3 Ravine du Sud 4-30
4.5.4 Artibonite – Commune de St-Raphaël 4-30
4.5.5 Artibonite – Commune de Michel de l'Attalaye 4-30
4.6 Estimation sommaire des coûts 4-30
4.6.1 Détermination des coûts unitaires par ouvrage 4-30
4.6.2 Validation des coûts unitaires proposés pour des ouvrages déjà réalisés 4-31
4.6.3 Calcul des coûts des ouvrages par bassin versant 4-31

5 Évaluation environnementale et sociale des ouvrages prioritaires 5-1
5.1 Objectif de l'Évaluation Environnementale 5-1
5.2 Cadre juridique, réglementaire et administratif 5-1
5.2.1 Cadre légal National 5-1
5.2.2 Le Ministère de l'Environnement et la procédure nationale d'évaluation environnementale des projets 5-2
5.2.3 Conventions régionales et internationales ratifiées par la République d'Haïti 5-2
5.2.4 Politiques de sauvegarde de la BID 5-3
5.3 Évaluation des impacts sur les milieux physique, biologique et humain 5-3
5.3.1 Démarche générale 5-3
5.3.2 Identification des impacts 5-4
5.3.3 Critères d'évaluation des impacts 5-4
5.3.4 Mesures d'atténuation ou de bonification des impacts 5-5
5.4 Impacts sur les milieux physique, biologique et humain 5-6
5.4.1 Identification des impacts 5-6
5.4.2 Impacts sur le milieu physique 5-6
5.4.3 Impacts sur le milieu biologique 5-9
5.4.4 Impacts sur le milieu humain 5-11
5.5 Impacts résiduels 5-13
5.6 Plan de gestion environnementale et sociale 5-15
5.6.1 Plan de Gestion Environnementale et Sociale 5-15
5.6.2 Suivi environnemental du PGES 5-15
5.6.3 Mesures d'accompagnement du PGES 5-16
5.6.4 Estimation du coût du PGES 5-16
5.7 Synthèse du PGES 5-29

6 Synthèse des investissements prioritaires 6-1

7 Considérations et recommandations 7-1

Liste des annexes

Annexe 1 : Fiches techniques des ouvrages proposés
Annexe 2 : Plans et coupes types des aménagements proposés dans l'étude de *Correction du lit de la Grande Rivière du Nord*
Annexe 3 : Données extraites de l'analyse des résultats de l'enquête
Annexe 4 : Détails des calculs de l'analyse coût-bénéfice
Annexe 5 : Carte d'érosion développée par le CNIGS
Annexe 6 : Programme de la mission terrain
Annexe 7 : Liste des parties prenantes rencontrées
Annexe 8: Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de traitement de ravines

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Aires d'intervention de l'étude 2-2
Tableau 3.1 : Coûts estimés des aménagements[(a)] de protection riveraine 3-20
Tableau 3.2 : Valeur ajoutée/an pour un hectare irrigué dans la vallée de l'Artibonite 3-25
Tableau 3.3 : Répartition des principales cultures et valeur ajoutée par campagne agricole (sans irrigation) 3-26
Tableau 3.4 : Résultats de l'analyse coût-bénéfice – Valeurs Actualisées Nettes (VAN) en $US 3-28
Tableau 3.5 : Résultats de l'analyse de sensibilité – Valeurs Actualisées Nettes (VAN) en $US pour les sites proposés dans l'Artibonite 3-29
Tableau 3.6 : Résultats de l'analyse de sensibilité – Valeurs Actualisées Nettes (VAN) en $US pour les sites à l'extérieur de l'Artibonite 3-30
Tableau 4.1 : Zones potentielles d'intervention pour les ouvrages de traitement de ravines 4-4
Tableau 4.2 : Facteurs de pondération appliqués aux critères de priorisation des sous-bassins versants 4-8
Tableau 4.3 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord 4-8
Tableau 4.4 : Occupation du sol des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord 4-11
Tableau 4.5 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord 4-11
Tableau 4.6 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord 4-12
Tableau 4.7 : Priorisation des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord 4-12
Tableau 4.8 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de Cavaillon 4-13
Tableau 4.9 : Occupation du sol des sous-bassins versants de Cavaillon 4-14
Tableau 4.10 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de Cavaillon 4-14
Tableau 4.11 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de Cavaillon 4-17
Tableau 4.12 : Priorisation des sous-bassins versants de Cavaillon 4-17
Tableau 4.13 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de Ravine du Sud 4-18
Tableau 4.14 : Occupation du sol des sous-bassins versants de Ravine du Sud 4-18
Tableau 4.15 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de Ravine du Sud 4-21
Tableau 4.16 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de Ravine du Sud 4-21
Tableau 4.17 : Priorisation des sous-bassins versants de Ravine du Sud 4-21
Tableau 4.18 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de St-Raphaël 4-22
Tableau 4.19 : Occupation du sol des sous-bassins versants de St-Raphaël 4-25
Tableau 4.20 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de St-Raphaël 4-25
Tableau 4.21 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de St-Raphaël 4-25
Tableau 4.22 : Priorisation des sous-bassins versants de St-Raphaël 4-26
Tableau 4.23 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye 4-27
Tableau 4.24 : Occupation du sol des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye 4-27
Tableau 4.25 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye 4-28
Tableau 4.26 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye 4-28
Tableau 4.27 : Priorisation des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye 4-28
Tableau 4.28 : Coûts unitaires des ouvrages de traitement de ravines selon différentes sources 4-30
Tableau 4.29 : Coûts unitaires des ouvrages de traitement de ravines proposés pour l'analyse 4-31
Tableau 4.30 : Vérification de la marge d'erreur sur l'estimation des coûts unitaires 4-31
Tableau 4.31 : Coût des investissements prioritaires au niveau des ouvrages de traitement de ravines 4-32
Tableau 5.1 : Grille de détermination de l'importance globale de l'impact 5-5
Tableau 5.2 : Matrice des impacts avant atténuation/bonification 5-7
Tableau 5.3 : Matrice des impacts après atténuation/bonification 5-14
Tableau 5.4 : Plan de gestion environnementale et sociale (PGES) 5-17
Tableau 5.5 : Programme de suivi environnemental 5-24

Tableau 6.1 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Grande Rivière du Nord 6-1
Tableau 6.2 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Cavaillon..... 6-1
Tableau 6.3 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Ravine du Sud..... 6-2
Tableau 6.4 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite - Ouest..... 6-2
Tableau 6.5 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite - Est 6-2
Tableau 6.6 : Investissements prioritaires pour le bassin versant d'Acul Dubreuil 6-3

Liste des figures

Figure 2.1 : Localisation de l'étendue des zones d'intervention dans les bassins versants concernés par l'étude 2-3
Figure 3.1 : Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant de Grande Rivière du Nord 3-7
Figure 3.2 : Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant de Cavaillon 3-9
Figure 3.3 : Exemples de profil type de mur en gabion' 3-11
Figure 3.4 : Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant de Ravine du Sud 3-13
Figure 3.5 : Aménagements de protection riveraine proposés dans le bassin versant de l'Artibonite-Ouest 3-17
Figure 3.6 : Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant d'Acul Dubreuil 3-21
Figure 3.7 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Saint-Malon – Grande Rivière du Nord 3-23
Figure 3.8 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Cavaillon (Cavaillon) 3-24
Figure 3.9 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Camp Perrin (Ravine du Sud) 3-25
Figure 3.10 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Laplace (Acul Dubreuil) 3-27
Figure 4.1 : Influence de la morphologie du bassin versant sur la valeur de l'indice de compacité de Gravelius 4-5
Figure 4.2 : Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de Grande Rivière du Nord 4-9
Figure 4.3 : Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de Cavaillon 4-15
Figure 4.4 : Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de Ravine du Sud 4-19
Figure 4.5 : Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de l'Artibonite – Est 4-23
Figure 6.1 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Grande Rivière du Nord 6-5
Figure 6.2 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Cavaillon 6-7
Figure 6.3 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Ravine du Sud 6-9
Figure 6.4 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite - Ouest 6-11
Figure 6.5 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite - Est 6-13
Figure 6.6 : Investissements prioritaires pour le bassin versant d'Acul Dubreuil 6-15

Liste des photos

Photo 3.1 : Mur berlinois aménagé sur le site de Bertrand 3-2
Photo 3.2 : Mur berlinois mis en place sur le site de Macaisse 3-2
Photo 3.3 : Mur en gabion sur le site de Maniche 3-3
Photo 3.4 : Mur en gabion sur le site de Maniche 3-3
Photo 3.5 : Serrure ou joint de connexion entre deux palplanches 3-4
Photo 3.6 : Rideau de palplanches le long de l'Artibonite (Janin) 3-4
Photo 3.7 : Rehaussement nécessaire en rive droite du mur de gabion existant à Cavaillon 3-11
Photo 3.8 : Vue vers l'amont depuis la passerelle de Cavaillon 3-11
Photo 3.9 : Mur de gabion existant en rive gauche au niveau du quartier Perini (Camp Perrin) 3-12
Photo 3.10 : Habitation directement menacée au site de Moreau (Artibonite) 3-15
Photo 3.11 : Érosion de la berge accentuée en fin de l'actuelle protection en palplanches sur le site de Siphon Villard (Artibonite) 3-16
Photo 3.12 : Route endommagée au site de Carrefour Laville (Artibonite) 3-16
Photo 3.13 : Berge en extrados de la rivière Acul sujette aux débordements (Acul Dubreuil) 3-19
Photo 4.1 : Agencement de seuils en pierres sèches 4-2
Photo 4.2 : Travaux de construction de seuils en pierres sèches 4-2
Photo 4.3 : Seuil en gabion dans la ravine Opaque (Cavaillon) 4-2
Photo 4.4 : Fouille pour l'installation des paniers de gabions 4-2
Photo 4.5 : Micro-retenue dans la ravine Roucou (Cavaillon) 4-3

Liste des acronymes et abréviations

$ ou $US	dollars USA
ACTED	Organisation non gouvernemental - Act for change
AECOM	Société états-unienne d'ingénierie (Architecture-Engineering-Construction-Operation-Maintenance)
AVANSE	Appui à la valorisation du potentiel agricole du Nord, à la sécurité économique et environnementale (projet USAID exécuté par la firme états-unienne DAI)
BAC	Bureaux agricoles communaux
BEJV	Société haïtienne d'ingénierie
BID	Banque interaméricaine de développement
BRL	Société française d'ingénierie (BRL Ingénierie)
BV	bassin versant
CA	classe d'occupation du sol - cultures agricoles continues
CASEC	Conseil d'Administration de la Section Communale
CATI	Centre d'analyse et de traitement de l'information (sous la DGSC)
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCPC	Comités communaux de protection civile
CD	classe d'occupation du sol - cultures agricoles discontinues
CDGRD	Comité Départemental de Gestion des Risques et des Désastres
CIAT	Comité interministériel d'aménagement du territoire
CLPC	Comités locaux de protection civile
cm	centimètre
CMRD	canal maître rive droite
CMRG	canal maître rive gauche
CNGRD	Comité national de gestion des risques et des désastres
CNIGS	Centre National de l'Information Géo-Spatiale
CRS	Catholic Relief Services
DD	direction départementale
DDA	Direction départementale de l'agriculture
DDAA	Direction Départementale Agricole de l'Artibonite
DDE	Direction départementale de l'environnement
DG	direction générale
EDH	Électricité d'Haïti
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
GPS	Global Positionning System
GRN	Grande Rivière du Nord
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Coopération technique allemande)
H	hauteur
ha	hectare
HP	pieu d'acier en forme de H (H-shaped Steel Bearing Piles)
HTG	gourde haïtienne
IDB	Interamerican Development Bank (BID en français)
IHSI	Institut haïtien de statistique et d'informatique
Kg	Indice de compacité de Gravelius
km^2	kilomètre carré
m	mètre
m^2	mètre carré
m^3	mètre cube
M	million
MARNDR	Ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement Rural
MDE	Ministère de l'environnement
mm	millimètre

MPA	méga pascal
ODN	Organisation de Développement du Nord
ODVA	Organisation de développement de la vallée de l'Artibonite
ORE	Organisation pour la Réhabilitation de l'Environnement
OXFAM	Organisation non gouvernementale (Community-Based Development Organization)
p.	page
PANA	Plan d'action national d'adaptation
PIA-EQ	Programme d'intensification agricole Ennery-Quinte
PMDN	Programme de mitigation des désastres naturels
PMDN I	Phase I du Programme de mitigation des désastres naturels
PMDN II	Phase II du Programme de mitigation des désastres naturels
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PROGEBA	Programme de gestion de l'eau dans le bassin de l'Artibonite
PSI	livre-force par pouce carré (Pound force per square inch)
®	marque enregistrée
RE	risque élevé
RF	risque faible
RGA	Recensement général de l'agriculture
RM	risque moyen
SAU	superficie agricole utile
SC	section communale
SIG	système d'information géographique
TdR	termes de référence
TRI	taux de rendement interne
UC	classe d'occupation du sol - urbain continu
UD	classe d'occupation du sol - urbain discontinu
UNEP	United Nations Environment Programme
UNICEF	United Nations Children's Fund
UPMP	Unité de passation des marchés publics
USAID	U.S. Agency for International Development
VA	valeur ajoutée
VAN	valeur actuelle nette
WMO	Organisation météorologique mondiale (World Meteorological Organization)

Mise en garde aux lecteurs

Les résultats, interprétations et conclusions de la présente étude sont entièrement celles d'AECOM et peuvent ne pas représenter les points de vue du PMDN ou de la BID. Les frontières, couleurs, dénominations et autres informations présentes sur les figures de ce rapport n'impliquent aucunement, de la part d'AECOM, de la BID ou du PMDN, un jugement ou une reconnaissance sur le statut officiel des limites des départements, des communes, des sections communales et des bassins versants.

Plusieurs figures de ce rapport sont construites à partir de données géospatiales préparées par AECOM. La précision des données extraites de SIG peut varier considérablement. Elles peuvent être préparées à partir de données sources dont la précision est variable selon l'échelle de représentation ou d'utilisation mais également fondées sur des modèles approximatifs ou interprétées à partir de données incomplètes. L'utilisation de données SIG à d'autres fins que celles pour lesquelles elles ont été préparées peut conduire à des imprécisions et résultats erronés. Dans la mesure de ses possibilités, AECOM a essayé de limiter au maximum l'impact de cette contrainte sur la qualité de ses conclusions.

Certaines données utilisées pour la préparation des rapports remis dans le cadre de cette étude proviennent de sources pour lesquelles, pour différentes raisons, le contrôle de la qualité n'a pu être fait, notamment le géoréférencement de certaines images satellites, les couches de données SIG provenant du CNGIS et d'autres sources, les divers rapports techniques internes du PMDN, les données météorologiques, etc. AECOM ne peut garantir la précision des résultats de cette étude pour des fins de construction sans étape intermédiaire. Toute mise en chantier résultant indirectement de la présente étude devra comporter une étape de vérification menée par des ressources compétentes, notamment en ce qui a trait aux levés topographiques et bathymétriques à prévoir, aux études hydrauliques et à la modélisation des niveaux d'eau, au positionnement précis des ouvrages de traitement des ravines et de protection riveraine, à l'emplacement optimum des micro-retenues, etc.

AECOM se réserve le droit de corriger, mettre à jour, modifier et remplacer toute figure, tableau et donnée de ce rapport.

Résumé exécutif

Ce rapport a été préparé pour le compte du Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN) dans le cadre des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil qui constitueront la zone d'intervention de la deuxième phase du programme (PMDN II).

Ce deuxième rapport des études préparatoires a pour objet de fournir une liste d'investissements prioritaires pour le PMDN phase II, une analyse coût-bénéfice des nouveaux aménagements de protection riveraine et une évaluation environnementale des ouvrages proposés.

Parmi les activités réalisées par AECOM dans le cadre de cette étude, il peut être mentionné :

- la collecte de document de référence ainsi que de données numériques, cartographiques et météorologiques;
- de nombreuses rencontres avec les intervenants nationaux et départementaux, que ce soit à Port-au-Prince, à Cayes, aux Gonaïves et à Cap-Haïtien;
- des rencontres avec les autorités locales et services décentralisés de l'état haïtien (mairies, CASEC et BAC);
- la visite des bassins versants et de nombreux sites jugés prioritaires par les intervenants;
- la réalisation d'une enquête auprès de ménages victimes d'inondation au cours des dernières années;
- le traitement des données géospatiales résultant des enquêtes afin de délimiter sur chaque bassin versant les aires d'inondations selon leur période de retour (carte d'exposition au risque d'inondation), d'établir les courbes de probabilité des dommages et d'évaluer les pertes dues aux inondations;
- l'analyse coût-bénéfice des ouvrages de protection riveraine construits dans le cadre du PMDN I;
- la localisation de zones potentielles d'intervention pour la deuxième phase du PMDN;
- la détermination des caractéristiques et de la zone protégée pour les aménagements proposés en protection riveraine;
- la caractérisation et la priorisation des sous-bassins versants pour le traitement des ravines à l'aide des ouvrages de micro-retenue, seuil en gabions et seuil en pierres sèches;
- la localisation de sites potentiels d'implantation de ces ouvrages par bassin versant;
- l'analyse coût-bénéfice des ouvrages de protection riveraine et leur priorisation;
- l'estimation sommaire des coûts pour l'ensemble des ouvrages et aménagements proposés;
- l'évaluation environnementale des ouvrages et aménagements.

Protection riveraine

Pour les bassins versants Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud et Acul Dubreuil, les aménagements de protection riveraine ont été localisés en recoupant les informations contenues dans les cartes d'exposition au risque d'inondation produites lors du Premier Rapport afin de se concentrer sur les zones à plus fortes pertes économiques. Les zones identifiées avec les parties prenantes lors de la mission terrain de Mars 2015 ont été étudiées en priorité.

La délimitation des zones protégées par les aménagements (à l'exception des sites situés dans l'Artibonite) a été faite grâce aux courbes topographiques aux 20 m fournies par le CNIGS et à une interprétation et supposition de la dynamique d'écoulement et de débordement des rivières concernées. Ainsi, il est primordial de mentionner que l'étendue de cette zone reste approximative et nécessitera des études plus détaillées (topographie, hydraulique, hydrologie, etc.) pour en préciser le contour.

Afin d'estimer les bénéfices engendrés par les aménagements, une courbe spécifique de dommage associés aux inondations a été calculée pour chaque zone protégée par ces aménagements. L'élaboration des courbes de dommage a été réalisée sur la base d'enquêtes terrain et d'inventaires d'infrastructure publique. Les résultats des 1 217 enquêtes terrain menées dans ces bassins versants ont permis de quantifier les pertes économiques en zone urbaine (dommages sur le bâti et les biens, pertes de revenus, frais de santé) et agricole (dommages aux

cultures). Les inventaires d'infrastructures publiques ont servi de base pour l'évaluation des dommages au réseau routier et aux bâtiments publics (mairie, école, centre de santé, etc.).

Pour l'Artibonite, trois sites ont été retenus. Ils sont caractérisés par des problèmes d'érosion des berges plutôt que d'inondations. L'estimation des bénéfices engendrés par les aménagements de protection proposés n'a donc pas été réalisée par l'élaboration de courbes de dommage associées aux inondations. Pour ces trois sites, les bénéfices ont été estimés en considérant principalement la perte de production agricole évitée. Cette dernière est calculée à partir de la valeur ajoutée des spéculations pratiquées sur la superficie desservie par le canal protégé.

L'analyse des dépenses engagées lors du PMDN I pour ce même type d'aménagement a permis de dégager des coûts unitaires afin d'estimer le budget global pour les aménagements de protection riveraine. L'analyse coût-bénéfice des aménagements proposés de protection riveraine a permis de les prioriser comme suit:

Ordre de priorité	Ouvrages	Nature de l'ouvrage	Coût d'investissement	Durée estimée de vie utile	Valeur Ajoutée Nette (VAN)
1	Siphon Villard	Protection riveraine en mur berlinois (195 m)	5 850 000 $US	20 ans	63 400 136 $US
2	Carrefour Laville	Protection riveraine en mur berlinois (150 m)	4 500 000 $US	20 ans	4 151 173 $US
3	Moreau	Protection riveraine en mur berlinois (65 m)	1 950 000 $US	20 ans	1 398 063 $US
4	Cavaillon	Protection riveraine en ouvrage gabionnés (5 700 m)	8 379 000 $US	15 ans	107 799 $US
5	Laplace	Protection riveraine en ouvrage gabionnés (700 m)	1 029 000 $US	15 ans	(281 007) $US
6	Camp Perrin	Protection riveraine en ouvrage gabionnés (4 400 m)	4 851 000 $US	15 ans	(454 353) $US
7	St-Malon – GRN	Protection riveraine en ouvrage gabionnés (5 400 m)	7 350 000 $US	15 ans	(995 701) $US
		Total	33 909 000 $US		
		PGES (10%)	3 390 900 $US		
		Coût total	**37 299 900 $US**		

Les trois sites dans l'Artibonite et le site de Cavaillon présentent des VAN positives. Ces sites sont donc les plus justifiables et devraient être considérés comme les aménagements les plus prioritaires pour la deuxième phase du PMDN. Au total, le coût de réalisation des sept aménagements s'élève à près de 37,3 millions $US en incluant une provision pour les études et la supervision des travaux, de même qu'une provision de 10% pour les coûts du PGES.

Traitement de ravines

Afin d'identifier les zones potentielles d'intervention de traitement de ravines, chacun des bassins versants a été subdivisé en sous-bassins versants qui ont été ensuite comparés entre eux selon quatre facteurs :

- caractéristiques hydromorphologiques : superficie, indice de compacité de Gravelius, indice de pente globale, densité de drainage, temps de concentration, pente > 45%;
- occupation du sol pouvant présenter des sols nus au cours de l'année;
- potentiel de mise en valeur agro-pastorale des micro-retenues;
- sévérité des processus d'érosion.

Une matrice de priorisation a permis, par la suite, de classer par ordre de priorité d'intervention l'ensemble des sous-bassins versants d'un même bassin versant. Enfin, des sites potentiels d'implantation des ouvrages de

traitement de ravines ont été localisés pour chaque sous-bassin versant jugé le plus prioritaire. L'analyse des coûts et des dépenses engagés lors du PMDN I pour ce même type d'ouvrage a permis de dégager un coût unitaire afin d'estimer l'enveloppe budgétaire globale pour le traitement de ravine.

Un total de 4 500 seuils en pierres sèches, 186 seuils en gabion et 361 micro-retenues sont prévus à titre d'ouvrages de traitement de ravines pour un coût total de 5,6 millions $US, incluant le coût du PGES (10%). Néanmoins, ces coûts n'incluent pas de provisions pour les études et la supervision des travaux pour les ouvrages car ils seront très probablement exécutés en régie par le PMDN II.

Bassin versant	Structures à protéger	Sous bassin versant ou commune	Seuils en pierres sèches	Seuils en gabions	Micro-retenues	Coût ($US)
Grande Rivière du Nord	Ville de Grande Rivière du Nord	Caracol, Gambarde, Jolitrou (GRN-6 et GRN-5)	1 000	35	95	1 295 000
Cavaillon	Ville et pont de Cavaillon	Gros Marin (CAV-17)	1 000	29	44	749 000
Ravine du Sud	Ville de Camp Perrin et prise d'eau du périmètre d'Avezac	Bras de Gauche (RDS-2)	1 000	30	65	965 000
Artibonite	Ville et périmètre de Saint Raphaël	Saint-Raphaël (ARR-5)	500	40	30	607 500
Artibonite	Route St-Raphaël – St-Michel Route St-Michel - Ennery	Saint-Michel de l'Attalaye (ARM-15)	1 000	52	102	1 467 000
		Total	4 500	186	336	5 083 500
					PGES (10%)	508 350
					Coût total	**5 591 850**

Évaluation environnementale

À l'instar de tous les projets d'aménagements de protection riveraine et de mise en place d'ouvrages de traitement de ravines, le PMDN II présentera des impacts négatifs et positifs sur l'environnement. Les principaux impacts négatifs seront observés pendant la phase construction. Les mesures de mitigation et de bonification proposées feront toutefois en sorte que les impacts demeureront dans l'ensemble faibles et socialement acceptables. Pendant la phase d'exploitation, d'importants impacts positifs seront observés, notamment en termes de sécurisation des infrastructures, des biens et des personnes contre les inondations.

1 Introduction

1.1 Objet du rapport

Le présent document constitue le Deuxième Rapport relatif à la Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil conformément à l'octroi du contrat à la firme AECOM par le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR). Ce contrat a été octroyé à la suite d'un appel d'offre public de services professionnels et d'un processus de sélection de firmes par le Bureau de l'Unité de Passation des Marchés Publics (UPMP) de la République d'Haïti.

Les différentes clauses régissant le contrat entre AECOM et le MARNDR ont été négociées début décembre 2014 et un contrat définitif a été signé entre les deux parties le 16 décembre 2014. Le 28 janvier 2015, le Coordonnateur du Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN) a notifié à AECOM le démarrage de l'étude au 1er février 2015. Le chef de mission et l'expert en environnement d'AECOM sont arrivés à Port-au-Prince les 2 et 3 février 2015 respectivement pour un démarrage effectif du mandat. Un avenant a été signé entre les deux parties le 23 février 2015 portant sur un réaménagement de l'envergure du mandat (suppression du bassin versant Quinte de la zone d'étude) et du calendrier de paiement.

Une note méthodologique présentant une réactualisation de la démarche méthodologique et du chronogramme de travail pour la réalisation du mandat a été fournie au PMDN le 20 février 2015 et approuvée par la suite.

Un Premier Rapport traitant principalement de l'analyse des risques associés aux pluies exceptionnelles et de l'évaluation économique ex-post des quatre grands aménagements de protection riveraine construits dans le cadre du PMDN I dans l'Artibonite (3 sites) et à Maniche (1 site), a été livré dans sa version finale au PMDN le 13 juillet 2015 suite à l'incorporation des commentaires émis par le Client et la Banque Interaméricaine de Développement (BID). L'atelier de restitution des Premier et Deuxième Rapports, le 24 août 2015, a conduit à la révision des deux rapports pour transmission au PMDN et à la BID le 2 septembre 2015.

Le présent Deuxième Rapport a pour objet de fournir une liste d'investissements prioritaires pour la deuxième phase du PMDN, une analyse coût-bénéfice des nouveaux aménagements de protection riveraine et une évaluation environnementale des ouvrages proposés.

1.2 Contenu du rapport

En conformité avec les termes du contrat, le présent rapport détaille l'établissement de la liste des investissements prioritaires pour la phase II du PMDN, propose une évaluation économique ex-ante des aménagements prévus dans le cadre de la protection riveraine (protection contre les inondations) et analyse l'impact environnemental et social des ouvrages prioritaires. Outre la présente introduction, le document est structuré comme suit :

- le chapitre 2 présente le cadre de l'étude (contexte, objectifs et aires d'étude);
- le chapitre 3 traite des aménagements de protection riveraine;
- le chapitre 4 porte sur les ouvrages de traitement de ravine;
- le chapitre 5 présente l'évaluation environnementale et sociale des ouvrages prioritaires;
- le chapitre 6 donne une synthèse des infrastructures prioritaires;
- le chapitre 7 présente les considérations et recommandations de l'étude.

Les annexes qui accompagnent ce rapport fournissent des détails sur plusieurs aspects traités dans le document.

2 Contexte, objectifs et aire d'étude

2.1 Mise en contexte

En 2009, la République d'Haïti a obtenu un don de 30 millions $US de la Banque Interaméricaine de Développement (BID) pour financer des ouvrages destinés à prévenir les inondations et à promouvoir un développement agricole durable dans trois bassins versants : Grande Rivière du Nord, Cavaillon et Ravine du Sud. Le Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN) a contribué à la réalisation de travaux publics sur un espace couvrant une superficie équivalente à 6 % du territoire haïtien. Ces ouvrages ont profité à 360 000 résidents des trois bassins versants. Les ouvrages avaient pour but de limiter les flux torrentiels et de protéger les infrastructures et les biens immobiliers exposés aux inondations.

Le projet a fourni aussi un soutien direct visant à promouvoir une agriculture durable dans les bassins versants. En effet, le PMDN a versé des subventions à des groupements de producteurs légalement reconnus et remplissant les critères exigés ou à des agriculteurs indépendants dans les parties les plus vulnérables des bassins versants ayant accepté d'adopter des pratiques agricoles de lutte contre l'érosion. Initialement, les ouvrages financés visaient à réduire à hauteur de 20 % l'intensité des inondations dans les trois bassins versants et à augmenter de 20 % le couvert végétal permanent.

Parallèlement au PMDN, le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) et le Ministère de l'Environnement ont mis en œuvre d'autres programmes de protection et de mise en valeur de bassins versants :

- Programme d'intensification agricole Ennery-Quinte (PIA-EQ);
- Programme de gestion de l'eau dans le bassin de l'Artibonite (PROGEBA);
- Programme de gestion des hauts bassins versants du Sud-Ouest d'Haïti (Macaya);
- Protection de l'agriculture contre les chocs climatiques dans la boucle Centre-Artibonite.

Au travers de ces programmes, plusieurs études, diagnostics et plans d'aménagement des bassins versants ont été élaborés afin d'orienter les investissements prioritaires de ces différents programmes. Ces études, ainsi que l'exécution des projets, ont permis d'observer que les besoins en termes d'aménagements sont largement supérieurs aux ressources disponibles dans le cadre des différentes opérations. Il est donc envisagé de préparer une deuxième phase du programme PMDN afin de répondre en partie aux besoins identifiés en termes d'infrastructures de protection (amont et aval) dans les bassins versants de Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite (St-Raphael, St-Michel de l'Attalaye et la partie aval du barrage de Canneau) et dans la partie aval du bassin versant d'Acul Dubreuil.

2.2 Objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude confiée à AECOM sont :

i. réaliser une évaluation économique (coût-bénéfice) des ouvrages de protection riveraine réalisés dans le cadre de la première phase du PMDN sur le site de Maniche dans le bassin versant de Cavaillon et sur trois sites (Bas-la-Crête, Macaisse et Bertrand) dans le bassin versant de l'Artibonite;

ii. identifier, caractériser et prioriser par le biais de critères technico-économiques les infrastructures de protection de bassin versant à développer en amont et aval des bassins versants de Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite (St-Raphael, St-Michel de l'Attalaye et la partie aval du barrage de Canneau) et la partie aval du bassin versant Acul Dubreuil.

2.3 Localisation et étendue de la zone d'étude

Les bassins versants concernés par l'étude sont : Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite, et Acul Dubreuil. Le **Tableau 2.1** présente, par bassin versant, les communes, les sections communales et les sous-bassins versants concernés de même que les structures à protéger, tels que présentés dans les TdR du contrat et repris dans la note méthodologique de février 2015.

Tableau 2.1 : Aires d'intervention de l'étude

Bassins versants	Communes	Sections communales	Sous bassins versants	Structures à protéger
Grande Rivière du Nord	Grande Rivière du Nord	3e Caracol	Sous bassin Caracol	Ville de G. Rivière du Nord
	Quartier Morin	1e Basse Plaine 3e Morne Pelé	Aval BV GRN	Périmètre irrigués Bord de Mer - Limonade
	Limonade	1e Basse Plaine		
Cavaillon	Maniche	2e Melon, 3e Dory	Sous bassins Rivière Bœuf et Dory	Bourg de Maniche
	Cavaillon	4e Marc-Henry, 5e Laroque	Rivières Laroque et Marc Henry	Ville et pont de Cavaillon
Ravine du Sud	Camp Perrin	3e Tibi-d'Avezac	Bras Gauche	Ville de Camp Perrin, Périmètre d'Avezac
		2e Champlois	Amont Roucou	Barrage de Saut Mathurine[1]
Artibonite	St Raphaël	1e section Bois neuf, 2e Mathurin, ***6e Lamine*** [(a)]	Rivière Bouyaha	Périmètre irrigue de St Raphael
	St Michel de l'Attalaye	Aire située entre: i) limites communale de St Michel au Nord et à l'Est, ii) route St Michel-Ennery à l'Ouest et, iii) route St Michel – St Raphaël au Sud		Route St Michel-Ennery et St Michel – St Raphaël
	Petite Rivière et De Chapelle	3e Labady et ***1e Verrettes*** [(b)] respectivement	Aval du Fleuve Artibonite (Canneau)	Canaux d'irrigation et autres structures économiques
Acul Dubreuil	Chantal	3e Carrefour Canon	Ravine Casse	Périmètre irrigué de Dubreuil, Ville d'Arniquet

(a) Selon les données du recensement de 2012[2], il n'existe pas de section communale 6e Lamine dans la commune de St-Raphaël.
(b) Selon les données du recensement de 2012[2], il n'existe pas de section communale 1e Verrettes dans la commune de De Chapelle.

Pour les bassins versants de Grande Rivière du Nord, Cavaillon et Ravine du Sud, l'étude portera sur l'ensemble des bassins versants, tant dans leurs parties aval qu'amont. Dans le cas du bassin versant de l'Artibonite, l'étude se concentrera en amont sur une partie des communes de St-Raphaël et St-Michel de l'Attalaye, ainsi que le long des berges du fleuve Artibonite en aval du barrage de Canneau. Pour le bassin versant d'Acul Dubreuil, l'étude se limitera à la partie aval du bassin versant.

La **Figure 2.1** situe, au niveau du pays, l'étendue des zones d'intervention dans les différents bassins versants concernés par l'étude.

[1] Les TdR de l'étude situent le Barrage de Saut-Mathurine dans le bassin versant de Ravine du Sud. En réalité, le Barrage de Saut-Mathurine est plutôt localisé dans le bassin versant de Cavaillon.
[2] Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI) / DSDS, 2012. Population totale, population de 18 ans et plus, ménages et densités estimés en 2012. Ministère de l'Économie et des Finances, Haïti, 113 pages.



PORT-DE-PAIX

OCÉAN ATLANTIQUE

NORD OUEST

CAP-HAITIEN

FORT-LIBERTE

NORD

Bassin versant
Grande Rivière du Nord

GONAIVES

NORD EST

ARTIBONITE

HINCHE

SAINT-MARC

RÉPUBLIQUE
DOMINICAINE

Mer des Caraïbes

CENTRE

OUEST

Bassin versant
Artibonite

Bassin versant
Ravine du Sud

Baie de
Port-au-Prince

JEREMIE

Bassin versant
Cavaillon

PORT-AU-PRINCE

OUEST

GRANDE ANSE

NIPPES

SUD

SUD-EST

JACMEL

LES CAYES

Bassin versant
Acul Dubreuil

Légende

- Bassin versant
- Zone d'intervention
- Limite de département

1:1 000 000

0 5 10 20 30 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP,

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 2.1
Localisation des zones d'intervention à l'intérieur des bassins versants concernés par l'étude

Juillet 2015

AECOM

K:\CAM\TL2\Projets\60359688_Haiti_5_BV1500\Travaux\02\03\29-Geomatique\02_produits\RAPPORT_Juillet2015\MXD\Figure 2.1 - Localisation de l'étendue des zones d'intervention dans les bassins versants concernés par l'étude.mxd

3 Aménagement de protection riveraine

3.1 Présentation des aménagements recommandés

La protection locale contre les inondations est généralement traitée par le biais de travaux qui favorisent une accélération locale des écoulements de la rivière. Cette accélération peut être obtenue en intervenant sur certains paramètres du lit du cours d'eau, soit en modifiant son tracé ou sa pente par des travaux de recalibrage et de reprofilage, soit en enlevant les obstacles à l'écoulement par des travaux de dragage[3].

Une autre façon d'accélérer l'écoulement et ainsi réduire la fréquence des inondations est de construire des ouvrages de protection le long des berges en suivant les patrons typiques de la courbure du courant. Ils contribuent ainsi au passage rapide des crues, transportent plus efficacement la charge suspendue et la charge de fond et réduisent l'érosion des berges. Ces ouvrages peuvent se présenter sous la forme d'enrochement continue de la berge et de gabionnage de différentes sections.

Par opposition à ces approches visant la réduction des inondations, certains ouvrages spécialisés visent plutôt la protection des infrastructures riveraines menacées par le sapement des berges, les affouillements et les glissements de talus qui peuvent emporter des infrastructures prioritaires telles que routes et canaux d'irrigation. Ces ouvrages visent la protection des berges contre l'érosion et leur intégrité plutôt qu'une augmentation des vitesses d'écoulement de la rivière même si celles-ci peuvent se produire suite à la mise en place de certains types de structures de protection, en particulier les palplanches et les murs berlinois. Les ouvrages en gabions ou en enrochement sont aussi utilisés mais ils doivent être conçus de façon à privilégier une réduction de la vitesse. La mise en place d'épis ou d'autres structures semblables visant l'accumulation locale de matériel et sédiment contribue donc à la réduction des vitesses d'écoulement tout en réduisant les risques d'érosion des berges.

Les paragraphes qui suivent présentent une brève description de ces différentes techniques.

Il est à noter qu'une description plus détaillée des ouvrages à considérer dans le cadre du PMDN se retrouve à l'**Annexe 1** sous la forme de fiches techniques. Ces fiches techniques contiennent des informations détaillées sur:

- l'utilité de l'intervention proposée;
- les conditions d'application;
- les aspects sociaux et planification participative;
- les spécifications techniques;
- les études et travaux préparatoires;
- les principales étapes des travaux;
- les précisions sur les matériaux;
- les outils et équipements nécessaires;
- les mesures d'accompagnement;
- l'entretien;
- les coûts;
- la main-d'œuvre;
- les références.

[3] Wasson J.G., Mala Voi J.R.. Maridet L., Souchon Y., Paulin L. 1995. Impacts écologiques de la chenalisation des rivières. CEMAGREF. 166 p.

3.1.1 Enrochement

L'enrochement est probablement la technique la plus fréquente utilisant les matériaux minéraux pour corriger le profil d'un cours d'eau, protéger les berges contre l'érosion et assurer une protection contre les risques de glissement. Il présente l'avantage d'être posé aussi bien à sec que dans l'eau. Une pente relativement faible (pente 2/3 ou 1/2) est souhaitée. Si les vérifications hydrauliques démontrent qu'une élévation du niveau des eaux est anticipée suite au rétrécissement de la section d'écoulement au droit de l'ouvrage, une pente plus forte peut-être adoptée, mais les enrochements doivent être liaisonnés au béton et la vérification de leur résistance à la poussée des sols est alors nécessaire.

Leur mise en place dans des zones enclavées est fortement conditionnée par la présence locale de pierres de calibres suffisants, le coût de ces travaux d'enrochement pouvant s'élever rapidement dans le cas contraire.

3.1.2 Murs berlinois

La paroi berlinoise est une méthode de construction jumelant des profilés en acier servant de pieux et des éléments rigides positionnés entre ces pieux et permettant de retenir les terres (**Photos 3.1** et **3.2**). Le matériau choisi de ces éléments est généralement le béton, car il offre le meilleur rapport qualité/prix pour la finition et la durabilité.

Les murs berlinois sont appropriés pour les lits profonds et les cours d'eau qui présentent un débit important et dont la mise à sec pour les travaux peut s'avérer complexe et couteuse. Dans la majorité des cas, les travaux peuvent être exécutés en présence d'eau et en sol saturés. La nature de leur construction permet qu'en cas d'affouillement futur à leur base, les éléments de béton s'enfoncent naturellement le long des profilés en acier, contribuant ainsi à leur auto stabilisation au cours des ans et des crues subséquentes.



Photo 3.1 : Mur berlinois aménagé sur le site de Bertrand



Photo 3.2 : Mur berlinois mis en place sur le site de Macaisse

Pour leur mise en place, les pieux sont d'abord implantés suivant l'axe prévu, de l'amont vers l'aval. Ils sont enfoncés par vibrage et battage à l'aide d'engins spéciaux. Un premier travail de terrassement est ensuite fait pour atteindre la cote de fond de fouille correspondante à la base d'installation de la première rangée de panneaux de béton. Après la pose des premières rangées de panneaux, un dispositif de protection au pied du mur peut être installé. Ce dernier peut être des hexapodes de type A-Jacks®. Après, il y a un deuxième travail de terrassement afin d'installer les blocs d'ancrage et les tirants nécessaires au soutien du mur, puis des opérations de remblaiement et de compactage viennent clore cette phase. Enfin, les dernières rangées des panneaux de béton sont installées.

3.1.3 Protection de berge en gabion

Les murs de gabions sont des ouvrages gravitaires (murs poids dont la masse s'oppose aux poussées) construits avec un système préfabriqué à gabion multi-paniers (**Photos 3.3** et **3.4**). Le dimensionnement d'un mur en gabions prend en compte divers paramètres incluant les caractéristiques intrinsèques des matériaux de remplissage (densité et pourcentage des vides), la résistance des grillages, les caractéristiques des matériaux en place et de remblais arrière, et l'existence ou non de fondation.



Photo 3.3 : Mur en gabion sur le site de Maniche



Photo 3.4 : Mur en gabion sur le site de Maniche

Leur mise en place requiert la présence de fondations saines d'où la nécessité d'une mise à sec de la zone à protéger. Ils sont particulièrement utilisés pour les sites dont les débits en étiage sont faibles et où il y a abondance de pierres pour leur construction. Leur nature entraîne l'utilisation importante de main-d'œuvre locale, contribuant ainsi à leur popularité si cette main-d'œuvre est rémunérée.

3.1.4 Palplanches

Le mot palplanche désigne généralement un pieu profilé conçu pour être battu en terre et s'enclenchant aux pieux voisins par l'intermédiaire de nervures latérales appelées serrures (**Photo 3.5**). Le profilé est généralement en acier et l'ensemble de la structure constitue un rideau ou mur qui sert de protection ou de mur de soutènement (**Photo 3.6**). Pour prolonger la durée de vie de l'élément, un revêtement de zinc des palplanches galvanisées est réalisé par immersion.

Pour assurer la stabilité du rideau et contrer les poussées du sol, des tirants sont mis en place horizontalement tous les 3-5 mètres et près de la tête de la palplanche. Les tirants horizontaux sont constitués d'une armature d'acier à haute adhérence. La connexion sur les palplanches est réalisée au moyen d'une moise cornière soudé et d'un pivot d'assemblage.

La réaction de l'effort correspondant aux poussées des terres est reprise au moyen de corps morts en béton armé installés à l'arrière du rideau. L'ancrage au corps mort est réalisé au moyen d'une plaque d'appui en acier.

La mise en place des palplanches suit un certain nombre d'étapes : i) implantation, décapage et terrassement, ii) installation du guide de battage, iii) mise en fiche, iv) enfoncement des palplanches, v) démontage du guide de battage, et vi) recépage du rideau, poutre de couronnement et excavation. Une poutre de couronnement est ensuite coulée afin de raidir longitudinalement, en tête, le rideau de palplanches.



Photo 3.5 : Serrure ou joint de connexion entre deux palplanches



Photo 3.6 : Rideau de palplanches le long de l'Artibonite (Janin)

3.1.5 Curage/calibrage/reprofilage du lit mineur

Un curage consiste en une évacuation de matériaux (sédiments minéraux, vases organiques, troncs d'arbre, plantes aquatiques, embâcles) qui s'accumulent au fond du lit d'un cours d'eau et qui ne sont pas facilement repris par les crues. Ces matériaux peuvent causer une augmentation des débordements. Le curage ne constitue pas un élargissement ni un approfondissement du lit. Les méthodes classiques d'enlèvement des sédiments sont le curage mécanique (sables, graviers, gros corps morts, etc.) et le curage hydraulique (vases).

Le calibrage vise à diminuer la fréquence des submersions en augmentant la capacité d'évacuation des débits de crue en lit mineur en élargissant et/ou en approfondissant le chenal. Le profil idéal est alors celui ayant la meilleure capacité pour le minimum d'excavation. De nos jours, cette approche s'avère de moins en moins utilisée à la fois pour des raisons écologiques évidentes mais aussi pour des raisons hydrauliques (hydrogramme de crue plus pointu en aval)[4]. Le demi-calibrage est une variante qui présente l'avantage de maintenir la végétation sur l'une des berges; ce qui n'est pas négligeable au plan paysager et pour la faune.

Pour sa part, le reprofilage vise à raccourcir une portion de cours d'eau sinueux ou méandriforme, en procédant à une rectification du tracé et/ou à des recoupements artificiels de méandres (cutoff). Les coupures de méandres doivent *a priori* rester exceptionnelles pour des raisons morphologiques et écologiques, et il faut en vérifier l'efficacité hydraulique, le bénéfice de ces coupures étant plutôt ponctuel. Il existe deux techniques de coupure de méandres : la coupure totale et la coupure sèche.

La coupure totale d'un méandre consiste à creuser un lit nouveau. L'ancien peut être maintenu en l'état. Peu à peu, il tend à être obstrué par des dépôts ou le développement de végétation. Pour faciliter l'accès à l'enclave, il est possible de remblayer la partie amont de l'ancien lit en maintenant l'appendice aval qui sert de refuge pour la faune. Il est déconseillé de reboucher tout le lit car cela supprime le rôle d'annexe hydraulique de la partie aval du méandre. Afin de prévenir l'érosion des berges suite à la coupure d'un méandre, la construction d'un seuil peut être requise, en amont de la coupure.

La coupure sèche ne fonctionne qu'en hautes eaux, ce qui permet d'accéder à l'enclave par un simple passage à gué. Les conséquences morphologiques sont moins grandes que pour la coupure totale, puisque pour une gamme importante de débits, les conditions demeurent inchangées. Ce mode de coupure est moins préjudiciable

[4] Gérard Degoutte, 2006. Diagnostic, aménagement et gestions des rivières – Hydraulique et morphologie fluviales appliquées, Lavoisier, 394 p.

pour la vie piscicole car les frayères éventuelles ne sont pas détruites par le chantier et les poissons ne sont pas confrontés à un ouvrage à franchir.

Avant d'entreprendre des coupures de méandres, il convient d'être certain qu'elles seront efficaces au plan hydraulique. Le gain sur la ligne d'eau ne concerne en effet qu'une faible longueur de cours d'eau, et la zone que l'on espère mettre hors d'eau peut être de toute façon inondée par la circulation de l'eau dans le lit majeur.

3.2 Localisation et caractérisation des sites potentiels d'intervention

Pour les bassins versants Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud et Acul Dubreuil, les aménagements de protection riveraine ont été localisés en recoupant les informations contenues dans les cartes d'exposition au risque d'inondation produites lors du Premier Rapport afin de se concentrer sur les zones à plus fortes pertes économiques. Également, les zones identifiées avec les parties prenantes lors de la mission terrain de mars 2015 ont été étudiées en priorité.

La délimitation des zones protégées par les aménagements a été faite grâce aux courbes topographiques aux 20 m fournies par le CNIGS et à une interprétation et supposition de la dynamique d'écoulement et de débordement des rivières concernées. Ainsi, il est primordial de mentionner que l'étendue de cette zone reste approximative et nécessitera des études plus détaillées (topographie, hydraulique, hydrologie, etc.) pour en préciser le contour.

Afin d'estimer les bénéfices engendrés par les aménagements, une courbe spécifique de dommage associés aux inondations a été calculée pour chaque zone protégée par ces aménagements. L'élaboration des courbes de dommage a été réalisée sur la base d'enquêtes terrain et d'inventaires d'infrastructure publique. Les résultats des 1 217 enquêtes terrain menées dans ces bassins versants a permis de quantifier les pertes économiques en zone urbaine (dommages sur le bâti et les biens, pertes de revenus, frais de santé) et agricole (dommages aux cultures). Les inventaires d'infrastructure publique ont servi de base pour l'évaluation des dommages au réseau routier et aux bâtiments publics (mairie, école, centre de santé, etc.).

Pour l'Artibonite, trois sites ont été retenus. Ils sont caractérisés par des problèmes d'érosion des berges plutôt que d'inondations. L'estimation des bénéfices engendrés par les aménagements de protection proposés n'a donc pas été réalisée par l'élaboration de courbes de dommage associées aux inondations. Les bénéfices ont été estimés en considérant principalement la perte de production agricole évitée. Cette dernière est calculée à partir de la valeur ajoutée des spéculations pratiquées sur la superficie desservie par le canal protégé.

Les paragraphes suivants présentent, par bassin versant, les caractéristiques des sites et des solutions proposées.

3.2.1 Sites de Grande Rivière du Nord

Dans le bassin versant de Grande Rivière du Nord, deux zones sont particulièrement sujettes à des inondations d'importance. Il s'agit :

- des basses plaines de Quartier Morin-Limonade;
- et de zone Saint-Malon - Grande Rivière du Nord.

<u>Basses plaines de Quartier Morin-Limonade</u>

En rive gauche, la zone sujette aux inondations correspond à une bande riveraine de terres agricoles d'environ 1 km de large qui s'étire de Quartier Morin jusqu'au littoral, pour une longueur approximative de 6 km. En rive droite, la bande riveraine inondable fait en moyenne 3 km de large et va de Limonade jusqu'au littoral, pour une longueur d'environ 8 km. La superficie concernée est donc importante, soit environ 30 km^2 (3 000 ha) (**Figure 3.1**).

Les basses plaines de Quartier Morin – Limonade, où la rivière Grande-Rivière-du-Nord vient rejoindre la mer, sont soumises non seulement aux régimes des crues de la rivière mais aussi aux fluctuations du niveau de la mer et de la nappe phréatique du littoral. Cette plaine littorale est ponctué de zones basses où subsistent la présence d'eau même en étiage grâce à la présence à faible profondeur d'une nappe phréatique que maintien le biseau salin de la mer. La remontée du niveau de cette nappe superficielle, le rehaussement du niveau de la mer lors du passage de basses pressions et les difficultés de drainage vers la mer de cette plaine sont autant d'éléments qui accroissent les risques de submersion plus ou moins étendue de la plaine lors des crues de la rivière.

Les caractéristiques pluviométriques de la plaine, le régime hydrologique de Grande-Rivière-du-Nord, l'urbanisation et les difficultés chroniques pour entretenir et renouveler les réseaux d'eau pluviale (drainage) placent ces plaines sur une échelle de risque élevé dans le cadre de la présente étude. La platitude des zones inondables oblige à maitriser la topographie de ces plaines et la bathymétrie de la rivière pour en comprendre les principales faiblesses. L'analyse doit inclure la modélisation du comportement hydraulique d'une crue décennale dans les plaines afin d'identifier les zones les plus susceptibles de recevoir des ouvrages capables de maitriser les crues décennales et protéger les infrastructures environnantes de la plaine. Seule une étude beaucoup plus détaillée serait en mesure de définir les ouvrages à prévoir pour soulager les plaines des inondations aux récurrences les plus communes (1:2, 1:5 et 1:10). Toutefois, une telle étude dépasse largement le cadre du présent mandat. Aussi, cette zone des basses plaines de Quartier Morin – Limonade ne peut pas être retenue comme zone prioritaire. Il est toutefois recommandé que la réalisation de cette étude soit programmée pour la deuxième phase du PMDN.

Zone Saint-Malon - Grande Rivière du Nord

Pour cette zone, les sites potentiels de protection riveraine sont localisés le long de la route entre les localités de Saint-Malon et de Grande Rivière du Nord (**Figure 3.1**). La zone (surtout dans la localité de Grande Rivière du Nord) subit de nombreuses inondations et les pertes économiques associées sont élevées. Ce constat a également été fait lors de la visite terrain du 24 mars 2015 où l'ensemble des parties prenantes a insisté sur les problèmes récurrents liés aux inondations dans cette zone.

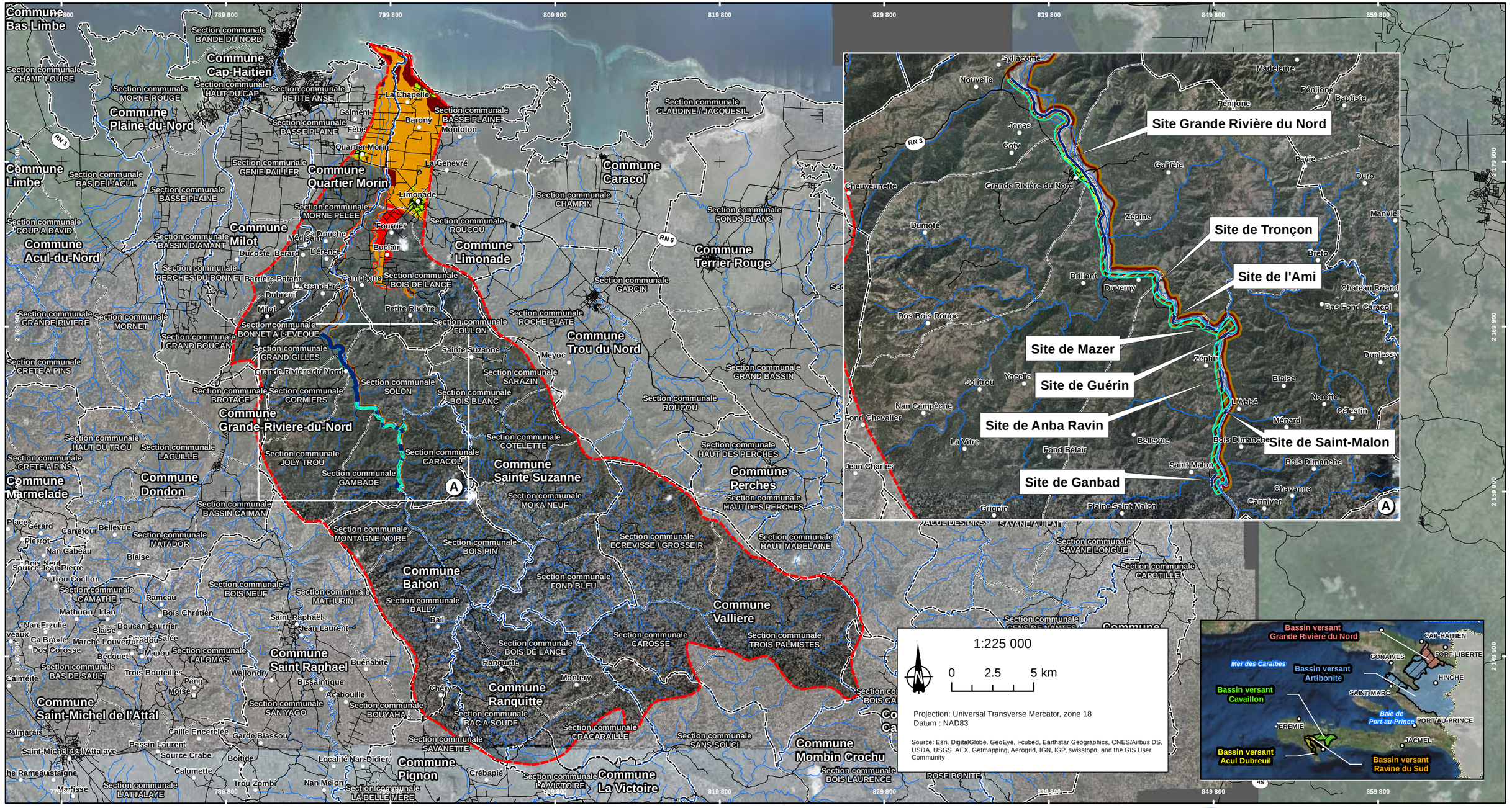
Les aménagements proposés sont ceux identifiés par l'ingénieur Georges Brunet dans son étude[5] relative aux zones propices aux inondations caractérisées lors du Premier Rapport. Les sites correspondent aux points critiques observés lors de la visite terrain et un seul aménagement supplémentaire a été ajouté à ceux de l'étude de Brunet (site de l'Ami). Ces aménagements sont présentés de l'aval vers l'amont et protège une zone de 150 ha. Les caractéristiques sont extraites des plans de l'étude (voir **Annexe 2**). Les huit sites forment un tout qui protège l'ensemble de la rive gauche de la rivière Grande Rivière du Nord entre Saint-Malon et Grande Rivière du Nord.

- site de Grande Rivière du Nord (mur en gabion et matelas de type Reno® sur 3 800 m);
- site de Tronçon (mur en gabion de 165 m et mur en maçonnerie de 65 m);
- site de l'Ami (mur en gabion de 200 m);
- site de Mazer (mur en gabion de 100 m et mur en maçonnerie de 165 m);
- site Guérin (mur en gabion de 245 m);
- site d'Anba Ravin (matelas de type Reno® de 400 m);
- site de Saint-Malon (mur en gabion de 100 m et mur en maçonnerie de 170 m);
- site de GrandBad (mur en gabion de 271 m et mur en maçonnerie de 255 m).

3.2.2 Site de Cavaillon (Cavaillon)

Dans le bassin versant de Cavaillon, le site potentiel est localisé dans la localité de Cavaillon, le long des deux berges (**Figure 3.2**). La zone protégée fait grossièrement 3 km sur 2 km. Selon les données de l'enquête, la zone basse en rive droite de la rivière, en aval de la ville, est sujette régulièrement aux inondations. De plus, elle enregistre des pertes économiques élevées étant constitué principalement de cultures agricoles denses. En rive gauche, l'aménagement protègerait une bonne partie de la ville en elle-même et les parcelles agricoles en aval.

[5] Georges Brunet, 2013. Correction du lit de la Grande Rivière du Nord. PMDN.



Légende

- Réseau routier
- Réseau hydrographique
- *Limite administrative*
- Commune
- Section communale
- Zone d'intervention
- *Protection riveraine*
- Aménagement proposé
- Zone protégée par l'aménagement
- Culture agricole discontinue (inondation 1-2 ans)
- Culture agricole dense (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole dense (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole dense (inondation 1-2 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 10-20 ans)
- Urbain continu (inondation 50-100 ans)
- Urbain continu (inondation 1-2 ans)
- Urbain continu (inondation 10-20 ans)

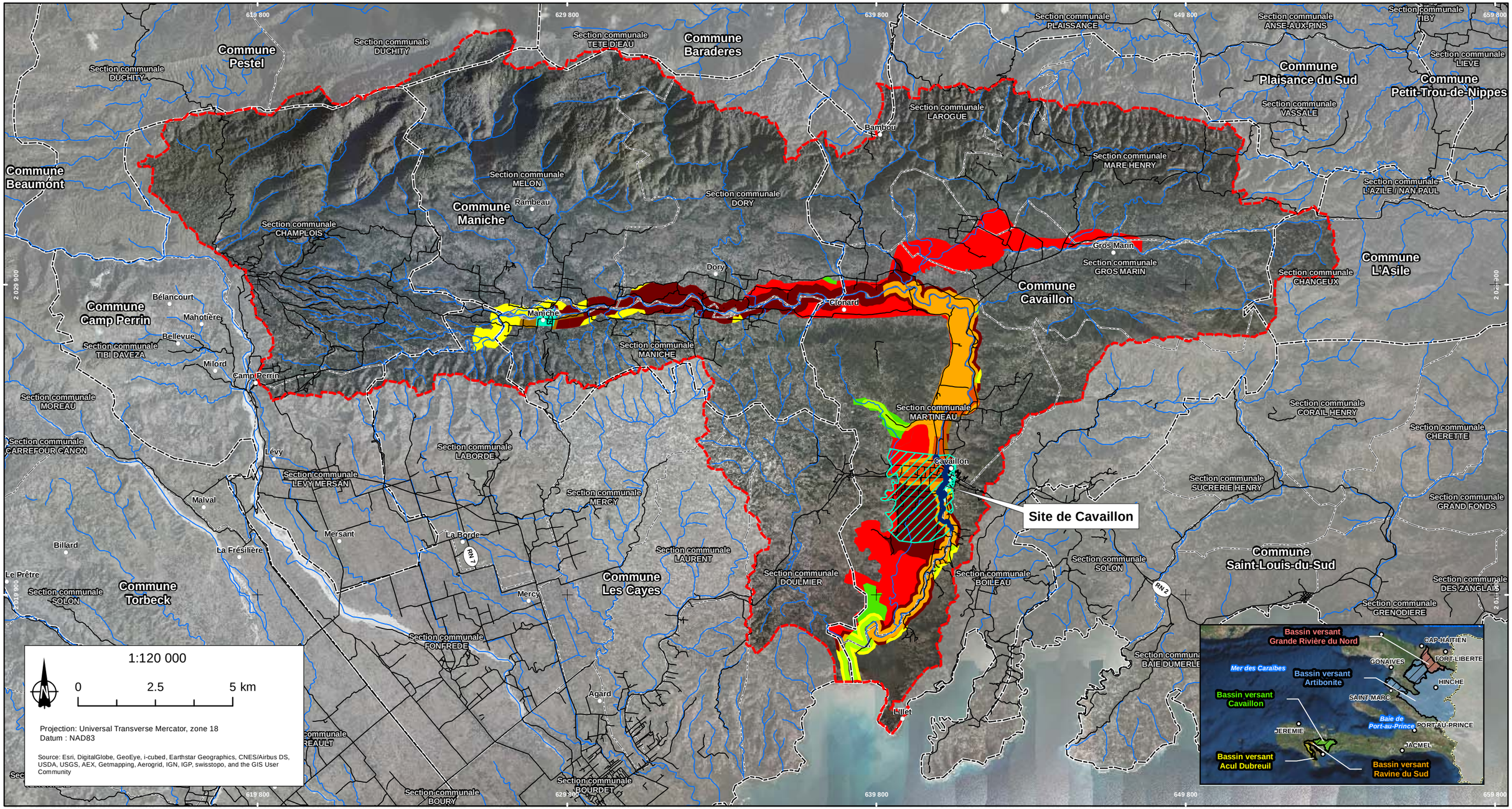
Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 3.1
Aménagements de protection riveraine proposés dans le bassin versant de la Grande Rivière du Nord

Août 2015

AECOM



Légende

- Réseau routier
- Réseau hydrographique

Limite administrative

- Commune
- Section communale

- Zone d'intervention

Protection riveraine

- Aménagement proposé
- Zone protégée par l'aménagement

- Culture agricole dense (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole dense (inondation 50-100 ans)
- Urbain discontinu (inondation 1-2 ans)
- Urbain discontinu (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole dense (inondation 1-2 ans)
- Urbain discontinu (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 1-2 ans)
- Urbain continu (inondation 50-100 ans)
- Urbain continu (inondation 10-20 ans)
- Urbain continu (inondation 1-2 ans)

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 3.2
Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant de Cavaillon

Août 2015

AECOM

L'aménagement proposé est un mur en gabion qui débute à 700 m en amont de la passerelle piétonne et qui s'étend sur un linéaire de 5 700 m qui protégerait une zone d'environ 540 ha. L'aménagement est réparti sur les deux berges, soit 3 500 m en rive droite et 2 200 m en rive gauche. Entre la passerelle et le pont de Cavaillon (400 m au total), l'aménagement prendrait la forme d'un rehaussement d'environ deux mètres du mur déjà existant (**Photo 3.7**). Sur le reste du linéaire (**Photo 3.8**), le profil type du mur serait un escalier avec une hauteur de 4 m au-dessus du lit de la rivière (voir exemple à la **Figure 3.3)**.



Photo 3.7 : Rehaussement nécessaire en rive droite du mur de gabion existant à Cavaillon



Photo 3.8 : Vue vers l'amont depuis la passerelle de Cavaillon

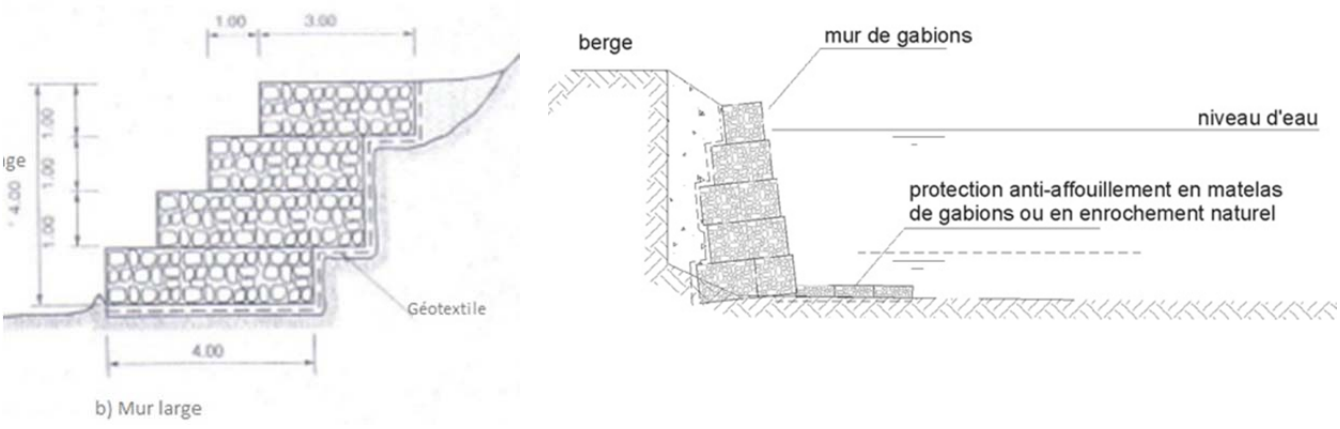


Figure 3.3 : Exemples de profil type de mur en gabion[6,7]

3.2.3 Site de Camp Perrin (Ravine du Sud)

Dans le bassin versant de Ravine du Sud, deux zones sont particulièrement sujettes à des inondations d'importance. Il s'agit de la zone de Cayes et de celle de Camp Perrin.

Zone de Cayes

La zone de Cayes sujette aux inondations se trouve principalement en rive gauche et correspond à une bande riveraine de terres d'environ 2 km de large qui s'étire sur approximativement 4 km de Bourdet jusqu'au littoral. La

[6] Figure de gauche : Manuel pour la conception d'ouvrages de protection des rivières, Jorge Rivas, CATIE, 2013.
[7] Figure de droite : Guide d'enrochement - L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques. Version française du Rock Manual, CIRIA/CUR/CETMEF, 2009.

superficie concernée est donc importante, soit environ 8 km^2 (800 ha), et englobe la presque globalité de l'agglomération de Cayes (**Figure 3.4**).

Cette zone constituée par une basse plaine, où la rivière Ravine du Sud vient rejoindre la mer, est soumise non seulement aux régimes des crues de la rivière mais aussi aux fluctuations du niveau de la mer et de la nappe phréatique du littoral. Les caractéristiques pluviométriques de la plaine, le régime hydrologique de Ravine du Sud, l'urbanisation et les difficultés chroniques pour entretenir et renouveler le réseau de drainage de la ville (encombrement des canaux par les déchets du marché, absence de curage périodique, etc.) placent cette plaine sur une échelle de risque élevé dans le cadre de la présente étude.

La platitude de la zone inondable oblige à maitriser la topographie de la plaine et la bathymétrie de la rivière pour en comprendre les principales faiblesses. L'analyse doit inclure la modélisation du comportement hydraulique d'une crue décennale dans la plaine afin d'identifier les zones les plus susceptibles de recevoir des ouvrages capables de maitriser les crues décennales et protéger les infrastructures environnantes de la plaine. Seule une étude beaucoup plus détaillée serait en mesure de définir les ouvrages à prévoir pour soulager la zone des inondations aux récurrences les plus communes (1:2, 1:5 et 1:10). Toutefois, une telle étude dépasse largement le cadre du présent mandat. Par ailleurs, lors d'une rencontre avec le représentant de la Commune de Cayes, il a été souligné qu'une étude détaillée sur les problèmes de drainage de la ville de Cayes était en cours de réalisation. Aussi, à la lumière de ces différents éléments, la zone de Cayes n'a pas été retenue comme zone prioritaire dans le cadre de la présente étude.

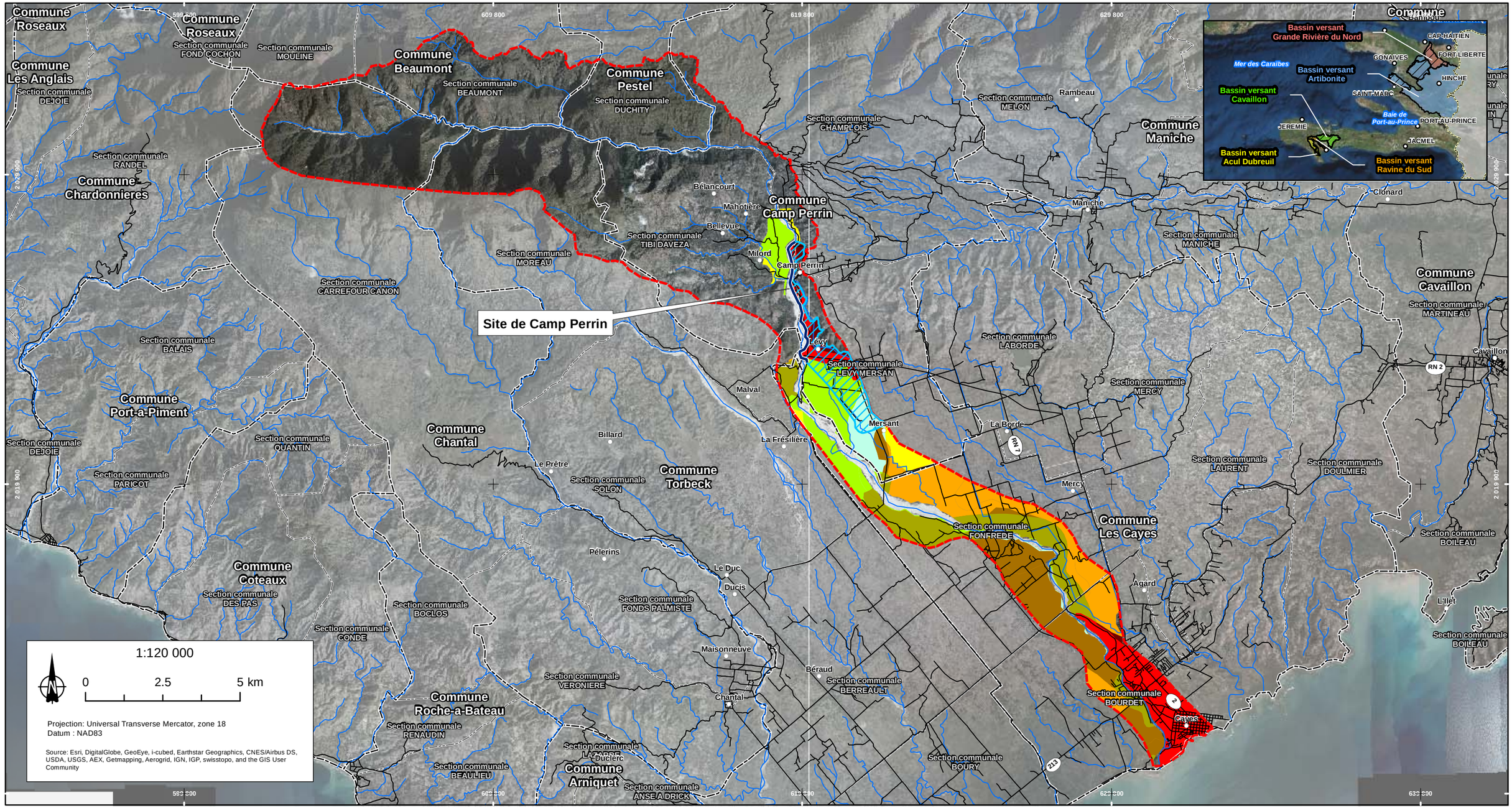
Zone de Camp Perrin

Pour cette zone, le site potentiel va de la localité de Camp Perrin jusqu'à Lévy, le long de la berge, en rive gauche de la rivière. Il a été relevé, lors de la rencontre avec les autorités locales, que la partie appelée Bas Camp (correspondant au bas de la ville de Camp Perrin) est régulièrement inondée lors du débordement de la rivière. La zone protégée fait environ 7 km sur 0,6 km et est constituée principalement d'une zone urbaine continue et de cultures agricoles discontinues. Elle est caractérisée par les valeurs les plus élevées en termes de pertes économiques calculées dans le Premier Rapport. L'aménagement proposé est un mur en gabion sur un linéaire de 4 400 m qui protégerait une zone d'environ 400 ha (**Figure 3.4**). Sur les premiers 1 400 m de protection, depuis la prise du périmètre irriguée d'Avezac jusqu'à la confluence de la rivière Bras de Gauche, l'aménagement prendrait la forme d'un rehaussement d'environ deux mètres du mur déjà existant (voir **Photo 3.9**).



Photo 3.9 : Mur de gabion existant en rive gauche au niveau du quartier Perini (Camp Perrin)

À noter que les études détaillées ultérieures permettront de cibler précisément les zones sur ce premier tronçon où le rehaussement est nécessaire. Sur le reste du linéaire, le profil type du mur serait un escalier avec une hauteur de 4 m au-dessus du lit de la rivière (voir exemple à la **Figure 3.3)**.



Légende

- Réseau routier
- Réseau hydrographique

Limite administrative

- Commune
- Section communale

- Zone d'intervention

Protection riveraine

- Aménagement proposé
- Zone protégée par l'aménagement

- Urbain continu (inondation 50-100 ans)
- Urbain continu (inondation 10-20 ans)
- Urbain continu (inondation 1-2 ans)
- Culture agricole dense (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole dense (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole dense (inondation 1-2 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 50-100 ans)

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 3.4
Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant de Ravine du Sud

Août 2015

AECOM

3.2.4 Sites de l'Artibonite - Ouest

Dans le bassin versant de l'Artibonite (partie Ouest en aval du barrage Canneau), il y a trois sites potentiels localisés le long du fleuve Artibonite et menaçant les infrastructures riveraines (canal d'irrigation, route, habitations). De l'aval vers l'amont, ces sites sont Moreau, Siphon Villard et Carrefour Laville (**Figure 3.5**). Ils ont été identifiés lors de la visite terrain du 21 mars 2015 et avait également fait l'objet d'un constat lors de la mission de J.L. Body[8].

Le site de Moreau se situe dans le premier méandre en amont de Pont Sondé. Les différentes crues survenues lors des dernières années ont emporté plusieurs mètres de berge et quelques habitations. Au niveau du site, la berge se trouve à seulement quelques mètres des habitations et l'érosion menace à terme également le canal Coursin situé à 25 m de là (**Photo 3.10**). Celui-ci assure un débit de 1,5 m^3/s et dessert une superficie potentielle de 800 ha de terres irriguées. Toutefois, étant donné que le taux de desserte moyen est de 90% pour le périmètre irrigué de la Vallée l'Artibonite, il faut plutôt considérer une superficie irriguée effective de 720 ha. Considérant que la berge est sujette à des affouillements répétés et que des habitations ne se trouvent qu'à quelques mètres sur la berge, l'aménagement proposé est un mur berlinois de 65 m de long, de même type que celui installé aux différents sites réalisés dans l'Artibonite lors du PMDN I. La hauteur des pieux sera de 12 m environ. Tel que mentionné précédemment à la section 3.1.2, le mur berlinois est approprié à ce site car il s'agit d'un lit profond qui présentent un débit important et dont la mise à sec pour les travaux est pratiquement irréalisable.



Photo 3.10 : Habitation directement menacée au site de Moreau (Artibonite)

Le site de Siphon Villard se situe le long de la berge au droit du Canal Villard. Bien que situé en intrados de la rivière, ce site est particulièrement érodé et la protection existante (rideau de palplanches) n'est plus efficace voire même accentue le phénomène aux points de raccordement avec la berge (**Photo 3.11**). L'affaissement et l'effondrement progressif de la berge menace directement le Canal Coursin (débit : 1,5 m^3/s, superficie irriguée : 800 ha) et le Canal Villard (débit : 28,0 m^3/s, superficie irriguée : 17 850 ha) qui alimente la majeure partie du périmètre irrigué de l'Artibonite via le Canal Maître Rive Gauche (CMRG). Ce site est donc stratégique pour la vallée. Les investissements de protection permettent donc d'éviter la perte de productions irriguées sur 18 650 ha. Considérant un taux de desserte moyen est de 90% pour le périmètre irrigué de la Vallée l'Artibonite, il faut plutôt considérer une superficie irriguée effective de 16 785 ha.

[8] J.L. Body, 2009. Évaluation de la vulnérabilité aux inondations des infrastructures hydro-agricoles dans la Vallée de l'Artibonite. BID, 30 p.

Considérant que la berge est sujette à des affouillements répétés et que la piste, le canal Coursin et le canal Villard ne se trouvent qu'à quelques mètres sur la berge, l'aménagement proposé est un mur berlinois de 195 m de long. Comme pour le site Moreau présenté précédemment, le choix d'un mur berlinois semble se justifier ici pour les même raisons et avantages. La hauteur des pieux sera de 12 m environ.

À noter que la présence du siphon à cet endroit pourrait entraîner une complication lors de la mise en œuvre des travaux de protection et donc un coût supérieur à celui calculé. L'estimation de ce coût additionnel nécessite une étude plus détaillée du site et de l'état du siphon Villard laquelle requiert des expertises en génie civil et géotechnique; ce qui dépasse largement le cadre de la présente étude. Pour les besoins de l'étude, ce surcoût additionnel n'a donc pas été pris en compte.

Le troisième site, celui de Carrefour Laville, se situe le long de la route n°1 au Sud de la localité du même nom. À cet endroit, l'extrados de la berge est sujet à l'érosion et à l'affouillement. Le bord de la route asphalté a même été emporté à plusieurs endroits (**Photo 3.12**). Le fleuve menace directement la chaussée et les habitations en contre-bas dans la localité de Laville. Il met également en danger, à plus ou moins long terme, le Canal Maître Rive Droite (CMRD) qui se situe à moins de 80 mètres au Nord, qui assure un débit de 12,0 m^3/s et dessert 2 100 ha. Considérant un taux de desserte moyen de 90%, il faut plutôt considérer une superficie irriguée effective de 1 890 ha.

Ce site étant également sujet à des affouillements répétés et considérant la proximité de la route, l'aménagement proposé est un mur berlinois de 150 m de long, de même type que pour les sites Moreau et Siphon Villard discutés précédemment. La hauteur des pieux sera de 12 m environ. Comme pour les deux sites précédents, le choix d'un mur berlinois se justifie ici pour les même raisons et avantages.



Photo 3.11 : Érosion de la berge accentuée en fin de l'actuelle protection en palplanches sur le site de Siphon Villard (Artibonite)



Photo 3.12 : Route endommagée au site de Carrefour Laville (Artibonite)

Commune L'Estere
Commune Desdunes
Commune Grande Saline
Commune Saint-Marc
Commune Verrettes
Commune Petite Riviere de l'Art
Commune Maissade
Commune Boucan-Carre

Section communale DESDUNES
Section communale PETITES DESDUNES
Section communale PONT DE L'ESTERE
Section communale OGE
Section communale DUVALLON
Section communale POTENEAU
Section communale POSTE PIERROT
Section communale BOCOZELLE
Section communale VILLARS
Section communale BAS COURSIN
Section communale LIANCOURT
Section communale BAS C
Section communale LABADY
Section communale PERODIN
Section communale BELANGER
Section communale LALOUERE
Section communale CHARRETTE
Section communale BOIS NEUF
Section communale GOYAVIER
Section communale BASTIEN
Section communale DESARMES
Section communale GUILLAUME MOGE
Section communale SAVANE A ROCHE
Section communale MEDOR

Site de Moreau
Site de Siphon Villard
Site de Carrefour Laville

Duclos
Modelle
Drouin
Dauphin
Rossignol
Laporte
Lubin
Théard
Chauvet
Guiton
Pothenot
Bac D'Aquin
Bocozel
Bélange
Jacques
Bertrong
Dip-son
Villard
Beaufort
L'Etang
Cadeau
Jean Denis
Dupitraye
Molette
Fougère
Védery
Legriel
Peye
Préval
Loursin
Savien
Payen
Estral
Petite-Rivière-de-L'Artibonite
Bellance
Coupon
Boral
Delogne
Calvaire
Marécage
Moreau
Dodard
Desjardins
Canneau
Verrettes
Sannois
Renard
Ostry
Guillourt
Boulin
Delauné
Neveu
Cloville
Bidone
Mary
Dessources
Janain
Boudet
Savien
Robuste
Castera
Drouet
Lagon Moreau

RN 1
112
109

739 800
749 800
759 800
769 800
779 800
789 800
2 129 900
2 119 900
2 109 900
2 099 900

Légende

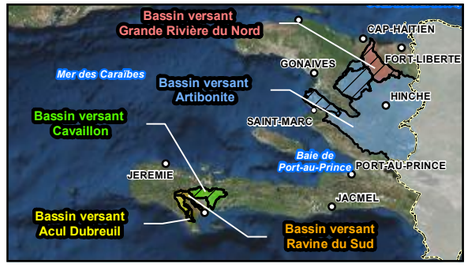
- Réseau routier
- Réseau hydrographique

Limite administrative

- Commune
- Section communale
- Zone d'intervention

Protection riveraine

- Aménagement proposé



1:150 000

0 2.5 5 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 3.5
Aménagements de protection riveraine proposés dans le bassin versant de l'Artibonite-Ouest

Août 2015

AECOM

3.2.5 Site de Laplace (Acul Dubreuil)

Dans le bassin versant d'Acul Dubreuil, il a été identifié une faiblesse dans la berge en rive droite (extrados) de la rivière Acul à proximité de la route principale à un peu plus d'un kilomètre au sud-est de la localité de Chantal (**Photo 3.13**). Quand la rivière est en crue, elle déborde généralement à cet endroit (selon la population locale) car la berge est affaissée et elle inonde ensuite toute la plaine au Sud où se trouve une zone de culture agricole dense.



Photo 3.13 :Berge en extrados de la rivière Acul sujette aux débordements (Acul Dubreuil)

L'aménagement proposé est un mur en gabion sur un linéaire de 700 m qui protégerait une zone d'environ 290 ha située entre Chantal et Digue Monville (**Figure 3.6**). Cette zone protégée fait approximativement 2 km sur 1,5 km et comprend les villages de Laplace et Saint-Martin. Le profil type du mur serait un escalier avec une hauteur de 4 m au-dessus du lit de la rivière (voir exemple à la **Figure 3.3)**.

3.3 Analyse coût-bénéfice

3.3.1 Estimation sommaire des coûts des aménagements proposés

Cette section présente l'estimation des coûts prévisionnels pour les différents aménagements de protection riveraine qui sont proposés dans le cadre des interventions de la deuxième phase du PMDN. Les coûts sont estimés essentiellement à partir des dépenses ou investissements effectués au cours de la première phase du PMDN pour la mise en place d'ouvrages de nature et d'envergure similaires.

En matière de protection de berges des rivières, les coûts unitaires sont indiqués par mètre carré (m^2) de murs berlinois à installer (pour tenir compte de la hauteur requise pour l'ouvrage en murs berlinois). Sur la base des investissements effectués par le PMDN dans la protection riveraine pour les sites de Bas-La-Crête, Macaisse et Bertrand dans l'Artibonite, le coût moyen unitaire déterminé correspond à environ 2 500 \$US/m^2 en comptant les coûts associés aux études et à la supervision des travaux. En ce qui concerne la protection en murs de gabion, les coûts unitaires sont présentés par mètre cube (m^3) installé pour tenir compte du profil du mur. En considérant les investissements engagés dans les travaux de protection des berges de la rivière de Cavaillon (au niveau du site de Maniche), le coût unitaire moyen revient à près de 105 \$US/m^3 en comptant les coûts associés aux études et à la supervision des travaux.

Le **Tableau 3.1** présente les coûts estimés des aménagements proposés selon les coûts unitaires préalablement calculés. Pour les besoins de l'analyse, ces coûts ont été répartis équitablement sur trois ans pour respecter un calendrier de décaissement fictif similaire à ce qui a été observé lors de la phase I du PMDN. Les quantités estimées sont calculées à partir du linéaire proposé et de la hauteur prévue pour le mur berlinois (12 m de hauteur) et à partir du linéaire et du profil prévu pour le mur en gabion. Dans le cas des aménagements du bassin versant de Grand Rivière du Nord, les quantités ont été estimés à partir des plans (profil et linéaire) de l'étude de Brunet (voir **Annexe 2**).

Tableau 3.1 : Coûts estimés des aménagements[(a)] de protection riveraine

Site potentiel d'aménagement	Bassin versant	Quantité estimée		Coût unitaire		Coût global ($US)
		Gabion (m^3)	Mur berlinois (m^2)	Gabion ($US/$m^3$)	Mur berlinois ($US/$m^2$)	
Saint-Malon – GRN (8 sites)	Grande Rivière du Nord	70 000		105		7 350 000
Cavaillon	Cavaillon	79 800		105		8 379 000
Camp Perrin	Ravine du Sud	46 200		105		4 851 000
Moreau	Artibonite		780		2 500	1 950 000
Siphon Villard	Artibonite		2 340		2 500	5 850 000
Carrefour Laville	Artibonite		1 800		2 500	4 500 000
Laplace (Chantal)	Acul Dubreuil	9 800		105		1 029 000

[(a)] Inclus les coûts des études et supervision des travaux.

En principe l'analyse économique d'un projet tient compte de l'origine des biens et matériels (échangeables ou non-échangeables) qui sont utilisés dans la réalisation du projet afin de refléter les coûts réels pour la société. En général, les prix de référence sont utilisés pour transformer les coûts financiers (ou investissements) en coûts économiques pour les différentes catégories ie dépenses effectuées (ex. main d'œuvre qualifiée, main d'œuvre locale, équipement et matériel importés, énergie, entretien et maintenance). Dans le cas de la présente étude, un coefficient global ou ratio coût financier/coût économique a été appliqué. La valeur du ratio considéré dans cette étude est similaire au ratio utilisé dans d'autres études similaires[9] réalisées dans le cadre des interventions de la BID.

Tel qu'indiqué dans le Premier Rapport, pour les murs berlinois, le total des coûts d'investissements est multiplié par 0.911 pour obtenir les coûts économiques utilisés dans l'analyse coût-bénéfice. Dans le cas des murs en gabions, ce facteur est plutôt de 0.8755.

3.3.2 Estimation des bénéfices attendus des aménagements

Afin d'estimer les bénéfices engendrés par les aménagements dans les bassins versants Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud et Acul Dubreuil, une courbe spécifique de dommage associés aux inondations a été calculée pour chaque zone protégée par ces aménagements. La réalisation de cette courbe suit en tout point la méthodologie expliquée à la section 5.3 du Premier Rapport.

En rappel, l'élaboration des courbes de dommage a été réalisée sur la base d'enquêtes terrain et d'inventaires d'infrastructure publique. Les résultats des 1 217 enquêtes terrain menées dans ces bassins versants a permis de quantifier les pertes économiques en zone urbaine (dommages sur le bâti et les biens, pertes de revenus, frais de santé) et agricole (dommages aux cultures). L'**Annexe 3** présente les données extraites de l'analyse des résultats de l'enquête sur la perte moyenne en milieu urbain qui fait partie du calcul de la courbe spécifique. Les données SIG, fournies par le CNIGS, relativement au réseau routier en Haïti ont servi de base pour l'évaluation des

[9] Flood Alleviation and Drainage Program for the City of Port of Spain - Socio-economic Analysis (Oct 2013) page 12.

Site de Laplace (Chantal)

1:85 000

0 1.5 3 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Légende

- Réseau routier
- Réseau hydrographique

Limite administrative

- Commune
- Section communale
- Zone d'intervention

Protection riveraine

- Aménagement proposé
- Zone protégée par l'aménagement

- Culture agricole dense (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole dense (inondation 50-100 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 1-2 ans)
- Urbain continu (inondation 10-20 ans)
- Culture agricole dense (inondation 1-2 ans)
- Culture agricole discontinue (inondation 50-100 ans)
- Urbain discontinu (inondation 10-20 ans)
- Urbain continu (inondation 1-2 ans)
- Urbain continu (inondation 50-100 ans)
- Urbain discontinu (inondation 50-100 ans)
- Urbain discontinu (inondation 1-2 ans)

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 3.6
Aménagement de protection riveraine proposé dans le bassin versant d'Acul Dubreuil

Août 2015

AECOM

dommages aux infrastructures routières. Pour les infrastructures publiques (mairie, école, centre de santé, etc.), les dommages ont été évalués sur la base des données disponibles sur le site internet OpenStreetMap (OSM)[10].

Pour les trois sites dans l'Artibonite, l'estimation des bénéfices a été faite en considérant principalement la perte de production agricole évitée. Cette dernière est estimée de la même façon que dans le Premier Rapport (Section 6). Pour rappel, la perte de production agricole est calculée à partir de la valeur ajoutée des spéculations pratiquées sur la superficie desservie par le canal protégé.

3.3.2.1 Estimation des bénéfices du site de Saint-Malon – Grande Rivière du Nord

La **Figure 3.7** présente la courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par les aménagements au site de Saint-Malon – Grande Rivière du Nord. En considérant que l'aménagement proposé offre une protection décennale contre les inondations, les bénéfices sont représentés par l'aire située sous la courbe entre les probabilités annuelles d'inondation de 0,1 (1:10 ans) et 0,5 (1:2 ans). Ce montant de pertes annuelles évitées pour le site Saint-Malon – GRN est égal à 888 872 $US, soit 11,5% des pertes annuelles de l'ensemble du bassin versant (7 759 787 $US).

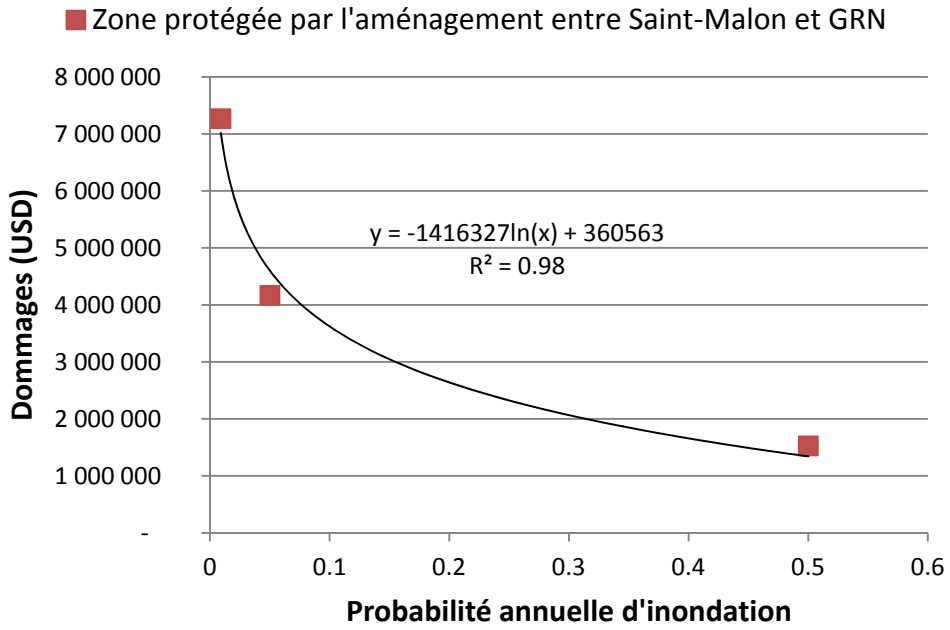


Figure 3.7 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Saint-Malon – Grande Rivière du Nord

3.3.2.2 Estimation des bénéfices du site de Cavaillon (Cavaillon)

La **Figure 3.8** présente la courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Cavaillon dans le bassin versant de Cavaillon. En considérant que l'aménagement proposé offre une protection décennale contre les inondations, les bénéfices sont représentés par l'aire située sous la courbe entre les probabilités annuelles d'inondation de 0,1 (1:10 ans) et 0,5 (1:2 ans). Ce montant de pertes annuelles évitées pour le site Cavaillon est égal à 1 269 697 $US, soit 27,8% des pertes annuelles de l'ensemble du bassin versant (4 571 013 $US).

[10] https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100

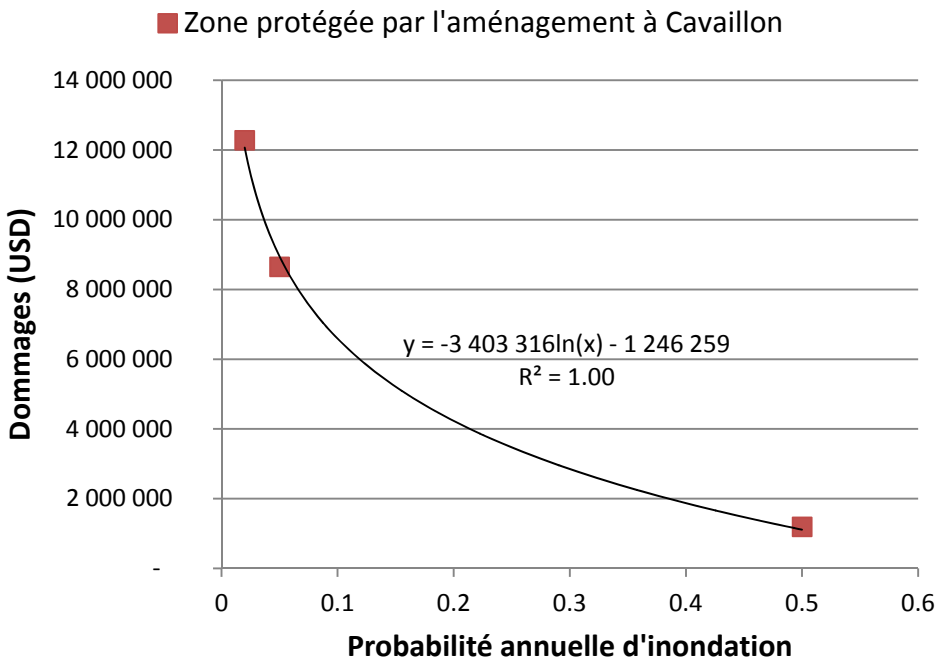


Figure 3.8 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Cavaillon (Cavaillon)

3.3.2.3 Estimation des bénéfices du site de Camp Perrin (Ravine du Sud)

La **Figure 3.9** présente la courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Camp Perrin dans le bassin versant de Ravine du Sud. En considérant que l'aménagement proposé offre une protection décennale contre les inondations, les bénéfices sont représentés par l'aire située sous la courbe entre les probabilités annuelles d'inondation de 0,1 (1:10 ans) et 0,5 (1:2 ans). Ce montant de pertes annuelles évitées pour le site Camp Perrin est égal à 628 491 $US, soit 5,5% des pertes annuelles de l'ensemble du bassin versant (11 439 378 $US). Ce faible pourcentage s'explique par la présence de la ville de Cayes à l'intérieur de ce bassin versant et à l'importance des pertes enregistrées par cette ville.

3.3.2.4 Estimation des bénéfices du site de Moreau (Artibonite)

Le principal bénéfice pris en compte est la perte de production agricole évitée estimée à partir de la valeur ajoutée calculée pour les spéculations pratiquées sur les 800 ha desservis par le canal Coursin qui se situe au droit de ce site. Les investissements de protection permettent donc d'éviter la perte de productions irriguées sur 800 ha. Néanmoins, étant donné que le taux de desserte moyen est de 90% pour le périmètre irrigué de la Vallée l'Artibonite, l'analyse ne comptabilise les bénéfices que sur 720 ha.

L'estimation des productions irriguées se base sur les résultats indiqués dans l'étude réalisée par ARTELIA[11], portant sur la répartition de la surface agricole utile (SAU) pour les principales cultures pratiquées sur le périmètre irrigué de la Vallée de l'Artibonite. En ce qui concerne l'estimation des revenus agricoles, l'évaluation économique ex-ante a mis à contribution les résultats provenant des enquêtes des exploitations agricoles réalisées par AECOM en décembre 2012 dans le cadre de l'évaluation finale du PIA.

[11] ARTELIA (2013) : Évaluation intégrée des alternatives de développement du bassin versant de l'Artibonite, focalisée sur les images multiples, Second rapport, page18 de l'Annexe No 2.

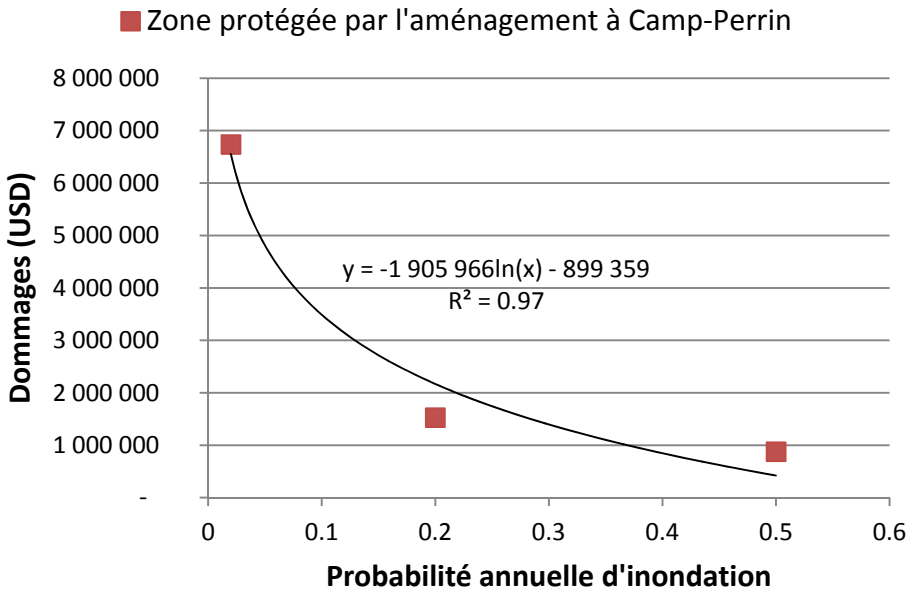


Figure 3.9 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Camp Perrin (Ravine du Sud)

Les superficies irriguées dans la vallée sont mises en valeur essentiellement par la production de riz à plus de 85-90% de la SAU irriguée, avec une baisse de la riziculture en saison sèche au profit du haricot (7% de la SAU, soit le 2e rang après le riz), d'oignon et d'échalote. Pendant la saison pluvieuse, le maïs occupe 4% de la SAU, correspondant au 2e rang après le riz.

L'évaluation économique se fonde sur les valeurs ajoutées (VA) qui résultent des productions irriguées sur un hectare selon le «modèle type» de système de productions sur le périmètre irrigué de la vallée de l'Artibonite. La valeur ajoutée est calculée en soustrayant au produit brut de la production le coût des intrants. Comme il se doit, le coût de la main-d'œuvre n'est pas pris en compte dans ce calcul. Le **Tableau 3.2** donne le montant de la valeur ajoutée annuelle d'un hectare type dans le l'Artibonite utilisé dans le calcul des pertes de production agricoles évitées.

Tableau 3.2 : Valeur ajoutée/an pour un hectare irrigué dans la vallée de l'Artibonite

Cultures	Campagne sèche		Campagne pluvieuse		Total Valeur ajoutée ($ US)
	%	Valeur ajoutée ($ US)	%	Valeur ajoutée ($ US)	
Riz TCS10	33%	232	37%	305	**537**
Riz Sheila	20%	151	19%	166	**317**
Autres Riz	31%	263	34%	343	**606**
Oignon/ Échalote	1%	24	0%	3	**27**
Tomate	1%	69	2%	114	**183**
Haricot	7%	34	0%	1	**35**
Maïs	3%	22	4%	24	**46**
Autres cultures	3%	101	3%	100	**201**
Total pour un 1 ha type	**100%**	**896**	**100%**	**1 056**	**1 952**

Source: Consolidation des résultats des Enquêtes AECOM (2012) et ARTELIA (2013).

À noter que, dans les principales cultures pratiquées (riz, maraichage, maïs haricot), seul le riz fait l'objet d'échange international et entre en compétition avec les produits agricoles provenant d'autres pays. Ainsi dans le calcul de la valeur ajoutée, cette culture nécessite un ajustement des prix du marché en prix économique. Les autres produits concernés (maraîchage, haricot, maïs, tubercules) ne font pas l'objet d'échange international.

En ce qui concerne le prix économique du riz à la frontière, l'évaluation économique s'inspire de la méthodologie utilisée par Schwemer[12] dans l'évaluation économique du programme PIA, financé par la BID. Le prix économique du riz est calculé à partir du prix du paddy en provenance du Sud des États-Unis, auquel est ajouté le coût du transport de ce riz par bateau entre le port de Miami et celui de Port-au-Prince. L'addition de ces deux coûts donne le prix CAF à la frontière d'Haïti. Le prix CAF, utilisé pour ajuster la valeur ajoutée économique, à Port-au-Prince est donc de 613 $US/tonne. Ce prix correspond environ à 70% du prix du riz à la tonne sur le marché haïtien.

En prenant comme hypothèse que l'érosion et la déstabilisation des berges engendreraient la perte du canal d'irrigation dans 5 ans, la destruction impliquerait une reconversion des spéculations agricoles de la zone préalablement irriguée à une agriculture pluviale. Le bénéfice estimé des travaux représente alors les pertes économiques en comparant la valeur ajoutée sur un hectare de la production agricole irriguée avec celle sans irrigation.

Le **Tableau 3.3** présente cette nouvelle répartition de l'assolement et la valeur ajoutée par an pour un hectare sans irrigation. Au vu de la pluviométrie faible en saison sèche (moins de 250 mm/ha), 70% des terres sont en jachère et le stress hydrique provoqué par ce manque d'eau sur les cultures pratiquées occasionne une baisse de rendement de 20%. De plus l'hypothèse est faite que la première année suivant la destruction du canal, 50% des exploitants ont adopté ces nouvelles pratiques, 75% la deuxième année pour finalement atteindre 100% à partir de la troisième année.

Tableau 3.3 : Répartition des principales cultures et valeur ajoutée par campagne agricole (sans irrigation)

Cultures	Campagne sèche		Campagne pluvieuse		Total Valeur ajoutée ($ US)
	%	Valeur ajoutée ($ US)	%	Valeur ajoutée ($ US)	
Oignon/Échalote	3%	69	0%	9	**78**
Piment	3%	60	4%	75	**135**
Tomate	3%	105	7%	261	**366**
Haricot	7%	25	30%	105	**130**
Maïs	3%	14	45%	214	**228**
Patate douce	8%	77	2%	19	**96**
Autres cultures	3%	62	3%	62	**124**
Jachère	70%	0	9%	0	**0**
Total pour un 1 ha type	**100%**	**412**	**100%**	**745**	**1 157**

Ainsi dans l'analyse économique, les pertes économiques évitées sont estimées à 795 $ par hectare (1 952 $/ha en culture irriguée - 1 157 $/ha en culture non irriguée).

3.3.2.5 Estimation des bénéfices du site de Siphon Villard (Artibonite)

Le principal bénéfice pris en compte est la perte de production agricole évitée estimée à 795 $ par hectare (à partir des valeurs ajoutées calculées aux **Tableau 3.2 et Tableau 3.3**) pour les spéculations pratiquées sur les

[12] Schwemer (2003) : «Economic Analysis : Final Version » Agricultural Intensification programme (PIA), BID/MARNDR.

17 850 ha desservis par le canal Villard et les 800 ha desservis par le canal Coursin. En effet, la presque totalité des superficies irriguées par le CMRG le sont par l'intermédiaire du Canal Villard (en fait seule la zone Artibonite Sud ne dépend pas de ce canal). C'est dire que ce site est stratégique pour la vallée. Les investissements de protection permettent donc d'éviter la perte de productions irriguées sur 18 650 ha. Néanmoins, étant donné que le taux de desserte moyen est de 90% pour le périmètre irrigué de la Vallée l'Artibonite, l'analyse ne comptabilise les bénéfices que sur 16 785 ha.

3.3.2.6 Estimation des bénéfices du site de Carrefour Laville (Artibonite)

Le principal bénéfice pris en compte est la perte de production agricole évitée estimée à 795 $ par hectare (à partir des valeurs ajoutées calculées aux **Tableau 3.2 et Tableau 3.3**) pour les spéculations pratiquées sur les 2 100 ha desservis par le CMRD. Néanmoins, étant donné que le taux de desserte moyen est de 90% pour le périmètre irrigué de la Vallée l'Artibonite, l'analyse ne comptabilise les bénéfices que sur 1 890 ha.

3.3.2.7 Estimation des bénéfices du site de Laplace (Acul Dubreuil)

La **Figure 3.10** présente la courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée (principalement 290 ha de terres agricoles) par l'aménagement au site de Laplace. En considérant que l'aménagement proposé offre une protection décennale contre les inondations, les bénéfices sont représentés par l'aire située sous la courbe entre les probabilités annuelles d'inondation de 0,1 (1:10 ans) et 0,5 (1:2 ans). Ce montant de pertes annuelles évitées pour le site Laplace est égal à 95 231 $US.

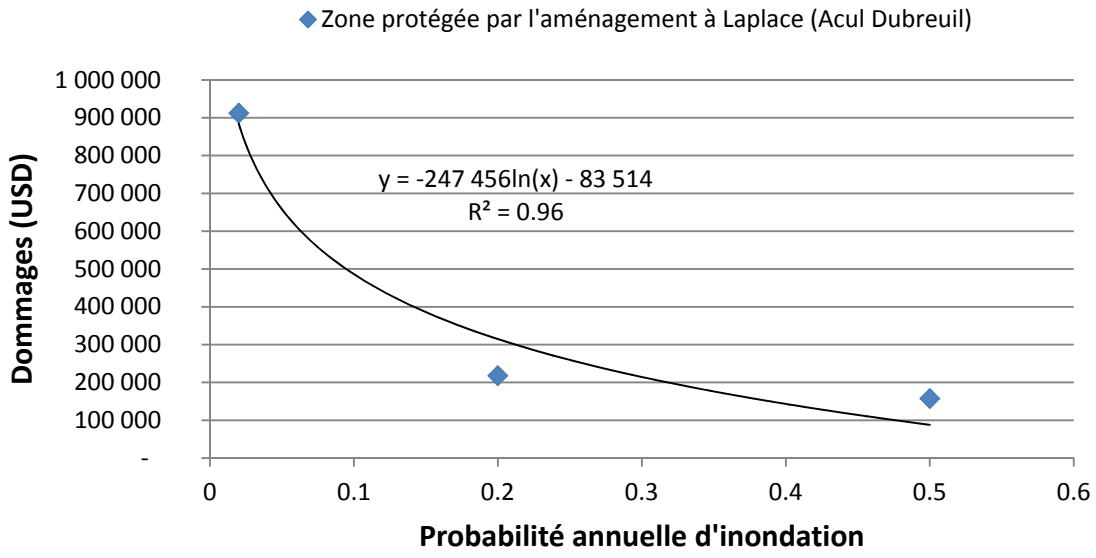


Figure 3.10 : Courbe de dommages associés aux inondations pour la zone protégée par l'aménagement au site de Laplace (Acul Dubreuil)

3.3.3 Analyse coût bénéfice et priorisation des aménagements

Pour les trois sites proposés dans l'Artibonite, l'analyse économique prend comme scénario de base la situation supposant la construction de l'aménagement à l'An 1 (2016) du PMDN II et une durée des travaux sur trois ans (correspondant au décaissement réels des travaux de protection des infrastructures réalisés dans l'Artibonite lors du PMDN I). En prenant comme hypothèse que l'érosion et la déstabilisation des berges engendreraient la perte du canal d'irrigation dans cinq ans et que leur reconstruction durerait une année, les bénéfices estimés sont les suivants :

- pertes évitées de la production agricole l'année de la destruction du canal (perte estimée à 100% en saison sèche et à 50% en saison des pluies);
- coûts évités de reconstruction du canal.

Pour les autres sites, l'analyse économique suppose également la construction de l'aménagement à l'An1 (2016) du PMDN II et une durée des travaux sur trois ans (correspondant au décaissement réels des travaux de protection des infrastructures réalisés à Maniche lors du PMDN I). Les travaux de protection sur chacun de ces sites visent principalement à protéger la zone contre les inondations et à sécuriser ainsi les populations riveraines contre les pertes de vie, de résidences, d'infrastructures routières et sociales, de biens, d'animaux et de cultures agricoles. L'évaluation des bénéfices se fait donc en utilisant la courbe de dommages associés aux inondations spécifique à chacune des zones protégées par chaque aménagement.

Le **Tableau 3.4** présente les résultats de l'analyse coût-bénéfice pour l'ensemble des sept sites d'aménagements de protection riveraine proposés.

Tableau 3.4 : Résultats de l'analyse coût-bénéfice – Valeurs Actualisées Nettes (VAN) en $US

Aménagement	St-Malon-GRN	Cavaillon	Camp Perrin	Moreau	Siphon Villard	Carrefour Laville	Laplace
Valeur actualisée nette (à 12%)	(995 701) $	107 799 $	(454 353) $	1 398 063 $	63 400 136 $	4 151 173 $	(281 007) $
ORDRE DE PRIORITÉ	**7**	**4**	**6**	**3**	**1**	**2**	**5**

Les trois sites dans l'Artibonite et le site de Cavaillon présentent des VAN positives. Ces sites sont donc justifiables et devraient être considérés comme les aménagements les plus prioritaires. À noter que le site de Siphon Villard, de par sa position stratégique dans le périmètre de la Vallée de l'Artibonite desservant plus de 18 000 ha, reste l'aménagement le plus prioritaire et doit être absolument considéré dans la phase II du PMDN. Enfin, les valeurs actualisées nettes négatives (à 12% de taux d'actualisation) indiquent que le choix des investissements de protection à Laplace, Camp Perrin et Saint-Malon-GRN ne semble pas se justifier.

3.3.4 Analyse de sensibilité pour les sites dans l'Artibonite

L'analyse de sensibilité a porté sur cinq paramètres afin de s'assurer du domaine de validité des résultats de l'analyse coût-bénéfice des investissements pour les aménagements de protection riveraine pour les trois sites de l'Artibonite. Elle a donc été réalisée sur la base des scénarios suivants :

- Scénario de base : il suppose le début des travaux de protection à l'An 1 en prenant comme hypothèse que l'érosion et la déstabilisation des berges engendreraient la perte du canal d'irrigation dans 5 ans et que la reconstruction de l'ouvrage durerait une année. Les coûts annuels d'entretien et de maintenance des ouvrages sont estimés à 1% du coût d'investissement. Le taux d'actualisation utilisé est de 12%;
- Scénario 1 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 10 ans;
- Scénario 2 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 15 ans;
- Scénario 3 : Même hypothèse mais la construction du mur berlinois se fait en 2 ans plutôt que 3 ans au même coût global;
- Scénario 4 : Même hypothèse mais le prix du riz baisse de 30%;
- Scénario 5 : Même hypothèse mais les coûts de construction sont 50% moins cher;
- Scénario 6 : Même hypothèse mais le taux de desserte moyen est de 75%;
- Scénario 7 : Même hypothèse mais le taux de desserte moyen est de 50%.

Le **Tableau 3.5** présente l'ensemble des résultats des sept scénarios pour l'analyse coût-bénéfice des trois sites de l'Artibonite. On remarque que pour le scénario de base, la VAN est fortement positive variant de 1 398 063 $US (site de Moreau) à 63 400 136 $US (site de Siphon Villard). La comparaison entre les scénarios doit être faite en considérant leur VAN respective. D'après ces résultats, il ressort que l'aménagement à Siphon Villard est rentable peu importe le scénario. Par contre, ceci n'est pas le cas pour les sites de Moreau et

Carrefour Laville. Si le délai de destruction prévu est accru (10 et 15 ans au lieu de 5 ans pour Moreau (scénarios 1 et 2), 15 ans au lieu de 5 ans pour Carrefour Laville (scénario 2)), les aménagements sur ces sites ne sont plus rentables et présentent des VAN négatives. De même, si le prix du riz baisse de 30% (scénario 4), les VAN pour ces deux aménagements deviennent également négatives.

Le détail des calculs de l'analyse économique pour l'ensemble des sites se trouvent à l'**Annexe 4**.

Tableau 3.5 : Résultats de l'analyse de sensibilité – Valeurs Actualisées Nettes (VAN) en $US pour les sites proposés dans l'Artibonite

Site	Moreau	Siphon Villard	Carrefour Laville
Scénario de base	1 398 063 $	63 400 136 $	4 151 173 $
Scénario 1	(15 055) $	30 456 829 $	441 739 $
Scénario 2	(816 896) $	11 763 911 $	(1 663 093) $
Scénario 3	1 306 518 $	63 125 499 $	3 939 914 $
Scénario 4	(208 241) $	25 953 161 $	(65 376) $
Scénario 5	2 109 185 $	65 533 502 $	5 792 225 $
Scénario 6	912 271 $	52 075 101 $	2 875 968 $
Scénario 7	102 617 $	33 200 043 $	750 627 $

3.3.5 Analyse de sensibilité pour les sites de St-Malon-Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Camp Perrin et Laplace

Le **Tableau 3.6** indique les valeurs ajoutées nettes (VAN) pour les aménagements de protection riveraine des sites de St-Malon-Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Camp Perrin et Laplace. L'analyse économique du scénario de base considère que les travaux sont réalisés aux coûts économiques et contribueront à protéger la zone d'une crue jusqu'au niveau décennal sur une durée de vie des gabions de 15 ans. Le taux d'actualisation utilisé est de 12%. Le détail des calculs de l'analyse économique pour l'ensemble des sites se trouvent à l'**Annexe 4**.

L'analyse de sensibilité a porté sur la valeur des pertes évitées (scénario 1 : valeur protégée élevée de +50% et scénario 2 : valeur protégée faible de - 50%), sur l'efficacité de la protection de l'aménagement contre les inondations (scénarios 3 et 4 : protection pour les crues de niveau 15 ans et 20 ans respectivement), sur les coûts de l'aménagement (scénario 5 : coûts plus faibles de 50% et scénario 6 : coûts plus élevés de 25%) et sur la durée de vie de l'aménagement (scénario 7 : durée de vie abaissée à 10 ans). Cette analyse de sensibilité permet ainsi de cibler les hypothèses ou estimations sur lesquelles les études détaillées subséquentes devront s'attarder afin de mieux définir le projet et ainsi faire un choix plus éclairé.

Pour le scénario de base, seul l'aménagement de Cavaillon montre une VAN positive de 107 799 $US. En augmentant la valeur des pertes évitées de 50% (scénario 1), les aménagements de Saint-Malon-GRN et de Camp Perrin montrent des VAN positives également. Si l'on réduit la valeur des pertes évitées de 50% (scénario 2), tous les aménagements montrent des VAN négatives. En réduisant les coûts des ouvrages de 50% (scénario 5), tous les aménagements affichent une VAN positive et deviennent justifiables. Ainsi, il est préconisé, pour les trois sites de Saint-Malon-GRN, Camp-Perrin et Laplace de rechercher un meilleur ratio dimensions/coût afin de rentabiliser ces investissements. Cette optimisation requiert toutefois une étude plus détaillée (topographie, bathymétrie, etc.) afin de mieux caractériser chacun des sites.

Tableau 3.6 : Résultats de l'analyse de sensibilité – Valeurs Actualisées Nettes (VAN) en $US pour les sites à l'extérieur de l'Artibonite

Site	St-Malon-GRN	Cavaillon	Camp Perrin	Laplace
Scénario de base	(995 701) $	107 799 $	(454 353) $	(281 007) $
Scénario 1	1 158 855 $	3 185 442 $	1 069 059 $	(50 174) $
Scénario 2	(3 150 258) $	(2 969 845) $	(1 977 765) $	(511 841) $
Scénario 3	(1 040 432) $	656 190 $	(220 510) $	(264 832) $
Scénario 4	(1 224 426) $	972 362 $	(349 460) $	(265 886) $
Scénario 5	1 578 762 $	3 042 686 $	1 244 793 $	79 418 $
Scénario 6	(2 282 933) $	(1 359 645) $	(1 303 926) $	(461 220) $
Scénario 7	(1 703 453) $	(910 842) $	(956 030) $	(355 961) $

4 Ouvrage de traitement de ravine

4.1 Présentation des ouvrages recommandés

L'érosion linéaire, au même titre que l'érosion laminaire et torrentielle, peut prendre différentes formes. La ravine correspond à une de ces matérialisations et se présente comme une entaille importante, ayant une profondeur d'au moins plusieurs dizaines de centimètres. Les ravines ne peuvent être effacées par les façons culturales habituelles et leur emplacement sur le terrain correspond généralement à un creux topographique plus ou moins marqué (thalweg, vallon...)[13].

Le traitement de ravines se présente donc comme la lutte contre le ruissellement et l'érosion linéaire. Il consiste à réduire la vitesse du ruissellement et progressivement son volume afin de rendre le profil de la ravine non érosif. Le traitement consiste en la réalisation de seuils en pierres sèches ou en gabions qui forment un profil en marches d'escaliers. Entre chaque chute, l'eau s'écoule avec une vitesse peu érosive. Le principe de ces deux ouvrages est de créer un obstacle en travers du courant pour le freiner, sans chercher à stocker l'eau en surface. Leurs effets sont nets, entraînant une diminution de l'érosion et un profilage du lit ainsi qu'une augmentation de l'infiltration et de la recharge de la nappe phréatique.

Un troisième type d'ouvrage est également préconisé dans le traitement des ravines. Il s'agit de la micro-retenue dont les effets bénéfiques s'ajoutent à ceux des deux premiers type d'ouvrage. La micro retenue est un ouvrage de plus grande envergure qui est souvent implanté en aval des seuils et qui a l'avantage de stocker l'eau pour les besoins locaux. À l'instar des deux autres types d'ouvrages, elle permet de réduire considérablement le débit transitant dans la ravine et ainsi de limiter l'érosion linéaire.

Les paragraphes qui suivent présentent une brève description de ces ouvrages.

Il est à noter qu'une description plus détaillée de ces ouvrages se retrouve à l'**Annexe 1** sous la forme de fiches techniques. Ces fiches techniques contiennent des informations détaillées sur :

- l'utilité de l'intervention proposée;
- les conditions d'application;
- les aspects sociaux et planification participative;
- les spécifications techniques;
- les études et travaux préparatoires;
- les principales étapes des travaux;
- les précisions sur les matériaux;
- les outils et équipements nécessaires;
- les mesures d'accompagnement;
- l'entretien;
- les coûts;
- la main-d'œuvre;
- les références.

4.1.1 Seuils

Les seuils sont des ouvrages de petites envergures construits perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau dans les ravines. Ils peuvent être faits en pierres sèches ou en gabions. Ces seuils sont utilisés afin de réduire la vélocité du ruissellement dans les ravines.

[13] Techniques biologiques de conservation des sols en Haïti. http://www.fao.org/3/a-ar882f.pdf.

Les seuils en pierres sèches sont des ouvrages construits à l'aide de pierres disposées de façon à ce que l'ouvrage soit bien stable (**Photos 4.1** et **4.2**). L'utilisation de ce type de seuil permet d'avoir un ouvrage filtrant, laissant passer à travers sa structure, une partie des eaux ruisselées. Afin d'en augmenter la durée de vie, il est préférable, dans la mesure du possible, d'y ajouter une mince chape de béton sur le dessus.



Photo 4.1 : Agencement de seuils en pierres sèches



Photo 4.2 : Travaux de construction de seuils en pierres sèches[14]

Pour leur part, les seuils en gabions sont fabriqués à partir de panier en grillage (appelé ''gabion'') que l'on transporte plié et que l'on déploie au moment de l'utilisation dans la ravine (**Photos 4.3** et **4.4**). Une fois dans la ravine, les gabions sont assemblés et reliés les uns aux autres avec des fils de ligature disposés de façon régulière. L'agencement et le profil du seuil en gabion (i.e. le nombre et la taille des gabions à utiliser) est fonction de la section transversale de la ravine, la hauteur effective du seuil et la taille du déversoir. Dépendamment des dimensions du seuil et des conditions locales, il peut s'avérer nécessaire de procéder à une fouille pour consolider et favoriser la stabilité de l'ouvrage. De même, un chaînage et des contreforts en béton peuvent être ajoutés afin d'augmenter la durabilité de l'ouvrage (voir **Photo 4.3**).



Photo 4.3 : Seuil en gabion dans la ravine Opaque (Cavaillon)



Photo 4.4 : Fouille pour l'installation des paniers de gabions

4.1.2 Micro-retenue

Une micro-retenue est un ouvrage en maçonnerie construit dans le lit mineur d'une ravine ou d'un cours d'eau permettant d'intercepter les eaux de ruissellement du bassin versant en amont et ainsi jouer différents rôles :

[14] Source : http://www.avsf.org/posts/839/full/reboisement-et-biodiversite-dans-le-sud-est-d-haiti.

- protection contre les crues et contre la dégradation d'infrastructures situées en aval (villages, routes, etc.);
- irrigation des terres agricoles et consolidation des activités de production agricole (vergers, culture maraîchère, etc.);
- approvisionnement en eau (populations, cheptel);
- recharge des nappes phréatiques;
- capture des sédiments (selon une évaluation récente de la BID[15], même complètement colmatées, les micro-retenues continuent d'offrir une provision d'eau qui peut profiter aux cultures installées sur les sédiments accumulés après la saison des pluies);
- amélioration de l'environnement (dissémination de points d'eau dans le paysage, milieu propice pour la faune/flore).

Une micro-retenue est généralement constituée d'un barrage muni d'un déversoir, d'un ouvrage de prise d'eau, d'un bassin de dissipation et d'un radier. C'est un ouvrage essentiellement construit en maçonnerie renforcé par des poutres de libage et des poteaux en béton armé. Généralement un tapis d'enrochement est ajouté en aval du radier afin de prolonger la protection contre les affouillements (**Photo 4.5**).



Photo 4.5 : Micro-retenue dans la ravine Roucou (Cavaillon)

4.2 Localisation des zones potentielles d'intervention

Afin de localiser les zones potentielles d'intervention et de mieux cibler les actions prioritaires à mener en amont des structures à protéger, les bassins versants à l'étude ont été divisés en sous-bassins. Ces derniers ont été délimités à partir d'un MNT provenant de données SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) à l'aide de l'outil ''Spatial Analyst'' dans le logiciel ArcGIS®. Cet outil permet de modéliser la direction de l'eau et ainsi de définir des sous-bassins versants.

[15] Information non publiée reçue lors de l'atelier de restitution du 24 août 2015.

Par la suite, seuls les sous-bassins situés en amont des structures à protéger contre les effets du ravinement (voir **Tableau 2.1**) ont été considérés. Tel qu'indiqué au **Tableau 4.1**, les bassins-versants de l'étude pourraient nécessiter des travaux de protection sur plusieurs sous-bassins :

- Grande Rivière du Nord : sept sous-bassins versants;
- Cavaillon : onze sous-bassins versants;
- Ravines du Sud : deux sous-bassins versants;
- Artibonite : sept sous-bassins versants (trois pour la commune St-Raphaël et quatre pour la commune de St-Michel de l'Attalaye).

Tableau 4.1 : Zones potentielles d'intervention pour les ouvrages de traitement de ravines[16]

Bassins versants	Structures à protéger	Sous bassins versants
Grande Rivière du Nord	Ville de Grande Rivière du Nord	GRN-1, GRN-2, GRN-3, GRN-4, GRN-5, GRN-6 et GRN-17
Cavaillon	Bourg de Maniche	CAV-2, CAV-5, CAV-14, CAV-15(a)
	Barrage Saut-Mathurine	CAV-5
	Ville et pont de Cavaillon	CAV-3, CAV-9, CAV-10, CAV-11, CAV-12, CAV-13, CAV-17(b)
Ravine du Sud	Ville de Camp Perrin	RDS-1 et RDS-2
	Périmètre d'Avezac	RDS-1
Artibonite	Périmètre irrigue de St Raphaël, Bourg de St-Raphaël	ARR-3, ARR-4 et ARR-5
	Route St Michel – St Raphaël	ARM-13 et ARM-14
	Route St Michel-Ennery	ARM-15 et ARM-16

(a) Le sous-bassin CAV-1 n'a pas été retenu car il a fait l'objet de travaux de traitement de ravine lors du PMDN I (sous-bassin Opaque).

(b) Le sous-bassin CAV-18 n'a pas été retenu car il est constitué principalement de la rivière Cavaillon et d'une multitude de petites ravines en rive gauche comme en rive droite.

4.3 Liste de critères de choix pour sélectionner les sous-bassins versants prioritaires

Afin d'optimiser l'allocation des ressources matérielles, humaines et financières, AECOM suggère, pour chaque bassin versant, d'identifier les interventions pour des sous-bassins prioritaires qui pourraient le plus contribuer à protéger les infrastructures listées au **Tableau 4.1** ci-dessus. Par conséquent, des critères précis ont dû être définis dans le but de déterminer ces sous-bassins prioritaires.

Les facteurs ci-dessous jouent non seulement un rôle prépondérant sur la capacité des sous-bassins à recevoir les ouvrages qui protégeront les infrastructures contre les crues mais également sur leur utilité pour les populations et leur potentiel à réduire l'érosion :

- Caractéristiques hydromorphologiques du sous-bassin versant;
- Occupation du sol;
- Potentiel de mise en valeur agro-pastorale (micro-retenue);
- Sévérité des processus d'érosion.

Les sections suivantes présentent plus en détail ces critères de choix.

[16] Conformément aux Termes de Référence de l'étude, le bassin versant Acul Dubreuil n'est pas concerné par les ouvrages de traitement de ravines.

4.3.1 Caractéristiques hydromorphologiques du sous-bassin versant

Les ouvrages de protection contre le ravinement nécessitent des caractéristiques techniques sur le terrain pour leur mise en place et leur efficacité. Les six caractéristiques suivantes ont été évaluées pour chacun des sous-bassins versants par l'intermédiaire du SIG :

1) Superficie du sous-bassin versant (km^2);
2) Indice de compacité de Gravelius (Kg) : rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant la même surface;

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \sim 0{,}28\frac{P}{\sqrt{A}}$$

où :

K_G : indice de compacité de Gravélius

A : surface du bassin versant [km^2]

P : périmètre du bassin [km]

La valeur de l'indice est très supérieure à un lorsque le bassin est de forme allongée et proche de un pour un bassin versant de forme quasiment circulaire (**Figure 4.1**). Une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire qui sont plus longs.

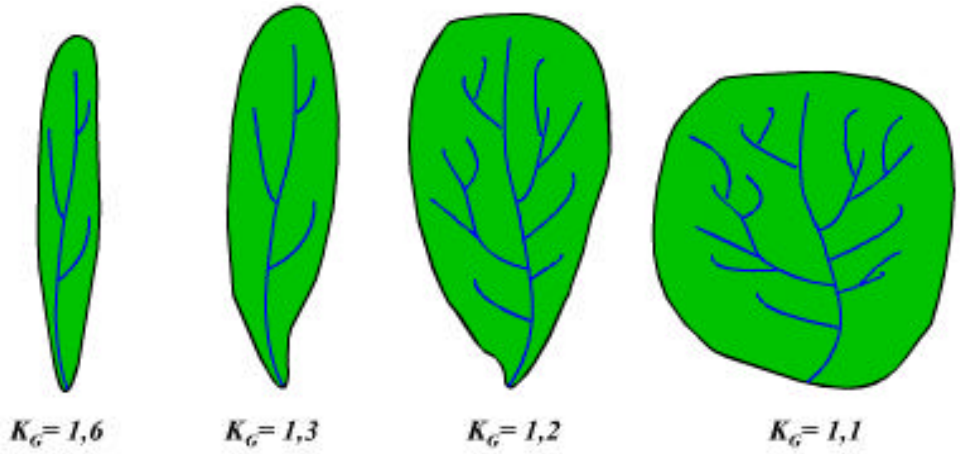


Figure 4.1 : Influence de la morphologie du bassin versant sur la valeur de l'indice de compacité de Gravelius

3) Indice de pente globale (i_p) (m/km) : La pente est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct - donc sur le temps de concentration tc - et influence directement le débit de pointe lors d'une averse. L'Indice de pente globale se calcule à partir du rectangle équivalent[17]. Il est égal à la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la surface intéressée, soit :

[17] La notion de rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius, introduite par Roche (1963), permet de comparer facilement des bassins versants entre eux, en ce qui concerne l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

$$i_p = \frac{1}{L}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i\sqrt{\frac{d}{x_i}}\right)$$

où :

i_p: indice de pente [m/km]

L: longueur du rectangle [km]

x_i: distance qui sépare deux courbes sur le rectangle [m]

d: distance entre deux courbes de niveau successives (peut être variable) [m]

d/x_i: pente moyenne d'un élément

4) Densité du drainage (D_d) (km/km^2) : La densité de drainage est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant[18].

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

où :

D_d : densité de drainage [km/km^2]

L_i : longueur de cours d'eau [km]

A : surface du bassin versant [km^2]

5) Temps de concentration (Giandotti) (hr) : maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier;

6) Pentes 45% et plus (en % du territoire) : La pente influe directement sur le ruissellement en l'accélérant, diminuant ainsi le temps de concentration et le temps de réponse des cours d'eau lors des épisodes pluvieux, tout en augmentant la probabilité d'apparition des crues éclairs. Dans le cadre de cette présente étude, les pentes de plus de 45% ont été considérées.

Au fin de comparaison des différents sous-bassins versants, les caractéristiques hydromorphologiques présentées ci-dessus ont été ordonnées en leur attribuant une valeur correspondant à leur rang respectif de priorité, soit :

- superficie : ordre décroissant (valeur de 1 à la plus grande superficie, valeur de 2 à la deuxième plus grande superficie, etc.);
- indice de compacité de Gravelius : ordre croissant (valeur de 1 au plus petit indice, valeur de 2 au deuxième plus petit indice, etc.);
- indice de pente globale : ordre décroissant (valeur de 1 au plus grand indice, valeur de 2 au deuxième plus grand indice, etc.);
- densité du drainage : ordre décroissant (valeur de 1 à la plus grande densité, valeur de 2 à la deuxième plus grande densité, etc.);
- temps de concentration : ordre croissant (valeur de 1 au plus petit temps de concentration, valeur de 2 au deuxième plus petit temps de concentration, etc.);
- pentes 45% et plus : ordre décroissant (valeur de 1 au plus grand pourcentage du territoire, valeur de 2 au deuxième plus grand pourcentage du territoire, etc.).

[18] La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatologiques et anthropiques. En pratique, les valeurs de densité de drainage varient de 3 à 4 pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé et dépassent 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration.

Pour chaque sous-bassin versant, il a été finalement fait la moyenne des rangs attribués à chacune de ses caractéristiques hydromorphologiques afin de les classer entre eux, le sous-bassin ayant la moyenne la plus faible étant le plus prioritaire.

4.3.2 Occupation du sol

Dans un premier temps, les sous-bassins ont été caractérisés en utilisant la carte d'occupation des sols de 1998 (CNIGS). Par la suite, un classement des sous-bassins versants a été réalisé en combinant les classes d'occupation du sol pouvant présenter des sols nus au cours de l'année, c'est-à-dire les cultures agricoles denses, les cultures agricoles moyennement denses, et les affleurements rocheux et sols nus. Le sous-bassin ayant le plus grand pourcentage de superficies pour les trois classes combinées est considéré prioritaire par rapport aux autres.

4.3.3 Potentiel de mise en valeur agro-pastorale

La rétention d'eau engendrée par les micro-retenues peut favoriser l'agriculture, l'agroforesterie et l'abreuvement du bétail. Afin de considérer ces bénéfices lors de la priorisation des sous-bassins versants, les quatre classes d'occupation du sol suivantes ont été cumulées :

- cultures agricoles denses;
- systèmes agroforestiers denses;
- cultures agricoles moyennement denses;
- pâturage avec présence d'autres.

Les sous-bassins versants ont été ensuite classés selon leur rang respectif quant au pourcentage cumulé de ces quatre classes. Plus ce dernier est grand, plus le sous-bassin versant présente un potentiel de mise en valeur agro-pastorale des micro-retenues.

4.3.4 Sévérité des processus d'érosion

Puisqu'il n'était pas possible de mesurer sur le terrain l'ampleur de l'érosion actuelle des sous-bassins, celle-ci a été examinée sur la base de la carte des risques d'érosion élaborée par le CNIGS à l'échelle nationale en 1998 (**voir Annexe 5**). Le CNIGS a classé la vulnérabilité des sols à l'érosion selon une échelle ordinale de six catégories : 1) risque nul ou très faible, 2) risque faible, 3) risque moyen, 4) risque élevé, 5) risque grave et 6) risque très grave.

Pour les fins de la priorisation des sous-bassins versants, seuls les pourcentages de superficies d'érosion qualifiée d'élevé, grave et très grave ont été cumulés pour chaque sous-bassin. Ainsi, le sous-bassin versant jugé prioritaire est celui ayant le plus grand pourcentage cumulé de portion de territoire avec ces trois classes de risques d'érosion.

4.4 Détermination des sous-bassins versants prioritaires

4.4.1 Méthodologie

Au niveau de chaque bassin versant à l'étude, il a été calculé et attribué, pour chacun des sous bassins versants identifiés, un classement relatif selon les quatre critères de choix présentés précédemment. Ensuite, les valeurs des différents critères ont fait l'objet d'un examen global par l'entremise d'une matrice de priorisation des sous-bassins versants. À l'issue du processus, une liste de sous bassins versants prioritaires est produite afin de cibler les zones privilégiées pour recevoir les ouvrages de protection de ravine. Cependant, pour chacun des critères, un facteur de pondération a été appliqué afin de prendre en compte son importance relative par rapport aux autres critères (**Tableau 4.2**).

Tableau 4.2 : Facteurs de pondération appliqués aux critères de priorisation des sous-bassins versants

Critère de priorisation	Facteur de pondération
Caractéristiques hydromorphologiques	2
Occupation du sol pouvant exposer des sols nus	3
Potentiel de mise en valeur agro-pastorale	1
Sévérité des processus d'érosion	3

Les paragraphes suivants présentent, pour chaque bassin versant à l'étude, le processus d'établissement de l'ordre de priorité d'intervention sur les sous-bassins.

4.4.2 Bassin versant de Grande Rivière du Nord

La **Figure 4.2** présente les sous-bassins versants du BV de Grande Rivière du Nord. Tel qu'indiqué précédemment au **Tableau 4.1**, sept (7) sous-bassins versants ont été retenus pour l'analyse.

Caractéristiques hydromorphologiques

Le **Tableau 4.3** présente les caractéristiques hydromorphologiques et le classement des sept sous-bassins en amont de la ville de Grande Rivière du Nord. Le sous-bassin GRN-3 est le plus vaste et le sous-bassin GRN-5 le plus petit. Le sous-bassin GRN-5 a l'indice de compacité de Gravelius le plus faible et l'indice de pente global le plus élevé. Le sous-bassin GRN-4 a la valeur de densité de drainage la plus élevée. Les sous-bassins GRN-5, GRN-1 et GRN-2 ont les temps de concentration les plus faibles. Finalement, les sous-bassins GRN-5 et GRN-6 ont la plus grande proportion de leur territoire avec des pentes ayant une forte déclivité.

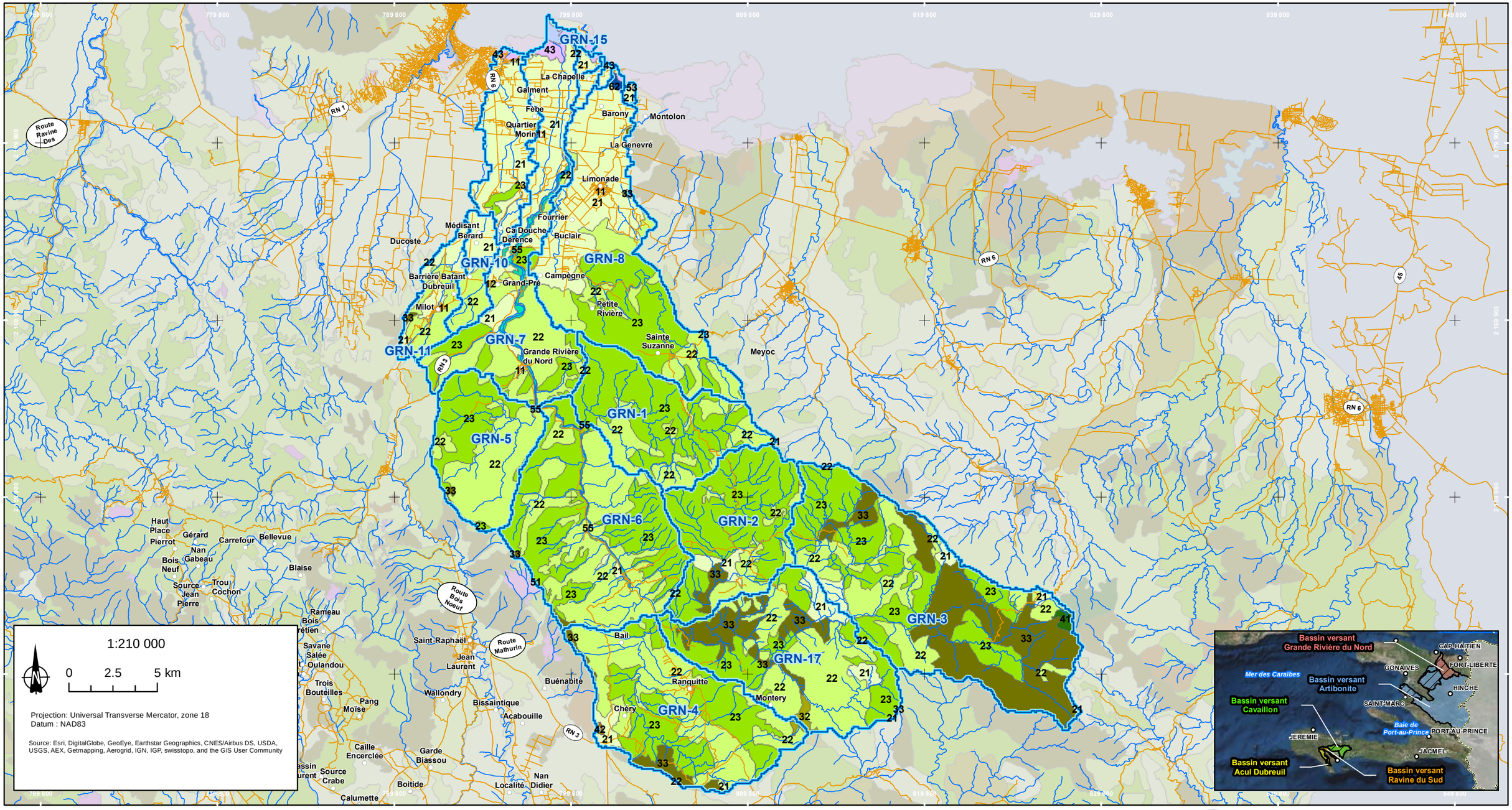
Tableau 4.3 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord

Caractéristique	GRN-1	GRN-2	GRN-3	GRN-4	GRN-5	GRN-6	GRN-17
Superficie (km^2)	50,70	52,80	118,00	73,40	39,60	86,10	72,10
Indice de compacité de Gravelius	1,83	1,71	1,89	1,70	1,49	1,59	1,74
Indice de pente globale (m/km)	20,73	21,24	12,47	18,01	35,26	27,17	23,85
Densité du drainage (km/km^2)	1,07	1,01	0,99	1,21	0,94	1,12	1,01
Temps de concentration (hr)	3,87	3,86	6,04	5,12	3,19	5,55	4,51
Pentes 45% et plus (% du territoire)	4,80	3,90	7,20	5,90	12,60	12,90	8,10
Classement relatif							
Superficie	6	5	1	3	7	2	4
Indice de compacité de Gravelius	6	4	7	3	1	2	5
Indice de pente globale	5	4	7	6	1	2	3
Densité du drainage	3	4	6	1	7	2	4
Temps de concentration	3	2	7	5	1	6	4
Pentes 45% et plus	6	7	4	5	2	1	3
Moyenne	4,83	4,42	5,33	3,83	3,17	2,50	3,92
Classement	**6**	**5**	**7**	**3**	**2**	**1**	**4**

Les sous-bassins GRN-5 et GRN-6 ont les caractéristiques hydromorphologiques les plus intéressantes pour la construction d'ouvrages de protection contre le ravinement en amont de la ville de Grande Rivière du Nord.

Occupation du sol

Les zones de cultures moyennement denses et les zones agroforestières denses recouvrent essentiellement les sept sous-bassins versants en amont des infrastructures à protéger (**Tableau 4.4**). Le sous-bassin GRN-3 a des zones de savane sur plus d'un tiers de son territoire. Finalement, seul le sous-bassin GRN-6 possède des affleurements de roches et sols nus.



Sous-bassin versant

Réseau routier

Réseau hydrographique

Occupation du sol

- 11, Urbain continu
- 12, Urbain discontinu
- 13, Zones industrielles
- 14, Ports et aéroports
- 21, Cultures agricoles denses
- 22, Systèmes agroforestiers denses
- 23, Cultures agricoles moyennement denses
- 31, Paturages dominants
- 32, Paturage avec présence d'autres
- 33, Savanes avec présence d'autres
- 41, Forêts
- 42, Savanes
- 43, Mangroves
- 51, Affleurement de roches et sols nus
- 52, Carrières
- 53, Plages et dunes
- 54, Zones à saline
- 55, Lits fluviaux et alluvions récentes
- 61, Plan d'eau
- 62, Zones humides

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 4.2
Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de la Grande Rivière du Nord

Août 2015

AECOM

Le sous-bassin GRN-2 a plus de 80% de son territoire recouvert d'une occupation pouvant exposer des sols nus au cours de l'année. À l'opposé, les sous-bassins GRN-3, GRN-5 et GRN-17 ont entre 30 et 40% de territoire pouvant être dénudés de végétation au cours de l'année.

Tableau 4.4 : Occupation du sol des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord

Occupation du sol (% du territoire)	GRN-1	GRN-2	GRN-3	GRN-4	GRN-5	GRN-6	GRN-17
Classes prises en compte dans le classement							
Cultures agricoles denses	0,0	4,5	3,4	3,7	0,0	0,7	7,3
Cultures agricoles moyennement denses	67,6	77,0	36,1	41,5	39,8	47,4	30,0
Affleurements rocheux et sols nus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Total (%)	67,6	81,5	39,5	45,2	39,8	48,2	37,3
Classement	**2**	**1**	**6**	**4**	**5**	**3**	**7**
Classes non prises en compte dans le classement							
Systèmes agroforestiers denses	32,4	14,5	21,2	47,5	59,1	49,4	44,3
Pâturage avec présence d'autres	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,4
Savanes avec présence d'autres	0,0	4,0	38,3	6,3	1,0	0,8	17,0
Forêts	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Savanes	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Lits fluviaux et alluvions récentes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,6	0,0

Potentiel de mise en valeur agro-pastorale

Les sous-bassins GRN-1, GRN-2, GRN-4, GRN-5 et GRN-6 ont plus de 90% de leur territoire recouvert d'une occupation du sol pouvant permettre la mise en valeur de micro-retenues (**Tableau 4.5**). À l'opposé, le sous-bassin GRN-3 a environ 60% de son territoire recouvert de terres potentiellement intéressantes pour la mise en valeur des micro-retenues.

Tableau 4.5 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord

Occupation du sol (% du territoire)	GRN-1	GRN-2	GRN-3	GRN-4	GRN-5	GRN-6	GRN-17
Cultures agricoles denses	0,0	4,5	3,4	3,7	0,0	0,7	7,3
Systèmes agroforestiers denses	32,4	14,5	21,2	47,5	59,1	49,4	44,3
Cultures agricoles moyennement denses	67,6	77,0	36,1	41,5	39,8	47,4	30,0
Pâturage avec présence d'autres	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,4
Total (%)	100,0	96,0	60,7	93,3	98,9	97,5	83,0
Classement	**1**	**4**	**7**	**5**	**2**	**3**	**6**

Sévérité des processus d'érosion

Les sous-bassins GRN-3 et GRN-5 possèdent les plus grands pourcentages de territoire ayant un niveau d'érosion très grave (**Tableau 4.6**). Le sous-bassin GRN-5 est celui avec le plus fort pourcentage de pentes ayant un niveau d'érosion grave. Le sous-bassin GRN-4 possède le plus fort pourcentage de versants ayant un niveau d'érosion élevé. En cumulant ces trois niveaux, on constate que les sous-bassins GRN-5 et GRN-17 sont les plus touchés par l'érosion.

Tableau 4.6 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord

Niveau de risque d'érosion (% du territoire)	GRN-1	GRN-2	GRN-3	GRN-4	GRN-5	GRN-6	GRN-17
Risque élevé	37,2	44,7	17,3	52,2	26,3	42,6	45,1
Risque grave	15,3	16,2	30,0	13,6	58,4	24,0	35,9
Risque très grave	0,9	1,5	11,7	0,0	11,3	8,1	3,1
Total (%)	53,4	62,4	59,0	65,8	96,0	74,7	84,1
Classement	**7**	**5**	**6**	**4**	**1**	**3**	**2**

Priorisation

L'ordre de priorité des sous-bassins pour protéger la ville de Grande Rivière du Nord est présenté au **Tableau 4.7**. Selon le calcul du classement pondéré, les sous-bassins versants GRN-6 et GRN-5 devraient être priorisés par rapport aux autres sous-bassins.

Tableau 4.7 : Priorisation des sous-bassins versants de Grande Rivière du Nord

Critère de priorisation	Facteur de pondération	Classement relatif						
		GRN-1	GRN-2	GRN-3	GRN-4	GRN-5	GRN-6	GRN-17
Caractéristiques hydromorphologiques	2	6	5	7	3	2	1	4
Occupation du sol pouvant exposer des sols nus	3	2	1	6	4	5	3	7
Potentiel de mise en valeur agro-pastorale	1	1	4	7	5	2	3	6
Sévérité des processus d'érosion	3	7	5	6	4	1	3	2
Classement pondéré		4,4	3,6	6,3	3,9	2,7	2,6	4,6
Ordre de priorité		**5**	**3**	**7**	**4**	**2**	**1**	**6**

Le sous-bassin GRN-6 correspond approximativement à l'aire drainée dans les sections communales de Gambade, Montagne Noire et Caracol. Des ouvrages de traitement de ravines ont déjà été réalisés par le PMDN I dans certaines parties des sections communales de Montagne Noire et de Caracol. Le PMDN a également financé l'étude de conception et de montage de dossiers techniques pour le sous-bassin versant de Gambade[19].

Pour sa part, le sous-bassin GRN-5 correspond au sous-bassin versant Jolitrou. Ce sous-bassin a également été jugé prioritaire pour l'aménagement du bassin versant de Grande Rivière du Nord dans l'étude d'Oxfam-Québec/Catié[20]. Par ailleurs, le PMDN a financé l'étude de conception et de montage de dossiers techniques pour ce sous-bassin versant (LA SOVAZA, 2014).

Considérant l'ampleur des crues observées à Grande Rivière du Nord, il y a lieu de considérer le traitement des ravines de ces deux sous-bassins. Une fois priorisés, chacun des sous-bassins GRN-5 et GRN-6 devrait faire l'objet d'une concertation avec les populations locales afin d'évaluer et de confirmer leur réceptivité et leur adhésion à la réalisation des ouvrages proposés et à la prise en charge de leur entretien. La réalisation de cette démarche est de première importance pour la mobilisation des populations et la durabilité des ouvrages qui seront mis en place.

[19] LA SOVAZA & CO, 2014. Étude : Conception et montage de dossiers techniques en vue de la construction d'ouvrages (seuils en pierres sèches, en gabions, en maçonnerie et micro-retenues) dans les ravines identifiées des sous-bassins Jolitrou, Gambade et rive droite de la rivière Marianne du bassin versant de la Grande Rivière du Nord. PMDN. 179 p.

[20] Oxfam-Québec/Catié, 2011. Projet d'études et élaboration de plans d'aménagement de trois bassins versants : Étude du génie rural – Priorisation des interventions – Résumé – Grande Rivière du Nord. PMDN. 135 p.

4.4.3 Bassin versant de Cavaillon

La **Figure 4.3** présente les sous-bassins versants du BV de Cavaillon. Tel que mentionné précédemment au **Tableau 4.1**, onze (11) sous-bassins versants en amont de la ville de Cavaillon ont été retenus pour l'analyse.

Caractéristiques hydromorphologiques

Le **Tableau 4.8** présente les caractéristiques hydromorphologiques et le classement des onze sous-bassins versants en amont du barrage de Saut-Mathurine, de la ville de Maniche, et de la ville et du pont de Cavaillon. Les sous-bassins CAV-2, CAV-17, CAV-3 et CAV-5 sont les plus vastes. Les sous-bassins CAV-13 et CAV-14 ont les indices de compacité de Gravelius les plus faibles. Les sous-bassins CAV-14 et CAV-10 ont les indices de pente les plus élevés. L'ensemble des sous-bassins ont des valeurs de densités de drainage similaires variant de 0,84 à 1,38. Les sous-bassins CAV-14 et CAV-11 ont des temps de concentration de moins de 2 heures. Finalement, les sous-bassins CAV-14, CAV-2 et CAV-12 ont une grande proportion de leur superficie ayant une forte déclivité. Selon le critère des caractéristiques hydromorphologiques, ce sont les sous-bassins versants CAV-14, CAV-2, CAV-9 et CAV-10 les plus prioritaires et qui sont les plus intéressants pour la construction d'ouvrages de protection contre le ravinement.

Tableau 4.8 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de Cavaillon

Caractéristique	CAV-2	CAV-3	CAV-5	CAV-9	CAV-10	CAV-11	CAV-12	CAV-13	CAV-14	CAV-15	CAV-17
Superficie (km^2)	33,20	32,50	31,50	7,50	13,00	11,20	31,20	8,90	13,30	9,90	32,80
Indice de compacité de Gravelius	1,99	2,38	2,43	1,82	1,88	2,45	1,84	1,63	1,63	1,93	1,90
Indice de pente globale (m/km)	54,05	35,62	33,42	57,72	73,8	47,45	52,21	44,73	82,2	58,88	32,24
Densité du drainage (km/km^2)	0,99	1,08	1,10	1,32	1,07	1,21	1,01	1,38	0,84	1,16	1,14
Temps de concentration (hr)	2,46	2,90	3,09	2,33	2,56	1,63	2,61	3,34	1,38	2,91	2,54
Pentes 45% et plus (% du territoire)	37,30	20,10	12,90	11,10	20,70	17,10	30,20	2,90	45,60	11,90	8,50
Classement relatif											
Superficie	1	3	4	11	7	8	5	10	6	9	2
Indice de compacité de Gravelius	8	9	10	3	5	11	4	1,5	1,5	7	6
Indice de pente globale	5	9	10	4	2	7	6	8	1	3	11
Densité du drainage	10	7	6	2	8	3	9	1	11	4	5
Temps de concentration	4	8	10	3	6	2	7	11	1	9	5
Pentes 45% et plus	2	5	7	9	4	6	3	11	1	8	10
Moyenne	5,00	6,83	7,83	5,33	5,33	6,17	5,67	7,08	3,58	6,67	6,50
Classement	**2**	**9**	**11**	**3**	**3**	**6**	**5**	**10**	**1**	**8**	**7**

Occupation du sol

Les zones de cultures denses et moyennement denses recouvrent essentiellement les onze sous-bassins en amont des infrastructures à protéger (**Tableau 4.9**). Les sous-bassins CAV-5 et CAV-15 ont des zones agroforestières denses recouvrant plus du quart de leur territoire et seul le sous-bassin CAV-9 a une zone forestière. Finalement, la savane recouvre des superficies supérieures à 30% du territoire dans les sous-bassins CAV-3, CAV-5 et CAV-10. Seul le sous-bassin CAV-11 est caractérisé par des affleurements de roches et sols nus. Les sous-bassins CAV-9, CAV-11, CAV-13, CAV-14 et CAV-17 ont plus de 90% de leur territoire recouvert d'une occupation pouvant exposer des sols nus au cours de l'année. Les sous-bassins CAV-2 et CAV-12 ont entre 70 et 90% de territoire pouvant exposer des sols nus au cours de l'année.

Tableau 4.9 : Occupation du sol des sous-bassins versants de Cavaillon

Occupation du sol (% du territoire)	CAV-2	CAV-3	CAV-5	CAV-9	CAV-10	CAV-11	CAV-12	CAV-13	CAV-14	CAV-15	CAV-17
Classes prises en compte dans le classement											
Cultures agricoles denses	1,5	21,1	10,9	42,7	21,4	17,2	1,3	71,6	0,2	38,2	55,4
Cultures agricoles moyennement denses	72,0	42,1	15,7	47,8	45,7	74,2	70,5	28,4	90,5	31,7	44,4
Affleurements rocheux et sols nus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (%)	73,5	63,2	26,6	90,5	67,1	92,9	71,8	100,0	90,7	69,9	99,8
Classement	**6**	**10**	**11**	**5**	**9**	**3**	**7**	**1**	**4**	**8**	**2**
Classes non prises en compte dans le classement											
Systèmes agroforestiers denses	10,3	0,8	30,5	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	4,1	29,5	0,0
Pâturage avec présence d'autres	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Savanes avec présence d'autres	15,4	36,1	43,0	0,0	32,9	7,1	23,8	0,0	5,3	0,0	0,2
Forêts	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Potentiel de mise en valeur agro-pastorale

Les sous-bassins CAV-9, CAV-11, CAV-13, CAV-14, CAV-15 et CAV-17 ont plus de 90% de leur territoire

recouvert de terres potentiellement intéressantes pour la mise en valeur de micro-retenues (**Tableau 4.10**). Les sous-bassins CAV-2 et CAV-12 ont entre 70 et 90% de terres potentiellement intéressantes pour la mise en valeur de micro-retenues.

Tableau 4.10 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de Cavaillon

Occupation du sol (% du territoire)	CAV-2	CAV-3	CAV-5	CAV-9	CAV-10	CAV-11	CAV-12	CAV-13	CAV-14	CAV-15	CAV-17
Cultures agricoles denses	1,5	21,1	10,9	42,7	21,4	17,2	1,3	71,6	0,2	38,2	55,4
Systèmes agroforestiers denses	10,3	0,8	30,5	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	4,1	29,5	0,0
Cultures agricoles moyennement denses	72,0	42,1	15,7	47,8	45,7	74,2	70,5	28,4	90,5	31,7	44,4
Pâturage avec présence d'autres	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Total (%)	84,6	64,0	57,1	90,5	67,1	91,4	76,2	100,0	94,8	100,0	99,8
Classement	**7**	**10**	**11**	**6**	**9**	**5**	**8**	**1**	**4**	**1**	**3**

Sévérité des processus d'érosion

Aucun sous-bassin ne possède des versants ayant un niveau d'érosion très grave (**Tableau 4.11**). Les sous-bassins CAV-3 et CAV-10 sont ceux avec le plus fort pourcentage de pentes ayant un niveau d'érosion grave. Les sous-bassins CAV-2, CAV-12 et CAV-14 possèdent les plus forts pourcentages de versants ayant un niveau d'érosion élevé. En cumulant les classes de risque, on constate que les sous-bassins CAV-14, CAV-12, CAV-2 et CAV-17 sont les plus touchés par l'érosion.

CAV-1
CAV-2
CAV-3
CAV-4
CAV-5
CAV-6
CAV-7
CAV-8
CAV-9
CAV-10
CAV-11
CAV-12
CAV-13
CAV-14
CAV-15
CAV-16
CAV-17
CAV-18
Bambou
Rambeau
Dory
Clonard
Gros Marin
Maniche
Bélancourt
Mahotière
Bellevue
Milord
Camp Perrin
Lévy
Malval
Billard
La Fresilière
Le Prêtre
Mersant
La Borde
Mercy
Agard
L'Ilet
Cavaillon
RN 7
RN 2
1:120 000
0 2.5 5 km
Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community
Bassin versant Grande Rivière du Nord
CAP-HAITIEN
FORT-LIBERTE
GONAIVES
Mer des Caraïbes
Bassin versant Artibonite
HINCHE
SAINT-MARC
Bassin versant Cavaillon
Baie de Port-au-Prince
PORT-AU-PRINCE
JEREMIE
JACMEL
Bassin versant Acul Dubreuil
Bassin versant Ravine du Sud

Sous bassin versant
Réseau routier
Réseau hydrographique

Occupation du sol

11, Urbain continu
12, Urbain discontinu
13, Zones industrielles
14, Ports et aéroports
21, Cultures agricoles denses
22, Systèmes agroforestiers denses
23, Cultures agricoles moyennement denses
31, Paturages dominants
32, Paturage avec présence d'autres
33, Savanes avec présence d'autres
41, Forêts
42, Savanes
43, Mangroves
51, Affleurement de roches et sols nus
52, Carrières
53, Plages et dunes
54, Zones à saline
55, Lits fluviaux et alluvions récentes
61, Plan d'eau
62, Zones humides

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 4.3
Limite des sous-bassins versant étudiés dans le bassin versant de Cavaillon

Août 2015

AECOM

Tableau 4.11 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de Cavaillon

Niveau de risque d'érosion (% du territoire)	CAV-2	CAV-3	CAV-5	CAV-9	CAV-10	CAV-11	CAV-12	CAV-13	CAV-14	CAV-15	CAV-17
Risque élevé	81,83	38,76	44,21	41,61	39,72	55,68	84,66	23,48	90,66	37,1	66,77
Risque grave	1,02	37,92	0	18,12	31,95	19,79	2,47	0,11	0	0	14,1
Risque très grave	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (%)	82,85	76,68	44,21	59,73	71,67	75,47	87,13	23,59	90,66	37,1	80,87
Classement	**3**	**5**	**9**	**8**	**7**	**6**	**2**	**11**	**1**	**10**	**4**

Priorisation

L'ordre de priorité des sous-bassins à traiter pour protéger le barrage Saut-Mathurine, la ville Maniche et la ville et le pont de Cavaillon est présenté au **Tableau 4.12**. Selon les calculs, les sous-bassins versants CAV-14, CAV-17 et CAV-2 devraient être priorisés par rapport aux autres sous-bassins.

Le sous-bassin CAV-14 correspond à l'aire drainée par une ravine qui se jette dans la rivière Cavaillon en amont de la centrale électrique Saut-Mathurin. Le sous-bassin CAV-2 correspond, lui, à l'aire drainée par les ravines Bœuf et Dory qui se rejoignent peu avant de se déverser dans la rivière Cavaillon, un peu en aval de la ville de Maniche.

Pour sa part, le sous-bassin CAV-17 correspond à une partie de l'aire drainée par la ravine Gros Marin qui se déverse dans la rivière Cavaillon, à environ 6 km en amont de la ville de Cavaillon. Cette ravine a été ciblée comme prioritaire par les parties prenantes présentes à la rencontre du 13 mars 2015 à Cavaillon et a fait l'objet d'une visite sur le terrain. Par ailleurs, cette ravine a été jugée prioritaire pour le bassin versant de Cavaillon dans l'étude d'Oxfam-Québec/Catié[21].

La ville de Maniche a bénéficié d'aménagements de protection riveraine dans le cadre du PMDN I. Celle-ci est donc relativement bien protégée contre les inondations; ce qui n'est pas le cas de la ville de Cavaillon. Aussi, le traitement du sous-bassin CAV-17 (ravine Gros Marin) devrait donc être priorisé comparativement aux deux sous-bassins CAV-14 et CAV-2.

Une fois priorisé, le sous-bassin CAV-17 (ravine Gros Marin) devrait faire l'objet d'une concertation avec les populations du sous-bassin afin d'évaluer et de confirmer leur réceptivité et leur adhésion à la réalisation des ouvrages proposés et à la prise en charge de leur entretien. La réalisation de cette démarche est de première importance pour la mobilisation des populations et la durabilité des ouvrages qui seront mis en place.

Tableau 4.12 : Priorisation des sous-bassins versants de Cavaillon

Critère de priorisation	Facteur de pondération	Classement relatif										
		CAV-2	CAV-3	CAV-5	CAV-9	CAV-10	CAV-11	CAV-12	CAV-13	CAV-14	CAV-15	CAV-17
Caractéristiques hydromorphologiques	2	2	9	11	3	3	6	5	10	1	8	7
Occupation du sol pouvant exposer des sols nus	3	6	10	11	5	9	3	7	1	4	8	2
Potentiel de mise en valeur agro-pastorale	1	7	10	11	6	9	5	8	1	4	1	3
Sévérité des processus d'érosion	3	3	5	9	8	7	6	2	11	1	10	4
Classement pondéré		4,2	8,1	10,3	5,8	7,1	4,9	5,0	6,4	2,3	7,9	3,9
Ordre de priorité		**3**	**10**	**11**	**6**	**8**	**4**	**5**	**7**	**1**	**9**	**2**

[21] Oxfam-Québec/Catié, 2012. Plan d'aménagement du bassin versant de Cavaillon, Acul et Ravine du Sud. PMDN. 135 p.

4.4.4 Bassin versant de Ravine du Sud

La **Figure 4.4** présente les sous-bassins versants du BV de Ravine du Sud. Étant situés en amont du périmètre d'Avezac et de la ville de Camp Perrin, les sous-bassins RDS-1 et RDS-2 ont été retenus pour l'analyse.

Caractéristiques hydromorphologiques

Le **Tableau 4.13** présente les caractéristiques hydromorphologiques et le classement des deux sous-bassins versants. Le sous-bassin RDS-1 a une superficie plus grande et un plus grand pourcentage du territoire ayant une forte déclivité de pentes. A l'opposé, le sous-bassin RDS-2 a un indice de compacité de Gravelius, un indice de pente globale, une densité de drainage et un temps de concentration qui le priorise davantage lorsque comparé au sous-bassin RDS-1.

Tableau 4.13 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de Ravine du Sud

Caractéristique	RDS-1	RDS-2
Superficie (km^2)	66,30	18,70
Indice de compacité de Gravelius	2,18	1,77
Indice de pente globale (m/km)	51,40	82,00
Densité du drainage (km/km^2)	0,98	1,10
Temps de concentration (hr)	2,93	2,35
Pentes 45% et plus (% du territoire)	58,60	24,50
Classement relatif		
Superficie	1	2
Indice de compacité de Gravelius	2	1
Indice de pente globale	2	1
Densité du drainage	2	1
Temps de concentration	2	1
Pentes 45% et plus	1	2
Moyenne	1,6	1,3
Classement	**2**	**1**

Occupation du sol

Le sous-bassin RDS-1 est principalement recouvert de savanes, forêts et de cultures agricoles moyennement denses (**Tableau 4.14**). À l'opposé, le sous-bassin RDS-2 est essentiellement caractérisé par des systèmes agroforestiers denses. Les deux sous-bassins présentent peu de superficies pouvant être exposées (sols nus) au cours l'année.

Tableau 4.14 : Occupation du sol des sous-bassins versants de Ravine du Sud

Occupation du sol (% du territoire)	RDS-1	RDS-2
Classes prises en compte dans le classement		
Cultures agricoles denses	0,0	0,0
Cultures agricoles moyennement denses	20,3	0,0
Affleurements rocheux et sols nus	0,0	0,0
Total	20,3	0,0
Classement	**1**	**2**
Classes non prises en compte dans le classement		
Systèmes agroforestiers denses	6,3	77,4
Pâturage avec présence d'autres	0,8	9,0
Savanes avec présence d'autres	36,1	13,6
Forêts	28,6	0,0
Savanes	7,3	0,0
Lits fluviaux et alluvions récentes	0,6	0,0

RDS-1
RDS-2
RDS-3

1:120 000

0 2.5 5 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Bassin versant Grande Rivière du Nord
Bassin versant Artibonite
Bassin versant Cavaillon
Bassin versant Acul Dubreuil
Bassin versant Ravine du Sud
Mer des Caraïbes
Baie de Port-au-Prince
CAP-HAÏTIEN
FORT-LIBERTE
GONAIVES
HINCHE
SAINT-MARC
JEREMIE
PORT-AU-PRINCE
JACMEL

Sous-bassin versant
Réseau routier
Réseau hydrographique

Occupation du sol

11, Urbain continu
12, Urbain discontinu
13, Zones industrielles
14, Ports et aéroports
21, Cultures agricoles denses
22, Systèmes agroforestiers denses
23, Cultures agricoles moyennement denses
31, Paturages dominants
32, Paturage avec présence d'autres
33, Savanes avec présence d'autres
41, Forêts
42, Savanes
43, Mangroves
51, Affleurement de roches et sols nus
52, Carrières
53, Plages et dunes
54, Zones à saline
55, Lits fluviaux et alluvions récentes
61, Plan d'eau
62, Zones humides

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 4.4
Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de Ravine du Sud

Août 2015

AECOM

Potentiel de mise en valeur agro-pastorale

Le sous-bassin RDS-2 a un plus grand pourcentage de terres intéressantes pour la mise en valeur des micro-retenues que le sous-bassin RDS-1 (**Tableau 4.15**).

Tableau 4.15 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de Ravine du Sud

Occupation du sol (% du territoire)	RDS-1	RDS-2
Cultures agricoles denses	0,0	0,0
Systèmes agroforestiers denses	6,3	77,4
Cultures agricoles moyennement denses	20,3	0,0
Pâturage avec présence d'autres	0,8	9,0
Total (%)	27,4	86,4
Classement	**2**	**1**

Sévérité des processus d'érosion

Le sous-bassin RDS-1 a environ le double de pourcentage de pentes ayant un niveau de risque d'érosion grave (**Tableau 4.16**). Toutefois, le sous-bassin RDS-2 possède un plus fort pourcentage de versants ayant un niveau d'érosion très grave. Globalement, les deux sous-bassins présentent des niveaux de risque d'érosion combinés similaires, soit sur plus de 90% de leur territoire.

Tableau 4.16 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de Ravine du Sud

Niveau de risque d'érosion (% du territoire)	RDS-1	RDS-2
Risque élevé	53,2	62,7
Risque grave	34,2	17,3
Risque très grave	3,3	11,1
Total (%)	90,7	91,1
Classement	**2**	**1**

Priorisation

L'ordre de priorité des sous-bassins à traiter pour protéger la ville de Camp Perrin et le périmètre d'Avezac est présenté au **Tableau 4.17**. Le sous-bassin RDS-2 devrait être priorisé ayant obtenu un classement pondéré plus faible que le sous-bassin RDS-1.

Tableau 4.17 : Priorisation des sous-bassins versants de Ravine du Sud

Critère de priorisation	Facteur de pondération	Classement relatif	
		RDS-1	RDS-2
Caractéristiques hydromorphologiques	2	2	1
Occupation du sol pouvant exposer des sols nus	3	1	2
Potentiel de mise en valeur agro-pastorale	1	2	1
Sévérité des processus d'érosion	3	2	1
Classement pondéré		1,6	1,3
ORDRE DE PRIORITÉ		**2**	**1**

Le sous-bassin versant RDS-2 correspond à l'aire drainée par la ravine Bras de Gauche qui se trouve en rive droite de la rivière Ravine du Sud et qui rejoint celle-ci à la hauteur de Camp Perrin. Cette ravine a été ciblée comme prioritaire par les parties prenantes présentes à la rencontre du 16 mars 2015 à Camp Perrin et a fait

l'objet d'une visite sur le terrain. Par ailleurs, cette ravine a également été jugée prioritaire pour le bassin versant Ravine du Sud dans l'étude d'Oxfam-Québec/Catié[22].

Une fois priorisé, le sous-bassin versant RDS-2 (Bras de Gauche) devrait faire l'objet d'une concertation avec les populations locales afin d'évaluer et de confirmer leur réceptivité et leur adhésion à la réalisation des ouvrages proposés et à la prise en charge de leur entretien. La réalisation de cette démarche est de première importance pour la mobilisation des populations et la durabilité des ouvrages qui seront mis en place.

4.4.5 Bassin versant de l'Artibonite - Commune de St-Raphaël

La **Figure 4.5** présente les sous-bassins versants de Saint-Raphaël. Tel que mentionné précédemment au **Tableau 4.1**, trois (3) sous-bassins ont été retenus pour l'analyse.

Caractéristiques hydromorphologiques

Le **Tableau 4.18** présente les caractéristiques hydromorphologiques des trois sous-bassins en amont de la prise du périmètre irrigué et de la ville de St-Raphaël. Le sous-bassin ARR-3 est le plus vaste. Les trois sous-bassins ont des indices de compacité de Gravelius et des densités de drainage très similaires. Le sous-bassin ARR-5 a l'indice de pente le plus élevé de même que la plus grande proportion de pentes ayant une forte déclivité. Les sous-bassins ARR-4 et ARR-5 ont les temps de concentration les plus faibles.

Le sous-bassin ARR-5 a les caractéristiques hydromorphologiques les plus intéressantes pour la construction d'ouvrages de protection contre le ravinement en amont de la prise du périmètre irrigué de St-Raphael et de la ville de St-Raphaël.

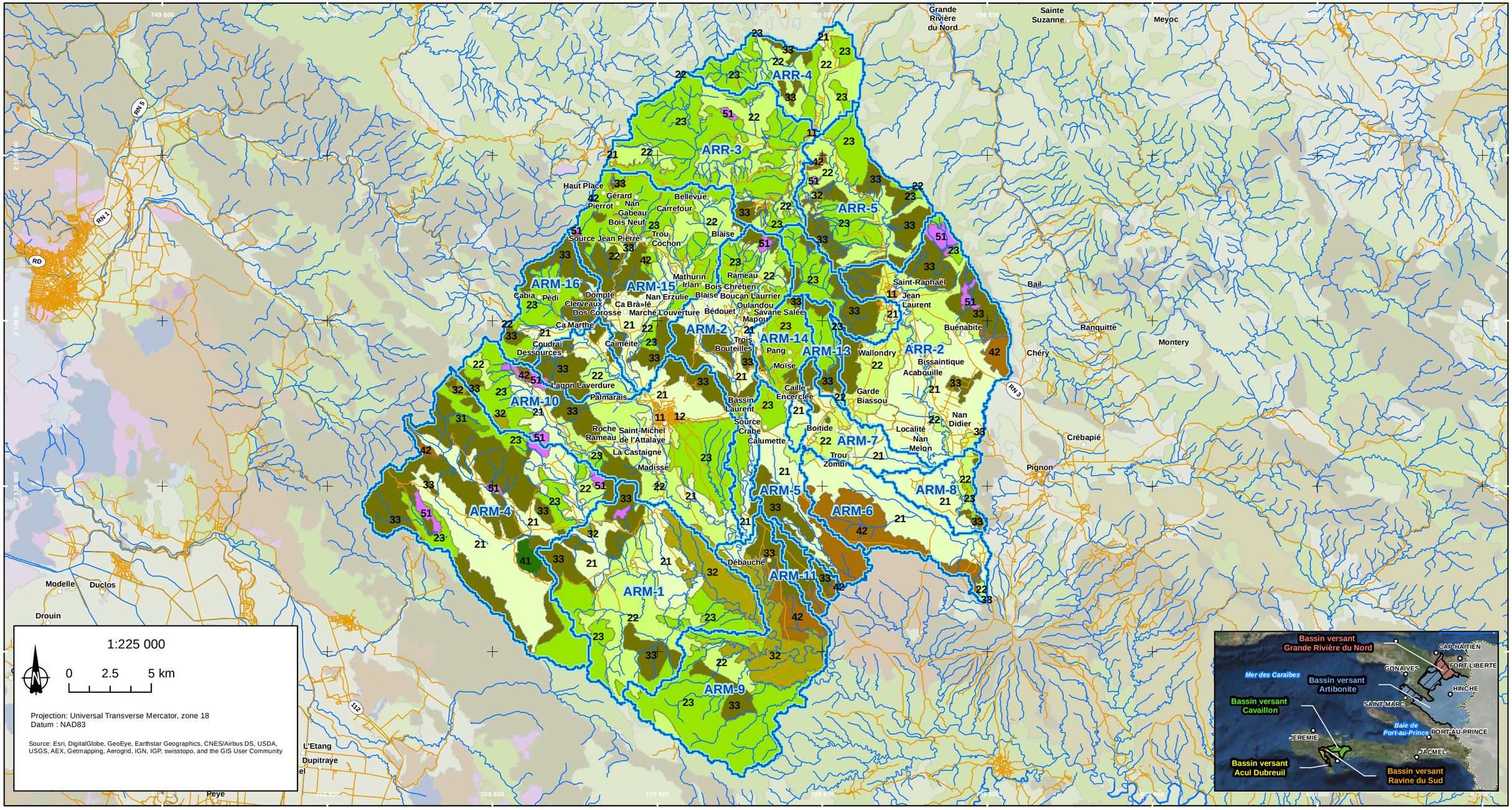
Tableau 4.18 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de St-Raphaël

Caractéristique	ARR-3	ARR-4	ARR-5
Superficie (km^2)	72,10	35,70	49,10
Indice de compacité de Gravelius	1,85	1,89	1,71
Indice de pente globale (m/km)	1,92	17,68	29,46
Densité du drainage (km/km^2)	1,01	1,02	1,09
Temps de concentration (hr)	16,20	4,49	4,75
Pentes 45% et plus (% du territoire)	10,40	11,10	15,60
Classement relatif			
Superficie	1	3	2
Indice de compacité de Gravelius	2	3	1
Indice de pente globale	3	2	1
Densité du drainage	3	2	1
Temps de concentration	3	1	2
Pentes 45% et plus	3	2	1
Moyenne	2,50	2,17	1,33
Classement	**3**	**2**	**1**

Occupation du sol

Les zones de cultures moyennement denses et les zones agroforestières denses recouvrent essentiellement les trois sous-bassins en amont des infrastructures à protéger (**Tableau 4.19**). Les sous-bassins ARR-3 et ARR-5 possèdent des affleurements de roches et sols nus. Le sous-bassin ARR-3 a plus de 60% de son territoire recouvert d'une occupation pouvant exposer des sols nus au cours de l'année. Pour leur part, les sous-bassins ARR-4 et ARR-5 ont entre 30 et 40% de territoire pouvant être dénudés de végétation au cours de l'année.

[22] Oxfam-Québec/Catié, 2012. Plan d'aménagement du bassin versant de Cavaillon, Acul et Ravine du Sud. PMDN. 135 p.



Sous-bassin versant

Réseau routier

Réseau hydrographique

Occupation du sol

- 11, Urbain continu
- 12, Urbain discontinu
- 13, Zones industrielles
- 14, Ports et aéroports
- 21, Cultures agricoles denses
- 22, Systèmes agroforestiers denses
- 23, Cultures agricoles moyennement denses
- 31, Paturages dominants
- 32, Paturage avec présence d'autres
- 33, Savanes avec présence d'autres
- 41, Forêts
- 42, Savanes
- 43, Mangroves
- 51, Affleurement de roches et sols nus
- 52, Carrières
- 53, Plages et dunes
- 54, Zones à saline
- 55, Lits fluviaux et alluvions récentes
- 61, Plan d'eau
- 62, Zones humides

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 4.5
Limite des sous-bassins versants étudiés dans le bassin versant de l'Artibonite-Est

Août 2015

AECOM

Tableau 4.19 : Occupation du sol des sous-bassins versants de St-Raphaël

Occupation du sol (% du territoire)	ARR-3	ARR-4	ARR-5
Classes prises en compte dans le classement			
Cultures agricoles denses	0,1	1,3	0,0
Cultures agricoles moyennement denses	62,0	38,5	33,3
Affleurements rocheux et sols nus	0,6	0,0	0,3
Total (%)	62,7	39,8	33,6
Classement	**1**	**2**	**3**
Classes non prises en compte dans le classement			
Urbain continu	0,1	0,2	0,0
Systèmes agroforestiers denses	34,2	52,2	33,1
Savanes avec présence d'autres	2,9	7,8	31,4
Savanes	0,1	0,0	1,1
Pâturage avec présence d'autres	0,0	0,0	0,7

Potentiel de mise en valeur agro-pastorale

Les sous-bassins ARR-3 et ARR-4 ont plus de 90% de leur territoire recouvert d'une occupation du sol pouvant permettre la mise en valeur de micro-retenues (**Tableau 4.20**). Pour sa part, le sous-bassin ARR-5 a près du deux-tiers de son territoire recouvert de terres potentiellement intéressantes pour la mise en valeur de micro-retenues.

Tableau 4.20 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de St-Raphaël

Occupation du sol (% du territoire)	ARR-3	ARR-4	ARR-5
Cultures agricoles denses	0,1	1,3	0,0
Systèmes agroforestiers denses	34,2	52,2	33,1
Cultures agricoles moyennement denses	62,0	38,5	33,3
Pâturage avec présence d'autres	0,0	0,0	0,7
Total (%)	96,3	92,0	67,1
Classement	**1**	**2**	**3**

Sévérité des processus d'érosion

Le sous-bassin ARR-3 possède des versants ayant un niveau d'érosion très grave sur plus de 9% de son territoire (**Tableau 4.21**). Les sous-bassins ARR-3 et ARR-5 ont plus de 70% de leur territoire ayant des pentes avec des risques d'érosion grave et élevé. En cumulant les trois classes, les sous-bassins ARR-3 et ARR-5 sont le plus touchés par l'érosion.

Tableau 4.21 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de St-Raphaël

Niveau de risque d'érosion (% du territoire)	ARR-3	ARR-4	ARR-5
Risque élevé	53,13	26,46	63,71
Risque grave	21,83	27,11	19,53
Risque très grave	9,22	4,14	0,29
Total (%)	84,18	57,71	83,53
Classement	**1**	**3**	**2**

Priorisation

L'ordre de priorité des sous-bassins à traiter pour protéger la prise du périmètre irrigué de St-Raphaël et la ville de St-Raphaël est présenté au **Tableau 4.22**. Le sous-bassin versant ARR-3 a le classement pondéré le plus faible. Toutefois, celui-ci est situé entièrement à l'extérieur de la Commune de Saint-Raphaël, et par conséquent à l'extérieur de la zone d'intervention du PMDN II indiquée dans les TdR de la présente étude. Le sous-bassin versant ARR-5, qui s'est classé 2ème, est pour l'essentiel situé à l'intérieur de la commune de Saint-Raphael. Celui-ci sera donc retenu comme sous-bassin prioritaire.

Tableau 4.22 : Priorisation des sous-bassins versants de St-Raphaël

Critère de priorisation	Facteur de pondération	Classement relatif		
		ARR-3	ARR-4	ARR-5
Caractéristiques hydromorphologiques	2	3	2	1
Occupation du sol pouvant exposer des sols nus	3	1	2	3
Potentiel de mise en valeur agro-pastorale	1	1	2	3
Sévérité des processus d'érosion	3	1	3	2
Classement pondéré		1,4	2,3	2,2
Ordre de priorité		**1**	**3**	**2**

Une fois priorisé, le sous-bassin ARR-5 devrait faire l'objet d'une concertation avec les populations locales afin d'évaluer et de confirmer leur réceptivité et leur adhésion à la réalisation des ouvrages proposés et à la prise en charge de leur entretien. La réalisation de cette démarche est de première importance pour la mobilisation des populations et la durabilité des ouvrages qui seront mis en place.

4.4.6 Bassin versant de l'Artibonite - Commune de St-Michel de l'Attalaye

La **Figure 4.5** présentée précédemment indique les sous-bassins versants de Saint-Michel de l'Attalaye. Tel qu'indiqué au **Tableau 4.1** quatre (4) sous-bassins versants ont été retenus pour l'analyse.

Caractéristiques hydromorphologiques

Le **Tableau 4.23** présente les caractéristiques hydromorphologiques et le classement des quatre sous-bassins en amont de la route St-Raphaël - St-Michel et de la route St-Michel - Ennery. Le sous-bassin ARM-15 est le plus vaste. Les sous-bassins ARM-15 et ARM-16 ont les indices de Gravelius les plus faibles. Les sous-bassins ARM-13 et ARM-14 ont les indices de pentes les plus élevés. Le sous-bassin ARM-16 a la valeur de densité de drainage la plus élevée. Les sous-bassins ARM-13 et ARM-14 ont les temps de concentration les plus faibles. Finalement, tous les sous-bassins ont peu de pentes ayant une forte déclivité.

Globalement, les quatre sous-bassins ont un classement équivalent selon leurs caractéristiques hydromorphologiques.

Tableau 4.23 : Caractéristiques hydromorphologiques des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye

Caractéristique	ARM-13	ARM-14	ARM-15	ARM-16
Superficie (km^2)	9,10	19,80	79,90	27,70
Indice de compacité de Gravelius	2,11	2,03	1,77	1,73
Indice de pente globale (m/km)	38,46	23,95	17,66	16,27
Densité du drainage (km/km^2)	1,31	1,30	1,08	83,71
Temps de concentration (hr)	1,83	2,24	5,26	4,18
Pentes 45% et plus (% du territoire)	2,40	2,90	3,90	1,90
Classement relatif				
Superficie	4	3	1	2
Indice de compacité de Gravelius	4	3	2	1
Indice de pente globale	1	2	3	4
Densité du drainage	2	3	4	1
Temps de concentration	1	2	4	3
Pentes 45% et plus	3	2	1	4
Moyenne	2,50	2,50	2,50	2,50
Classement	**1**	**1**	**1**	**1**

Occupation du sol

Les zones de cultures denses et moyennement denses recouvrent essentiellement les quatre sous-bassins en amont des infrastructures à protéger (**Tableau 4.24**). Les sous-bassins ARM-13 et ARM-16 ont environ 40% de leur territoire recouvert de savanes avec présence d'autres occupations du sol. Le sous-bassin ARM-15 a des zones agroforestières denses et de savanes avec présence d'autres occupations du sol recouvrant chacun environ 20% de son territoire. Finalement, le sous-bassin ARM-15 est le seul qui présente des affleurements de roches et sols nus.

Le sous-bassin ARM-14 a près de 80% de son territoire recouvert d'une occupation pouvant exposer des sols nus au cours de l'année. Les sous-bassins ARM-13, ARM-14 et ARM-15 ont entre 50% et 60% de leur territoire pouvant être dénudés de végétation au cours de l'année.

Tableau 4.24 : Occupation du sol des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye

Occupation du sol (% du territoire)	ARM-13	ARM-14	ARM-15	ARM-16
Classes prises en compte dans le classement				
Cultures agricoles denses	3,3	18,0	18,5	15,7
Cultures agricoles moyennement denses	51,2	61,3	40,1	42,3
Affleurements rocheux et sols nus	0,0	0,0	0,2	0,0
Total (%)	54,5	79,3	58,8	58,0
Classement	**4**	**1**	**2**	**3**
Classes non prises en compte dans le classement				
Systèmes agroforestiers denses	5,6	6,7	21,2	0,1
Savanes avec présence d'autres	39,9	14,0	19,8	41,8
Savanes	0	0	0,2	0

Potentiel de mise en valeur agro-pastorale

Les sous-bassins ARM-14 et ARM-15 possèdent les plus grandes proportions de territoire intéressant pour la mise en valeur de micro-retenues (**Tableau 4.25**). Les sous-bassins ARM-13 et ARM-16 ont le moins de terres intéressantes pour la mise en valeur des micro-retenues.

Tableau 4.25 : Potentiel de mise en valeur agropastorale des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye

Occupation du sol (% du territoire)	ARM-13	ARM-14	ARM-15	ARM-16
Cultures agricoles denses	3,3	18,0	18,5	15,7
Systèmes agroforestiers denses	5,6	6,7	21,2	0,1
Cultures agricoles moyennement denses	51,2	61,3	40,1	42,3
Pâturage avec présence d'autres	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (%)	60,1	86,0	79,8	58,1
Classement	**3**	**1**	**2**	**4**

Sévérité des processus d'érosion

Les sous-bassins ARM-13 et ARM-14 ne possèdent pas de versants ayant un niveau d'érosion très grave (**Tableau 4.26**). Les sous-bassins ARM-15 et ARM-16 ont plus de 20% de leur territoire ayant un niveau d'érosion grave. Le sous-bassin ARM-13 possède le plus fort pourcentage de versants ayant un niveau d'érosion élevé. En cumulant ces trois niveaux, le sous-bassin ARM-13 est le plus touché par l'érosion.

Tableau 4.26 : Sévérité des processus d'érosion des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye

Niveau de risque d'érosion (% du territoire)	ARM-13	ARM-14	ARM-15	ARM-16
Risque élevé	60,4	33,8	27,3	19,7
Risque grave	1,2	1,0	22,2	27,2
Risque très grave	0,0	0,0	0,7	0,2
Total (%)	61,6	34,8	50,2	47,1
Classement	**1**	**4**	**2**	**3**

Priorisation

L'ordre de priorité des sous-bassins versants à traiter pour protéger la route St-Raphaël - St-Michel et la route St-Michel – Ennery est présenté au **Tableau 4.27**. Le sous-bassin versant ARM-15 devrait être priorisé ayant obtenu le classement pondéré le plus faible. Il faut noter toutefois qu'une partie (au Nord) du sous-bassin versant ARM-15 est située hors de la Commune de Saint-Michel de l'Attalaye, par conséquent à l'extérieur de la zone d'intervention du PMDN II indiquée dans les TdR de la présente étude.

Tableau 4.27 : Priorisation des sous-bassins versants de St-Michel de l'Attalaye

Critère de priorisation	Facteur de pondération	Classement relatif			
		ARM-13	ARM-14	ARM-15	ARM-16
Caractéristiques hydromorphologiques	2	1	1	1	1
Occupation du sol pouvant exposer des sols nus	3	4	1	2	3
Potentiel de mise en valeur agro-pastorale	1	3	1	2	4
Sévérité des processus d'érosion	3	1	4	2	3
Classement pondéré		2,2	2,0	1,8	2,7
Ordre de priorité		**3**	**2**	**1**	**4**

Une fois priorisé, le sous-bassin ARM-15 devrait faire l'objet d'une concertation avec les populations locales afin d'évaluer et de confirmer leur réceptivité et leur adhésion à la réalisation des ouvrages proposés et à la prise en charge de leur entretien. La réalisation de cette démarche est de première importance pour la mobilisation des populations et la durabilité des ouvrages qui seront mis en place.

4.5 Détermination des sites potentiels de localisation des ouvrages de traitement de ravine dans les sous-bassins versants prioritaires

Une carte de localisation des sites potentiels d'implantation des ouvrages de traitement de ravine a été confectionnée pour le sous-bassin versant le plus prioritaire de chaque bassin versant. Ces sites ont été sélectionnés suite à un examen minutieux par les experts d'AECOM des orthophotos (2010), des images Google Earth et du MNT en se basant sur différents critères, notamment la localisation des ravines, la topographie et l'occupation du sol.

La localisation des ouvrages a été réalisée ainsi :

- les ravines d'ordres 1 et 2 sont traitées avec des seuils en pierres sèches car elles sont localisées généralement sur le haut des versants présentant les pentes les plus fortes et rendant ainsi difficile le transport des gabions en raison de la faible présence de voies d'accès. Toutefois, la localisation exacte de chaque seuil en pierres sèches n'est guère possible sans la réalisation d'une prospection détaillée sur le terrain. Dans le présent rapport, la longueur des ravines d'ordres 1 et 2 a été mesureés sur les orthophotos et le nombre total des seuils en pierres sèches a été estimé en mettant un seuil approximativement à tous les 25 mètres;
- le pied des ravines d'ordres 3 (et plus) est traité avec des seuils en gabions car leurs débits de pointe sont généralement trop élevés pour les seuils en pierres sèches. Ces seuils en gabions ont été localisés avec Google Earth;
- des micro-retenues ont été localisées dans les thalwegs (généralement 5 micro-retenues en cascade) lorsque leur bassin versant couvrait entre 2 et 4 km^2. Les micro-retenues ont été également localisées avec Google Earth.

Il est important de souligner que les seuils en gabions et les micro-retenues, indiqués sur les cartes de localisation, ne seront pas nécessairement tous mis en place et ce pour deux raisons :

1) puisque le présent travail a été réalisé uniquement à l'aide d'orthophotos et de Google Earth, une prospection sur le terrain est indispensable pour s'assurer que les sites présentent des conditions favorables à l'implantation des ouvrages;
2) il n'a pas été possible pour l'équipe AECOM de rencontrer les populations vivant dans les sous-bassins prioritaires. Ainsi, une concertation avec celles-ci est nécessaire pour s'assurer de respecter autant que possible leurs besoins, susciter leur adhésion au projet et leur intérêt à entretenir les ouvrages.

Les paragraphes suivants présentent par bassin versant les coordonnées des sites potentiels d'implantation des ouvrages de micro retenues et de seuils en gabions. Des figures de localisation des sites potentiels de micro-retenues et de seuils en gabions pour chaque sous-bassin sont présentées au Chapitre 6 (Synthèse des investissements prioritaires).

4.5.1 Grande Rivière du Nord

Le sous-bassin versant GRN-6 nécessite environ 750 seuils en pierres sèches, 28 seuils en gabions et 79 micro-retenues. Les coordonnées approximatives des seuils en gabion et des micro-retenues sont présentées à l'**Annexe 8**.

Le sous-bassin versant GRN-5 (Jolitrou) nécessite environ 250 seuils en pierres sèches, 7 seuils en gabions et 16 micro-retenues. La localisation des sites potentiels de micro-retenues et de seuils en gabions pour ce sous-bassin a déjà été réalisée par LA SOVAZA & CO (2014)[23]. L'équipe d'AECOM a toutefois procédé à l'estimation du nombre de seuils qui seront requis.

[23] LA SOVAZA & CO, 2014. Étude : Conception et montage de dossiers techniques en vue de la construction d'ouvrages (seuils en pierres sèches, en gabions, en maçonnerie et micro-retenues) dans les ravines identifiées des sous-bassins Jolitrou, Gambade et rive droite de la rivière Marianne du bassin versant de la Grande Rivière du Nord. PMDN. 179 p.

4.5.2 Cavaillon

Le sous-bassin versant CAV-17 nécessite environ 1 000 seuils en pierres sèches, 29 seuils en gabions et 44 micro-retenues. Les coordonnées approximatives des seuils en gabion et des micro-retenues sont présentées à l'**Annexe 8**.

4.5.3 Ravine du Sud

Le sous-bassin versant RDS-2 nécessite environ 1 000 seuils en pierres sèches, 30 seuils en gabions et 65 micro-retenues. Les coordonnées approximatives des seuils en gabion et des micro-retenues sont présentées à l'**Annexe 8**.

4.5.4 Artibonite – Commune de St-Raphaël

Le sous-bassin versant ARR-5 nécessite environ 500 seuils en pierres sèches, 40 seuils en gabions et 30 micro-retenues. Les coordonnées approximatives des seuils en gabion et des micro-retenues sont présentées à l'**Annexe 8**.

4.5.5 Artibonite – Commune de Michel de l'Attalaye

Le sous-bassin versant ARM-15 nécessite environ 1 000 seuils en pierres sèches, 52 seuils en gabions et 102 micro-retenues. Les coordonnées approximatives des seuils en gabion et des micro-retenues sont présentées à l'**Annexe 8**.

4.6 Estimation sommaire des coûts

4.6.1 Détermination des coûts unitaires par ouvrage

L'estimation des coûts des ouvrages de traitement de ravines a été réalisée sur la base des données disponibles pour les réalisations du PMDN I. Le **Tableau 4.28** fait une synthèse des informations collectées.

Tableau 4.28 : Coûts unitaires des ouvrages de traitement de ravines selon différentes sources

Source	Bassin versant	Type d'ouvrage	Coût ($US)	Nombre	Coût unitaire ($US)
Oxfam Québec/Catié-Sud		SPS	-	-	174
		SG	-	-	2 756
		MR	-	-	12 930
Étude préparatoire des ouvrages Opaque et Roucou	Roucou	SPS	66 627	685	97
		SG	57 381	6	9 564
		MR	428 928	44	9 748
	Opaque	SPS	136 632	1 405	97
		SG	59 744	10	5 974
		MR	173 215	18	9 623

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue

Les coûts unitaires des seuils en pierres sèches, des seuils en gabions et des micro-retenues varient respectivement de 97 à 174 $ US, de 2 756 à 9 974 $US et de 9 623 à 12 930 $US. Pour les fins de l'étude, les valeurs du **Tableau 4.29** ont été provisoirement retenues.

Tableau 4.29 : Coûts unitaires des ouvrages de traitement de ravines proposés pour l'analyse

Type d'ouvrage	Coût unitaire ($US)
Seuil en pierres sèches	135
Seuil en gabion	6 000
Micro-retenue	10 000

4.6.2 Validation des coûts unitaires proposés pour des ouvrages déjà réalisés

Une vérification a été effectuée en évaluant les coûts des travaux effectivement réalisés par le PMDN I pour les sites de Bahon, Opaque et Roucou sur la base des coûts unitaires proposés. Les résultats de cette vérification indiquent que les écarts de coûts sont inférieurs à 8,5% (**Tableau 4.30**). Les coûts de 135, 6 000 et 10 000 $US sont donc retenus pour l'estimation des coûts des ouvrages respectifs de traitement des ravines. Il est important de préciser que les coûts unitaires comprennent uniquement les coûts de construction des ouvrages et n'incluent donc pas les coûts pour les études et la supervision des travaux.

Tableau 4.30 : Vérification de la marge d'erreur sur l'estimation des coûts unitaires

Site	Type d'ouvrage	Nombre	Coût estimé ($ US)	Coût total estimé ($ US)	Coût réel total ($ US)	Écart de coût	
						$ US	%
Bahon	SPS	1 000	135 000	417 000	409 963	+7 037	+1,72
	SG	12	72 000				
	MR	21	210 000				
Opaque	SPS	2 581	348 435	588 435	542 617	+45 818	+8,44
	SG	10	60 000				
	MR	18	180 000				
Roucou	SPS	1 549	209 115	209 115	217 047	-7 932	-3,65
	SG	0	0				
	MR	0	0				

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

4.6.3 Calcul des coûts des ouvrages par bassin versant

Le **Tableau 4.31** présente le coût des investissements prioritaires au niveau des ouvrages de traitement de ravines en amont des bassins versants concernés par l'étude. Au total, 4 500 seuils en pierres sèches, 186 seuils en gabion et 336 micro-retenues sont prévus à titre d'ouvrages de traitement de ravines pour un coût total de 5 591 850 $US, incluant le coût du PGES (10%).

Tableau 4.31 : Coût des investissements prioritaires au niveau des ouvrages de traitement de ravines

Bassin versant	Structures à protéger	Sous bassin versant/ commune	Type d'ouvrage	Nombre	Coût unitaire ($ US)	Coût total par type d'ouvrage ($ US)	Coût global par bassin versant ($US)
Grande Rivière du Nord	Ville de Grande Rivière du Nord	Caracol, Gambarde (GRN-6)	SPS	750	135	101 250	1 295 000
			SG	28	6 000	168 000	
			MR	79	10 000	790 000	
		Jolitrou (GRN-5)	SPS	250	135	33 750	
			SG	7	6 000	42 000	
			MR	16	10 000	160 000	
Cavaillon	Ville et pont de Cavaillon	Gros Marin (CAV-17)	SPS	1 000	135	135 000	749 000
			SG	29	6 000	174 000	
			MR	44	10 000	440 000	
Ravine du Sud	Ville de Camp Perrin et périmètre d'Avezac	Bras de Gauche (RDS-2)	SPS	1 000	135	135 000	965 000
			SG	30	6 000	180 000	
			MR	65	10 000	650 000	
Artibonite	Ville et périmètre de Saint Raphaël	Saint-Raphaël (ARR-5)	SPS	500	135	67 500	607 500
			SG	40	6 000	240 000	
			MR	30	10 000	300 000	
Artibonite	Route St-Michel - Ennery	Saint-Michel de l'Attalaye (ARM-15)	SPS	1 000	135	135 000	1 467 000
			SG	52	6 000	312 000	
			MR	102	10 000	1 020 000	
Total			SPS	4 500	135	607 500	**5 083 500**
			SG	186	6 000	1 116 000	
			MR	336	10 000	3 360 000	
						PGES (10%)	**508 350**
						Total ($US)	**5 591 850**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

5 Évaluation environnementale et sociale des ouvrages prioritaires

5.1 Objectif de l'Évaluation Environnementale

La présente Évaluation Environnementale (EE) accompagne la réalisation des Études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection de cinq bassins versants de la République d'Haïti.

Les activités prévues dans le cadre du PMDN II pourront causer des impacts environnementaux négatifs localisés et à court terme, incluant des impacts sociaux, pour lesquels des mesures d'atténuation pourront être proposées. En accord avec la politique de sauvegarde environnemental de la BID (OP-703 et OP-704), le PMDN II devrait être classé comme un projet de la catégorie « B » pour lequel une Évaluation Environnementale (EE) et un Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) sont requis.

L'évaluation environnementale vise à déterminer l'importance des principaux impacts anticipés sur les milieux physique, biologique et humain de la réalisation de différents aménagements de protection riveraine et d'ouvrages de protection de bassins versants : seuils en pierres sèches, seuils en gabions et micro-retenues. Elle définit un ensemble de mesures d'atténuation et de bonification pour réduire les impacts négatifs du projet et augmenter les impacts positifs. Un Plan de gestion environnementale et sociale (PGES) est élaboré afin de faciliter l'exécution de ces mesures d'atténuation/bonification lors de la réalisation des travaux de construction de même qu'en phase exploitation.

5.2 Cadre juridique, réglementaire et administratif

Cette section résume la législation nationale de la République d'Haïti en matière de protection de l'environnement. Le cadre institutionnel de même que les conventions internationales pertinentes, ratifiées par Haïti, sont présentés, de même que les Directives de la Banque Interaméricaine de Développement (BID).

5.2.1 Cadre légal National

Depuis l'adoption du Barbados Programme of Action (BPOA) en 1994, la République d'Haïti a conçu et s'est efforcée de mettre en œuvre un ensemble de politiques, de mesures légales et de mécanismes institutionnels à caractère global et thématique dans le domaine du développement durable.

Avec l'appui avec la Coopération internationale, l'État haïtien a mis au point plusieurs politiques thématiques et intersectorielles en rapport avec le développement durable. Certains de ces instruments de politique sont achevés, d'autres sont en voie de finalisation. Mentionnons entre autres :

- la création du Ministère de l'Environnement en 1995;
- l'élaboration d'un Plan d'Action pour l'Environnement (PAE) en 1999, lequel dégage les principes directeurs d'une stratégie susceptible de faciliter l'implantation d'une politique environnementale durable;
- la mise sur pied du Programme National de lutte contre la Désertification dans la zone frontalière avec la République Dominicaine;
- la politique sous-sectorielle de gestion des bassins versants et la politique de l'eau;
- les éléments d'une politique forestière et d'une gestion des aires protégées;
- la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Bassins versants et des Zones Côtières;
- la Stratégie Nationale et le Plan d'action pour la Gestion de la Biodiversité;
- la signature et la ratification des principales Conventions internationales touchant à l'environnement (Biodiversité, Changements climatiques, Désertification, etc.).

Le 12 octobre 2005, le gouvernement haïtien a adopté le Décret portant sur la Gestion de l'Environnement et la Régulation de la Conduite des Citoyens et Citoyennes pour un Développement Durable. Ce décret est en quelque sorte la loi cadre de protection de l'environnement visant une approche de gestion intégrée du secteur des ressources environnementales. Ce décret réglemente l'utilisation des ressources naturelles et définit les plateformes et mécanismes pour le contrôle et la résolution des conflits environnementaux.

De plus, ce décret établit les principes de centralisation de l'environnement et transcrit des engagements internationaux dans le droit interne. De ce décret devraient découler des règlements visant à spécifier des normes et critères de protection de l'environnement pour les différentes composantes environnementales telles l'eau, l'air et la gestion des matières dangereuses.

5.2.2 Le Ministère de l'Environnement et la procédure nationale d'évaluation environnementale des projets

Le Ministère de l'Environnement de la République d'Haïti a été créé en 1995. Le décret du 26 janvier 2006 (Décret portant sur la gestion de l'environnement et de régulation de la conduite des citoyens et citoyennes pour un développement durable) a proposé l'élaboration d'un cadre institutionnel, sous forme d'un Système national de gestion de l'environnement (SNGE).

En ce qui a trait aux études d'impact, le Ministère de l'Environnement s'appuie d'abord sur le Décret No 199/PRG/SGG/89 codifiant les études d'impact qui précise les circonstances et conditions en vertu desquelles il est obligatoire de préparer une Étude d'Impact Environnemental (EIE). Le Ministère de l'Environnement comprend une Direction Générale divisée en trois départements, le Département Technique, le Département Administratif et les bureaux régionaux (Nord-Est, Sud, Artibonite), tous subordonnés à la Direction Générale.

En matière d'évaluation environnementale, la législation nationale ne prévoit pas encore une caractérisation détaillée des projets et sous-projets devant faire l'objet d'une EIE. L'annexe du Décret réglementant les EIE indique simplement une nomenclature de secteurs d'activités. Il en est de même de la procédure de consultation et de participation du public ainsi que de la diffusion des informations relatives aux EIE.

5.2.3 Conventions régionales et internationales ratifiées par la République d'Haïti

La République d'Haïti a ratifié plusieurs conventions internationales portant sur la protection de l'environnement et des enjeux sociaux. Les plus importantes sont :

- La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) a été ratifiée par Décret le 08 août 1996 (Réf : Moniteur No 65 du jeudi 25 août 1996). La CCNUCC constitue un cadre global de l'effort intergouvernemental pour faire face au défi posé par les changements climatiques. Elle reconnaît que le système climatique est une ressource partagée dont la stabilité peut être affectée par les émissions industrielles de CO_2 ainsi que les autres gaz à effet de serre.
- Haïti a adhéré au Protocole de Montréal et aux amendements de Londres, de Copenhague et de Montréal le 29 Mars 2000. Au titre de ces accords internationaux, Haïti doit soumettre annuellement ses données de consommation de : Fréon-11, Fréon-12, Fréon-502 et Fréon-22. En outre, Haïti devait réduire de 50% en 2005 et de 85% en 2007, l'importation des produits susmentionnés par rapport aux données de référence de l'année 2001, et en éliminer totalement l'importation en 2010.
- Le Protocole de Développement du cadre réglementaire national de Biosécurité qui procède de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB, 1992) vise à instituer un cadre réglementaire en ce qui concerne le transport, le stockage et l'utilisation des Organismes Génétiques Modifiés (OGM) qui peuvent avoir des effets néfastes sur la conservation de la diversité biologique, compte tenu également des risques pour la santé humaine. Haïti, en tant que Partie de la CDB, a franchi plusieurs étapes dans ce processus, depuis son adhésion au dit Protocole.
- La Convention internationale de Lutte contre la Désertification (CCD, 1994) signée par le Gouvernement de la République d'Haïti en 1994 et ratifiée par le Parlement en 1996 a pour objectif de lutter contre la désertification

(dégradation des terres) et d'atténuer les effets de la sécheresse et/ou la désertification grâce à des mesures appropriées à tous les niveaux, appuyées par des arrangements internationaux de coopération et de partenariat, suivant une approche intégrée, en vue de contribuer à l'instauration d'un développement durable dans les zones touchées.

5.2.4 Politiques de sauvegarde de la BID

Les politiques de sauvegarde environnementale et sociale de la Banque Interaméricaine de Développement (BID) comprennent plusieurs directives. Parmi celles-ci, on peut mentionner notamment :

- Directive B1 – Politiques : L'objectif de la politique de la Banque est de favoriser la sensibilisation des populations aux techniques de développement durable (récupération, recyclage, valorisation, lutte biologique et lutte intégrée de pestes) et de résilience aux changements climatiques.
- Directive B2 - Législation et réglementation : La BID exige que l'emprunteur garantisse que le programme, dans sa conception et sa mise en œuvre, respecte la législation et les normes environnementales du pays bénéficiaire.
- Directives B3 - Réévaluation et classification : Toutes les opérations financées par la BID doivent être pré-évaluées et classifiées selon 3 catégories (A, B et C) en fonction de leurs impacts environnementaux et sociaux potentiels.
- Directive B5 - Exigences d'évaluation environnementale : La préparation des Évaluations Environnementales (EE), leurs plans de gestion associés et leur mise en œuvre est de la responsabilité de l'emprunteur. L'objectif de cette politique est de s'assurer que les projets sont viables et faisables sur le plan environnemental, et que la prise des décisions est améliorée à travers une analyse appropriée des activités et leurs probables impacts environnementaux.
- Directive B6 - Consultation et diffusion : Partie intégrante d'une EE, les groupes affectés doivent être consultés au moins une fois, préférablement au cours de la préparation du PGES. Durant la mise en œuvre du projet, les parties affectées doivent être informées sur les mesures de mitigation environnementale et sociale comme défini dans le PGES.
- Directive B9 - Habitats naturels et sites culturels : La Banque n'appuie pas le financement de projets ou d'activités dégradant ou convertissant des habitats naturels présentant un intérêt particulier pour la préservation de la diversité biologique. Le PMDN II ne prévoit pas d'intervention dans les habitats naturels. Il n'y a donc pas lieu de prévoir des mesures particulières à cet égard. Pour des activités qui pourraient affecter des sites, objets archéologiques ou historiques, les bonnes pratiques internationales devront être appliquées.

5.3 Évaluation des impacts sur les milieux physique, biologique et humain

5.3.1 Démarche générale

En premier lieu, l'identification des impacts potentiels est réalisée à l'aide d'une grille d'interrelations entre les sources d'impact significatif et les composantes des milieux physique, biologique et humain touchées par le programme. Les sources d'impact potentiel sont identifiées selon les phases de construction et d'exploitation des aménagements et ouvrages prioritaires proposés.

Il est ensuite procédé à l'évaluation des impacts potentiels des aménagements et ouvrages sur les principales composantes environnementales et sociales, en se basant sur des critères prédéfinis. La méthode retenue pour évaluer l'importance probable des impacts repose sur l'identification des sources d'impact et sur quatre critères fondamentaux que sont la nature, la durée, l'étendue et l'intensité de l'impact. Une attention particulière est apportée à l'évaluation des impacts lorsque des éléments sensibles du milieu sont potentiellement affectés.

L'évaluation des impacts permet d'établir des niveaux d'acceptabilité et de définir les besoins en matière d'atténuation, de compensation, de surveillance et de suivi des impacts.

5.3.2 Identification des impacts

L'identification des impacts est réalisée en mettant en relation les éléments du programme, tant en phase de construction (pendant les travaux) que d'exploitation (après les travaux), avec les composantes du milieu physique, biologique et humain. Cette mise en relation prend la forme d'une grille, où chaque interrelation identifiée représente un impact probable d'un élément du programme sur une composante du milieu.

5.3.3 Critères d'évaluation des impacts

Tel que mentionné précédemment, l'importance des impacts est évaluée à partir de critères prédéterminés et ceux retenus dans le cadre de cette étude sont définis ci-dessous.

- **Nature de l'impact**

  Un impact peut être positif, négatif ou indéterminé. Un impact positif engendre une amélioration de la composante du milieu touchée par le programme, tandis qu'un impact négatif contribue à sa détérioration. Un impact indéterminé est un impact qui ne peut être classé comme positif ou négatif ou encore qui présente à la fois des aspects positifs et négatifs.

- **Durée de l'impact**

  Un impact peut être qualifié de temporaire ou de permanent. Un impact temporaire peut s'échelonner sur quelques jours, semaines ou mois, mais doit être associé à la notion de réversibilité. Par contre, un impact permanent a un caractère d'irréversibilité et est observé de manière définitive ou à très long terme.

- **Étendue de l'impact**

  L'étendue de l'impact correspond à l'ampleur spatiale de la modification de l'élément affecté. On distingue trois niveaux d'étendue : régionale, locale et ponctuelle. L'étendue est régionale si un impact sur une composante est ressenti dans un grand territoire (l'ensemble d'un bassin versant par exemple) ou affecte une grande portion de sa population. L'étendue est locale si l'impact est ressenti sur une portion limitée du bassin versant ou par un groupe restreint de sa population. L'étendue est ponctuelle si l'impact est ressenti dans un espace réduit et circonscrit ou par seulement quelques individus.

- **Intensité de l'impact**

  L'intensité de l'impact est fonction de l'ampleur des modifications sur la composante du milieu touchée par une activité du projet ou encore des perturbations qui en découlent. Ainsi, une forte intensité est associée à un impact qui résulte en des modifications importantes de la composante du milieu, qui se traduisent par des différences également importantes au niveau de son utilisation, de ses caractéristiques ou de sa qualité. Un impact de moyenne intensité engendre des perturbations de la composante du milieu touchée qui modifient modérément son utilisation, ses caractéristiques ou sa qualité. Enfin, une faible intensité est associée à un impact ne provoquant que de faibles modifications à la composante visée, ne remettant pas en cause son utilisation, ses caractéristiques ni sa qualité.

- **Importance de l'impact**

  La corrélation entre les descripteurs de durée, d'étendue et d'intensité permet d'établir une appréciation globale des divers impacts. À cet effet, le **Tableau 5.1** sert de guide pour évaluer l'importance d'un impact, mais il revient à l'évaluateur de porter un jugement global sur l'impact en fonction des spécificités du milieu. L'appréciation de l'importance de l'impact est classée selon les quatre catégories suivantes :

- impact d'importance majeure : les répercussions sur le milieu sont très fortes et peuvent difficilement être atténuées;
- impact d'importance moyenne : les répercussions sur le milieu sont appréciables mais peuvent être atténuées par des mesures spécifiques;
- impact d'importance mineure : les répercussions sur le milieu sont significatives mais réduites et exigent ou non l'application de mesures d'atténuation;
- impact d'importance négligeable: les répercussions sur le milieu ne sont pas significatives ou sont hypothétiques et sans conséquence notables; cette catégorie d'importance n'apparaît donc pas dans le **Tableau 5.1**.

Tableau 5.1 : Grille de détermination de l'importance globale de l'impact

Intensité	Étendue	Durée	Importance de l'impact		
			Majeure	Moyenne	Mineure
Forte	Régionale	Permanente	X		
		Temporaire		X	
	Locale	Permanente	X		
		Temporaire		X	
	Ponctuelle	Permanente		X	
		Temporaire			X
Moyenne	Régionale	Permanente	X		
		Temporaire		X	
	Locale	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Ponctuelle	Permanente		X	
		Temporaire			X
Faible	Régionale	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Locale	Permanente		X	
		Temporaire			X
	Ponctuelle	Permanente			X
		Temporaire			X

Source : Hydro-Québec, 1995.[24]

Pour compléter cette démarche, une mission de terrain a été effectuée du 9 au 31 mars 2015. Elle a permis de se familiariser avec les cinq bassins versants concernés et de faire l'analyse des différentes problématiques rencontrées dans les différents bassins versants. Le programme de la mission terrain ainsi que la liste des personnes rencontrées au cours de cette mission sont présentés aux **Annexes 6** et **7** respectivement.

5.3.4 Mesures d'atténuation ou de bonification des impacts

Les mesures d'atténuation des impacts sont des actions visant à éliminer les impacts négatifs anticipés ou à réduire la portée de ceux-ci. Les mesures de bonification ont comme objectif d'augmenter les effets positifs d'un impact. Dans la plupart des cas, les mesures d'atténuation ou de bonification privilégiées sont celles dont l'efficacité a déjà été expérimentée dans le cadre de programmes similaires. On procède ensuite à l'évaluation des impacts résiduels du programme en anticipant le succès attendu des mesures d'atténuation et de bonification proposées.

[24] Hydro-Québec, 1995. Mercier-Birobi : Rapport synthèse des études environnementales de la phase 2 de l'avant-projet. Volume 4 : Recueil des méthodes.

5.4 Impacts sur les milieux physique, biologique et humain

5.4.1 Identification des impacts

Pour la présente étude, vingt composantes ont été retenues et une grille a été préparée pour les différents types d'aménagements et ouvrages. Le **Tableau 5.2** présente cette grille d'interrelation (matrice des impacts) pour les phases de construction et exploitation des aménagements et ouvrages.

5.4.2 Impacts sur le milieu physique

Phase construction

Les sources potentielles d'impacts sur le milieu physique au cours de la phase construction sont liées à :

- l'installation du chantier (signalisation, base vie, arpentage, aire de dépôt, etc. notamment pour les grands travaux de recalibrage de rivière et/ou de protection riveraine);
- l'excavation et au terrassement (déboisement, abattage d'arbres, décapage, déblai, remblai);
- l'exploitation de zones d'emprunt (terre, sable, pierres, etc.);
- la construction d'ouvrages (mur de soutènement, gabion, seuil, micro-retenue, etc.);
- la circulation des engins / équipements mécaniques de chantiers, et des véhicules de transport (matériaux, travailleurs, etc.).

Les composantes environnementales du milieu physique qui seront affectées par la réalisation des aménagements et ouvrages sont les suivantes :

- l'air;
- le paysage et la topographie;
- le sol;
- le régime hydrologique;
- la qualité des eaux (souterraines, de surface).

a) Impacts

- Le fonctionnement des engins de chantier (moteurs, bip sonore de recul…) ou d'autres équipements mécaniques produit des bruits incommodants. Les émissions gazeuses des véhicules et engins de chantiers en circulation et les poussières soulevées lors du creusage, de l'exploitation des sites d'emprunt, du transport de matériel, du débroussaillage et de l'abattage d'arbres, affectent la qualité de l'air ambiant.
- Les travaux de recalibrage de rivière et d'aménagement de protection riveraine nécessiteront des opérations de décapage, de recharge, la construction d'ouvrages de franchissement ou de fossé, ce qui modifiera le relief et la topographie du terrain sur les sites de protection riveraine. Les zones d'emprunt de matériaux (pierre, gravier, sable, etc.) constitueront des zones de modification du relief et de la topographie du terrain et de changement du paysage.
- L'exploitation des zones d'emprunt occasionnera l'excavation de quantités de pierres et de terre, et modifiera les propriétés physiques (densité, profondeur, structure, etc.) et chimiques (fertilité, etc.) du sol, et tout particulièrement si le sol est humide ou saturé en eau lors des travaux. Le passage répété d'engins et de camions entraînera la compaction du sol.
- Une dégradation du sol sera possible suite à l'utilisation de produits polluants par les différents chantiers. Le déversement accidentel ponctuel ou diffus de produits pétroliers lors de l'approvisionnement des véhicules de chantier de même que le rejet incontrôlé dans l'environnement de lubrifiants et de filtres pourront constituer des sources de pollution des sols et des eaux (surface, souterraines). De même, les déchets liquides et solides générés par les travaux, ainsi que par les ouvriers (base vie), pourront être des sources de contamination s'ils ne font pas l'objet d'une gestion adéquate et sécuritaire.

Tableau 5.2 : Matrice des impacts avant atténuation/bonification

	Milieux et composantes susceptibles d'être affectés																			
	Milieu physique						Milieu biologique					Milieu humain								
	Air	Paysage / Topographie	Sol	Régime hydrologique	Nappe d'eau souterraine	Qualité des eaux	Végétation aquatique	Végétation terrestre	Faune aquatique	Faune terrestre	Faune aviaire	Infrastructures / biens publics	Propriétés / biens privées	Investissements	Activités économiques	Agriculture	Élevage	Sécurité publique	Emploi / Main-d'œuvre	Qualité de vie
Phase construction																				
Prot. Riv. - GRN	- -	- -	- -	- -		- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	++	++	-	-	- -	++	- -
Prot. Riv. - Cavaillon	- -	- -	- -	- -		- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	++	++	-	-	- -	++	- -
Prot. Riv. - Ravine du Sud	- -	- -	- -	- -		- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	++	++	-	-	- -	++	- -
Prot. Riv. - Artibonite-Moreau	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	- -	+	+			-	+	-
Prot. Riv. - Artibonite-Siphon V.	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+			-	+	-
Prot. Riv. - Artibonite-Laville	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+			- -	+	-
Prot. Riv. - Acul Dubreuil	- -	- -	- -	- -		- -	- -	- -	- -	- -	- -		-	++	++	-	-	-	++	-
Seuil en pierres sèches		-	-	-									-	+	+	-	-	-	+	-
Seuil en gabion		-	-	-									-	+	+	-	-	-	+	-
Micro-retenue		-	-	-		-							-	+	+	-	-	-	+	-
Phase exploitation																				
Prot. Riv. - GRN			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Prot. Riv. - Cavaillon			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Prot. Riv. - Ravine du Sud			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Prot. Riv. - Artibonite-Moreau			+									++	+	+	+	+	+	++		++
Prot. Riv. - Artibonite-Siphon V.			+									++	+	+	+	+	+	+		+
Prot. Riv. - Artibonite-Laville			+									++	++	+	+	+	+	++		++
Prot. Riv. - Acul Dubreuil			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Seuil en pierres sèches			+	+	+							+	+	+	+	+	+	+		+
Seuil en gabion			+	+	+							+	+	+	+	+	+	+		+
Micro-retenue			+	+	+			+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+

Légende

+++ Impact positif d'importance forte ++ Impact positif d'importance moyenne + Impact positif d'importance faible

- - - Impact négatif d'importance forte - - Impact négatif d'importance moyenne - Impact négatif d'importance faible

- Les recharges dans l'emprise des aménagements, la construction des ouvrages de franchissement ou d'assainissement peuvent intercepter les axes naturels de ruissellement et de drainage des eaux modifiant ainsi temporairement ou définitivement l'écoulement des eaux de surface. La modification du drainage naturel peut affecter la recharge naturelle de la nappe au niveau local.
- La satisfaction des besoins en eau (eau potable pour les travailleurs, humidification des pistes, humidification des matériaux pour la compaction, nettoyage des véhicules, engins et autre matériel de travail, etc.) pour les travaux ajoutera une pression supplémentaire sur la demande en eau déjà existante. La disponibilité de la ressource en eau pourrait être réduite pour les besoins de la population.
- La réalisation des travaux en période pluvieuse pourra affecter la qualité des eaux de ruissellement.

b) Mesures d'atténuation ou de bonification

- À proximité des zones habitées, éviter la réalisation des travaux bruyants pendant les heures de repos.
- Minimiser la dispersion de la poussière durant la construction par l'utilisation des moyens appropriés. Par exemple l'arrosage des voies d'accès utilisées et les zones des travaux ou la mise en place des bandes de végétation.
- Fournir des équipements de protection aux travailleurs exposées aux bruits et aux poussières.
- Les véhicules de transport et les engins de chantier doivent être maintenus dans un bon état de fonctionnement pour minimiser les émissions gazeuses et le bruit.
- Les zones de circulation des véhicules et de la machinerie devront être minimisées. Dans la mesure du possible, on utilisera les voies et pistes déjà existantes.
- Les excédents de déblais produits par les travaux seront ré-étalés à proximité des sites ou transportés sur un site approprié où ils s'harmoniseront avec le relief naturel.
- La création de nouvelles zones d'emprunt sera évitée dans la mesure du possible. Lorsque d'anciennes zones d'emprunt existent à une distance raisonnable, celles-ci devront être utilisées. À la fin des travaux, on redonnera dans la mesure du possible au relief des zones d'emprunt une forme similaire au paysage avoisinant.
- Pour limiter les impacts sur les écoulements de l'eau et sur le sol, les travaux devront être réalisés en saison sèche. Ceci implique une planification rigoureuse des travaux afin d'éviter tout retard et étirement des travaux au-delà de la saison sèche. Les ouvrages de franchissement ou de drainage doivent être bien dimensionnés et construits pour éviter que les travaux n'entravent les écoulements des eaux de drainage et de ruissellement.
- Les approvisionnements (carburant, lubrifiant, etc.) et les entretiens (changements d'huile, filtres, etc.) des véhicules/équipements de chantier devront se faire de façon à éviter toute perte sur le sol, et dans les eaux de surface et souterraine. Les déchets liquides et solides générés par les travaux ainsi que par les ouvriers devront être gérés adéquatement. Les entreprises concernées par les travaux seront responsables d'effectuer un suivi strict de ces différents éléments et de signaler aux autorités compétences tout accident ou incident qui pourrait survenir au cours des opérations et présenter un risque de contamination du milieu. Les contrôleurs des travaux devront effectuer des contrôles périodiques ponctuels permettant de vérifier la bonne application des mesures préventives et d'atténuation par les entreprises.

Phase exploitation

Les sources potentielles d'impacts sur le milieu physique pendant l'exploitation des aménagements et des ouvrages sont liées à:

- la présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages (seuil en pierres sèches, seuil en gabions, micro-retenues).

Les composantes environnementales du milieu physique qui seront affectées par la présence des aménagements et des ouvrages sont les suivantes :

- le sol;
- le régime hydrologique;
- la nappe d'eau souterraine.

a) Impacts

- La présence des aménagements de protection riveraine réduira l'érosion des talus et des sols aux abords des zones soumises aux inondations, et limitera le transport des sédiments vers l'aval des bassins versants.
- La présence des seuils (en pierres sèches, en gabions) réduira les vitesses d'écoulement de l'eau dans les ravines, réduisant ainsi l'érosion des sols et limitant le transport des sédiments de l'amont vers l'aval des bassins versants.
- La présence des micro-retenues permettra d'accumuler des volumes d'eau et de diminuer ainsi l'intensité des crues en aval de celles-ci, réduisant subséquemment l'érosion des sols et limitant le transport des sédiments de l'amont vers l'aval des bassins versants.
- La présence des seuils et des micro-retenues réduira les volumes d'eau ruisselés et contribuera positivement à la recharge naturelle de la nappe d'eau souterraine.

b) Mesures d'atténuation ou de bonification

- Aucune mesure particulière.

5.4.3 Impacts sur le milieu biologique

Phase construction

Les sources potentielles d'impacts sur le milieu biologique au cours de la phase construction sont liées à:

- l'installation du chantier (signalisation, base vie, arpentage, aire de dépôt, etc. notamment pour les grands travaux de recalibrage de rivière et/ou de protection riveraine);
- l'excavation et au terrassement (déboisement, abattage d'arbres, décapage, déblai, remblai);
- l'exploitation de zones d'emprunt (terre, sable, pierres, etc.);
- la construction d'ouvrages (mur de soutènement, gabion, seuil, micro-retenue, etc.);
- la circulation des engins / équipements mécaniques de chantiers, et des véhicules de transport (matériaux, travailleurs, etc.).

Les composantes environnementales du milieu biologique qui seront affectées par la réalisation des aménagements et des ouvrages sont les suivantes :

- la végétation aquatique;
- la végétation terrestre;
- la faune aquatique;
- la faune terrestre;
- la faune aviaire.

a) Impacts

- Les travaux de recalibrage et de construction des aménagements de protection riveraine empièteront sur les écosystèmes humides (végétation aquatique, faune aquatique) et constitueront temporairement un facteur de destruction et de diminution de la productivité de ces derniersl
- Les travaux de construction des aménagements de protection riveraine, des seuils et des micro-retenues, l'exploitation des zones d'emprunt, l'aménagement de voies d'accès et la circulation des engins et équipements de chantier entraîneront une perturbation et une fragmentation des habitats fauniques (nids des oiseaux par exemple) ainsi que l'isolement et l'augmentation de la mortalité chez les animaux. On pourra également noter une augmentation des activités de chasse ou de pêche due à la présence de travailleurs non-résidentsl
- Les travaux de construction des aménagements de protection riveraine et l'exploitation des zones d'emprunt entraîneront une destruction du couvert végétal sur les emprises des travaux et dans les zones d'emprunts. L'aménagement de voies d'accès, l'élargissement et la construction de nouveaux tronçons

de piste temporaire pourront entraîner une perte significative de produits forestiers ligneux (bois de feu, bois d'œuvre) et non-ligneux (fruits, feuilles, etc.)l
- La circulation des engins / équipements de chantier et des véhicules de transport pourra occasionner des accidents et entraîner une augmentation de la mortalité chez les animaux.

b) Mesures d'atténuation ou de bonification

- Minimiser le déboisement dans la mesure du possible;
- les arbres en bordure des emprises des travaux doivent être protégés de la machinerie lourde;
- les pertes subies par la destruction des arbres pourront être compensées par la plantation d'arbres le long des aménagements et le reboisement des sites d'emprunt et des carrières avec des espèces adaptées et appréciées des populations;
- encourager le développement de pépinières villageoises;
- établir un périmètre de protection autour des écosystèmes humides et particulièrement ceux qui sont les plus sensibles;
- la réalisation des travaux doit être faite selon un planning qui tient compte de l'utilisation du territoire par les animaux et qui minimise la durée des travaux dans les écosystèmes sensibles. La traversée des écosystèmes humides doit être évitéel
- sensibiliser les travailleurs sur le respect de l'environnement et la préservation de la flore et de la faune.

Phase exploitation

Les sources potentielles d'impacts sur le milieu biologique pendant l'exploitation des aménagements et des ouvrages sont liées à:

- la présence des micro-retenues.

Les composantes environnementales du milieu biologique qui seront affectées par la présence des micro-retenues sont les suivantes :

- la végétation terrestre;
- la faune terrestre;
- la faune aviaire.

a) Impacts

- La présence des micro-retenues permettra l'emmagasinement de certaines quantités d'eau pour des périodes ponctuelles plus ou moins longues; ce qui pourra favoriser le développement de la végétation terrestre et des faunes terrestre / aviaire.

b) Mesures d'atténuation ou de bonification

- Sensibiliser les populations sur le respect de l'environnement et la préservation de la végétation terrestre et des faunes terrestre / aviaire;
- promouvoir le développement de pépinières forestières afin de favoriser l'implantation de végétation terrestre sur les berges protégées et autour des micro-retenues implantées.

5.4.4 Impacts sur le milieu humain

Phase construction

Les sources potentielles d'impacts sur le milieu humain au cours de la phase construction sont liées à:

- l'installation du chantier (signalisation, base vie, arpentage, aire de dépôt, etc. notamment pour les grands travaux de recalibrage de rivière et/ou de protection riveraine);
- l'excavation et au terrassement (déboisement, abattage d'arbres, décapage, déblai, remblai);
- l'exploitation de zones d'emprunt (terre, sable, pierres, etc.);
- la construction d'ouvrages (mur de soutènement, gabion, seuil, micro-retenue, etc.);
- la circulation des engins / équipements mécaniques de chantier, et des véhicules de transport (matériaux, travailleurs, etc.).

Les composantes de l'environnement du milieu humain qui seront affectées par la réalisation des aménagements et des ouvrages sont :

- les infrastructures (écoles, centre de santé, etc.) et les biens publics;
- les propriétés (habitations, magasins, etc.) et les biens privés;
- les investissements;
- les activités économiques (autres que l'agriculture et l'élevage);
- l'agriculture;
- l'élevage;
- la sécurité publique;
- l'emploi et la main-d'œuvre;
- la qualité de vie.

a) Impacts

- La réalisation des travaux pourra modifier temporairement ou définitivement l'occupation du territoire (sol) et nécessiter par conséquent l'acquisition de propriétés / biens publics et privés (expropriation, réinstallation, etc.);
- la réalisation des travaux pourra affecter temporairement ou définitivement l'accès à des infrastructures (bâtiments, espaces verts, plages, etc.) et aux biens publics;
- la réalisation des travaux pourra affecter temporairement ou définitivement l'accès aux propriétés et aux biens privés;
- la réalisation des travaux pourra inciter certaines entreprises à investir davantage pour avoir accès à certains marchés de travaux ou fourniture de biens/services;
- la réalisation des travaux augmentera localement la demande en biens et services en raison de la présence de travailleurs non-résidents pour la durée des travaux avec une augmentation du niveau d'activités économiques;
- les activités agricoles seront perturbées et des superficies agricoles perdues de façon temporaire ou définitive dans les zones de circulation intense de la machinerie et des véhicules et le long de certains aménagements et ouvrages;
- les activités d'élevage seront perturbées par l'empiètement ou la destruction de zones de pâturage lors de la circulation de la machinerie et de la réalisation des travaux;
- un risque accru de blessures et de décès aussi bien pour les hommes que le cheptel en raison de la présence du chantier et d'une plus grande circulation des engins de chantier et véhicules de transport;
- la création d'emplois temporaires pour la durée des travaux;
- la réalisation de travaux avec des équipements lourds pourra être une source de bruit, de poussières et de restriction dans les déplacements (détour nécessitant un temps plus long pour circuler), ce qui réduira la qualité de vie des populations affectées.

b) Mesures d'atténuation ou de bonification

Préalablement au début des travaux :

- Réaliser un recensement des infrastructures / biens publics qui seront affectés par les travaux. Initier une concertation avec les autorités responsables afin de discuter des modalités de réalisation des travaux et des mesures préventives/correctives qui devront être mise en œuvre;
- réaliser un recensement des propriétés / biens privés qui seront affectés par les travaux. Évaluer la valeur des pertes qui pourront être encourues et négocier les dédommagements conséquents pour les pertes définitives éventuelles de propriétés (habitations, commerces, etc.) et de biens, ou négocier les mesures préventives/correctives éventuelles pour la perte d'accès temporaire à ces propriétés et biens;
- mettre en place une structure de concertation avec les autorités locales et les populations afin de les consulter sur le choix de la période des travaux et sur tous les aspects dérangeant les populations afin de trouver des solutions satisfaisantes pour tous les intervenants;
- mettre en œuvre un plan de communication approprié afin d'informer les populations locales des travaux prévus et des opportunités qui s'offrent à elles.

Pendant les travaux :

- Assurer l'accès aux infrastructures publiques, aux propriétés privées et la sécurité des résidents et passants lors des travaux en appliquant des mesures adéquates (clôture, contournement des établissements humains, points de traversée sécuritaires, signalisation des travaux, etc.);
- éviter d'établir la base vie et/ou de faire circuler les engins / équipements dans les zones agricoles ou de pâturage;
- prévoir des indemnisations pour les dégâts causés aux cultures et pour les pertes d'animaux d'élevage à cause des travaux;
- privilégier l'embauche de main-d'œuvre locale. Dans la mesure du possible, lorsque certaines compétences de base sont requises, prévoir pour la main-d'œuvre locale de la formation et du renforcement de capacité afin de leur permettre de développer leurs compétences à un niveau adéquat.

Phase exploitation

Les sources potentielles d'impacts sur le milieu humain au cours de l'exploitation des aménagements de protection riveraine et des ouvrages sont liées à :

- la présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages (seuil en pierres sèches, seuil en gabions, micro-retenue).

Les composantes de l'environnement du milieu humain qui seront affectées pendant l'exploitation des aménagements et des ouvrages sont :

- les infrastructures (écoles, centre de santé, etc.) et les biens publics;
- les propriétés (habitations, magasins, etc.) et les biens privés;
- les investissements;
- les activités économiques (autres que l'agriculture et l'élevage);
- l'agriculture;
- l'élevage;
- la sécurité publique;
- la qualité de vie.

a) Impacts

- Sécurisation des infrastructures et des biens publics contre les inondations qui pourra induire une réduction des coûts de remplacement et d'entretien de ces infrastructures / biens publics;
- sécurisation des propriétés et des biens privés contre les inondations qui pourra conduire à une réduction des coûts de remplacement et d'entretien de ces propriétés / biens privés;
- une plus grande sécurisation des infrastructures / propriétés et des biens pourra faire en sorte que de plus grands investissements seront consentis localement par les milieux d'affaire et les résidents;
- une meilleure protection des infrastructures / propriétés et des biens contre les inondations pourra réduire significativement les pertes économiques, favoriser un climat de confiance en l'avenir et stimuler le développement d'activités économiques. Il en sera également de même pour les activités agricoles et d'élevage;
- la réalisation des aménagements de protection riveraine et des ouvrages pourra augmenter la sécurité publique en réduisant les pertes de vie humaine et le nombre de blessés lors d'événements climatiques importants. Également, ceux-ci pourront apporter un sentiment de sécurité aux populations (moins de craintes, d'angoisses), ce qui favorisera leur optimisme vis-à-vis de l'avenir et augmentera la qualité de vie des populations.

b) Mesures d'atténuation ou de bonification

- Renforcer la surveillance pour le respect de la réglementation et des plans d'urbanisme en matière de lotissement et d'installation des établissements et habitations hors des zones inondables;
- fournir un encadrement adéquat aux producteurs et éleveurs riverains afin d'optimiser la mise en valeur des micro-retenues: eau d'irrigation, eau d'abreuvement du cheptel, production agroforestière, etc.;
- promouvoir le développement de pépinières forestières et les activités d'agroforesterie (fruitiers, produits forestiers non ligneux (PFNL)) autour des micro-retenues;
- promouvoir l'intégration d'activités d'élevage aux activités agricoles : utilisation de fumure animale comme amendement organique et fertilisants dans les champs agricoles autours des micro-retenues, broutage par les animaux des résidus de culture, etc.;
- mettre en place et/ou maintenir un système d'alerte précoce fonctionnel pour gérer les menaces éventuelles liées à des événements climatiques d'envergure.

5.5 Impacts résiduels

Le **Tableau 5.3** présente la matrice d'impact de la réalisation des aménagements de protection riveraine et des ouvrages pour les phases construction et exploitation après l'application des mesures d'atténuation et de bonification.

De façon générale, l'application adéquate des mesures d'atténuation réduira considérablement les impacts négatifs du projet. Les impacts négatifs résiduels qui seront observés présentent dans l'ensemble un bon niveau d'acceptabilité.

Les impacts positifs du projet seront considérables, particulièrement en phase d'exploitation. Globalement on pourra observer une augmentation des investissements et des activités économiques, une amélioration de la sécurité publique (moins de pertes de vie et de blessés) et une meilleure qualité de vie des populations grâce à la sécurisation contre les inondations.

Tableau 5.3 : Matrice des impacts après atténuation/bonification

	Milieux et composantes susceptibles d'être affectés																			
	Milieu physique						Milieu biologique					Milieu humain								
	Air	Paysage / Topographie	Sol	Régime hydrologique	Nappe d'eau souterraine	Qualité des eaux	Végétation aquatique	Végétation terrestre	Faune aquatique	Faune terrestre	Faune aviaire	Infrastructures / biens publics	Propriétés / biens privées	Investissements	Activités économiques	Agriculture	Élevage	Sécurité publique	Emploi / Main-d'œuvre	Qualité de vie
Phase construction																				
Prot. Riv. - GRN	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	++	-
Prot. Riv. - Cavaillon	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	++	-
Prot. Riv. - Ravine du Sud	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	++	-
Prot. Riv. - Artibonite-Moreau	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+			-	+	-
Prot. Riv. - Artibonite-Siphon V.	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+			-	+	-
Prot. Riv. - Artibonite-Laville	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+			-	+	-
Prot. Riv. - Acul Dubreuil	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	++	-
Seuil en pierres sèches		-	-	-									-	+	+	-	-	-	+	-
Seuil en gabion		-	-	-									-	+	+	-	-	-	+	-
Micro-retenue		-	-	-		-							-	+	+	-	-	-	+	-
Phase exploitation																				
Prot. Riv. - GRN			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Prot. Riv. - Cavaillon			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Prot. Riv. - Ravine du Sud			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Prot. Riv. - Artibonite-Moreau			+									++	+	+	++	+	+	++		++
Prot. Riv. - Artibonite-Siphon V.			+									++	+	+	++	+	+	+		+
Prot. Riv. - Artibonite-Laville			+									++	++	+	++	+	+	++		++
Prot. Riv. - Acul Dubreuil			++	++								+++	+++	++	++	++	+	+++		++
Seuil en pierres sèches			+	+	+							+	+	+	+	+	+	+		+
Seuil en gabion			+	+	+							+	+	+	+	+	+	+		+
Micro-retenue			+	+	+			+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+

Légende

+++ Impact positif d'importance forte ++ Impact positif d'importance moyenne + Impact positif d'importance faible

- - - Impact négatif d'importance forte - - Impact négatif d'importance moyenne - Impact négatif d'importance faible

5.6 Plan de gestion environnementale et sociale

Les dispositions de la législation de la République d'Haïti en termes d'études d'impacts, et les standards et exigences de la BID exigent la mise en place d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES). Celui-ci sera mis en œuvre pour minimiser les impacts environnementaux et sociaux induits par la réalisation des aménagements et des ouvrages (seuils en pierres sèches, seuils en gabions, micro-retenues) prioritaires du PMDN II.

Pour chaque composante des milieux physique, biologique et humain, des mesures de gestions particulières sont proposées afin de minimiser et/ou prévenir les impacts défavorables. D'autres mesures sont suggérées pour bonifier les impacts positifs.

La mise en œuvre du PGES requiert de définir un programme de suivi environnemental des actions de mitigation/bonification préconisées avec la définition des responsabilités des institutions impliquées dans la mise en œuvre du programme et de faire une estimation des coûts du PGES.

5.6.1 Plan de Gestion Environnementale et Sociale

Le plan de gestion environnementale et sociale (**Tableau 5.4**) présente les mesures environnementales et sociales spécifiques à la réalisation des aménagements de protection riveraine et des ouvrages. Il est important de noter que l'entreprise aura la responsabilité de la mise en œuvre des mesures d'atténuation/bonification concernant les travaux majeurs de protection riveraine. Pour les ouvrages de plus petite taille (seuil en pierres sèches, seuil en gabions, micro-retenues), les travaux pourront être réalisés en régie par le PMDN II ou en sous-traitance par des opérateurs économiques locaux. Il incombera donc au PMDN II et à ses sous-traitants de mettre en œuvre les mesures d'atténuation/bonification.

5.6.2 Suivi environnemental du PGES

Le suivi environnemental de la réalisation des aménagements de protection riveraine et des ouvrages est une opération caractérisée par sa durée, sa périodicité et qui s'appuie sur l'organisation institutionnelle en place. L'objectif de la surveillance est de s'assurer que les mesures prévues sont exécutées selon le planning et les modalités retenues.

Le programme de suivi (**Tableau 5.5**) définit les méthodes d'atténuation/bonification et dispositifs de suivi, les moyens prévus (indicateurs) pour suivre les impacts réels de la réalisation des aménagements de protection riveraine et des ouvrages (seuils en pierres sèches, seuils en gabions, micro-retenues) sur les différentes composantes de l'environnement, les responsables et la période de suivi.

La responsabilité institutionnelle du suivi est organisée comme suit : le contrôle permanent des gros travaux (aménagements de protection riveraine) est assuré par le bureau d'étude technique par l'entremise de son ingénieur de contrôle; la vérification de l'exécution des mesures environnementales se fait d'une part par la Cellule Environnement du PMDN II et d'autre part sous la forme de supervision par les Directions Départementales de l'Environnement (DDE). La participation d'autres acteurs comme les collectivités locales (Communes, Sections communales, etc.), les Directions Départementales de l'Agriculture (DDA), les Bureaux Agricoles Communaux (BAC), les Directions Départementales de la Sécurité Publique (DDSP) et les Services de la gendarmerie et de la police locale est également sollicitée.

5.6.3 Mesures d'accompagnement du PGES

Afin d'assurer la réussite du PGES présenté précédemment, un certain nombre de mesures d'accompagnement devront être réalisées sous la supervision du PMDN II. Sans être limitative, la liste de ces mesures pourra inclure les actions suivantes :

- Bonifier l'expertise environnementale et sociale au sein du PMDN par l'identification des besoins en renforcement de capacités et la mise à niveau des cadres et des agents, notamment les agents départementaux dédiés au suivi environnemental et social du Programme.
- Bonifier les procédures/directives environnementales de même que les indicateurs de suivi environnemental du PMDN sur la base des expériences acquises lors de la Phase I du Programme.
- Prévoir la réalisation d'études thématiques et de PGES spécifiques pour certains sous-projets de grande envergure ou localisés dans des zones sensibles et/ou riches en biodiversité (végétation, faune).
- Prévoir la production régulière (trimestrielle) de rapports de suivi environnemental et une évaluation de la mise en œuvre du PGES à mi-parcours et à la fin du PMDN II.
- Réaliser une campagne d'information et de sensibilisation des autorités locales, régionales et nationales pour mieux faire connaître les objectifs et les activités du PMDN II.
- Renforcer les capacités des acteurs locaux (communes, sections communales, etc.) et des structures partenaires (DDE, DDA/BAC, etc.) pour la mise en œuvre du PGES du Programme.
- Mettre en place ou consolider, au niveau de chacun des bassins versants concernés, une structure de gestion (Comité de gestion) responsable d'assurer un suivi régulier et un entretien constant des aménagements et des ouvrages.
- Prévoir un renforcement de capacités appropriés des membres de ces structures de gestion (Comité de gestion) afin qu'ils puissent assurer pleinement leurs rôles et responsabilités.
- Prévoir un mécanisme de prise en charge (volontariat, contribution communale, sponsoring pour l'acquisition d'équipements ou de matériel, etc.) des frais de suivi régulier et d'entretien.
- Identifier et conclure une entente de collaboration avec des structures partenaires fiables afin que celles-ci puissent assurer un encadrement adéquat des producteurs pour le développement d'activités d'agroforesterie (pour accroître la couverture végétale pérenne) sur les pentes plus prononcées en amont des ouvrages de protection (seuils, micro-retenues).

5.6.4 Estimation du coût du PGES

L'estimation des coûts relatifs à la mise en œuvre du Plan de gestion environnementale et sociale (PGES) est basée sur deux types de coûts :

- les coûts qui seront supportés par les entreprises et qui concernent la signalisation des travaux, les séances de concertation avec les populations locales, et les différents plans de protection de l'environnement et du milieu social;
- les coûts pris en charge par le PMDN II ou les structures de l'État notamment concernant les aspects de suivi de la mise en œuvre du PGES.

Les coûts d'entretien des aménagements et des ouvrages ne sont pas pris en compte dans cette estimation. La création d'un fonds d'entretien est toutefois recommandée pour prendre en charge ce volet au niveau de chacun des bassins versants.

Le coût total de la mise en œuvre du PGES (mesures d'atténuation/bonification, programme de suivi environnemental, mesures d'accompagnement est estimé à 3,9 millions $US, soit approximativement 10% du coût total de réalisation des aménagements de protection riveraine et de traitement de ravines.

Tableau 5.4 : Plan de gestion environnementale et sociale (PGES)

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Physique	Air	Construction	Installation du chantier, excavation, terrassement, exploitation de zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Poussières générées par les travaux; - Émission de gaz des engins de chantier et véhicules de transport; - Émission de bruits par les engins de chantier et les véhicules de transport.	- Éviter la réalisation de travaux pendant les heures de repos à proximité des zones habitées; - Minimiser la dispersion des poussières par des actions appropriées (arrosage, …); - Limiter la vitesse de circulation dans les zones de travaux; - Maintenir les engins de chantier en bon état de fonctionnement afin de réduire les émissions gazeuses; - Fournir des équipements de protection aux travailleurs exposés (poussières, bruits).
	Paysage/ Topographie	Construction	Installation du chantier, excavation, terrassement, exploitation de zones d'emprunt, mur de soutènement (gabions, etc.).	- Modification de la topographie; - Modification de l'état du paysage.	- Favoriser l'utilisation des zones d'emprunt existantes; - Ré-étaler les excédents de déblais produits à proximité des sites de travaux ou sur un site approprié où ils s'harmoniseront avec le relief naturel; - Redonner, dans la mesure du possible, sa forme initiale et/ou une forme naturelle au terrain.
	Sol	Construction	Installation du chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Compaction des sols par la circulation d'engins de chantier et véhicules de transport; - Ravinement/instabilité des talus des zones d'emprunt; - Modification de la nature du sol / accumulation de sédiments; - Érosion à la base des ouvrages et des talus; - Pollution du sol par les déchets de chantiers, les hydrocarbures.	- Restaurer les zones d'emprunt après les travaux par la stabilisation des pentes, le recouvrement avec la terre et revégétalisation; - À la fin des travaux de construction, niveler les sols remaniés et y favoriser la régénération de la végétation; - Maintenir les engins de chantier en bon état de fonctionnement afin d'éviter les fuites d'huiles et de carburant; - Élaborer un plan de gestion des déchets (base de vie et chantier) et des approvisionnements des engins / véhicules (huile, carburant, etc.).
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages	- Aménagements : réduction de l'érosion des talus/sols aux abords des zones soumises aux inondations, ce qui limite l'envasement des rivières et le transport de sédiments vers l'aval des BV. - Ouvrages : diminution des vitesses d'écoulement de l'eau dans les ravines, ce qui réduit l'érosion des sols et limite leur transport de l'amont vers l'aval des BV.	- Aucune mesure particulière.

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Physique	Régime hydrologique	Construction	Installation du chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Modification de l'écoulement et du drainage des eaux de surface qui peut se traduire par une accélération du ruissellement ou un assèchement des zones humides.	- Réaliser les travaux de préférence en saison sèche; - Éviter d'obstruer les cours d'eau, les fossés ou tout axe de drainage et enlever tout obstacle à l'écoulement normal des eaux; - Installer des dispositifs pour capter les sédiments; - Conserver la végétation aux abords des cours d'eau et des zones humides et marécageuses.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Aménagements : plus grande capacité d'évacuation des crues et réduction des risques d'inondation. - Ouvrages : accumulation de volumes d'eau et diminution de l'intensité des crues en aval, réduisant ainsi l'érosion des sols et limitant leur transport de l'amont vers l'aval des BV.	- Aucune mesure particulière.
	Nappe d'eau souterraine	Exploitation	Présence des ouvrages	- La présence des seuils et des micro-retenues réduira les volumes d'eau ruisselés et contribuera positivement à la recharge naturelle de la nappe d'eau souterraine.	- Aucune mesure particulière.
	Qualité des eaux	Construction	Installation du chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Contamination et pollution des eaux de surface dues aux fuites éventuelles d'hydrocarbures (huile, carburant) et aux déchets liquides et solides produits à la base-vie et sur le chantier. - Contamination de la nappe d'eau souterraine par infiltration des eaux de surfaces contaminées.	- Interdire les approvisionnements des engins de chantier à proximité des cours d'eau; - Éviter toute perte lors des approvisionnements (carburant, lubrifiant, etc.) et les entretiens (changements d'huile, filtres, etc.) des engins de chantier et véhicules de transport; - Contrôler l'état des engins de chantier et des véhicules de transport régulièrement. - Élaborer un plan de gestion des déchets (base de vie et chantier) et des approvisionnements des engins / véhicules (huile, carburant, etc.).

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Biologique	Végétation aquatique	Construction	Excavation, terrassement, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport.	- Destruction de la végétation en raison du recalibrage de rivières et de la mise en place d'aménagements de protection riveraine.	- Établir un périmètre de protection autour des écosystèmes humides et particulièrement ceux qui sont les plus sensibles; - Définir un planning qui minimise la durée des travaux dans les écosystèmes sensibles. La traversée des écosystèmes humides doit être évitée. - Sensibiliser les travailleurs sur le respect de l'environnement et la préservation de la végétation aquatique.
	Végétation terrestre	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Destruction du couvert végétal dans les zones d'emprise des travaux, pour l'aménagement de voies d'accès et l'installation de chantier.	- Minimiser le déboisement dans la mesure du possible; - Protéger le couvert végétal des engins de chantier à proximité des emprises des travaux; - Prévoir des séances de concertation avec les populations pour discuter de l'utilisation des arbres abattus; - Compenser les arbres abattus par la plantation d'arbres le long des aménagements et dans les sites d'emprunt avec des espèces adaptées et appréciées des populations; - Encourager le développement de pépinières villageoises.
		Exploitation	Présence des micro-retenues.	- Emmagasinement de certaines quantités d'eau pour des périodes ponctuelles plus ou moins longues; ce qui favorisera le développement de la végétation terrestre.	- Promouvoir le développement de pépinières forestières afin de favoriser l'implantation de végétation terrestre sur les berges protégées et autour des micro-retenues.
	Faune aquatique	Construction	Excavation, terrassement, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport.	- Perturbation des zones d'alimentation et de récupération en raison des modifications de la végétation aquatique; - Perturbation des zones de reproduction en raison de la modification des écoulements.	- Établir un périmètre de protection autour des écosystèmes humides et particulièrement ceux qui sont les plus sensibles; - Établir un planning qui minimise la durée des travaux dans les écosystèmes sensibles. La traversée des écosystèmes humides doit être évitée. - Sensibiliser les travailleurs sur le respect de l'environnement et la préservation de la faune aquatique. - Interdire la pêche pendant les travaux.
	Faune terrestre et aviaire	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Modification des habitats faunistiques (niche d'oiseau par exemple….) suite à la destruction du couvert végétal; - Augmentation des prélèvements en raison de la présence de travailleurs migrants et de la destruction des habitats;	- Élaborer un planning de travail qui tient compte des utilisations du territoire par la faune; - Installer des panneaux de signalisation pour limiter la vitesse des véhicules; - Interdire la chasse durant les travaux.

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Biologique				- Augmentation de la mortalité des animaux suite aux accidents avec les engins de chantier et véhicules de transport.	
		Exploitation	Présence des micro-retenues.	- Emmagasinement de certaines quantités d'eau pour des périodes ponctuelles plus ou moins longues; ce qui favorise le développement des faunes terrestre / aviaire.	- Aucune mesure particulière.
Humain	Infrastructures/ biens publics	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Modification temporaire ou définitive de l'accès à des infrastructures (bâtiments, espaces verts, plages, etc.) et aux biens publics.	- Réaliser, suffisamment tôt avant le début des travaux, un recensement des infrastructures / biens publics qui seront affectés par les travaux. - Initier une concertation avec les autorités responsables afin de discuter des modalités de réalisation des travaux et des mesures préventives / correctives qui devront être mise en œuvre pour protéger ou remettre en état les infrastructures et biens publics.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Sécurisation des infrastructures et des biens publics contre les inondations, d'où une réduction des coûts de remplacement et d'entretien de ces infrastructures / biens publics.	- Renforcer la surveillance pour le respect de la réglementation et des plans d'urbanisme en matière de lotissement et d'installation des infrastructures et établissements publics hors des zones inondables (non protégées).
	Propriétés/ biens privés	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Modification temporaire ou définitive de l'occupation du territoire (sol) et nécessité d'acquisition de propriétés / biens privés (expropriation, réinstallation, etc.); - La réalisation des travaux pourra affecter temporairement/ définitivement l'accès aux propriétés et aux biens privés	- Réaliser, suffisamment tôt avant le début des travaux, un recensement des propriétés / biens privés qui seront affectés par les travaux. - Évaluer la valeur des pertes qui pourront être encourues et négocier avec les propriétaires les dédommagements conséquents pour les pertes définitives éventuelles de propriétés (habitations, commerces, etc.) et de biens, ou négocier les mesures préventives/correctives éventuelles pour la perte d'accès temporaire à ces propriétés et biens.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Sécurisation des propriétés et des biens privés contre les inondations, d'où une réduction des coûts de remplacement et d'entretien de ces propriétés / biens privés.	- Renforcer la surveillance pour le respect de la réglementation et des plans d'urbanisme en matière de lotissement et d'installation des habitations et établissement commerciaux (commerces, usines, etc.) hors des zones inondables (non protégées).
	Investissements	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Incitation des entreprises ou particuliers à investir davantage pour avoir accès à certains marchés de travaux ou fourniture de biens/services pour la base-vie et les chantiers.	- Mettre en œuvre un plan de communication approprié afin d'informer les populations locales des travaux prévus et des opportunités d'investissement qui s'offrent à elles; - Lorsque les compétences sont disponibles localement, favoriser l'octroi de marchés à des entrepreneurs / sous-traitants locaux.

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Humain		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Sécurisation des infrastructures / propriétés et des biens qui pourra faire en sorte que des investissements plus importants seront consentis localement par les milieux d'affaire et les résidents.	- Aucune mesure particulière.
	Activités économiques	Construction	Installation de chantier, présence de travailleurs migrants.	- Accroissement des opportunités de génération de revenus pour la population locale en raison de l'installation de chantier (acquisition de biens, petits équipements) et la présence de travailleurs migrants (hébergement, restauration, etc.).	- Mettre en œuvre un plan de communication approprié afin d'informer les populations locales des travaux prévus et des opportunités économiques qui s'offrent à elles; - S'assurer que les pauvres et les groupes vulnérables conservent ou améliorent leurs capacités à satisfaire leurs besoins fondamentaux surtout en cas d'augmentation des prix sur le plan local.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Réduction significative des pertes économiques, qui favorisera un climat de confiance en l'avenir et pourra stimuler le développement d'activités économiques.	- Aucune mesure particulière.
	Agriculture	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Activités agricoles perturbées; - Superficies agricoles perdues de façon temporaire ou définitive dans les zones de circulation intense de la machinerie et des véhicules, et le long de certains aménagements et ouvrages.	- Vérifier avec les agriculteurs, l'utilisation prévue de leurs terroirs avant les travaux. - Dans la mesure du possible, éviter d'établir la base de vie et/ou de faire circuler les engins / équipements dans les zones agricoles. - Effectuer les travaux selon une planification (durée, période, étendue) qui nuit le moins possible aux pratiques culturales existantes. - Prévoir des indemnisations pour les dégâts causés aux cultures à cause des travaux.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Réduction des pertes économiques des producteurs, qui favorisera un climat de confiance en l'avenir et pourra stimuler une intensification de la production.	- Fournir un encadrement adéquat aux producteurs riverains afin d'optimiser la mise en valeur des micro-retenues : eau d'irrigation, production maraîchère, agroforestière, etc. - Promouvoir le développement de pépinières forestières et les activités d'agroforesterie (fruitiers, produits forestiers non ligneux) autour des micro-retenues.
	Élevage	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Perte de superficie de pâturage en raison de la circulation de la machinerie; - Perturbation des activités d'élevage; - Risque d'accident pour les animaux d'élevage avec les engins de chantier	- Vérifier avec les éleveurs, l'utilisation prévue de leurs pâturages avant les travaux. - Dans la mesure du possible, éviter d'établir la base de vie et/ou de faire circuler les engins / équipements dans les zones de pâturage; - Effectuer les travaux selon une planification (durée, période, étendue) qui nuit le moins possible à la pratique de l'élevage;

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Humain				et les véhicules de transport.	- Prévoir des indemnisations pour les dégâts causés aux pâturages et pour les pertes d'animaux d'élevage à cause des travaux.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Meilleure protection des pâturages et des animaux contre les inondations, ce qui réduira les pertes économiques des éleveurs, favorisera un climat de confiance en l'avenir et pourra stimuler une intensification de la production.	- Fournir un encadrement adéquat aux éleveurs riverains afin d'optimiser la mise en valeur des micro-retenues : eau d'abreuvement pour le cheptel, etc. - Promouvoir l'intégration d'activités d'élevage aux activités agricoles : utilisation de fumure animale comme amendement organique et fertilisants dans les champs agricoles autours des micro-retenues, broutage par les animaux des résidus de culture, etc.
	Sécurité publique	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Risques d'accident de travail; - Risque accru de blessures et de décès en raison de la présence de chantiers et d'une augmentation du trafic routier.	- Informer et sensibiliser les populations sur le déroulement des travaux. - Installer et maintenir une bonne signalisation pendant les travaux. - Limiter la vitesse dans les endroits d'affluence (école, etc.). - Assurer la sécurité des résidents et passants lors des travaux en appliquant des mesures adéquates (clôture, contournement des lieux de rassemblement, points de traversée sécuritaires, etc.).
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraines et des ouvrages.	- Réduction des pertes de vie humaine et du nombre de blessés lors d'événements pluviométriques importants.	- Mettre en place et/ou maintenir un système d'alerte précoce fonctionnel pour gérer les menaces éventuelles liées à des événements climatiques d'envergure.
	Emplois / main-d'oeuvre	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Création d'emplois temporaires en raison de l'utilisation de main-d'œuvre non qualifiée.	- Informer et sensibiliser les populations sur les travaux et les besoins de main-d'œuvre; - Privilégier l'embauche de la main-d'œuvre locale; - Dans la mesure du possible, lorsque certaines compétences de base sont requises, prévoir pour la main-d'œuvre locale de la formation et du renforcement de capacité afin de leur permettre de développer leurs compétences à un niveau adéquat pour occuper certains postes.

Milieux	Composante affectée	Phase	Source d'impact	Description de l'impact	Mesures préconisées pour l'atténuation / bonification
Humain	Qualité de vie	Construction	Installation de chantier, excavation, terrassement, exploitation des zones d'emprunt, circulation d'engins de chantier et de véhicules de transport, construction d'ouvrages.	- Nuisances dues aux poussières; - Nuisances sonores dues au passage fréquent d'engins de chantier et de véhicules de transport; - Restriction dans les déplacements (détour nécessitant un temps plus long pour circuler).	- Mettre en œuvre les plans de gestion des déchets (solides, liquides) et des nuisances (poussières, émission gazeuse, bruit, etc.); - Mettre en place avant le début des travaux, une structure de concertation avec les autorités locales et les populations afin de les consulter sur le choix de la période des travaux et sur tous les aspects dérangeant les populations afin de trouver des solutions satisfaisantes pour tous les intervenants.
		Exploitation	Présence des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Accroissement chez les résidents d'un sentiment de sécurité, ce qui favorisera leur optimisme vis-à-vis de l'avenir (moins de craintes, angoisses d'être victime d'inondation).	- Aucune mesure particulière

Tableau 5.5 : Programme de suivi environnemental

Récepteur d'impact	Éléments suivis	Méthodes et dispositifs de suivi	Indicateurs de suivi	Responsable	Période de suivi	Fréquence de suivi
Air	Pollution	- Contrôle de l'état des véhicules et machinerie de chantier; - Surveillance des mesures pour le contrôle de la dispersion des poussières (arrosage); - Contrôle de la vitesse de circulation dans les zones de travaux; - Fourniture d'équipements de protection aux travailleurs exposés aux poussières.	- Paramètres de la qualité de l'air.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
	Bruit	- Surveillance des mesures pour diminuer les nuisances liées aux bruits (respect des heures de repos); - Fourniture d'équipements de protection aux travailleurs exposés au bruit.	- Niveau sonore moyen dans la zone d'impact des travaux.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
Sols	Paysage et topographie	- Suivi visuel de la modification du paysage et de la topographie; - Contrôle des mesures pour la remise en état des sites d'emprunt pour conserver l'esthétique du paysage et la topographie.	- Nombre de nouveaux sites d'emprunt et de dépôt créés; - Nombre d'anciens sites d'emprunt et de dépôt utilisés. - Volume de déblais ré-étalés.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
	Érosion/ Ravinement/ Dégradation	- Évaluation visuelle de la modification des sols; - Contrôle de la mise en œuvre des mesures de contrôle de l'érosion des sols; - Évolution des pentes et des talus.	- Évolution des signes d'érosion; - Évolution des signes de compaction.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
	Pollution	- Surveillance de la mise en œuvre du plan de gestion des	- Paramètres de qualité des sols.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu

Récepteur d'impact	Éléments suivis	Méthodes et dispositifs de suivi	Indicateurs de suivi	Responsable	Période de suivi	Fréquence de suivi
Sols		déchets (base de vie, chantier, etc.); - Surveillance de la mise en œuvre du plan de gestion des approvisionnements des engins de chantier et des véhicules de transport (huile, carburants, etc.); - Surveillance des activités d'utilisation des sols (décapage de la couche végétale pour ré-étalement ultérieur).		Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
Eaux de surface/ souterraines	Sédimentation	- Contrôle de la turbidité des cours d'eau et des plans d'eau; - Contrôle des mesures d'atténuation de la sédimentation; - État d'envasement des dépressions et cours d'eau en aval des aménagements de protection riveraine et des ouvrages.	- Volume des sédiments dans les cours d'eau, dépressions…	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
	Régime hydrologique	- Suivi de l'écoulement continu des eaux au cours des travaux; - Suivi des crues en aval des aménagements et des ouvrages pour des événements pluvieux importants.	- Évaluation visuelle de l'écoulement des eaux au cours des travaux.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDA/BAC	Travaux Exploitation	Trimestriel Semestriel
	Nappe d'eau souterraine	- Mesure du niveau des nappes d'eau souterraine	- Profondeur de la nappe d'eau souterraine sur les différents sites de travaux	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDA/BAC	Travaux Exploitation	Trimestriel Semestriel
	Pollution	- Surveillance de la mise en œuvre du plan de gestion des déchets (base de vie et chantier);	- Rapport de suivi du plan de gestion des déchets.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu

Récepteur d'impact	Éléments suivis	Méthodes et dispositifs de suivi	Indicateurs de suivi	Responsable	Période de suivi	Fréquence de suivi
Eaux de surface/ souterraines		- Surveillance de la mise en œuvre du plan de gestion des approvisionnements des engins de chantier et véhicules de transport (huile, carburant, etc.); - Surveillance des activités d'utilisation des eaux de surface et souterraines.		Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
Végétation	Perturbation/ Destruction	- Évaluation visuelle de la dégradation de la végétation; - Évaluation visuelle des mesures de reboisement/plantation d'arbres.	- Superficie déboisée pour la réalisation des travaux; - Nombre et espèces d'arbres abattus; - Superficie reboisée - Nombre d'arbres plantés ayant survécu.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Travaux et exploitation	Trimestriel
Faune	Perturbation/ Destruction	- Suivi du comportement des animaux; - Suivi des accidents; - Suivi des activités de braconnage et de chasse.	- Rapport de suivi de la faune - Nombre d'animaux tués; - Nombre de mise en garde ou d'amendes émises.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDE	Durant les travaux	Trimestriel
Environ-nement humain	Infrastructures / biens publics	- Suivi de l'accès aux infrastructures et biens publics.	- Inventaire des infrastructures et biens publics affectés par les travaux; - Compte-rendu des concertations avec les autorités responsables; - Liste des mesures préventives / correctives mises en œuvre pour éviter / atténuer l'impact sur les infrastructures / biens publics et/ou pour en maintenir l'accès.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				Autorités communales	Durant les travaux	Trimestriel
	Propriétés / biens privés	- Suivi de l'accès aux propriétés et biens privés.	- Inventaire des propriétés et biens privés affectés par les travaux; - Rapport d'évaluation des pertes encourues (propriétés, biens); - Compte-rendu de négociation avec les propriétaires (indemnisations); - Liste des mesures préventives / correctives mises en œuvre pour éviter / atténuer l'impact sur les propriétés / biens privés et/ou pour en maintenir l'accès.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				Autorités communales	Durant les travaux	Trimestriel

Récepteur d'impact	Éléments suivis	Méthodes et dispositifs de suivi	Indicateurs de suivi	Responsable	Période de suivi	Fréquence de suivi
Environ-nement humain	Investissements	- Suivi des activités d'investissement.	- Nombre de nouveaux projets et niveau d'investissement pour la période des travaux.	Ingénieur de contrôle	Travaux Exploitation	Mensuel
				Cellule Environnement PMDN	Travaux Exploitation	Mensuel
				Autorités communales	Travaux Exploitation	Trimestriel
	Activités économiques	- Suivi des activités économiques; - Suivi des prix locaux des denrées alimentaires.	- Nombre de nouveaux commerces formels ou informels créés; - Nombre de commerces formels ou informels améliorés, agrandis, etc.; - Indice des prix des produits alimentaires de base.	Ingénieur de contrôle	Travaux Exploitation	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Travaux Exploitation	Mensuel
				Autorités communales	Travaux Exploitation	Trimestriel
	Agriculture	- Suivi des activités agricoles; - Contrôle de la planification des travaux en relation avec le calendrier des activités agricoles; - Suivi des séances d'information et de sensibilisation.	- Superficies et productions agricoles perdues; - Respect du calendrier des activités agricoles; - Niveau de satisfaction des agriculteurs par rapport aux compensations et aux alternatives offertes; - Nombre de producteurs aux séances d'information et de sensibilisation.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDA/BAC	Durant les travaux	Trimestriel
	Élevage	- Suivi des activités d'élevage; - Contrôle de la planification des travaux en relation avec le calendrier des activités d'élevage; - Suivi des séances d'information et de sensibilisation.	- Superficies de pâturage perdues; - Nombre d'animaux d'élevage perdu dans des accidents; - Respect du calendrier des activités d'élevage; - Niveau de satisfaction des éleveurs par rapport aux compensations et aux alternatives offertes; - Nombre d'éleveurs aux séances d'information et de sensibilisation.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				DDA/BAC	Durant les travaux	Trimestriel
	Sécurité publique	- Surveillance de la mise en œuvre des dispositifs de sécurité sur la base-vie et les chantiers; - Suivi des séances d'information et de sensibilisation; - Suivi des pertes en vie humaine et des blessés suite à des événements pluviométriques.	- Nombre d'accidents de travail et de la circulation enregistrés; - Temps de réponse après un accident; - Nombre de participants aux séances d'information et de sensibilisation; - Rapport d'évènement par la Sécurité publique.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				Autorités communales	Durant les travaux	Trimestriel
				Direction Départementale de la	Exploitation	Permanent

Récepteur d'impact	Éléments suivis	Méthodes et dispositifs de suivi	Indicateurs de suivi	Responsable	Période de suivi	Fréquence de suivi
Environ-nement humain				Sécurité Publique		
	Emplois / Main-d'oeuvre	- Suivi des emplois créés; - Suivi des formations dispensées.	- Nombre d'emplois créés directement ou indirectement; - Nombre de formations dispensées; - Nombre de participants aux formations.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				Autorités communales	Durant les travaux	Trimestriel
	Qualité de vie	- Surveillance des pratiques de gestion des déchets; - Suivi des mesures de réduction des nuisances (émissions gazeuses, poussières, bruits, etc.).	- Nombre de plaintes venant des populations locales concernant les nuisances (déchets, fumée, poussière, bruit, etc.); - Niveau de satisfaction des riverains par rapport aux aménagements et ouvrages mis en place.	Ingénieur de contrôle	Durant les travaux	Continu
				Cellule Environnement PMDN	Durant les travaux	Mensuel
				Autorités communales	Travaux Exploitation	Trimestriel

5.7 Synthèse du PGES

À l'instar de tous les projets d'aménagements de protection riveraine et de mise en place d'ouvrages de traitement de ravines, le Programme de Mitigation des Désastres Naturels II (PMDN II) présentera des impacts négatifs et positifs sur l'environnement.

Les travaux d'aménagement de protection riveraine consistent pour l'essentiel à des opérations de recalibrage et d'érection de murs de soutènement afin de hausser les berges de certains tronçons de rivière pour réduire les risques d'inondation dans les zones riveraines. Dans certains cas, les travaux viseront à protéger les berges des rivières contre l'érosion et à sécuriser ainsi des infrastructures de communication (route) et économiques (canaux d'irrigation).

Les travaux de construction d'ouvrages ont trait à la mise en place de seuils en pierres sèches, de seuils en gabions et de micro-retenues dans les secteurs amont des bassins versants. Ces ouvrages visent à réduire les volumes d'eau de ruissellement, en ralentir l'écoulement dans les ravines réduisant ainsi l'érosion, et à limiter les risques d'inondation dans les parties aval des bassins versants suite à l'envasement des rivières.

Les principaux impacts négatifs seront observés pendant la phase construction sous forme de nuisance à la circulation, l'ambiance sonore, la pollution atmosphérique, les risques d'accident et de pollution des eaux et des sols. Certains travaux nécessiteront l'ouverture de pistes d'accès ou l'élargissement d'emprise. Ils pourront induire des impacts importants sur la végétation, la faune et le milieu humain (aspects fonciers notamment). Les mesures d'atténuation et de bonification proposées feront toutefois en sorte que les impacts demeureront dans l'ensemble faibles et socialement acceptables.

Pendant la phase exploitation, des impacts positifs appréciables sont anticipés : sécurisation des infrastructures / propriétés / biens publics et privés, sécurisation des investissements et des activités économiques, sécurisation contre les pertes de vie humaine et les blessures, sécurisation de la qualité de vie des populations riveraines. Des actions de sensibilisation à l'endroit des populations et le renforcement des structures de contrôle sont à prévoir.

En résumé, les impacts de la réalisation du PMDN II seront assez standards avec des impacts négatifs résiduels assez faibles et des impacts positifs appréciables, si toutes les mesures de prévention, d'atténuation et/ou de bonification sont appliquées.

6 Synthèse des investissements prioritaires

Le présent chapitre présente une synthèse des aménagements de protection riveraine et des ouvrages de traitement de ravines retenus pour des investissements prioritaires dans les bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil.

Les **Tableaux 6.1 à 6.6** présentent, pour chacun des bassins versants, la liste des investissements prioritaires identifiés et indiquent le coût estimatif global. Les **Figures 6.1 à 6.6** localisent ces investissements.

Tableau 6.1 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Grande Rivière du Nord

Localisation	Structures à protéger	SPS	SG	MR	Mur berlinois (m^2)	Mur en gabion (m^3)	Coût ($US)
Ouvrages de traitement de ravines							
SBV GRN-6	Ville de Grande Rivière du Nord	750	28	79			1 059 250
SBV GRN-5	Ville de Grande Rivière du Nord	250	7	16			235 750
Aménagement de protection riveraine							
Saint-Malon – Grande Rivière du Nord	Ville de Grande Rivière du Nord et route entre Bahon et GRN					70 000	7 350 000
						Sous total	**8 645 000**
						PGES (10%)	**864 500**
						Total ($US)	**9 509 500**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

Pour le bassin versant de Grande Rivière du Nord, 1 000 seuils en pierres sèches, 35 seuils en gabions, 95 micro-retenues et un aménagement de protection riveraine sur le tronçon Saint-Malon - Grande Rivière du Nord sont proposés au coût de 9,51 millions $US, incluant le coût du PGES.

Tableau 6.2 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Cavaillon

Localisation	Structures à protéger	SPS	SG	MR	Mur berlinois (m^2)	Mur en gabion (m^3)	Coût ($US)
Ouvrages de traitement de ravines							
SBV CAV-17	Ville et pont de Cavaillon	1 000	29	44			749 000
Aménagement de protection riveraine							
Cavaillon	Ville et pont de Cavaillon					79 800	8 379 000
						Sous total	**9 128 000**
						PGES (10%)	**912 800**
						Total ($US)	**10 040 800**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

Pour le bassin versant de Cavaillon, 1 000 seuils en pierres sèches, 29 seuils en gabions, 44 micro-retenues et un aménagement de protection riveraine à Cavaillon sont proposés au coût de 10,04 millions $US, incluant le coût du PGES.

Tableau 6.3 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de Ravine du Sud

Localisation	Structures à protéger	SPS	SG	MR	Mur berlinois (m^2)	Mur en gabion (m^3)	Coût ($US)
Ouvrages de traitement de ravines							
SBV RDS-2	Ville de Camp Perrin	1 000	30	65			965 000
Aménagement de protection riveraine							
Camp Perrin	Ville de Camp Perrin et prise d'eau du périmètre d'Avezac					46 200	4 851 000
						Sous total	**5 816 000**
						PGES (10%)	**581 600**
						Total ($US)	**6 397 600**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

Pour le bassin versant de Ravine du Sud, 1 000 seuils en pierres sèches, 30 seuils en gabions, 65 micro-retenues et un aménagement de protection riveraine à Camp Perrin sont proposés au coût de 6,40 millions $US, incluant le coût du PGES.

Tableau 6.4 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite - Ouest

Localisation	Structures à protéger	SPS	SG	MR	Mur berlinois (m^2)	Mur en gabion (m^3)	Coût ($US)
Ouvrages de traitement de ravines							
N/A							
Aménagement de protection riveraine							
Moreau	Piste et canal Coursin				780		1 950 000
Siphon Villard	Canaux Villard et Coursin				2 340		5 850 000
Carrefour Laville	Route, village Laville et CMRD				1 800		4 500 000
						Sous total	**12 250 000**
						PGES (10%)	**1 225 000**
						Total ($US)	**13 475 000**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

Les investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite – Ouest concernent uniquement trois sites de protection de berges (Moreau, Siphon Villard, Carrefour Laville) pour la sauvegarde d'infrastructures économiques et de communication (pistes) pour un coût total de à 13,47 millions $US, incluant le coût du PGES.

Tableau 6.5 : Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite - Est

Localisation	Structures à protéger	SPS	SG	MR	Mur berlinois (m^2)	Mur en gabion (m^3)	Coût ($US)
Ouvrages de traitement de ravines							
SBV ARR-5	Ville et périmètre de Saint Raphaël	500	40	30			607 500
SBV ARM-15	Route St-Michel – Ennery	1 000	52	102			1 467 000
Aménagement de protection riveraine							
N/A							
						Sous total	**2 074 500**
						PGES (10%)	**207 450**
						Total ($US)	**2 281 950**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

Pour le traitement de ravines pour protéger la commune de Saint Raphaël, 500 seuils en pierres sèches, 40 seuils en gabions et 30 micro-retenues sont proposés. Pour le traitement de ravines pour la protection de la route St-Michel de l'Attalaye – Ennery, 1 000 seuils en pierres sèches, 52 seuils en gabions et 102 micro-retenues sont proposés. Aucun aménagement de protection riveraine n'est proposé. Le coût total pour le traitement de ravines s'élève à 2,28 millions $US, incluant le coût du PGES.

Tableau 6.6 : Investissements prioritaires pour le bassin versant d'Acul Dubreuil

Localisation	Structures à protéger	SPS	SG	MR	Mur berlinois (m^2)	Mur en gabion (m^3)	Coût ($US)
Ouvrages de traitement de ravines							
N/A							
Aménagement de protection riveraine							
Laplace (Chantal)	Périmètre irrigué de Dubreuil					9 800	1 029 000
						Sous total	**1 029 000**
						PGES (10%)	**102 900**
						Total ($US)	**1 131 900**

Légende : SPS : Seuil en pierres sèches, SG : Seuil en gabions, MR : Micro-retenue.

Pour le bassin versant d'Acul Dubreuil, seul un aménagement de protection riveraine est proposé, Cet aménagement sera localisé à proximité du village Laplace au coût de 1,13 millions $US, incluant le coût du PGES.

Site de Grande Rivière du Nord

Site de Tronçon

Site de l'Ami

Site de Mazer

Site de Guérin

Site de Saint-Malon

Site de Anba Ravin

Site de Ganbad

Réseau routier

Réseau hydrographique

Limite administrative

Commune

Section communale

Protection riveraine

Aménagement proposé

Zone protégée par l'aménagement

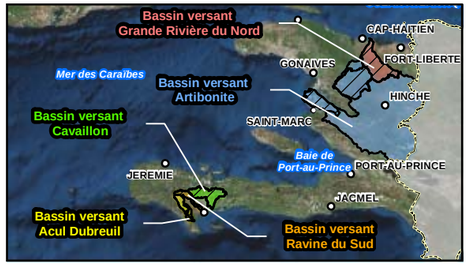
Traitement de ravines

Micro-retenue proposée

Seuil en gabion proposé

Zone traitée lors du PMDN I

Zone étudiée lors du PMDN I



1:225 000

0 2.5 5 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 6.1
Investissements prioritaires pour le bassin versant de la Grande Rivière du Nord

Août 2015

AECOM

Réseau routier

Réseau hydrographique

Limite administrative

Commune

Section communale

Protection riveraine

Aménagement proposé

Zone protégée par l'aménagement

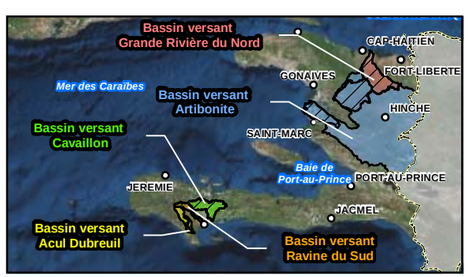
Traitement de ravines

Micro-retenue proposée

Seuil en gabion proposé

Sous-bassin versant

Zone traitée lors du PMDN I



1:120 000

0 2.25 4.5 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

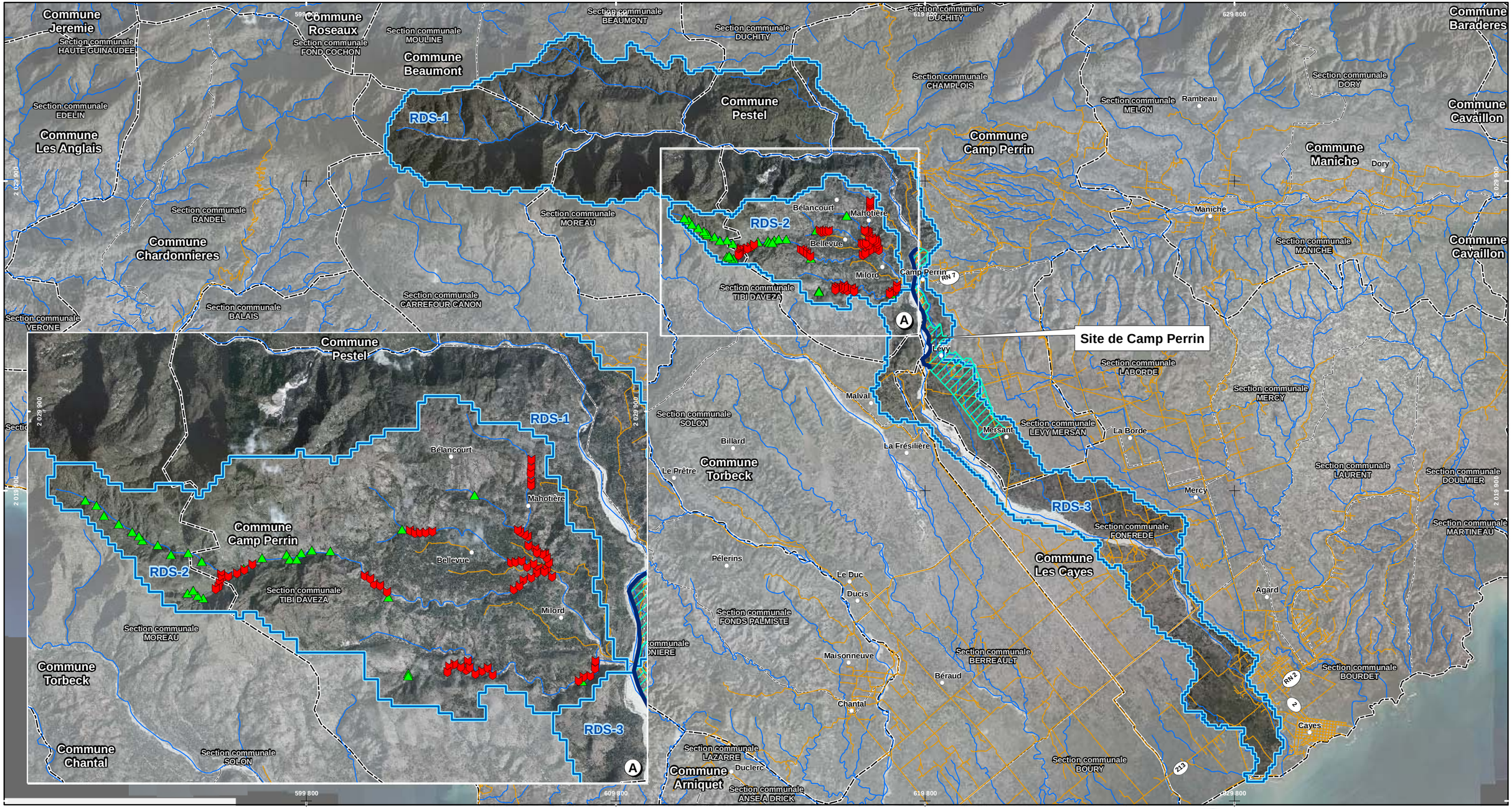
Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 6.2
Investissements prioritaires pour le bassin versant de Cavaillon

Août 2015

AECOM



Réseau routier

Réseau hydrographique

Limite administrative

Commune

Section communale

Protection riveraine

Aménagement proposé

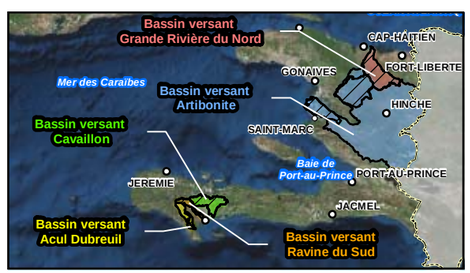
Zone protégée par l'aménagement

Traitement de ravines

Micro-retenue proposée

Seuil en gabion proposé

Sous-bassin versant



1:120 000

0 2.5 5 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 6.3
Investissements prioritaires pour le bassin versant de Ravine du Sud

Août 2015

AECOM

Commune L'Estere
Commune Desdunes
Commune Grande Saline
Commune Saint-Marc
Commune Verrettes
Commune Petite Riviere de l'Art
Commune Maissade
Commune Boucan-Carre

Section communale DESDUNES
Section communale PETITES DESDUNES
Section communale PONT DE L'ESTERE
Section communale OGE
Section communale DUVALLON
Section communale POTENEAU
Section communale POSTE PIERROT
Section communale BOCOZELLE
Section communale VILLARS
Section communale BAS COURSIN
Section communale LIANCOURT
Section communale BAS C
Section communale LABADY
Section communale PERODIN
Section communale BELANGER
Section communale LALOUERE
Section communale CHARRETTE
Section communale BOIS NEUF
Section communale GOYAVIER
Section communale BASTIEN
Section communale DESARMES
Section communale GUILLAUME MOGE
Section communale SAVANE A ROCHE
Section communale MEDOR

Site de Moreau
Site de Siphon Villard
Site de Carrefour Laville

Duclos
Modelle
Drouin
Dauphin
Rossignol
Laporte
Lubin
Théard
Chauvet
Guiton
Pothenot
Bac D'Aquin
Bocozel
Bélange
Jacques
Bertrong
Dip'son
Villard
Beaufort
L'Etang
Cadeau
Jean Denis
Fougère
Molette
Védery
Dupitraye
Legriel
Peye
Préval
Loursin
Savien
Renard
Sannois
Payen
Estral
Petite-Rivière-de-L'Artibonite
Bellance
Coupon
Boral
Delogne
Calvaire
Moreau
Marécage
Dodard
Desjardins
Canneau
Verrettes
Ostry
Boulin
Guillourt
Delauné
Neveu
Cloville
Bidone
Mary
Janain
Dessources
Boudet
Drouet
Lagon Moreau
Castera
Robuste

112
112
109
RN 1

739 800
749 800
759 800
769 800
779 800
789 800
2 129 900
2 119 900
2 109 900
2 099 900

Légende

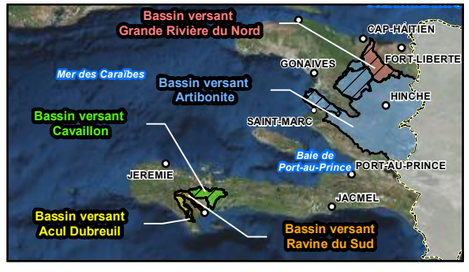
- Réseau routier
- Réseau hydrographique

Limite administrative

- Commune
- Section communale
- Zone d'intervention

Protection riveraine

- Aménagement proposé



1:150 000

0 2.5 5 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

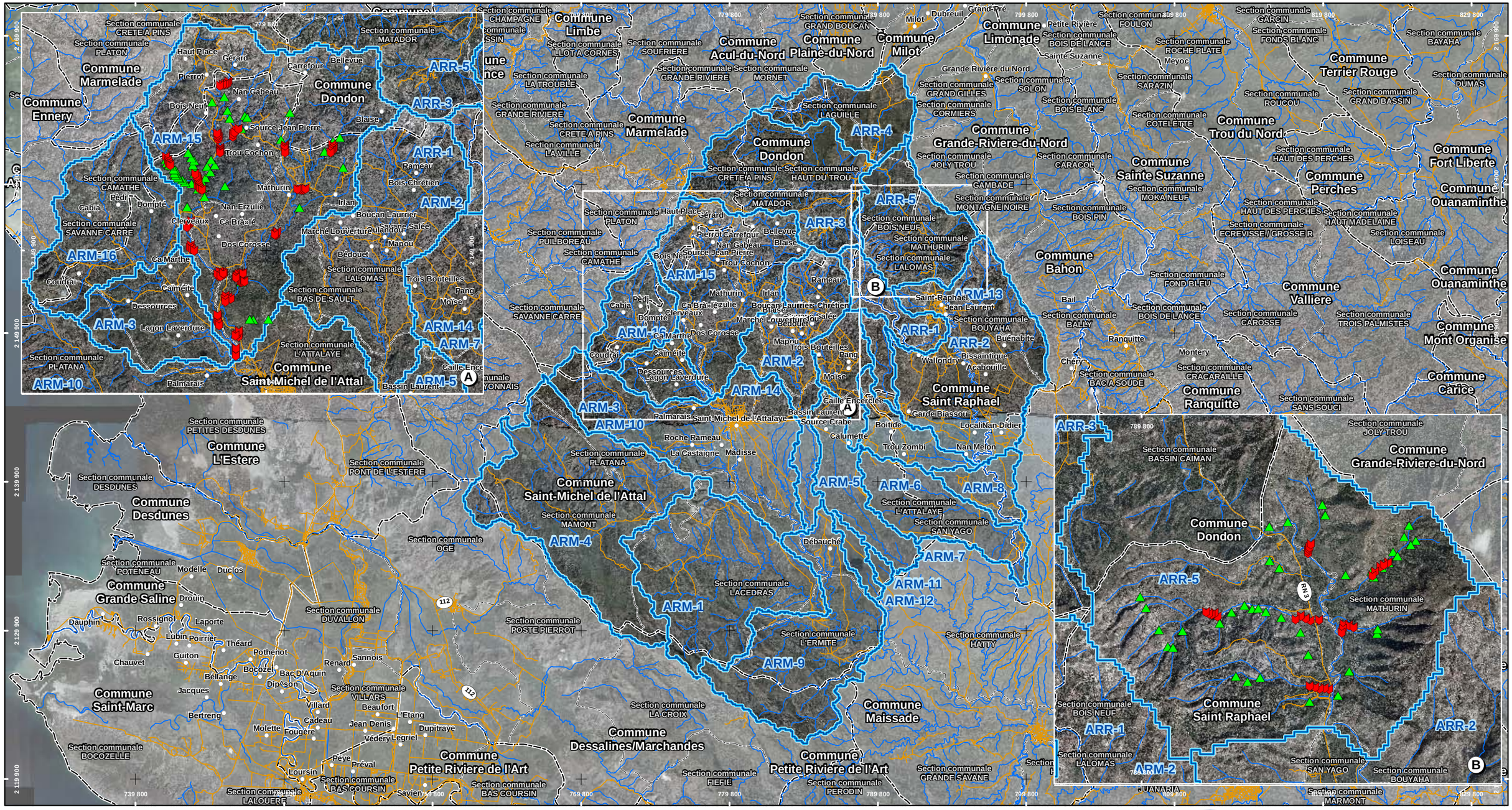
Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 6.4
Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite-Ouest

Août 2015

AECOM



Réseau routier

Réseau hydrographique

Limite administrative

Commune

Section communale

Traitement de ravines

Micro-retenue proposée

Seuil en gabion proposé

Sous-bassin versant

1:250 000

0 2.5 5 10 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 6.5
Investissements prioritaires pour le bassin versant de l'Artibonite-Est

Août 2015

AECOM



Légende

- Réseau routier
- Réseau hydrographique

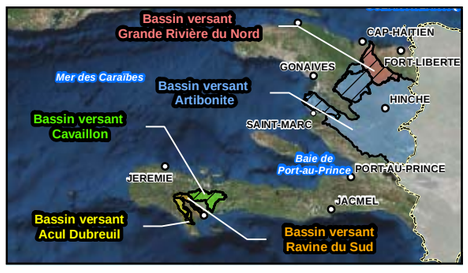
Limite administrative

- Commune
- Section communale

- Zone d'intervention

Protection riveraine

- Aménagement proposé
- Zone protégée par l'aménagement



1:85 000

0 1.5 3 km

Projection: Universal Transverse Mercator, zone 18
Datum : NAD83

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Réalisation des études préparatoires pour des investissements en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil

Figure 6.6
Investissements prioritaires pour le bassin versant d'Acul Dubreuil

Août 2015

AECOM

7 Considérations et recommandations

La présente étude a permis l'identification de divers aménagements de protection riveraine et d'ouvrages de traitement de ravines pour des investissements prioritaires en infrastructures de protection des bassins versants de la Grande Rivière du Nord, Cavaillon, Ravine du Sud, Artibonite et Acul Dubreuil.

A la lumière des résultats obtenus, il y a cependant lieu de formuler les considérations suivantes :

- En l'absence d'étude détaillée (topographie, bathymétrie, hydrologie, géotechnique dans certains cas, etc.) des conditions locales, l'estimation de l'étendue des zones protégées par les aménagements de protection riveraine a été effectuée de manière approximative. La variabilité des zones et des superficies protégées a pu affecter significativement l'estimation des pertes évitées. Dans le même ordre d'idée, les caractéristiques techniques (hauteur, longueur, profil, etc.) des aménagements proposés ont été estimées d'après les visites terrain et sur des similitudes observées par rapport aux travaux effectués lors de la phase I du PMDN. La variation de ces caractéristiques peut grandement influencer le résultat de l'analyse économique en faisant varier les coûts des ouvrages et la protection anticipée contre les inondations (décennale, vicennale, etc.). Toutefois, l'analyse de sensibilité réalisée a permis d'apprécier l'influence de ces imprécisions sur la viabilité des résultats de l'analyse coût-bénéfice effectuée.
- La localisation des sous-bassins versants prioritaires pour le traitement des ravines a été réalisée à partir d'un MNT provenant de données SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) à l'aide de l'outil ''Spatial Analyst'' dans le logiciel ArcGIS®. Il est possible que la localisation du réseau hydrographique se soit avérée plus ou moins approximative pour certains sous-bassins versants, notamment pour le tronçon de la rivière Cavaillon à la hauteur de la ville de Cavaillon et pour les exutoires de la rivière Ravine du Sud et Grande Rivière du Nord. Toutefois, dans l'ensemble, la localisation du réseau hydrographique s'est avérée relativement bonne et a permis une délimitation adéquate des sous-bassins versants.

L'étude réalisée appelle également la formulation, pour l'équipe du PMDN II, des recommandations suivantes :

- Les caractéristiques géomorphologiques et l'état des réseaux de drainage des plaines inondables de Cayes et de Quartier Morin - Limonade placent ces zones sur une échelle de risque élevé dans le cadre de la présente étude. Toutefois, seules des études beaucoup plus détaillées seraient en mesure de définir les ouvrages à prévoir pour soulager ces zones des inondations aux récurrences les plus communes (1:2, 1:5 et 1:10). De telles études auraient dépassé largement le cadre du présent mandat et n'ont donc pas été réalisées. Dans le cas de la zone de Cayes, une étude détaillée sur les problèmes de drainage de la ville est déjà en cours de réalisation. Dans le cas des basses plaines de Quartier Morin – Limonade, il est recommandé que la réalisation de cette étude détaillée soit programmée au cours de la deuxième phase du PMDN.
- La localisation des aménagements de protection riveraine a été réalisée sur la base de la documentation disponible, des visites terrain réalisées et de l'observation d'images satellitaires sur Google Earth. Dans tous les cas, la localisation précise de ces aménagements devra faire l'objet d'études plus précises de conception et d'exécution. Toute mise en chantier résultant indirectement de la présente étude devra comporter une étape de vérification menée par des ressources compétentes, notamment en ce qui a trait aux levés topographiques et bathymétriques à prévoir, aux études hydrauliques et à la modélisation des niveaux d'eau ainsi qu'au positionnement précis des aménagements.
- Les sites potentiels d'implantation des ouvrages de traitement de ravine, notamment les seuils en gabions et les micro-retenues ont été sélectionnés suite à un examen minutieux d'orthophotos, d'images Google Earth et du MNT en se basant sur différents critères, notamment la localisation des ravines, la topographie et l'occupation du sol. Les points GPS retenus pour ces ouvrages doivent donc, dans un premier temps, servir de points de repères. Dans un deuxième temps, une prospection sur le terrain par des ressources compétentes sera requise pour s'assurer que les sites présentent des conditions favorables à l'implantation des ouvrages et pour préciser leur positionnement définitif.

- Chacun des sous-bassins versants retenus pour la réalisation des ouvrages de traitement de ravines devra faire l'objet d'une concertation avec les populations locales afin d'évaluer et de confirmer leur réceptivité et leur adhésion au projet. La réalisation de cette démarche sera de première importance pour la mobilisation des populations et la durabilité des ouvrages (suivi, entretien) qui seront mis en place.
- La mise en valeur des micro-retenues qui seront construites nécessitera une sensibilisation et un encadrement adéquat des populations riveraines de ces ouvrages. Par ailleurs, tous les ouvrages de traitement de ravines à eux seuls ne peuvent constituer une réponse définitive aux problèmes d'érosion et à l'intensité des inondations qui en résultent en aval du bassin versant. Des efforts particuliers devront donc être déployés afin d'accroître considérablement la couverture végétale permanente sur les versants des ravines traités. Le PMDN II devra donc s'associer avec certains partenaires intéressés à fournir l'encadrement requis des populations pour la promotion d'activités d'agroforesterie et de foresterie.
- Considérant le nombre important d'ouvrages de traitement de ravines (seuils en pierres sèches, seuils en gabion, micro-retenus) proposés dans cette étude, l'ampleur relativement restreinte de chacun de ceux-ci et de leur zone d'impact assez limitée (ponctuelle), l'évaluation environnementale a considéré ces ouvrages dans leur ensemble selon chacun des types. Il reviendra à la cellule de suivi environnemental et aux agents du PMDN II d'apprécier, s'il y a lieu, chaque situation en fonction des spécificités (milieux naturels plus sensibles, faible adhésion des populations riveraines, etc.) des sites retenus.

Annexe 1
Fiches techniques des ouvrages proposés

Fiche Technique : PROTECTION DES BERGES

Utilité **:**

- La protection des berges affectées par l'érosion, conséquence d'un processus continu et successif de sapement, d'affouillement et d'effondrement de celle-ci, est généralement assurée par différents type d'ouvrages longitudinaux. Ce sont des ouvrages adaptés pour des situations où la vitesse d'écoulement des eaux peut être assez forte et où la stabilité et l'intégrité des berges et des rives sont menacés.
- L'**enrochement** met à profit la disponibilité de matériaux minéraux pour corriger le profil d'un cours d'eau, protéger les berges contre l'érosion et assurer une protection contre les risques d'effondrement. Il peut être posée en vrac aussi bien à sec que dans l'eau (Figure 1).
- Le **mur en gabion** est un assemblage de cages métalliques remplies de pierres et liées entre elles par du fil de fer résistant. Leur agencement peut ainsi suivre les berges de la rivière (Figure 2) et limiter au maximum leur impact sur l'écoulement naturel de la rivière.
- Le **mur berlinois** est une structure constituée de profilés en H (acier) servant de pieux dans lesquels sont glissés des panneaux de béton armé, le tout étant stabilisé par une série de tirants et de corps morts. Cet aménagement permet de retenir voire de recréer la berge détruite par l'érosion (Figure 3).
- Le rideau de **palplanches** métalliques est une alternative au mur berlinois (Figure 4). Il est lui constitué de planches en acier profilée et dotée de joints de connexion. Il doit également être battu en terre et ancré afin de soutenir la berge protégée.



Conditions d'application **:**

- Les **enrochements** représentent souvent l'alternative la moins coûteuse si des pierres et roches de dimension et poids suffisants sont disponibles en quantité et à proximité du site. Toutefois, les pentes relativement faibles à obtenir pour garantir la stabilité de l'enrochement impliquent soit un rétrécissement de la zone d'écoulement au droit de l'enrochement ou, si l'espace est disponible en rive, un empiétement important de celle-ci pour maintenir la section d'écoulement du cours d'eau.
- La mise en place de **gabions** requiert la présence de fondations saines d'où la nécessité d'une mise à sec de la zone à protéger. Leur construction en escalier permet de limiter leur empiètement sur le lit de la rivière et en rive. Ils sont particulièrement utilisés pour les sites dont les débits en étiage sont faibles et où il y a abondance de pierres pour leur construction. Leur nature entraîne l'utilisation importante de main-d'œuvre locale, contribuant ainsi à leur popularité si cette main-d'œuvre est rémunérée.
- Les **murs berlinois** et les palplanches sont appropriés pour les lits profonds et les cours d'eau qui présentent un débit important et dont la mise à sec pour les travaux peut s'avérer complexe et couteuse. Dans la majorité des cas, les travaux peuvent être exécutés en présence d'eau et en sol saturé, même si on préfèrera les périodes d'étiage.
- La construction des murs berlinois est faite de sorte qu'en cas d'affouillement futur à leur base, les éléments de béton s'enfoncent naturellement le long des profilés en acier, contribuant ainsi à leur auto stabilisation au cours des ans et des crues subséquentes. Il est généralement conseillé de ne pas



Figure 1 : Enrochement de berge (Canada)



Figure 2 : Mur en gabion (Haïti)



Figure 3 : Mur berlinois (Haïti)

AFC

dépasser une hauteur de mur de 4 m au risque de devoir faire des vérifications de dimensionnement beaucoup plus poussées ainsi que des dispositions constructives particulières.

- À l'instar du mur berlinois, le rideau de **palplanches** peut être employés dans des conditions où l'empiètement dans la rivière est un enjeu, pour ne pas diminuer sensiblement la section d'écoulement, et où la hauteur de protection est élevée (supérieure à 5 m).



Figure 4 : Palplanche (Haïti)

Aspects sociaux et planification participative **:**

Ce genre d'ouvrage nécessite la collaboration étroite des services de l'eau, de l'agriculture, de l'environnement et des travaux publics. Une surveillance accrue de ce type d'ouvrage doit être menée pour éviter la dilapidation des matériaux en place. Ce type d'ouvrage est surtout d'intérêt public et peut ne pas motiver les populations riveraines pour son entretien.

Il est possible d'organiser des sessions d'informations aux techniciens et agents spécialisés dans les secteurs concernés (ateliers, conférences, etc.) sur l'importance que revêt ce genre d'ouvrages dans la lutte contre l'érosion et précisément dans la protection des berges par le piégeage artificiel des sédiments et le calibrage des cours d'eau. Il est important de vérifier si les travaux nécessitent la réalisation d'une étude d'impact environnementale.

Spécifications techniques **:**

Enrochements :

- Une pente relativement faible (pente 2/3 ou 1/2) est souhaitée. Si les vérifications hydrauliques démontrent qu'une élévation du niveau des eaux est anticipée suite au rétrécissement de la section d'écoulement au droit de l'ouvrage, une pente plus forte peut-être adoptée, mais les enrochements doivent être liaisonnés au béton et la vérification de leur résistance à la poussée des sols est alors nécessaire.
- Leur mise en place dans des zones enclavées est fortement conditionnée par la présence locale de pierres de calibres suffisants, le coût de ces travaux d'enrochement pouvant s'élever rapidement dans le cas contraire.
- La taille des pierres requises pour les enrochements de berge est fonction de la vitesse adjacente de l'eau et de la pente de la berge. Le diamètre médian des pierres peut être calculé par l'équation suivante (Division des autoroutes, État de Californie; cité dans Smith, 1985):

$$D_m = 20{,}17\ V^2 / \sin(70 - \alpha)$$

où :
D_m : Diamètre médian (mm)
V : Vitesse de l'eau (m/s)
α : Pente de la berge (degré)

- L'équation ci-dessus s'applique pour des pierres ayant une gravité spécifique de 2,65. Si la gravité spécifique des pierres est différente de cette valeur, la taille des pierres peut être obtenue en multipliant la valeur D_m de l'équation ci-dessus par 1,65 / (Sg -1); Sg étant la gravité spécifique des pierres.
- La taille des pierres (D_m en mm) calculée avec l'équation ci-dessus pour différentes vitesses de l'eau et diverses pentes des berges est donnée au tableau ci-dessous.

Vitesse	Pente des berges (V : H)					
(m/s)	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 8
1,0	29	26	24	23	23	23
1,5	66	58	55	53	52	51
2,0	117	103	97	94	92	91
2,5	183	161	152	147	144	142
3,0	264	232	219	212	208	204
3,5	359	316	298	289	283	278
4,0	469	412	389	377	370	363

AECOM

- Lorsque la pente devient assez faible, par exemple 1 : 4, le bénéfice obtenu en termes de réduction de la taille des pierres due à la réduction de la pente devient marginal. Par contre, le volume de pierres requis pour couvrir la berge augmente considérablement. Aussi, il est généralement recommandé que les enrochements ne soient pas utilisés sur des pentes moindres que 1 : 4.

Gabions :

- Les murs de gabions sont des ouvrages gravitaires (murs poids dont la masse s'oppose aux poussées) construits avec un système préfabriqué à gabion multi-paniers. Le dimensionnement d'un mur en gabions prend en compte divers paramètres incluant les caractéristiques intrinsèques des matériaux de remplissage (densité et pourcentage des vides), la résistance des grillages, les caractéristiques des matériaux en place et de remblais arrière, et l'existence ou non de fondation.
- Pour une hauteur de berge inférieure à 4 m (Figure 5), le revêtement de talus peut être réalisé par l'emploi de gabions. Les gabions cages sont disposés en gradin, longitudinalement, sur des gabions semelles placés perpendiculairement à la berge. Les gabions peuvent, tout en assurant la protection du talus, jouer un rôle de soutènement. Les gabions semelles, par leur déformabilité, épousent le terrain d'assise à tout moment et, en cas d'affouillement du lit, permettent d'assurer à l'ouvrage sa tenue malgré un certain affaissement possible.
- Pour une hauteur de berge supérieure à 4 m, deux (2) cas de figure peuvent se présenter :
- S'il est possible de construire à sec, les protections peuvent être réalisées exclusivement en gabions (Figures 5 et 6).
- Les murs en gabions fonctionnent comme des murs de gravité et sont construits en accord aux critères de la mécanique de sols pour les murs. Pour les effets de conception de ceux-ci, on tendra compte de trois types (Figures 7 et 8).
- Dans le cas où le niveau des basses eaux ne permet pas la mise en place d'étages inférieurs de gabions, il est possible de les combiner à des enrochements en guise de fondation.

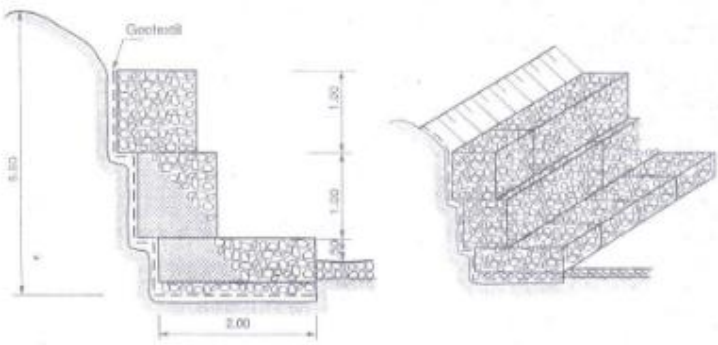


Figure 5 : Murs en Gabions
(CATIE, année inconnue)

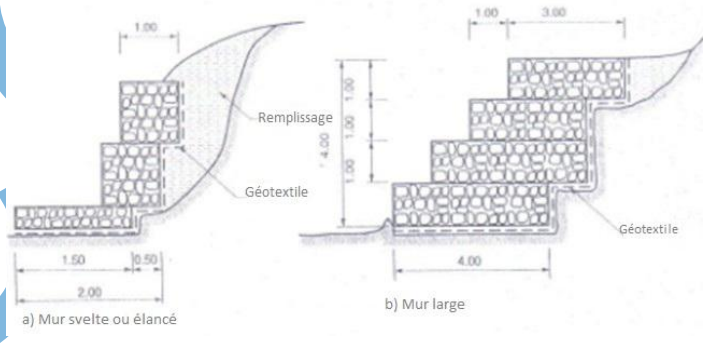
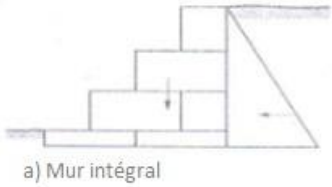


Figure 6 : Construction typique de murs en gabions (CATIE, année inconnue)


a) Mur intégral


b) Mur incliné


c) Mur avec terre de remplissage

Figure 7 : Schémas généraux de types de mur (CATIE: année inconnue)

AFCM

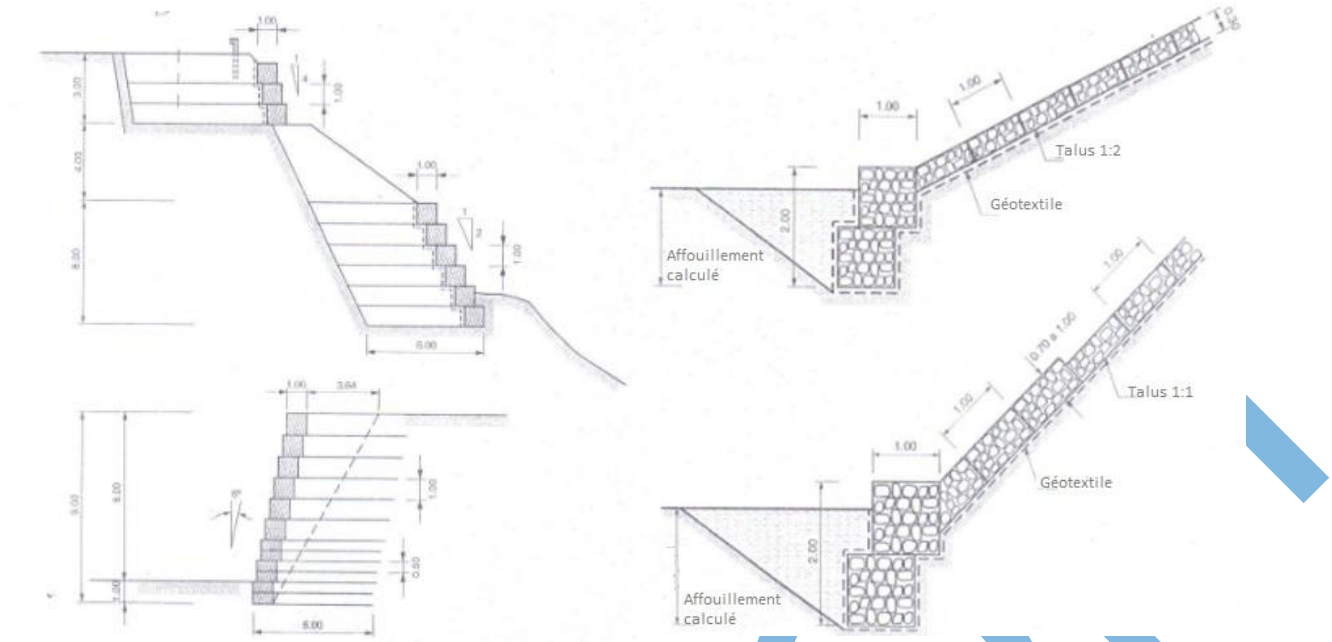


Figure 8: Schéma d'une conception de gabions en pierre renforcée système terrâmes et protection de talus (CATIE : année inconnue)

Mur berlinois :

Le mur berlinois implique l'installation de panneaux préfabriqués de béton armé, disposés entre des pieux (profilés en H) qui auront été battus / foncés au préalable, et qui retiendront les panneaux. Les pieux sont retenus vers l'arrière par des tirants métalliques reliés à des corps morts / ancrage, localisés à une certaine distance derrière le mur (Figures 9 et 10). Les panneaux de béton doivent être installés entre les pieux de manière à ce que le premier panneau dépasse le fond de la rivière de 1 mètre par le bas. L'ensemble est ensuite remblayé et compacté pour assurer sa stabilité.

Pour améliorer la stabilité des murs et surtout pour éviter un affouillement aux extrémités, il est recommandé d'utiliser un enrochement à chaque extrémité du mur pour limiter les actions érosives agressives lors de fortes crues



Figure 9 : Digues longitudinales (Haïti))



Figure 10 : Installation des panneaux de béton entre les pieux (profilés en H) - Haïti

Les principaux éléments constituant un mur berlinois sont les pieux et la parois Lorsque nécessaire, des ancrages sont installés afin d'augmenter la résistance (force qui s'oppose) à la pousée des terres (Fig. 11 et 12). Un ancrage est constitué d'une moise, d'un support d'ancrage, d'une tige d'ancrage et du scellement de cette dernière dans le roc avec un coulis de ciment. La parois sont formés de plusieurs panneaux en béton armé insérés successivement entre les pieux. Les panneaux et les pieux constituent la surface du mur qui retient les sols en place pour prévenir le sapement des berges. Les pieux sont des profilés d'acier enfoncé verticalement dans le sol (Figure 13). Une moise est constitué d'un profilé d'acier placé à l'horizontale reliant deux ou plusieurs pieux. La moise et la tige d'ancrage sont reliées par un dispositif de support d'ancrage soudé à la moise. L'ancrage reprend une partie de l'effort transmis aux pieux par la poussée des terres sur le mur. La charge transmise au mur par la poussé des terres est reprise par l'ensemble du mur constitué de pieux, du boisage et des ancrages.

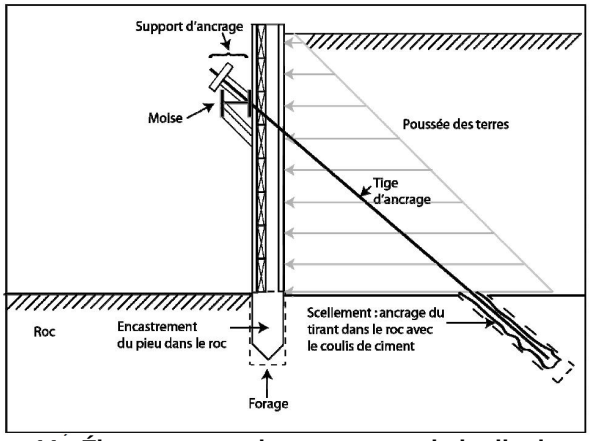


Figure 11 : Élements constituant une parois berlinoise – vue de côté (CSST, 2014)

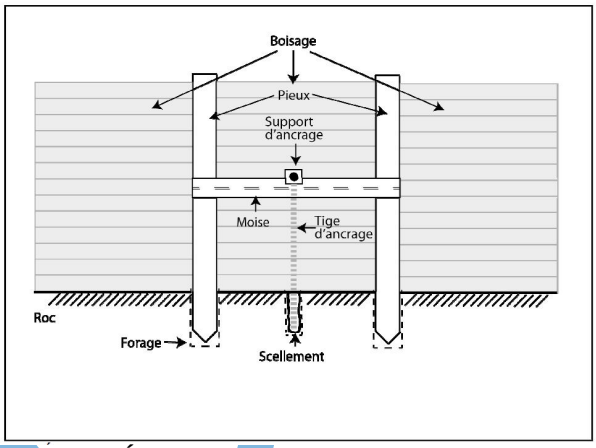


Figure 12 : Élements constituant une parois berlinoise – vue en élévation (CSST, 2014)

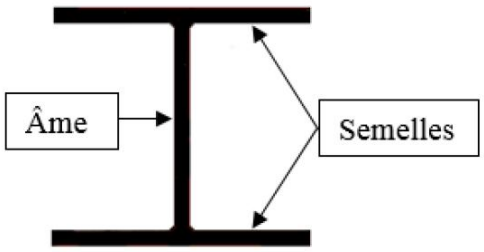


Figure 13. Coupe latérale d'un profilé d'acier (Source : CSST, 2014).

Études et travaux préparatoires **:**

Enrochements :

La réalisation d'enrochements nécessite la connaissance du terrain (études topographiques) d'une part et les caractéristiques morphométriques et hydrauliques (niveau d'eau, vitesse, section mouillée, etc.) du cours d'eau d'autre part. Une étude des crues est importante. L'ingénieur chargé de la réalisation doit inspecter les lieux et choisir les endroits les plus vulnérables à l'érosion, là où le cours d'eau longe les voies de communication, les hameaux de maisons.

Gabions:

La réalisation des digues de protection et des épis en gabions nécessite les mêmes études et travaux préparatoires que pour les enrochements : études topographiques, caractérisation morphométrique et hydraulique (niveau d'eau, vitesse, section mouillée, etc.) du cours d'eau, étude des crues.

Murs berlinois:

La réalisation des murs berlinois nécessite la connaissance du terrain (études topographique et géotechnique) d'une part et les caractéristiques morphométriques et hydrauliques (niveau d'eau, vitesse, section mouillée, etc.) du cours d'eau d'autre part. Une étude des crues est importante. L'ingénieur chargé de la réalisation doit inspecter les lieux et choisir les endroits les plus vulnérables à l'érosion, là où le cours d'eau longe les voies de communication, les canaux d'irrigation ou les hameaux de maisons.

Principales étapes des travaux **:**

Enrochements :

- Les travaux se font en période d'étiage.
- Il faut amasser tous les matériaux de construction pour commencer la réalisation.
- Le transport des matériaux de construction (pierre sèche, etc.).
- Les travaux d'empierrement : talutage de la berge, creusage d'une tranchée pour la recharge, application de matériaux de transition (si requis : minimum 20 cm) (ou géotextile) puis les enrochements.

Gabions :

- Les travaux se font en période d'étiage.
- Le repérage topographique des sites.
- Il faut amasser tous les matériaux de construction pour commencer la réalisation.
- Le transport des matériaux de construction (terre, pierre sèche, tout venant, cage métallique, etc.).
- Les travaux de terrassement (déblai, remblai, compactage).
- Les travaux de terrassement d'ancrage.

Murs berlinois :

Pour leur mise en place, les pieux sont d'abord implantés suivant l'axe prévu, de l'amont vers l'aval. Ils sont enfoncés par vibrage et battage à l'aide d'engins spéciaux. Un premier travail de terrassement est ensuite fait pour atteindre la cote de fond de fouille correspondante à la base d'installation de la première rangée de panneaux de béton. Après la pose des premières rangées de panneaux, un dispositif de protection au pied du mur peut être installé. Ce dernier peut être des hexapodes de type A-Jacks®. Après, il y a un deuxième travail de terrassement afin d'installer les blocs d'ancrage et les tirants nécessaires au soutien du mur, puis des opérations de remblaiement et de compactage viennent clore cette phase. Enfin, les dernières rangées des panneaux de béton sont installées.

Les étapes pour la réalisation des travaux de réalisation du mur de type berlinois sont, principalement et sans s'y limiter :

- la préparation (implantation / alignement, terrassement, repérage topographique des sites) ;
- le transport des matériaux de construction (pieux, tirants, panneaux, etc.).
- la mise en place des profilés dans le sol par battage ;
- la pose des tirants ;
- la mise en place des panneaux en béton armé ;
- la réalisation des remblais derrière le mur (déblai, remblai, compactage).

Précisions sur les matériaux :

Enrochements :
Les pierres proviennent du site (si possible) ou à proximité, et doivent être de dimension acceptable (voir Spécifications Techniques).

Gabions :
Les pierres proviennent du site (si possible). Il est souhaitable de choisir des matériaux de remplissage de façon à obtenir la stabilité et la compacité maximum ainsi qu'à accroître leur surface de contact. Le calibre moyen des enrochements sera limité de 0,12 à 0,15 m afin d'éviter une tendance excessive aux déformations et assurer une bonne stabilité transversale du profil.

Murs berlinois :
La longueur des pieux et leur profondeur, ainsi que leur espacement est à définir en fonction de la hauteur du mur à construire et des caractéristiques du site (type de sol, etc.). De même, le calibre des tirants et la taille des corps morts est aussi à définir en fonction de la hauteur des murs, du type de sol et la poussée du remblai sur les murs.

Outils et équipement **:**

Enrochements :

- Les matériaux apportés par charriage (gros galets, bloc de pierre, etc.) peuvent être trouvés sur le site ou à proximité.
- Moyen de levage et de transport (camion, équipements mécaniques, etc.). Autant que possible, il est préférable que la pelle hydraulique travaille à partir du haut du talus plutôt qu'en pied de berge (impact direct sur les organismes aquatiques).

Gabions :

- En général, le gabion est monté sur place. Les matériaux apportés par charriage (gros galets, bloc de pierre, etc.) peuvent être trouvés sur le site.

AECOM

- Engins de travaux publics pour la construction de la digue.
- Moyen de levage et de transport (camion, équipements mécaniques, etc.).

Murs berlinois :

- Engins de travaux publics pour les déblais, remblais et compactage des emprunts.
- Moyen de levage et de transport (camion, équipements mécaniques, etc.).
- Équipement de soudure

Mesures d'accompagnement **:**

- Il est conseillé à la fin des travaux de végétalisation des talus des berges ainsi que le sommet des ouvrages. La végétalisation de l'ouvrage est réalisée par l'introduction de plants/boutures, au besoin, en association avec des géotextiles de protection. Dans les parties difficiles d'accès et très érodées, il est recommandé d'utiliser la méthode de l'embroussaillement et les techniques qui y sont associées.

Entretien **:**

Il est obligatoire d'entretenir ce genre d'ouvrages au cours des premières années. Des inspections régulières sont nécessaires, voire obligatoires, après chaque passage de crues.

Principaux services techniques et intervenants responsables **:**

Conception : Bureaux d'études.
Réalisation : Bureaux d'études et d'exécution, entrepreneurs spécialisés.
Suivi : Bureaux de supervision.

Coût :

Enrochements : 70 $US / m^3

Gabions: 105 $US / m^3

Murs berlinois: 2 500 $US / m^2

Palplanches : 1 500 $US / m^2

Ces coûts sont indicatifs et ne comprennent pas le coût des études préparatoires. Chaque ouvrage de protection des berges possède des spécificités propres (topographie, etc.) qui peuvent faire varier considérablement le coût.

Main d'œuvre :

Ces structures sont des ouvrages complexes à réaliser. Elles requièrent les services d'un expert qui connaît bien ces techniques tant du point de vue d'implantation (choix judicieux des sites d'installation) que du suivi de la construction.

En général, une main d'œuvre locale non spécialisée assistée d'encadreurs compétents (spécialistes) suffit pour la confection de ces ouvrages.

Référence **:**

- BDPA, CTFT & ORSTOM., 1969 Techniques rurales en Afrique : Les ouvrages en gabion.
- CATIE , Année inconnue. Manuel pour la conception d'ouvrages de protection des rivières avec l'approche des structures en gabions. 69 p.
- Degoutte G. 2006. Diagnostic, aménagement et gestion des rivières – Hydraulique et morphologie fluviales appliquées, Lavoisier, 394 p.
- Lachat B., 1999 Quelque aspects du génie biologique en zones de montagnes (Suisse et France). Ingegneria naturalistica – Experienze e prospettive. pp : 1 - 14.
- Lachat B., 1995 Berge & ripisylve. Cahier Les rencontres du Conservatoire régionale des Rives de la Loire. pp : 49 – 81.
- Lachat B., 1984 Utilisation de géotextiles en stabilisation végétale des rives. Bulletin de l'ARPEA (Jumelée avec l'AQTE), No 123, pp : 51 – 63.Smith C.D., 1985. Hydraulic Structures. University of Saskatchewan. SI Units.357 p.
- CSST. 2014. Rapport d'enquête. RAP0988391. 91 p.

AECOM

Fiche Technique: MICRO-RETENUE

Utilité **:**

- Une micro-retenue est un ouvrage en maçonnerie construit dans le lit mineur d'une ravine ou d'un cours d'eau permettant d'intercepter les eaux de ruissellement du bassin versant en amont et ainsi jouer différents rôles :
  - Protection contre les crues et contre la dégradation d'infrastructures situées en aval (villages, routes, etc.);
  - Irrigation des terres agricoles et consolidation des activités de production agricole (vergers, culture maraîchère, élevage, etc.);
  - Approvisionnement en eau (populations, cheptel);
  - Recharge des nappes phréatiques;
  - Captures des sédiments;
  - Amélioration de l'environnement (dissémination de points d'eau dans le paysage, milieu propice pour la faune/flore).
- Implantée dans des environnements fragiles et à faible activité économique, la micro-retenue est un aménagement très innovant, susceptible de transformer ou d'appuyer les systèmes de production agricoles traditionnels. Elle peut aussi changer les comportements sociaux face à l'eau, une ressource naturelle de plus en plus rare et vitale.



Conditions d'application **:**

- Les dimensions d'une micro-retenue sont variables mais la hauteur ne doit pas dépasser 5 m sinon leur conception demande davantage d'investigations et de calculs non présentés dans cette fiche.
- Une micro-retenue ne doit pas être implantée dans un bassin versant dont la superficie est supérieure à 4 km^2.
- Leur efficacité et durabilité demeurent cependant fonction de nombreux problèmes à résoudre qui vont du choix du site et de la réalisation technique de l'ouvrage jusqu'à la participation des acteurs locaux au projet.
- Le transport des sédiments vers la retenue et l'envasement progressif qui s'en suit doivent être minimisés par des mesures adaptées afin d'assurer une durée de vie adéquate à l'ouvrage. La densité des aménagements anti-érosifs en amont de la retenue ne doit toutefois pas compromettre le bon remplissage en eau de la retenue.

Aspects sociaux et planification participative **:**

- Ce genre d'ouvrage nécessite la collaboration étroite des services de l'eau, de l'agriculture, de l'élevage, des forêts et des travaux publics. Il est recommandé d'organiser des sessions d'informations (conférences, etc.) aux techniciens et agents spécialisés dans les secteurs concernés sur l'importance que revêt ce genre d'ouvrages.
- Lorsque la micro-retenue est uniquement considérée comme un élément de protection des infrastructures situées en aval (habitations, route, etc.), visant à réduire les crues et à retenir les sédiments, l'ouvrage est alors principalement d'intérêt public. L'accès à l'eau de ces retenues (pour irrigation, eau potable, etc.) s'avère souvent la principale motivation pour engager la participation des populations dans la réalisation et l'entretien des ouvrages.
- Dans quelques cas, en milieu agricole tout comme en milieu forestier, la réalisation de micro-retenue peut requérir une révision de la trame foncière en amont et une réattribution conséquente de parcelles de terres.
- La gestion pratique des micro-retenues ainsi que le partage des responsabilités de cette gestion entre les particuliers (bénéficiaires/usagers) et les collectivités, doivent être définis au préalable.
- La construction d'une micro-retenue se fait généralement avec peu de machinerie. Ce genre d'ouvrage s'adapte bien au travail à haute intensité de main-d'œuvre (HIMO) et favorise les retombées économiques pour les populations riveraines lors de sa construction.

Spécifications techniques **:**

Une micro-retenue est généralement constituée d'un barrage muni d'un déversoir, d'un ouvrage de prise d'eau, d'un bassin de dissipation et d'un radier. C'est un ouvrage essentiellement construit en maçonnerie renforcé par des poutres de libage et des poteaux en béton armé. Généralement un tapis d'enrochement est ajouté en aval du radier afin de prolonger la protection contre les affouillements.

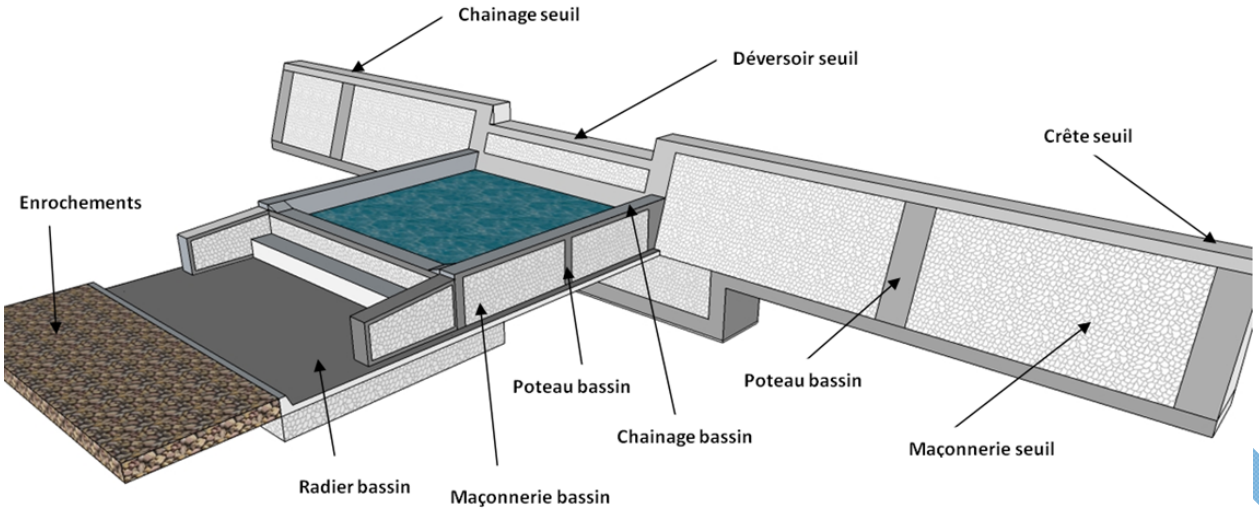


Schéma conceptuel d'une micro retenue

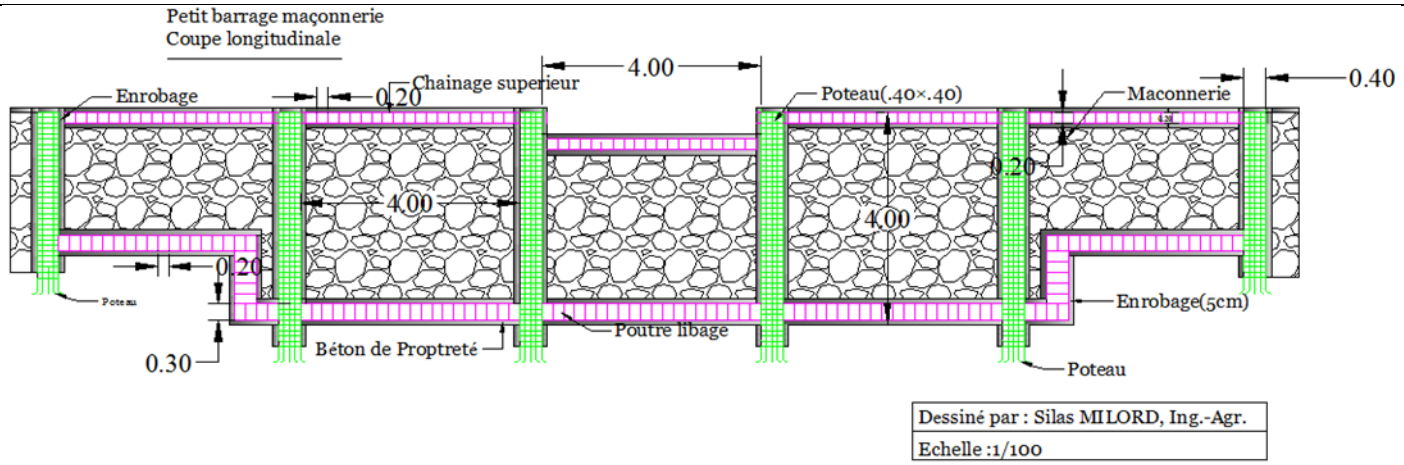


- Les paramètres de dimensionnement d'une micro-retenue sont sa hauteur, sa longueur, les dimensions du bassin de dissipation, la profondeur de fouille et les dimensions du déversoir. Ces paramètres sont déterminés en fonction du site d'implantation de la micro retenue.
- Le bassin de dissipation permet d'amortir et de dissiper l'énergie de l'eau et ainsi d'éviter l'usure, l'érosion ou la destruction de l'ouvrage. D'autre part, il permet d'emmagasiner de l'eau pour les besoins des communautés locales. Ses dimensions peuvent donc être adapter à ces besoins.
- Le déversoir permet d'évacuer les crues et est généralement de type seuil situé au milieu de l'ouvrage. Les dimensions du seuil sont calculées pour permettre d'évacuer une crue décennale.
- L'ouvrage de vidange/prise d'eau est formé d'une batterie de tuyaux en PVC (Ø 100 mm) munis de bouchons qui permet d'alimenter ou de vider la retenue.
- Le radier ainsi que le tapis amont muni d'un écran étanche permet d'éviter le phénomène de « renard » qui menace la stabilité de l'ouvrage.
- Il est recommandé d'ajouter un revêtement maçonné au niveau des ancrages afin de protéger la structure contre l'affouillement

Études et travaux préparatoires **:**

- Revue de la documentation et analyse des données : cette étape consiste à délimiter la zone d'étude et étudier les principales caractéristiques du milieu (topographie, occupation du sol, hydrographie, conditions sociales, écologiques, etc.). Ensuite elle permet de préparer les fonds de carte topographiques et hydrographiques nécessaires à l'identification de sites potentiels d'implantation. Enfin durant cette phase les caractéristiques morphologiques des sous bassins à l'étude sont déterminées afin d'affiner la localisation de ces sites.
- Mission terrain : cette étape cruciale a deux objectifs. Le premier objectif est de rencontrer les collectivités locales afin de présenter l'ouvrage et les conditions de son implantation. Cette phase doit se conclure par un accord avec les bénéficiaires sur les objectifs à atteindre et les moyens qui seront mis en œuvre pour y accéder. Dans un deuxième temps, la sortie terrain permet de valider les sites potentiels d'implantation et de confirmer leur position par un géoréférencement précis. Également, la visite de terrain peut servir à repérer d'éventuels sites d'emprunt pour les matériaux.
- Études techniques : à ce stade du dimensionnement des ouvrages, il faut réaliser une étude topographique du site d'implantation ainsi qu'une étude hydrologique du bassin versant amont. Ensuite l'ingénieur chargé de la conception effectue l'ensemble des calculs (hydrologie, stabilité, paramètres techniques, etc.) en vue d'élaborer l'ensemble des plans et dessins pour les ouvrages identifiés constituant la micro retenue. Il prépare également le devis estimatif et identifie la provenance, qualité et quantité des matériaux nécessaires à la construction ainsi que l'identification de la main d'œuvre et des compétences nécessaires. Enfin, il s'assure d'évaluer la durée des travaux en fonction de l'ensemble des contraintes identifiées pour le site.

AFCOM



Exemple de plan de ferraillage pour le corps du barrage

Principales étapes des travaux :

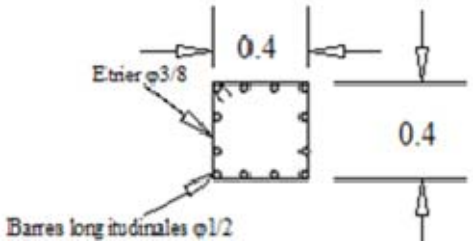
- Prendre les précautions requises pour que les crues ne nuisent pas aux travaux et ne créent pas de dégâts à la digue et aux ouvrages annexes depuis les premières installations du chantier jusqu'à la mise en eau de l'ouvrage. La saison sèche demeure la meilleure période pour la conduite des travaux car la construction d'un ouvrage de dérivation provisoire du cours d'eau serait trop coûteuse.
- Localiser les zones d'emprunt et identifier tous les matériaux de construction requis pour la réalisation de la micro retenue.
- Assurer le transport des matériaux de construction sur le site ou prévoir leur acheminement au moment de leur utilisation.
- Effectuer les travaux préparatifs (débroussaillage, désherbage et dessouchage) au chantier.
- Assurer l'implantation de l'ouvrage en matérialisant le tracé de l'ensemble des éléments le constituant.
- Réaliser les fouilles et le fonçage (si nécessaire).
- Exécuter les travaux de coffrage, ferraillage, béton et maçonnerie ainsi qu'enrochements.



Fouille réalisée et prête au fonçage

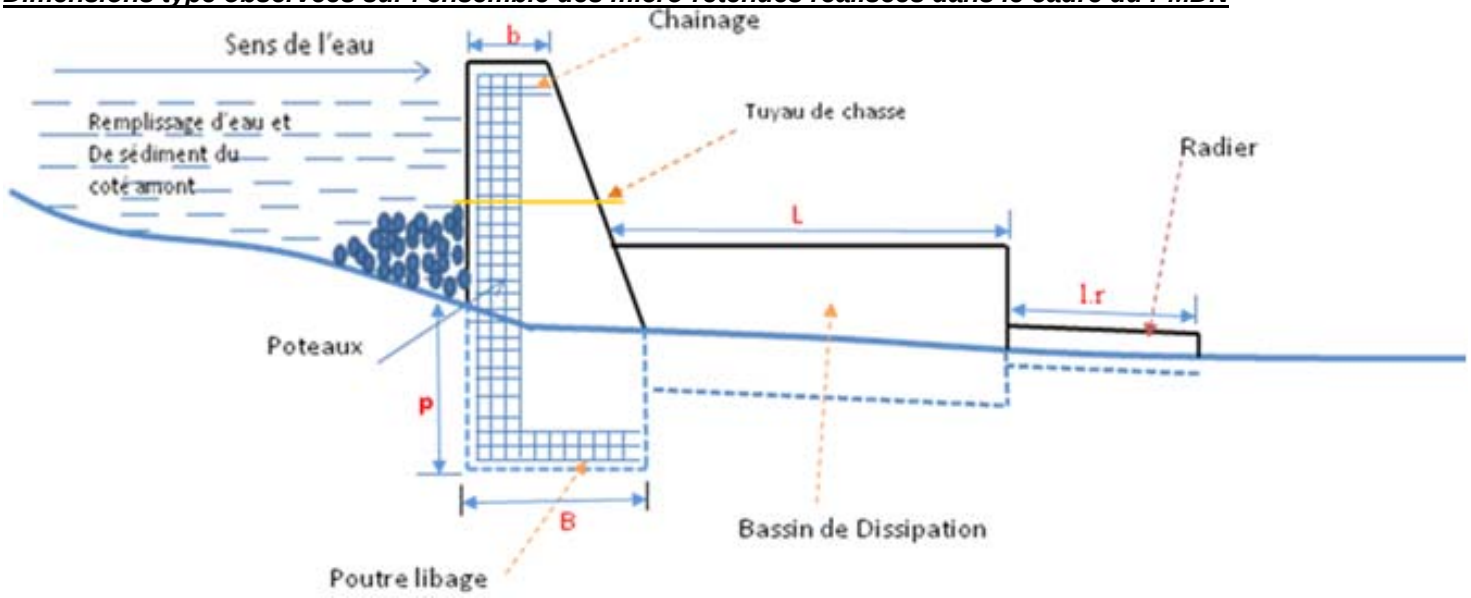
Précisions sur les matériaux :

- La roche utilisée pour la maçonnerie doit idéalement provenir de la zone et avoir été prélevée dans le lit de la ravine. Elle a un diamètre moyen de 200 à 400 mm voire plus élevé pour les enrochements. Elle doit avoir une dureté suffisante pour pouvoir être manipulée sans se casser ni se désagréger. Les roches doivent être homogènes, ne s'altérer ni à l'eau, ni à l'air, et être exempts de fissures.
- Le dosage du béton dépend de son utilisation :
  - 150 kg/m^3 pour le béton de propreté
  - 300 kg/m^3 pour la finition (crépissage et enduisage)
  - 350 kg/m^3 pour le béton des poutres de libage et le chaînage de la maçonnerie
- Les armatures sont de trois types selon leur utilisation :
  - φ1/4 pour les étriers du bassin de dissipation
  - φ3/8 pour les étriers des poteaux du seuil et des poutres de libage
  - φ1/2 pour les barres longitudinales des poteaux et des poutres



AECOM

Dimensions type observées sur l'ensemble des micro-retenues réalisées dans le cadre du PMDN



Long. (m)	Haut. (m)	Prof. P (m)	Larg. b (m)	Larg. B (m)	Mesure bassin L x l x H (m)	Hauteur déversoir (m)	Largeur déversoir (m)	Longueur radier lr (m)	Épais. libage (m)	Épais. chaînage (m)	Dimension poteau (m)
18.9	3.2	1.3	0.6	1.5	5 x 4 x 1.2	0.6	3.4	1.7	0.4	0.3	0.4 x 0.4

Détail des coûts unitaires observés lors du PMDN I

Description	*Unité*	Cout unitaire en Gourdes
Main d'œuvre		
Fouille	m^3	500
Ferraillage	*Barre*	100
Coffrage	*Ml*	27
Béton	m^3	600
Maçonnerie	m^3	600
Crépissage	m^2	100
Rejointoiement	m^2	100
Manutention ciment	*U*	40
Manutention fer	*U*	20
Manutention sable, gravier et roche	m^3	150
Matériaux		
Ciment	*Sac*	325
Sable	m^3	540
Gravier	m^3	540
Roche	m^3	500
Eau	*Drum*	150
Fer φ1/4 x 20	*Barre*	60
Fer φ3/8 x 30	*Barre*	205
Fer φ1/2 x 30	*Barre*	345
Fil à ligaturer	*Lbs*	45

AECOM

Outils et équipement :

- Engins de transport pour les matières premières (sable, gravier, ciment, eau, roche, etc.).
- Matériel d'implantation
- Petits outils et matériels de construction (pelle, pioche, planche de bois, clous, etc.)

Mesures d'accompagnement :

- Pour augmenter la durée de vie d'une micro-retenue, il faut prévoir le traitement amont du sous-bassin par l'implantation de seuils (en gabion et/ou en pierres sèches) et des mesures d'incitations aux bonnes pratiques d'utilisation des terres (plantation d'essences forestières adaptées, cultures agricoles durables).
- Prévoir s'il y a lieu un appui pour l'encadrement des producteurs pour l'irrigation des terres.

Entretien :

- Il est obligatoire d'entretenir annuellement ce genre d'ouvrages. Des inspections régulières, après chaque passage de crues, sont obligatoires afin de prévenir un risque de rupture de digue. Ces travaux d'entretien peuvent être grandement facilités par la mise en place d'un comité de gestion composé principalement des bénéficiaires et des collectivités locales, et qui prend en charge cette tâche.
- L'entretien périodique de l'ouvrage consiste principalement à éliminer la végétation qui se développe trop près de l'ouvrage, reconstituer la structure en remplaçant les roches détachées ou en reconstituant le mortier et enlever les dépôts solides dans le bassin de dissipation après les épisodes pluvieux.

Principaux services techniques et intervenants responsables :

Conception : DDA, ONG, bureaux d'études.
Réalisation : Bureaux d'exécution, entrepreneurs locaux, ONG, organisations paysannes.
Suivi : DDA, MARNDR, bureaux d'études

Coût :

500 000 gourdes par ouvrage. Ce coût reste indicatif et n'inclut pas le coût des études préparatoires. Chaque micro-retenue possède des spécificités propres (topographie, hydrologie, etc.) qui peuvent faire varier ses dimensions et donc son coût.

Main d'œuvre :

Une main d'œuvre locale, assistée d'encadreurs compétents (ingénieurs ou techniciens spécialisés), suffit pour la confection de ce genre d'ouvrage.

Référence :

- Milord, S., 2014. PMDN. Les microbarrages en aménagement rural – Manuel de dimensionnement. 97 pp.
- Rivas, J. et CATIE, 2014. *Manuel pour la conception d'ouvrages de protection des rivières avec l'approche des structures de gabions*. Gestion Sociale des Bassins Versants de Cavaillon et de la Ravine du Sud, PMDN, MARNDR, 72 pp
- Algergel J., Nasri S. et J.-M. Lamachère, 2004 *HYDROMED – Programme de recherche sur les lacs collinaires dans les zones semi-arides du pourtour méditerranéen.* Revue des Sciences de l'Eau, 17 (2) : 133-151.
- Algergel J., Nasri S., Boufaroua M., Droubi A. et A. A. Merzouk, 2004 *Petits barrages et lacs collinaires, aménagements originaux de conservation des eaux et de protection des infrastructures aval : exemples des petits barrages en Afrique du Nord et au Proche-Orient.* Note de recherche - Sécheresse, 15 (1) : 78-86.
- CATIE, 2014. *Modèle de protocole d'entretien pour des ouvrages construits validé par les CGBV, DDAS et autres partenaires impliqués dans la gestion des bassins versants de Cavaillon et Ravine du Sud*. Gestion Sociale des Bassins Versants de Cavaillon et de la Ravine du Sud, PMDN, MARNDR, 36 pp
- Célestin, W. et G. Giordano. 1996. *Les retenues collinaires : une alternative pour le développement agricole intégré des zones sèches : cas de Pandiassou, Hinche*. Conjonction No 200 (101-106): revue franco-haïtienne de l'Institut Français d'Haïti. Le développement rural en Haïti.
- FAO 2000. *Programme de réalisation de petites retenues collinaires*. Haiti. Compte rendu final du projet, préparé pour le Gouvernement d'Haïti par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 34 p.
- BDPA, CTFT & ORSTOM., 1969 *Techniques rurales en Afrique : Les ouvrages en gabion.*

AECOM

Fiche Technique: TRAITEMENT DE RAVINES

Utilité :

- Le traitement de ravines vise à réduire la vitesse des eaux de ruissellement à des valeurs non érosives. Il s'agit de travaux de revégétalisation, de haies vives, de fossés de dérivation et d'interception, de puits d'infiltration, et d'installation de seuils.
- La revégétalisation et la mise en place de haies vives s'adresse aux petites ravines qui produisent de petits débits ou aux flancs de collines.
- Les seuils sont recommandés pour diminuer le ravinement ainsi que pour la correction torrentielle. Ce sont des ouvrages de petite envergure, construits perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau dans des zones de fortes dénivelées.
- Ils peuvent être faits en gabions ou en pierres sèches, en clayonnage ou en piquets de bois, en grillage mécanique, en pneus usés ou en sacs de terre et autre matériel.

***Conditions d'application* :**

Pente	Intervention
0 à 5%	Revégétalisation de la ravine.
5 à 10 %	Revégétalisation avec installation d'ouvrages de chute tels que des ruptures de pentes et des déversoirs empierrés.
10 à 25 %	Empierrement de la ravine avec des matelas de gabions, du perré et des blocs de béton.
> 25%	Installation de puisards pour capter et évacuer les eaux de ruissellement.

- Pour les faibles pentes, la réalisation de terrasses progressives est recommandée. Pour ce faire, les techniques de revégétalisation et de mise en place de haies vives sont utilisées (Fig. 1). Ce type de technique ne fera cependant pas l'objet de cette fiche.
- Le seuil en gabions (Fig. 2) peut s'installer sur des pentes faibles jusqu'à des conditions sub-verticales. La hauteur des ouvrages en gabions ne doit pas dépasser 3 m en partie centrale pour des raisons de stabilité et de coûts. Les gabions sont inadaptés dans le cas de torrents soumis à des phénomènes de transports solides très violents ou trop fréquents car ils nécessiteront alors un entretien fréquent. Dans certaines conditions, les gabions doivent être renforcés par des contreforts installés en aval de l'ouvrage.
- Le seuil en pierres sèches (Fig.3) est largement répandu en Haïti. Leur efficacité dépend avant tout de la qualité et de la taille des pierres. Le seuil en pierres sèches est recommandé pour traiter des ravines ayant au maximum 2 m de hauteur sur 4 m de largeur. Ces ouvrages sont donc souvent placés en tête de ravine.
- Le seuil en clayonnage – par exemple avec du grillage métallique – (Fig. 4) est souvent installé dans des ravines ayant au maximum un mètre de hauteur et une largeur plus ou moins uniforme. Son installation sur le terrain est relativement facile si on dispose de pieux en grande quantité. Ce type de seuil est particulièrement recommandé dans les régions dépourvues de pierres de qualité.



Figure 1 : Revégétalisation de flanc de colline
(Source : http://haitigrassrootswatch.squarespace.com)



Figure 2 : Seuil en gabions avec contreforts et chaînage en béton (Cavaillon)



Figure 3 : Seuil en pierres sèches (Haïti)



Figure 4 : Seuil en grillage métallique (Algérie)

- Le seuil en pneus usés (Fig. 5) ayant une faible densité, il manque généralement de solidité. Il devient plus résistant si des ligatures sont ajoutées. Toutefois, il n'est pas toujours facile d'adapter l'ouvrage au profil de la ravine. Dans les petites villes, il est parfois difficile de trouver les pneus de mêmes dimensions qui sont nécessaires à sa construction.
- Le seuil en sacs de terre (Fig. 6) est peu résistant et de courte longévité car le plastique des sacs de la rangée supérieure résiste mal aux rayons ultraviolets du soleil. Ce genre d'ouvrage est cependant efficace, souple et facile à mettre en place. Pour prolonger sa durabilité, il est essentiel d'utiliser du film plastique noir ou traité contre les UV, qui est plus résistant au soleil.
- La stabilisation finale des ravines s'effectue par l'utilisation d'interventions biologiques (revégétalisation, haies vives principalement). Les espèces végétales suggérées pour stabiliser les versants des ravines sont des herbes à rhizomes qui auront l'avantage de se multiplier progressivement selon l'élévation des sédiments dans la ravine suite à la construction des seuils. Aussi, la plantation de haies en lignes continues et serrées sur les flancs de la ravine permettra de recentrer les écoulements. Par la suite, dès qu'un volume suffisant de sédiments se sera déposé dans la ravine, une ligne d'arbres et d'arbustes pourra être plantée en bordure de la ravine pour stabiliser les versants.

Dans certains cas, une étude d'impact environnemental peut s'avérer nécessaire.

Il est possible d'intéresser les paysans au traitement des ravines dans la mesure où il est possible d'y développer une production végétale à usage multiple. Par exemple, des plantes efficaces pour fixer les sols seront choisies tout en permettant aux paysans de se procurer un revenu grâce à la récolte de fruits et/ou à la production de fourrage.



Figure 5 : Seuil en pneus usés (Algérie)



Figure 6 : Seuil en sacs de plastique (Algérie)

Aspects sociaux et planification participative :

- Les ravines naissent de l'excès d'eau dégagé du versant. La mauvaise gestion des champs en est généralement la cause essentielle, bien que les ravines puissent aussi se créer de manière naturelle. La correction torrentielle n'a de sens que si le paysan modifie son système d'exploitation. L'innovation du système de production réduit non seulement le ravinement mais améliore aussi la productivité des terres et conséquemment, le revenu du paysan.
- Il est indispensable que les propriétaires et/ou exploitants visés par les travaux participent activement aux prises de décisions (impacts sur leurs activités, solutions d'atténuation, choix d'emplacement, types d'ouvrages, etc.) et soient associés aux travaux de construction.

Le seuil est une technique simple et maîtrisable par la main d'œuvre locale non qualifiée, à condition d'être suivi par une personne qualifiée (ingénieur ou technicien spécialisé) pendant toutes les étapes. Il faut prévoir des sessions publiques d'informations sur l'importance et les méthodes d'entretien des ouvrages.

Spécifications techniques :

- Le principe de base du phasage des travaux est de démarrer l'aménagement à l'aval à partir d'un point stable (pente faible, fondation rocheuse) ou d'un premier ouvrage particulièrement conçu pour résister à l'affouillement. Puis on remonte progressivement vers l'amont à l'aide d'autres ouvrages.
- L'emplacement des seuils est déterminé de manière à placer le premier pied du seuil supérieur à un niveau inférieur à celui de l'atterrissement résultant des dépôts de matériaux derrière l'ouvrage aval (Fig. 7). Ce dernier niveau est calculé à partir de la hauteur des ouvrages, de la distance les séparant et de la pente du terrain. Il existe plusieurs formules de calcul en fonction des paramètres du milieu et des caractéristiques des seuils. La distance entre les seuils peut être calculée sur la base de la formule suivante :

$$E = H/Ps \times 100$$

où E est l'espacement entre deux barrages consécutifs (m), H la hauteur effective du barrage (m) et Ps la pente de compensation (%).

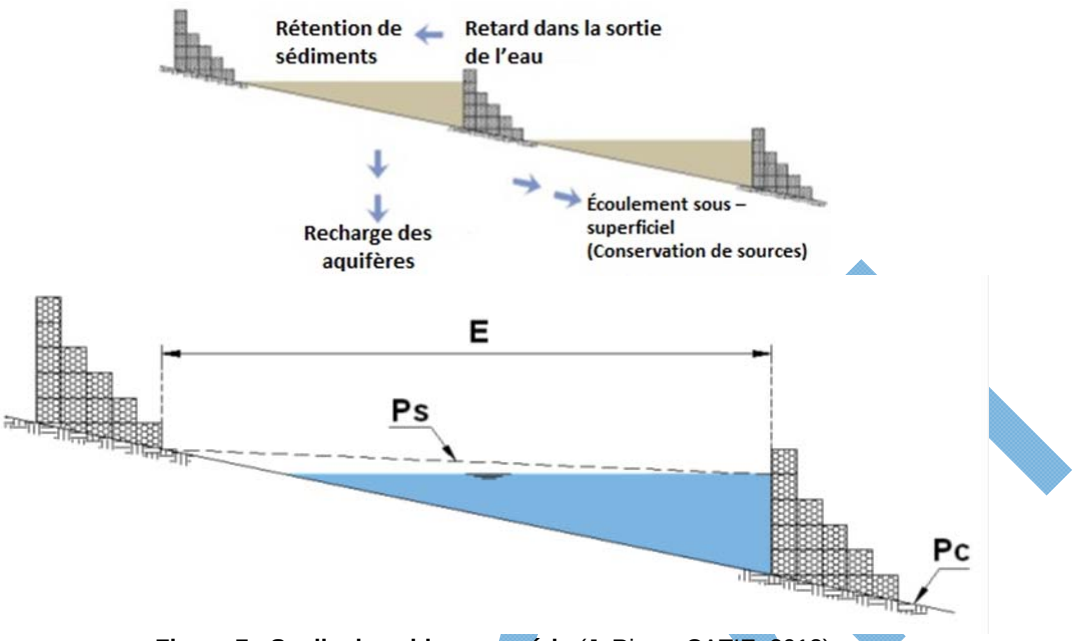


Figure 7 : Seuils de gabions en série (J. Rivas, CATIE, 2013)

- Pour les petites ravines (< 2 m de hauteur en partie centrale), un seuil en gabion à la base de la ravine avec en amont des techniques de seuils plus légères telles des seuils en pierre sèches peuvent être utilisées. Pour les ravines moyennes (2 - 3 m de hauteur en partie centrale), elles peuvent être traitées par un ensemble de seuils en gabions où la tête d'un seuil doit être alignée avec le pied du seuil en amont.
- Le moment idéal pour réaliser les travaux est par temps sec. Il y a lieu d'éviter les moments de pluies.

Le **seuil en gabions** fonctionne comme un barrage filtrant qui permet l'écoulement normal de l'eau et la rétention de sédiments. Il reste flexible et peut souffrir de déformations sans perdre de son efficacité. Il est formé de cages de gabions qui constituent une seule structure et présente une plus grande résistance au renversement et au glissement.
L'agencement et le profil du seuil en gabion (i.e. le nombre et la taille des gabions à utiliser) est fonction de la section transversale de la ravine, la hauteur effective du seuil et la taille du déversoir. Dépendamment des dimensions du seuil et des conditions locales, il peut s'avérer nécessaire de procéder à une fouille pour consolider et favoriser la stabilité de l'ouvrage. De même, un chaînage et des contreforts en béton peuvent être ajoutés afin d'augmenter la durabilité de l'ouvrage (**Fig.8**)

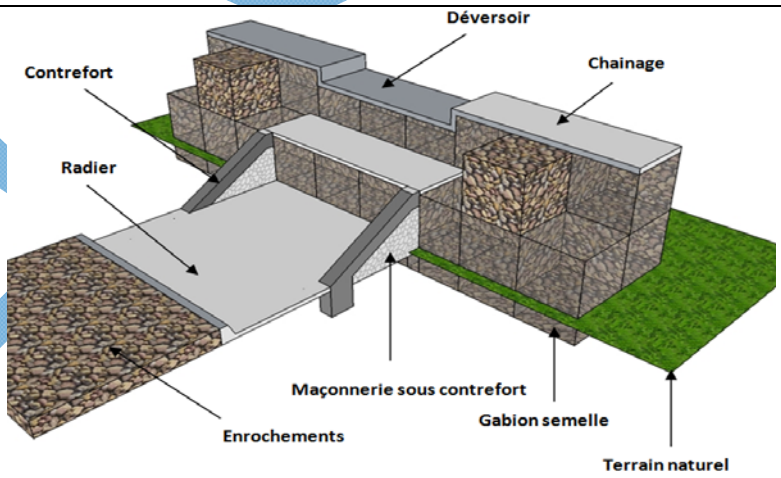


Figure 8 : Schéma conceptuel d'un seuil en gabion (S. Milord.,PMDN, 2014)

Le **seuil en pierre sèche** est un ouvrage construit à l'aide de pierres disposées de façon à ce que l'ouvrage soit bien stable. L'utilisation de ce type de seuil permet d'avoir un ouvrage filtrant, laissant passer à travers sa structure, une partie des eaux ruisselées (**Fig.9**). Afin d'en augmenter la durée de vie, il est préférable, dans la mesure du possible, d'y ajouter une mince chape de béton sur le dessus. Également, ces seuils peuvent être consolidés par des moyens biologiques. On estime que le rendement de la main d'œuvre varie de 0,5 à 0,7 m^3 par homme/jour pour l'érection de ces seuils.



Figure 9 : Travaux de construction de seuils en pierres sèches (Haïti)

Le **seuil en grillage métallique** est constitué d'un métal grillagé soutenu par des jambes de forces alignées. Celles-ci sont reliées par des haubans en fil de fer galvanisé à des piquets d'ancrage. Ils ne doivent pas excéder 1 m de hauteur (Fig. 10 et 11).

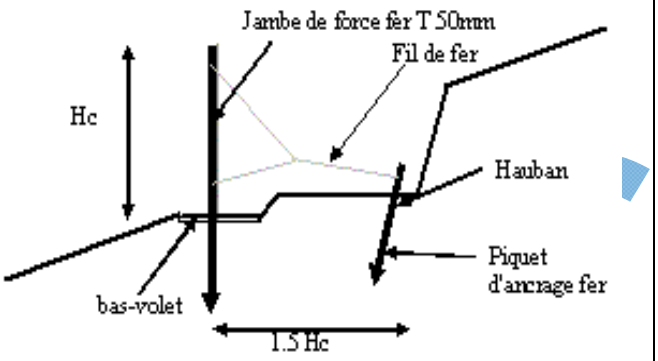


Figure 10 : Support du grillage métallique (Arabi et al., 2003)

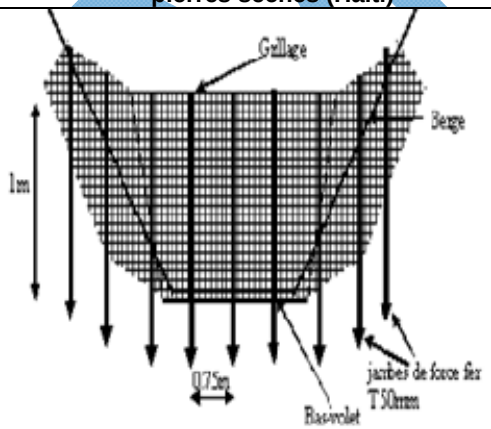


Figure 11 : Grillage métallique (Arabi et al., 2003)

Les **seuils en pneus usés** sont constitués de pneus de récupération de diamètre identique, en piles contiguës, fortement attachés les uns aux autres, et soutenus par des jambes de force et remplis de terre. Ils ne doivent pas excéder 1 m de hauteur sous cuvette (une pile de quatre ou cinq pneus de 1 m de diamètre par exemple). L'ouvrage doit avoir un léger fruit amont, chaque pneu étant légèrement décalé de quelques cm par rapport au pneu sous-jacent. (Fig. 12).

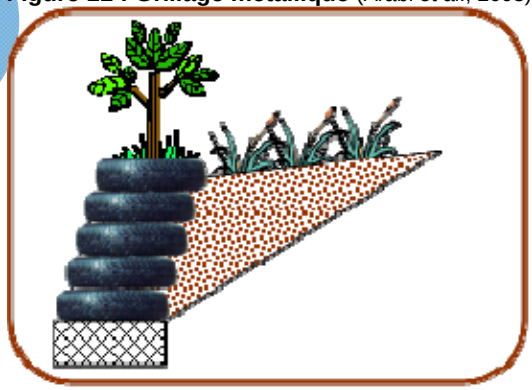


Figure 12 : Seuil en pneus (Arabi et al., 2003)

Les **seuils en sac de terre** sont constitués de sacs de plastique renforcé de 50 kg remplis de tout-venant de rivière, disposés dans le sens du courant sur toute la largeur de la ravine. Ils sont déposés les uns sur les autres en rangées successives et forment un mur. Ils ne doivent pas excéder 1 m de hauteur sous cuvette (soit quatre rangées successives de sacs de 50 kg par exemple). On donne au seuil un léger fruit amont en le construisant en escalier, chaque rangée de sacs étant décalée d'une dizaine de cm par rapport à la rangée inférieure. On prendra toutes les précautions nécessaires pour éviter les risques d'affouillement. Le déversoir a une forme rectangulaire (Fig. 13).



Figure 13 : Seuil en sacs de terre (Algérie)

Études et travaux préparatoires **:**

- Diagnostic du milieu : régime hydrologique, torrentialité, roches taillées par le ravinement, sources d'approvisionnement et taille des matériaux, dimensions de la ravine et superficie du sous-bassin traité, zones affouillables, formes érosives apparentes (sapement, glissements, érosion régressive, recul des têtes, zones de dépôt), niveau de base, pentes d'équilibre des talus et creusement des méandres, nature et taille de la végétation, passages du bétail, etc.
- Étude topographique pour mesurer les dénivelées et les longueurs des ravines à aménager, nécessaire à l'implantation future des ouvrages.
- Étude socioéconomique permettant d'apprécier la réaction des riverains vis-à-vis des ouvrages (consentement, intérêt, savoir-faire, refus) et la planification des travaux (disponibilité locale des intrants, organisation du chantier, faisabilité, etc.).

Principales étapes des travaux **:**

Seuil en gabions

- Déterminer le profil (Fig.14) et la section du gabion en fonction des caractéristiques de la ravine (topographie, hydrologie, etc.) et des calculs de stabilité et de dimensionnement du déversoir.
- Creusage de la fondation (dimensions selon la taille du gabion à installer en plus d'une largeur suffisante pour circuler autour de l'ouvrage lors de la construction).
- Épandage, sur l'assise, d'un filtre granulaire[1] (facultatif) ou d'une membrane géotextile[2] (facultatif) - *cette membrane assure que les particules fines ne soient pas lessivées par translocation*.

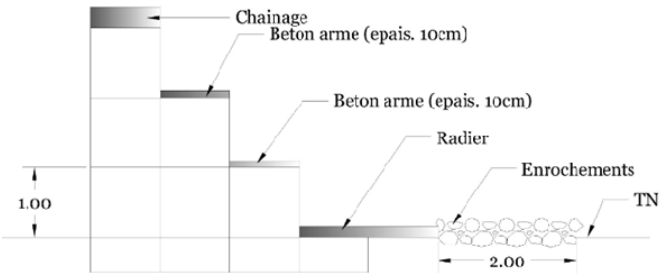


Figure 14: Profil d'un gabion (S. Milord, PMDN, 2015)

- Dépliage des paquets de gabions sur l'axe de l'assise et assemblage des paniers selon les recommandations du manufacturier (Fig. 15).

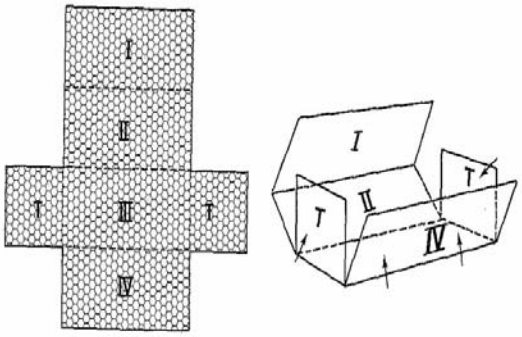


Figure 15: Assemblage d'un gabion (Cemagref, 1992)

- Amarrage et couture des premières faces puis placement des cages et union (ligature) entre les cages adjacentes.
- Remplissage des gabions en cherchant l'angle de repos des pierres pour obtenir un meilleur placement. Raidissement du gabion par des tirants lorsque la hauteur de remplissage est à moitié.
- Recouvrement et couture du gabion.
- Empilement d'un panier vide sur un panier rempli et attachement des deux paniers ensemble, les gabions de la seconde couche sont placés de façon à croiser ceux de la première *(un déversoir peut s'avérer utile).* Travaux de finissage : comblement des trous autour du seuil et remblaiement simultané derrière la structure, plantation et enherbement des abords des ouvrages, etc.

Seuil en grillage métallique

- Fouilles : ouverture d'une plate-forme transversale de 0,5 m de large, et de même longueur que la partie centrale du seuil. Cette plate-forme est destinée à recevoir la bande de grillage formant le bas volet.
- Ouverture, de part et d'autre de cette plate-forme, d'une fouille en rigole d'au moins 30 cm de profondeur, la plus étroite possible, et destinée à assurer l'encastrement des ailes du seuil dans les berges.

[1] Filtre granulaire : petits cailloux ou gravier 1 cm de diamètre.

[2] Filtre géotextile : il convient de respecter des règles concernant ses principales caractéristiques :

- condition du filtre déterminée par l'ouverture de filtration (O_f). Il faut que $O_f < c\ d_{85}$ où c est le coefficient hydraulique variant de 0,6 (fort) à 1 (faible) et d_{85} est le diamètre tel que 85% en poids des éléments du sol soient inférieurs à cette dimension.
- critère de perméabilité déterminé par la permittivité du géotextile (k_n /e) : k_n /e $>10^5$ k_s où k_s est la perméabilité du sol.

- Mise en place des jambes de force espacées de 0,75 m au maximum. Elles doivent être légèrement inclinées vers l'amont (fruit de 10 %). Dans la partie centrale du seuil, elles maintiennent en place (en passant au travers) la bande de grillage formant le bas-volet. Les jambes sont enfoncées à la masse, sur au moins 0,50 m.
- Mise en place du grillage : les feuilles sont découpées en tenant compte des dimensions de la ravine. D'abord, la partie centrale ensuite, les portions latérales formant la cuvette. Les feuilles sont maintenues en place par quelques ligatures de fils de fer. Le recouvrement entre les différentes feuilles aura au minimum 0,10 m de largeur ; il doit obligatoirement s'appuyer sur une jambe de force (Fig. 8).
- Mise en place des piquets d'ancrage et des haubans: on établit, en amont de l'ouvrage, à une distance égale à environ 1,5 fois sa hauteur sous cuvette, une plate-forme où seront implantés les piquets d'ancrage fixant les haubans à raison d'un piquet pour deux ou trois jambes. Les piquets d'ancrage sont assez fortement inclinés vers l'amont (fruit 30 à 50%). Le fil de fer est passé derrière un taquet d'ancrage, l'autre extrémité est amarrée à environ 30 cm de la base de la jambe de force.
- Finitions : Les jambes de force doivent obligatoirement être arasées au niveau du sommet des feuilles de grillage, afin de ne pas les exposer aux chocs de corps transportés par l'eau. On procédera ensuite à un atterrissement artificiel.

Seuil en pneus usés

- Fouille : ouvrir une fosse de 0,5 m de profondeur sur toute la largeur de la ravine, légèrement inclinée en amont, où sera disposée la première rangée de pneus. Installer un filtre, de préférence en géotextile, entre le sol et l'ouvrage.
- Construction : les pneus sont disposés en piles contiguës, les fils d'attache et les jambes de forces sont installées en premier. On compte un piquet par pile de pneus. On donne à l'ouvrage un léger fruit de 10% (Fig. 10 et 11) en le construisant en escalier, chaque couche étant décalée d'environ 10 cm par rapport à la première. Les jambes de force suivent l'inclinaison de l'ouvrage et sont solidement tendus par les haubans lesquels sont fixés sur des piquets d'ancrage (50 cm dans le sol) à une distance équivalente à 1,5 fois la hauteur du seuil. Le remplissage des pneus avec de la terre et/ou des cailloux est effectué au fur et à mesure de leur mise en place. Les pneus sont liés les uns aux autres de façon à ce que : i) chaque pile de pneus soit solidaire des deux piles voisines, et ii) chaque couche de pneus soit solidaire des couches situées immédiatement au-dessus et au-dessous d'elle.
- Travaux de finissage: on comble la partie arrière de l'ouvrage jusqu'au 2/3 de la hauteur par du tout venant du lit, puis on plante des végétaux à croissance rapide.
- Calage des seuils: dès l'achèvement des seuils, le volume des fouilles et produit du déblaiement seront utilisés comme atterrissements.

Seuil en sacs de terre

- Fouilles : ouverture d'une plate-forme transversale égale à deux fois la longueur de deux sacs (1,5 m de large), et de même longueur que la partie centrale du seuil. Cette plate-forme, légèrement inclinée en amont, est destinée à recevoir les deux rangées successives de sacs. La terre étant rejetée dans la partie amont.
- Ouverture, de part et d'autre de cette plate-forme, d'une fouille en rigole d'au moins 30 cm de profondeur, la plus étroite possible, et destinée à assurer l'encastrement des ailes du seuil dans les berges.
- Remplissage des sacs en tout-venant prélevé de la ravine. Le remplissage est manuel, les sacs remplis sont fermés avec du fil d'attache. Les sacs sont installés en rangée et très serrés les uns aux autres de manière à ne pas laisser de vide. La première rangée étalée sur la largeur de la plate-forme est partiellement enterrée.
- Installation d'un filtre de préférence en géotextile entre le sol et l'ouvrage.
- Installation des deux premières rangées de sacs constituant le soubassement du seuil: les sacs sont disposés en double rangée allongée sur leur longueur dans le sens du courant, sur toute la largeur du lit, l'ouverture étant en amont.
- Les rangées de sacs qui suivent sont entreposées en quinconce sur les premières, légèrement décalées en amont de manière à constituer le fruit. La hauteur ne doit pas dépasser un mètre au niveau de la cuvette.
- La cuvette, en forme trapézoïdale est formée sur les deux dernières rangées.
- Finition : on procédera ensuite à un atterrissement artificiel.

Précisions sur les matériaux **:**

Les gabions

Ils sortent de l'usine pliés et regroupés en paquets. Les dimensions de cage disponibles sont variées mais habituellement la largeur et la hauteur varient entre 0.5 et 1 m et la longueur peut atteindre 4 m (Fig. 16). Un diaphragme est ajouté dans les gabions dont la longueur est plus de 1 m afin de renforcer leur structure. La maille doit être de type hexagonal à double torsion et sa mesure varie (50 × 70, 60 × 80, 80 x 100 ou 100 x 120 mm) en fonction de l'épaisseur du fil galvanisé qui varie de 2à 3.9 mm. Le premier nombre (D) représente l'entraxe des dorsales (Fig. 17). Le fil de fer d'amarrage a une épaisseur légèrement inférieure au fil du gabion afin de garantir la résistance du complexe et en même temps empêcher la rupture, en faisant de l'union le point le plus faible. La quantité de fil d'amarrage est approximativement de 5% du poids des gabions.

AECOM

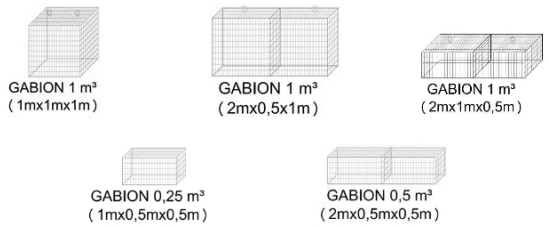


Figure 16: Exemple de dimensions de gabions
(http://www.laboitagabion.fr)

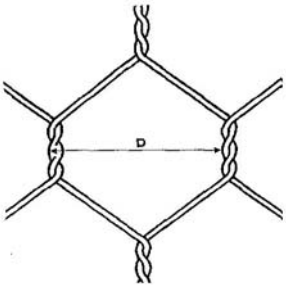


Figure 17 : Maille de gabion (Cemagref, 1992)

Les pierres de remplissage doivent être non friables et non gélives, et de préférence avec des angles arrondis. Dans l'ordre, on donnera la préférence aux roches suivantes :

1) roches éruptives: granites et basaltes
2) roches métamorphiques: gneiss et granulites
3) roches sédimentaires et pédologiques : quartzites, grès, calcaires et latérites
4) matériaux artificiels : briques, blocs et béton

Les pierres doivent avoir une dimension au moins égale à 1,5 fois D. Toutefois, la plus grande dimension des pierres doit rester inférieure à la moitié de l'épaisseur du gabion.

Le grillage métallique

Le grillage métallique est en métal galvanisé se présentant en un treillis métallique à maille carrée de 3 mm de coté. Il est commercialisé en rouleau de 25 m sur 1 m de large. Les jambes de force sont constituées par des fers en T de 5 mm d'épaisseur, à aile de 40 mm. Les piquets d'ancrage sont des fers en T de 3 mm d'épaisseur, à aile de 30 mm. Les haubans et ligatures sont en fil de fer galvanisé n°17 (soit 3 mm de diamètre).

Plusieurs variantes sont possibles pour réduire le prix ou renforcer l'ouvrage: utilisation de métal déployé plus résistant aux poussées boueuses (recommandé dans les régions où ce phénomène est fréquent), utilisation de piquets en béton, utilisation de grillage plastique. Il est possible de réaliser un ouvrage mixte entre gabions (à la base) et grillage en surélévation sur une semelle en gabions de 50 cm à 1 m d'épaisseur, ce qui renforce la solidité de l'ouvrage.

Les pneus

On utilise de vieux pneus de récupération, d'un diamètre extérieur d'environ 1 m (celui des camions est plus résistant), tous de même dimension. Les ligatures sont réalisées en fil de fer galvanisé n° 17, soit de 3 mm de diamètre. Les jambes de force sont constituées par des fers en T ou cornière de 50 mm, de 5 mm d'épaisseur. Les piquets d'ancrage sont des fers en T ou cornières de 40 mm , de 5 mm d'épaisseur. Les haubans sont aussi en fil de fer galvanisé n° 17. Les matériaux de remplissage sont du tout provenant du lit de la ravine, de préférence des éléments fins plus faciles à compacter. Il est possible de réaliser un ouvrage mixte entre gabions (à la base) et pneus en surélévation sur une semelle en gabions de 50 cm à 1 m d'épaisseur, ce qui renforce la solidité de l'ouvrage.

Les sacs de plastique

Les sacs se présentent en sacs de toile plastique, d'une capacité de 50 kg. Ils sont utilisés pour différents conditionnements : ciments, granulés pour la fabrication de médicaments. Les sacs sont remplis de tout-venant prélevé directement dans la ravine. Les attaches sont en fil de fer ou en acier oxydable, utilisé en maçonnerie, servant à attacher les ouvertures des sacs. Comme variante, il est possible d'utiliser des sacs en tissu tressé. Il est possible de réaliser l'ouvrage en surélévation sur une semelle en gabions de 50 cm à 1 m d'épaisseur, ce qui renforce la solidité de l'ouvrage à condition qu'il ne reçoive pas de choc de pierres.

Mesures d'accompagnement **:**

- Prévoir une campagne d'information dans le milieu (démonstration des travaux à réaliser, implication locale, etc.).
- Il est conseillé, à la fin des travaux, de revégétaliser (voir la liste des espèces plus bas) les talus du ravin ainsi que le sommet de l'installation. La végétalisation de l'ouvrage est réalisée par l'introduction de plants ou boutures sur les atterrissements.
- Le long des seuils et particulièrement au fond des ravines, la plantation de boutures de canne à sucre et de bambou ((Bambusa vulgaris, Schrad ex. Wendl.), des plantules de plantes endémiques, d'Acassia auriculiformis, de Cassia siamea permet de stabiliser les ouvrages et d'augmenter leur durée de vie.

Outils et équipement **:**

- Matériel de topographie.
- Brouettes, pelles, pioches, pinces, damier, cisailles, massettes, barre à mine, gants, arrosoirs.

Entretien **:**

- Une inspection périodique (tous les 6 mois) doit être faite pour combler de terres tout endroit d'affouillement ou d'érosion autour de l'ouvrage.
- Vérifier et remplacer les fils d'attache qui pourraient se briser accidentellement. Ces structures ont une vie de 15 à 25 ans.
- Assurer la stabilité des talus du ravin par des moyens biologiques. Plantation au fur et à mesure du rehaussement du lit par les atterrissements.

AECOM

- Promouvoir l'introduction de divers arbres fruitiers et para-fruitiers afin d'améliorer le revenu des paysans et leur motivation vis-à-vis l'entretien régulier des aménagements. L'option valorisation des ravines par des plantations à forte valeur ajoutée est recommandée sur les ravines de faible taille, à caractère peu torrentiel.
- Dans les parties difficiles d'accès et très érodées, utiliser la méthode de l'embroussaillement et les techniques qui y sont associées. On recommande les espèces suivantes : l'herbe gazon (*Paspalum fibriatum)*, les herbes fourragères telles l'herbe éléphant *(Pennisetum purpureum)*, l'herbe de Guinée (Panicum maximum Jacq.), le chiendent (*Cynodon dactylon*), l'herbe du Guatemala (*Tripsacum laxum*), le vétiver (*Vetiveria zizanoides*), la citronelle (*Cymbopogon nardus*), l'herbe sure (*Paspalum conjugatum*) et le roseau (*Arundo donax*) qui s'adaptent facilement dans toutes les conditions, grâce à leur drageons comme appuis aux ouvrages mécaniques (contre barrage au pied du seuil).

- Réfection des anomalies causées par les crues et les animaux fouisseurs jusqu'au développement de la végétation qui prendra le relais.

Principaux services techniques et intervenants responsables :

Conception : DDA, ONG, bureaux d'études.
Réalisation : Bureaux d'études et d'exécution, ONG, organisations paysannes.
Suivi : DDA, BAC.

Coût :

Seuil en gabion :
280 000 HTG pour un ouvrage type de 12 x 2 x 1 m (Long. x Haut. x Prof.)

Ce prix est pour un seuil incluant matériel + transport + main-d'œuvre. Ils n'incluent pas les études préparatoires.

Seuil en grillage métallique :
95 000 HTG (34% du seuil en gabion, selon Roose et al, 2000)

Seuil en pierres sèches :
600 HTG/m^3 ou 300 HTG/ml

Seuil en pneus usés :
56 000 HTG (20% du seuil en gabion selon Roose et al, 2000)

Seuil en sacs de plastique :
42 000 HTG (15% du seuil en gabion selon Roose et al, 2000)

Les coûts sont indicatifs. Chaque seuil possède des spécificités propres (topographie, etc.) qui peuvent faire varier considérablement le coût.

Main d'œuvre :

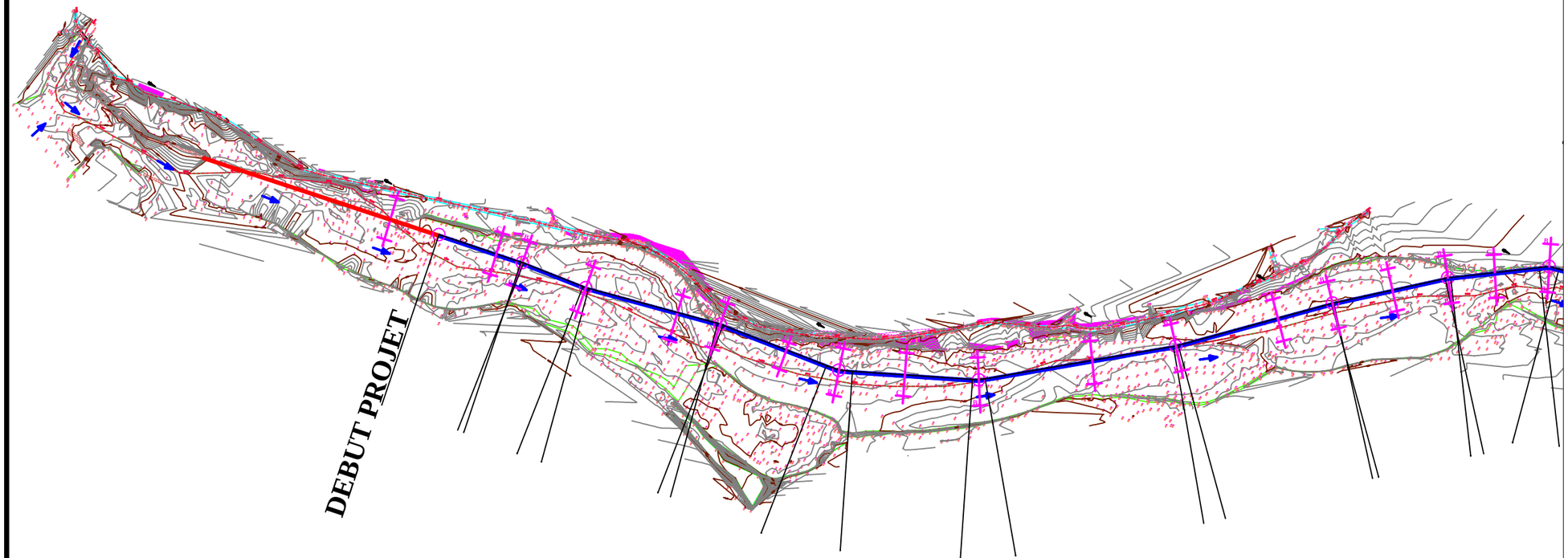
Une main d'œuvre locale non spécialisée assistée d'encadreurs compétents suffit pour la confection de ce genre d'ouvrage.

Référence :

- Jorge Rivas, CATIE, 2014, Manuel pour la conception d'ouvrages de protection des rivières, avec l'approche des structures de gabions, 72 p.
- Milord, S., 2014. PMDN. Les microbarrages en aménagement rural – Manuel de dimensionnement. 97 pp.
- Arabi et al., 2003. Rapport final sur la recherche des techniques antiérosives en zone semi aride près de Médéa. Projet PNR2/CRSTRA, 39 p.
- Bourougaa L., Mengengue et B.S. : Fixation mécanique et biologique des ravines, expérimentation dans la région semi-aride de Bénislimane, Algérie, 1989. Réseau érosion n°9 ,19-29p.
- Chleq J.-L. et Dupriez H. 1986. Métiers de l'eau du Sahel. Eau et terres en fuite. Édition terres et vie.
- Cemagref, 1992. Les ouvrages en gabions.
- Dupriez H. et De Leener P. 1990. Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage (manuel tropical). Terres et vie. Belgique.
- Greco J. L'érosion, la défense et la restauration des sols, et le reboisement en Algérie. Pub. MARA Algérie, 1966; 303 p.
- Lilin C. et Koohafkan A. P. 1987. Techniques biologiques de conservation des sols en Haïti. 36 p.
- http://www.gabions.net/Assets/gab.png
- http://www.avsf.org/posts/839/full/reboisement-et-biodiversite-dans-le-sud-est-d-haiti
- Ministère de l'environnement de Nouvelle-Zélande 2001. Soil Cons. Techn. Handbook.
- Régis G. 1999. Manuel pratique de conservation des sols d'Haïti. MARNDR. 133 p.
- Roose E. et al., 2000. Ravinement en Algérie. Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. Revue Sécheresse. Vol : 11, n° 4 : 317-326.

AECOM

Annexe 2
Plans et coupes types des aménagements proposés dans l'étude de *Correction du lit de la Grande Rivière du Nord*



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

MUR EN GABION

LIGNES DE COUPE

SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :

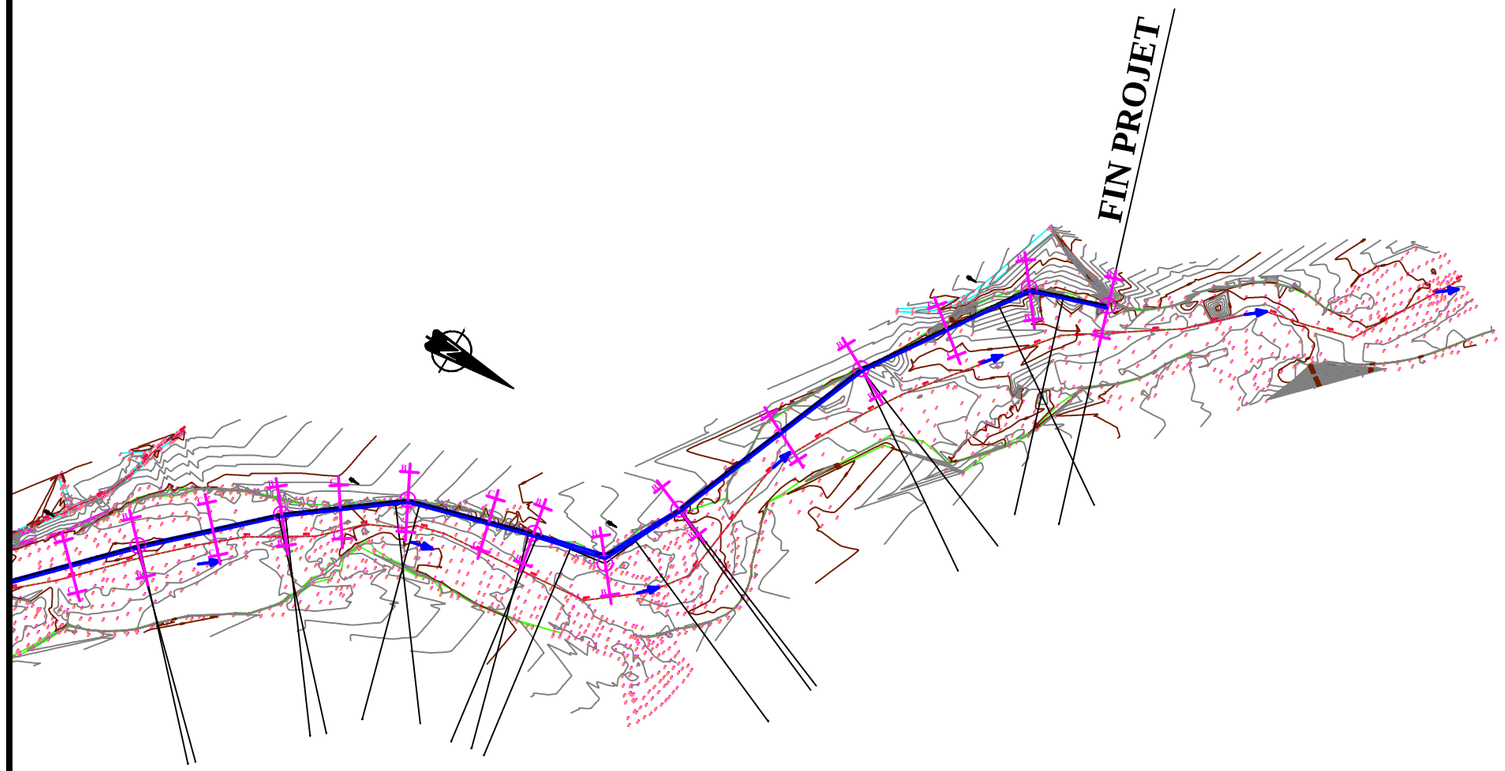
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/10000
Numero : VP 13 PK0+000 - 3+400	
VUE D'ENSEMBLE	**Revision :**



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

MUR EN GABION

LIGNES DE COUPE

SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :

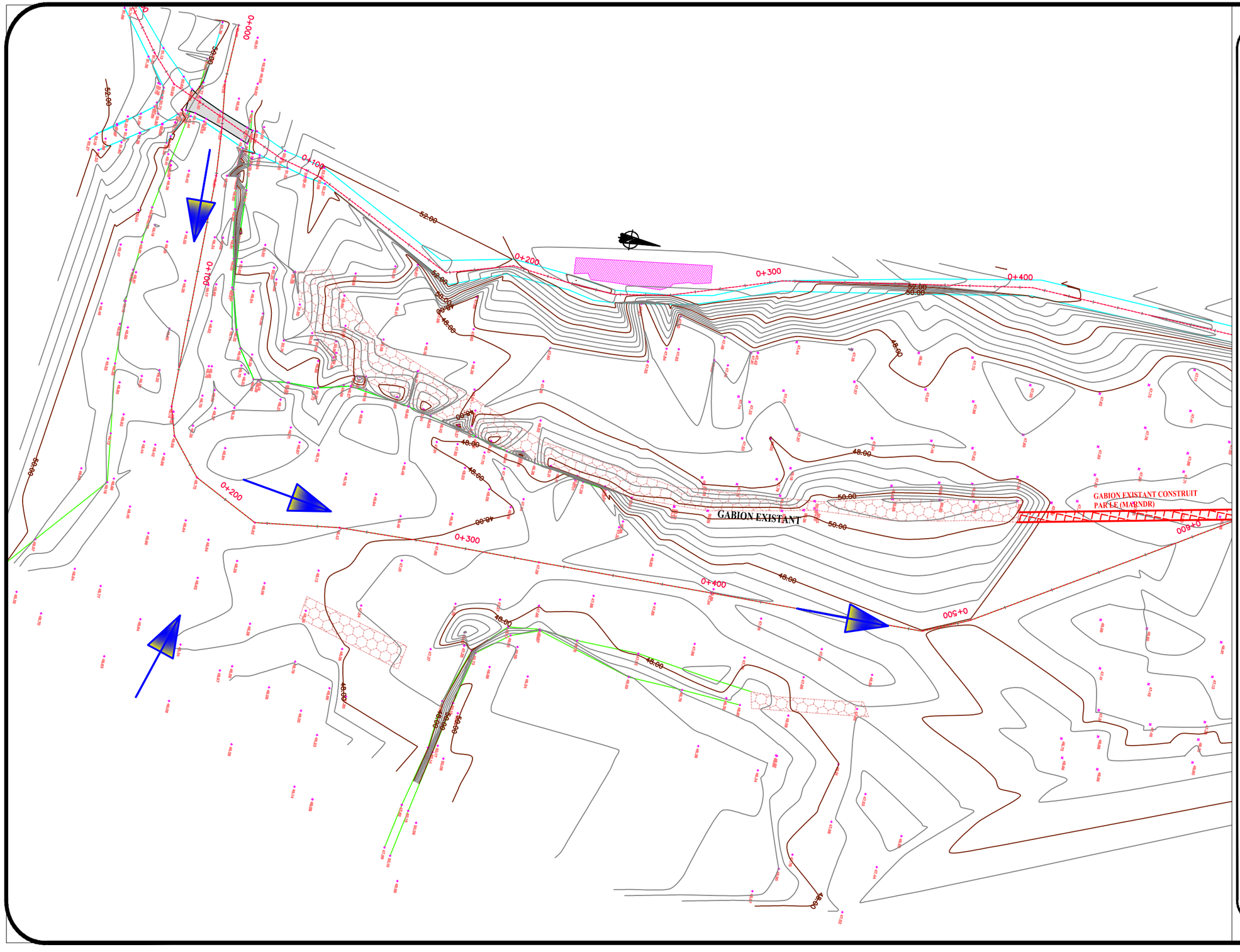
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/10000
Numero : VP 14 PK3+800 - 5+445	
VUE D'ENSEMBLE	**Revision :**



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion existant
- route
- berges
- GABION (MARNDR)
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

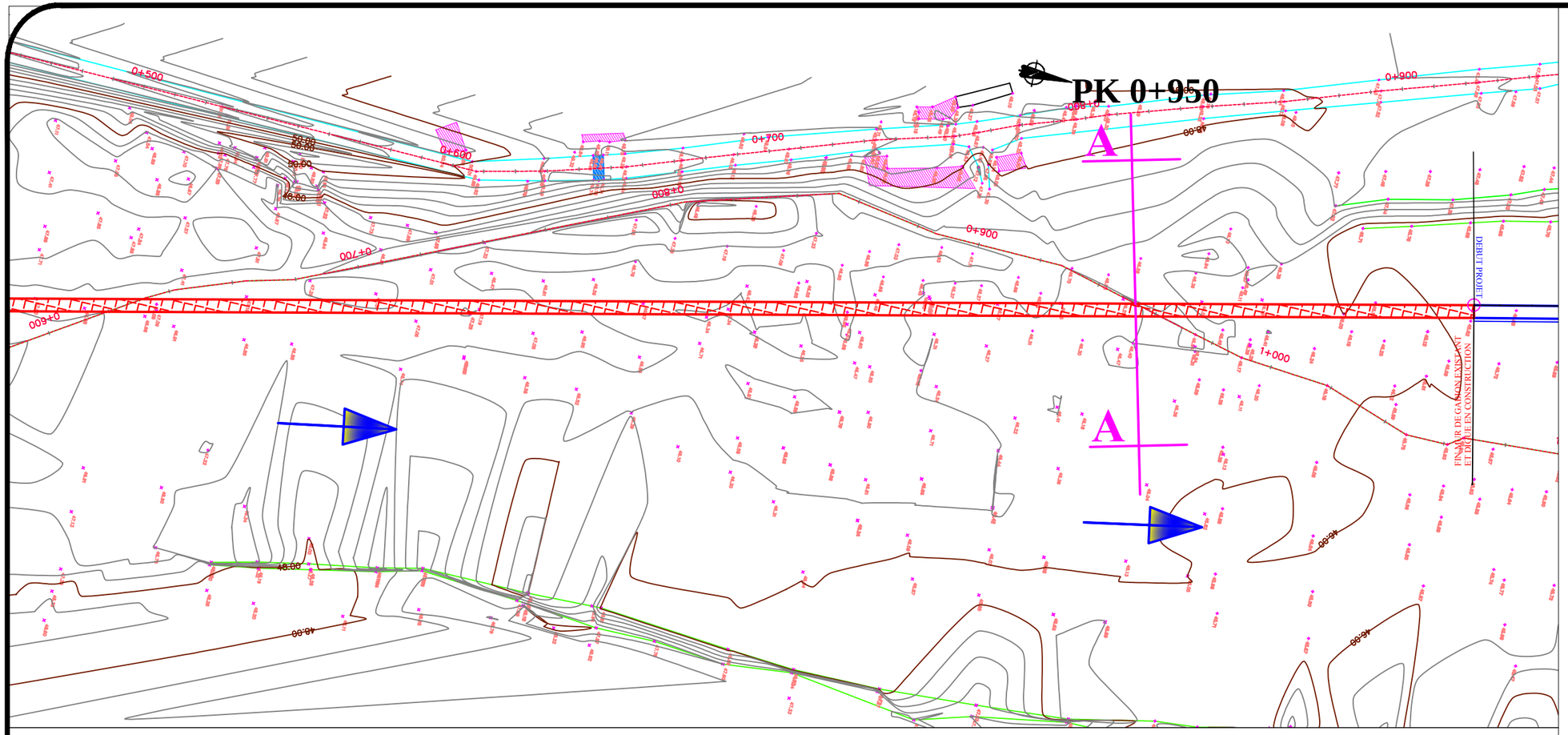
Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

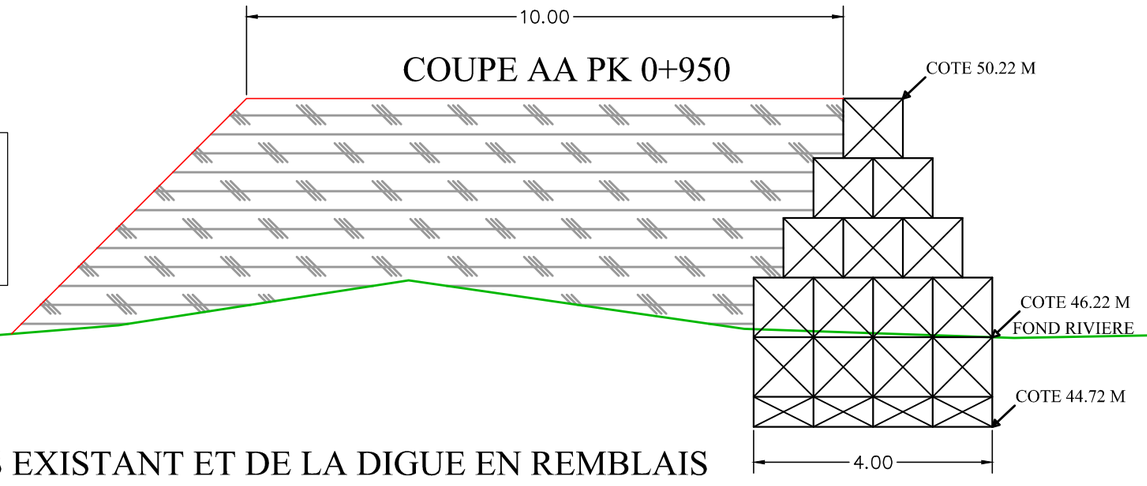
ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1500
Numero : VP1 PK0+000 - 0+600	
VUE EN PLAN	**Revision :**



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- GABION (MARNDR)
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT



COUPE AA PK 0+950

ECH HOR :1/100

ECH VERT :1/100

PROFIL MUR DE GABIONS EXISTANT ET DE LA DIGUE EN REMBLAIS EN COUR DE CONSTUCTION SUR 1000 METRES DE JOLITROU

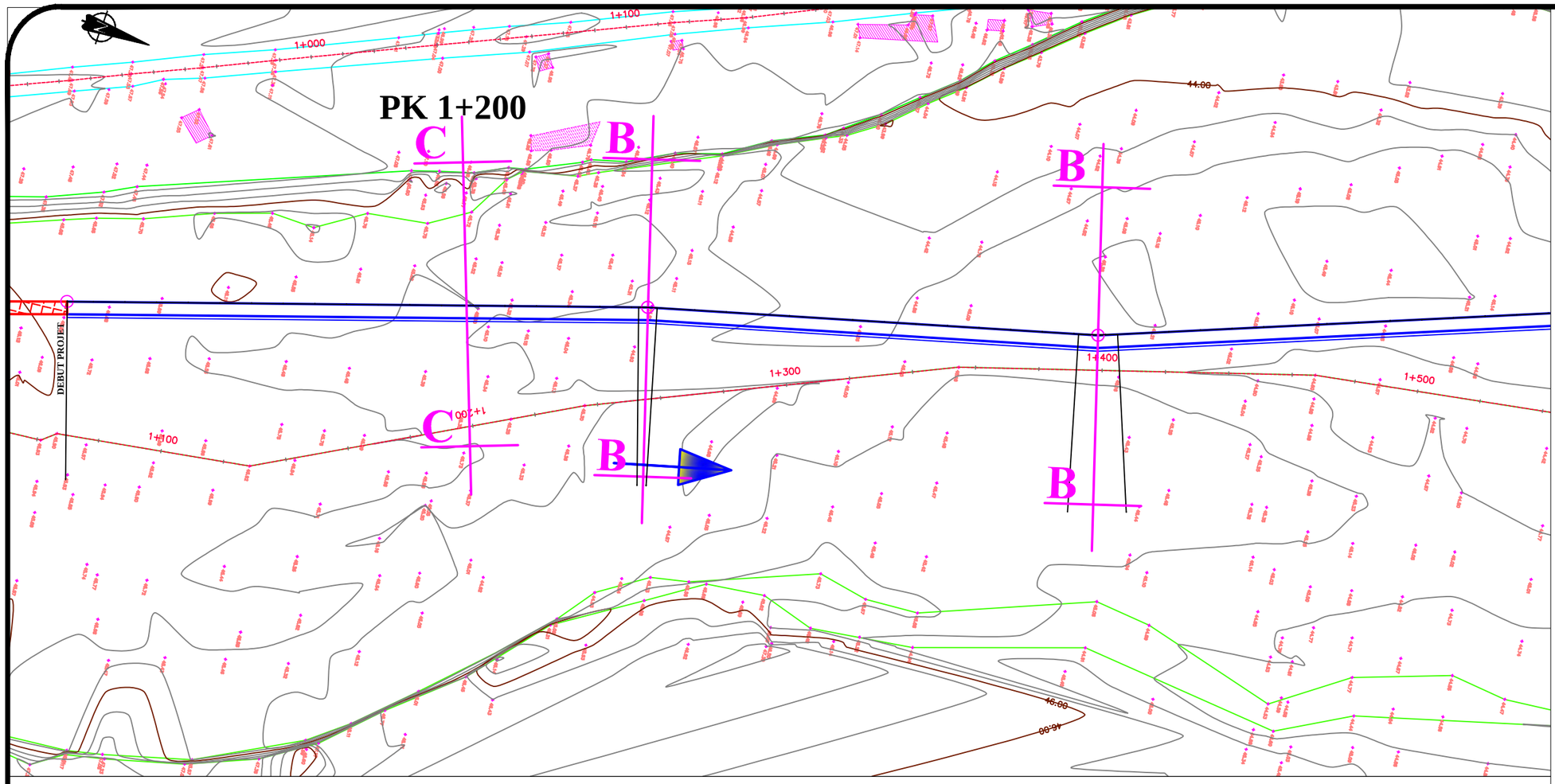
Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

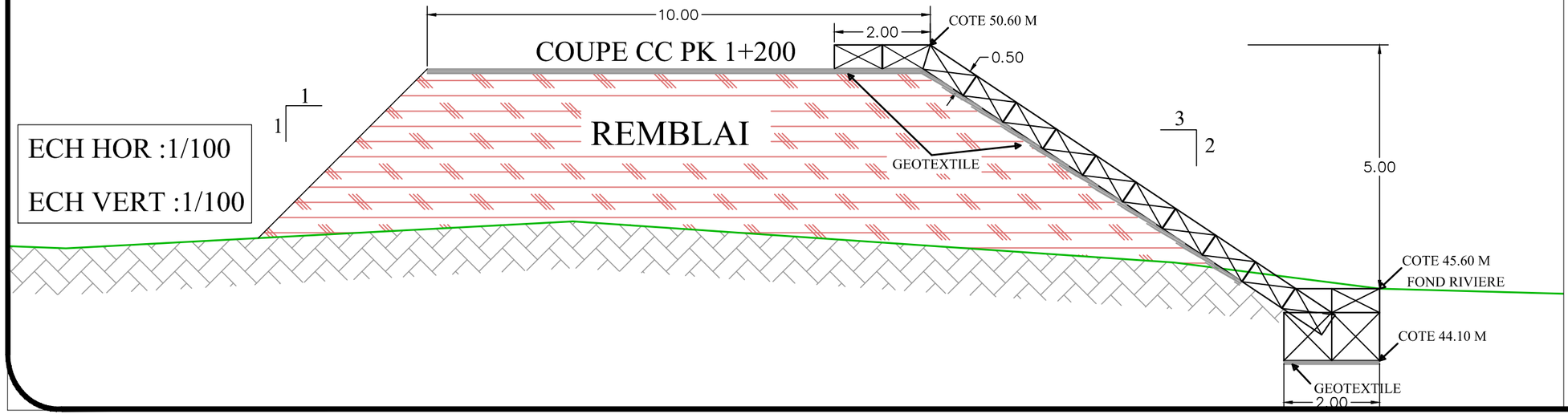
Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1500
Numero : VP 2 PK0+600 - 1+000	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**





LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

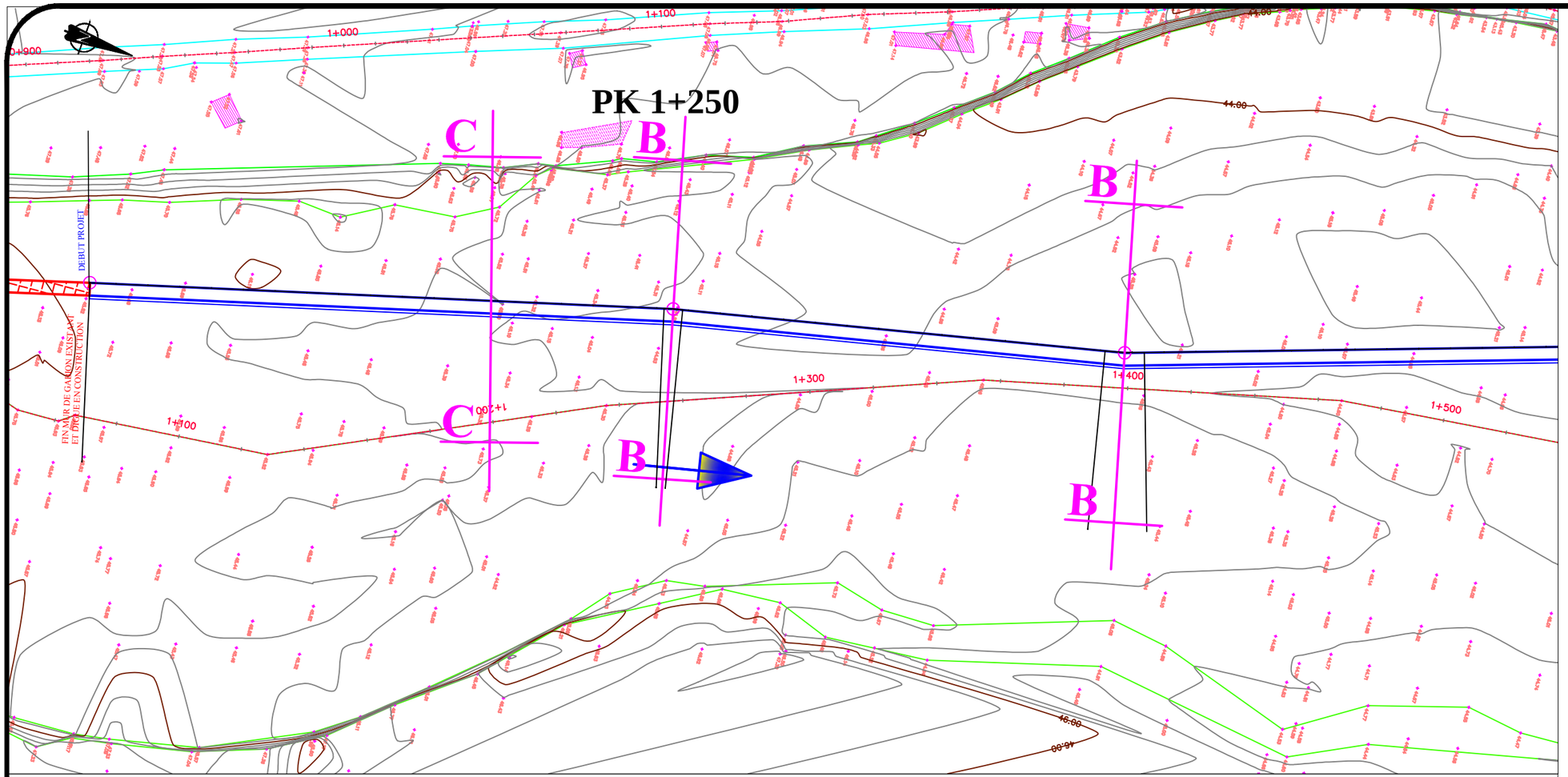
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

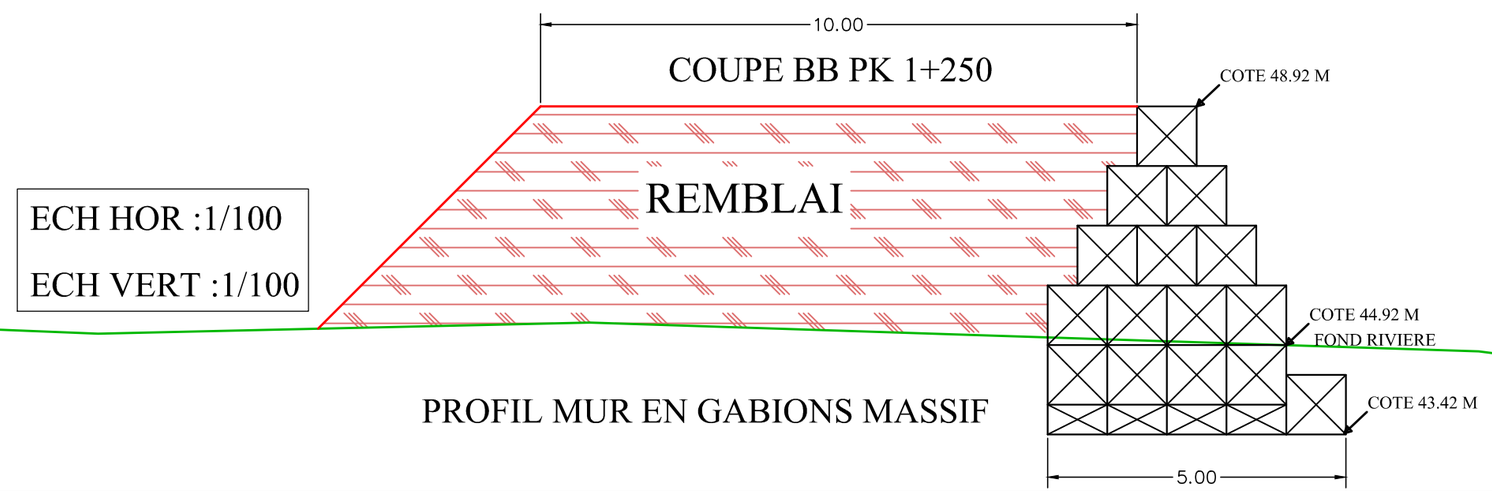
Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1500
Numero : VP 4 PK0+000 - 0+500.74	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**

PK 1+250



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- GABION (MARNDR)
- GABION A CONSTUIRE
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT



COUPE BB PK 1+250

ECH HOR :1/100

ECH VERT :1/100

PROFIL MUR EN GABIONS MASSIF

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1500
Numero : VP 3 PK1+000 - 1+600	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**

PK 1+600

B

C

B

B

C

B

C

1+400

1+500

1+600

1+700

1+800

1+900

1+300

44.00

46.00

48.00

44.00

COUPE CC PK 1+600

10.00

2.00

COTE 48.74 M

0.50

REMBLAI

GEOTEXTILE

3

2

1

1

5.00

COTE 43.74 M

FOND RIVIERE

COTE 42.24 M

GEOTEXTILE

2.00

ECH HOR :1/100

ECH VERT :1/100

LEGENDE

point coté altimétrique

courbes maitresses

courbes normales

nord cartographique (échelle réduite)

pylone

points de stations/référence

pont/ouvrage

zone bâtie

gabion

route

berges

MUR EN GABION

LIGNES DE COUPE

SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord

Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord

(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :

Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

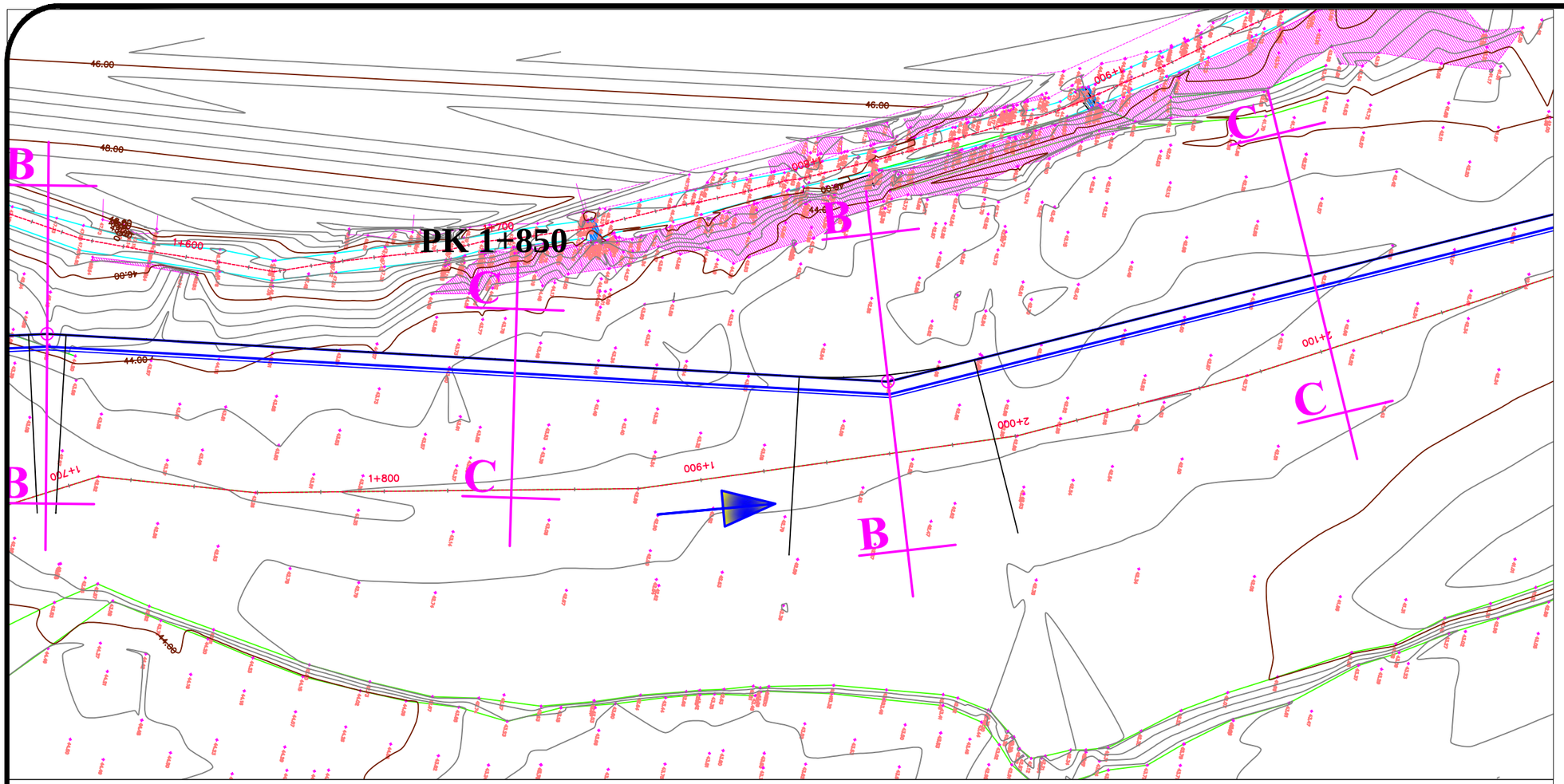
Date : JANVIER 2013

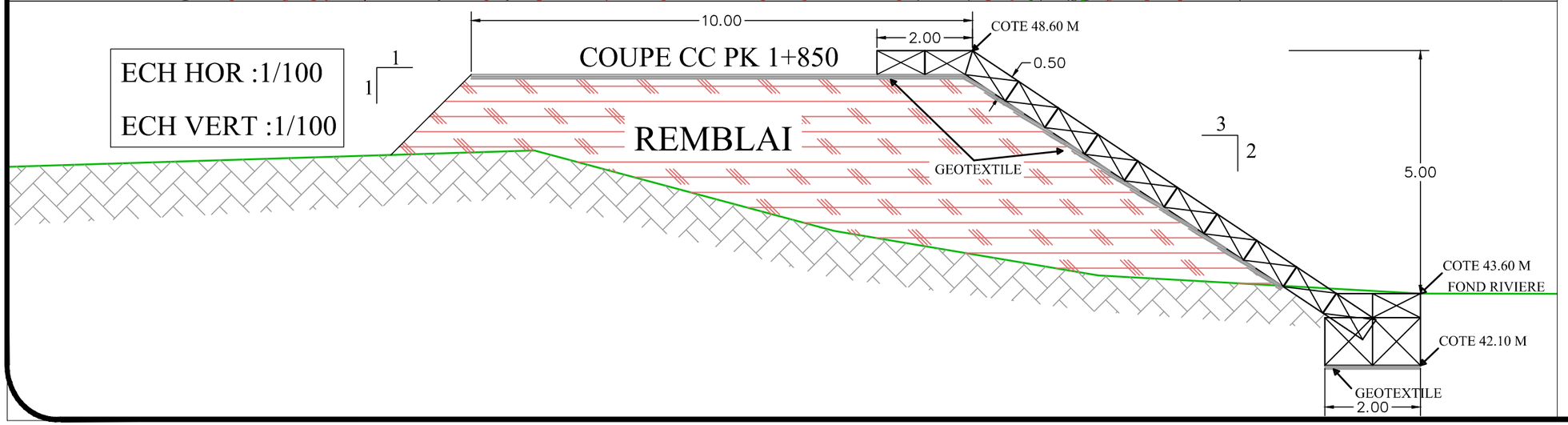
Echelle : HOR : 1/1500

Numero : VP 5 PK0+000 - 0+500.74

VUE EN PLAN ET COUPE

Revision :





LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

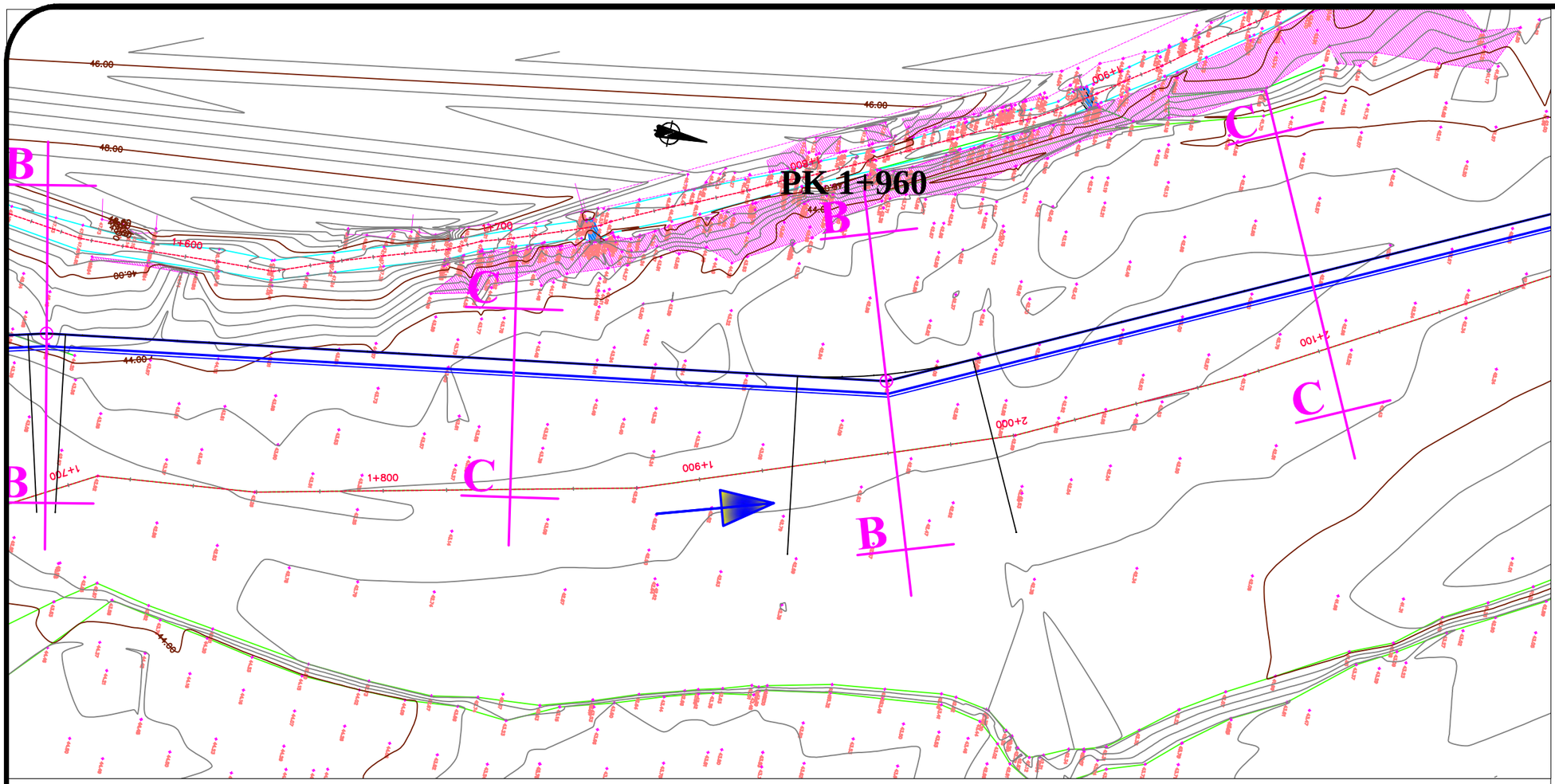
Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

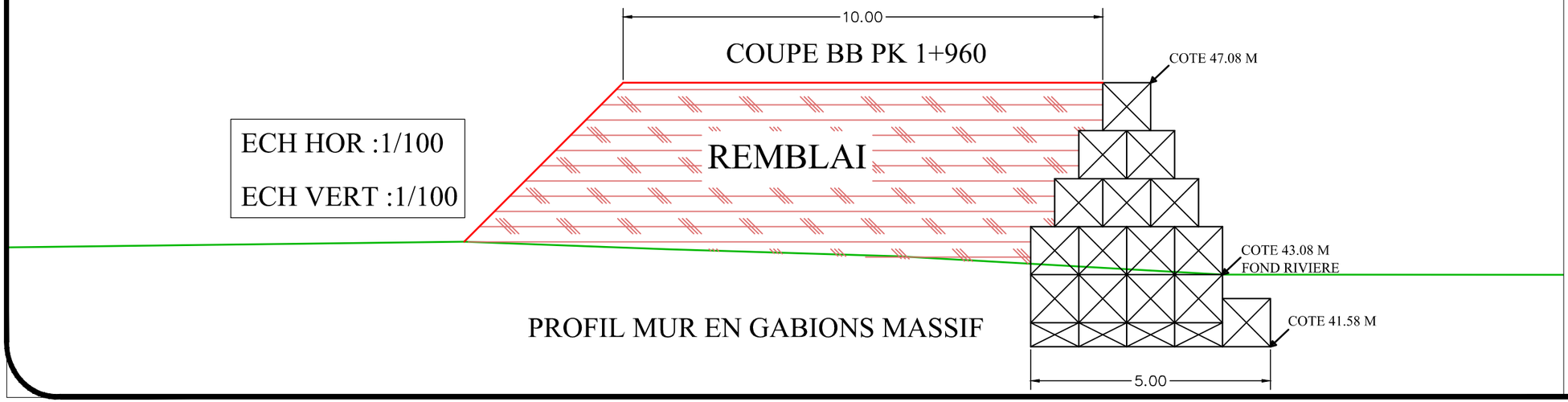
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1500
Numero : VP 6 PK1+700 - 2+100	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**





LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	Echelle : HOR : 1/1500
Numero : VP 7 PK1+700 - 2+100	
VUE EN PLAN ET COUPE	Revision :

PK 2+260

B

B

C

C

C

C

2+000

2+100

2+200

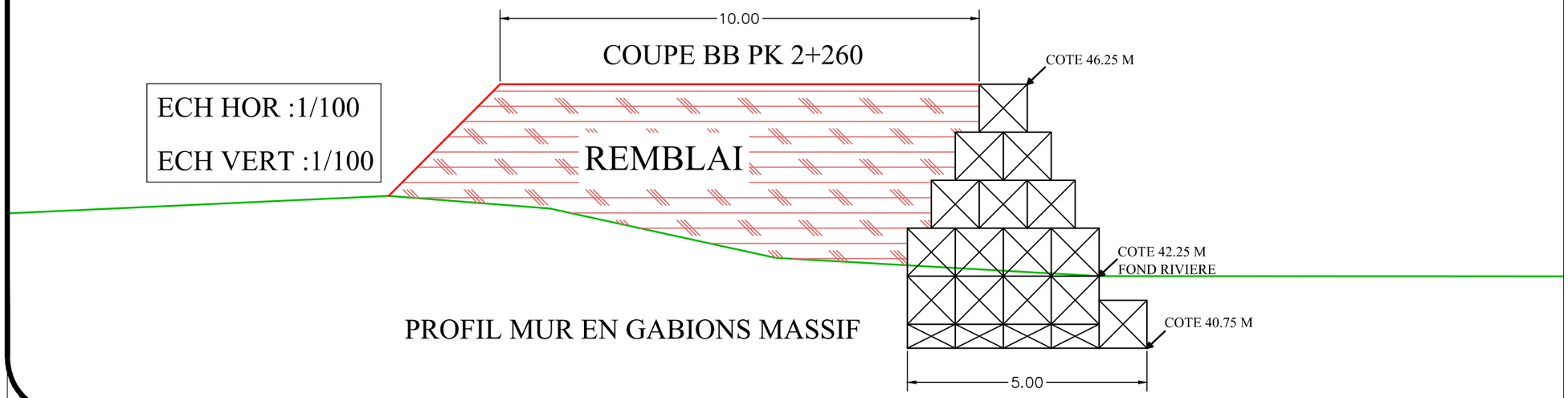
2+300

2+400

2+500

42.80

44.00



ECH HOR :1/100

ECH VERT :1/100

PROFIL MUR EN GABIONS MASSIF

LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

MUR EN GABION

LIGNES DE COUPE

SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord

Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord

(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :

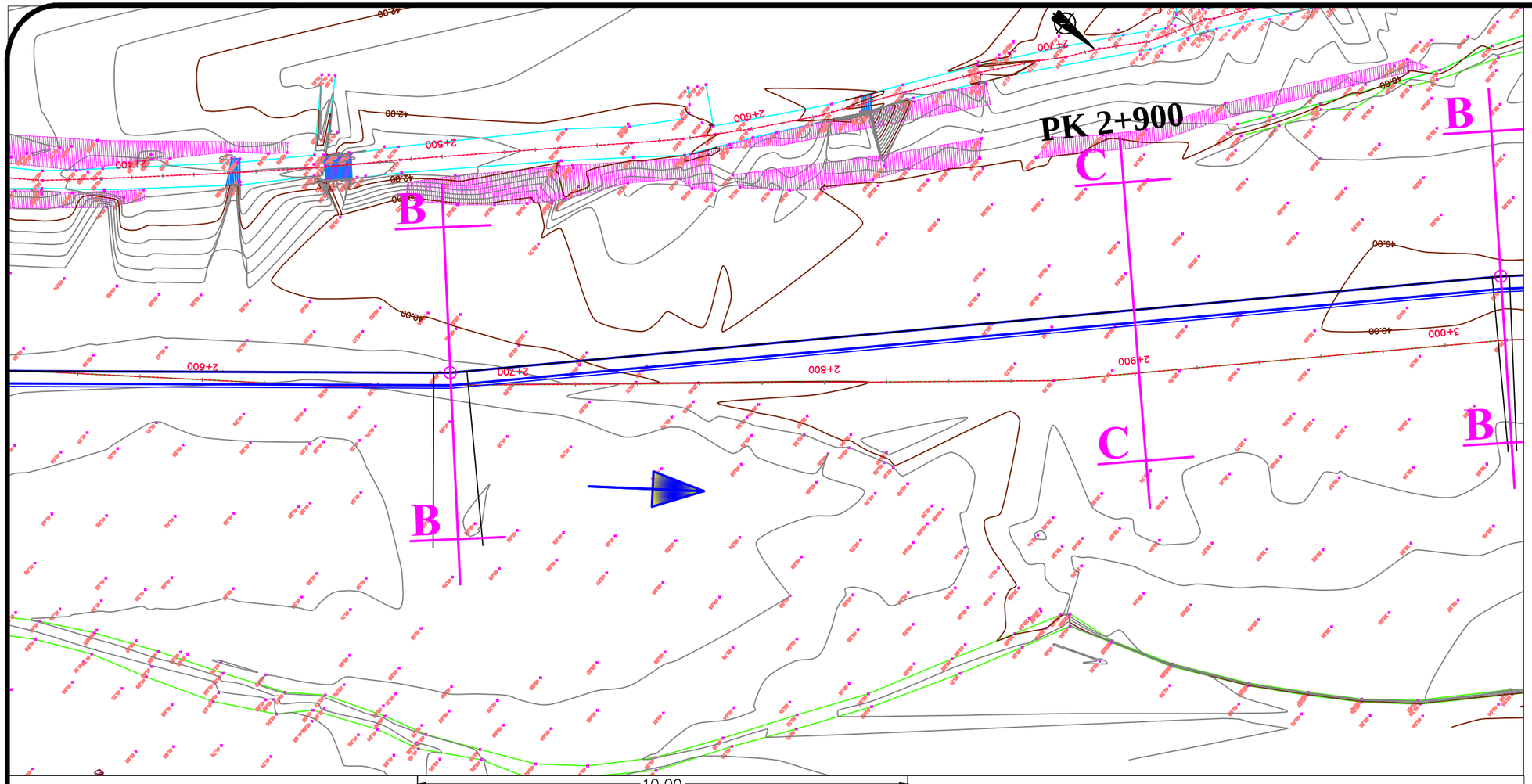
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

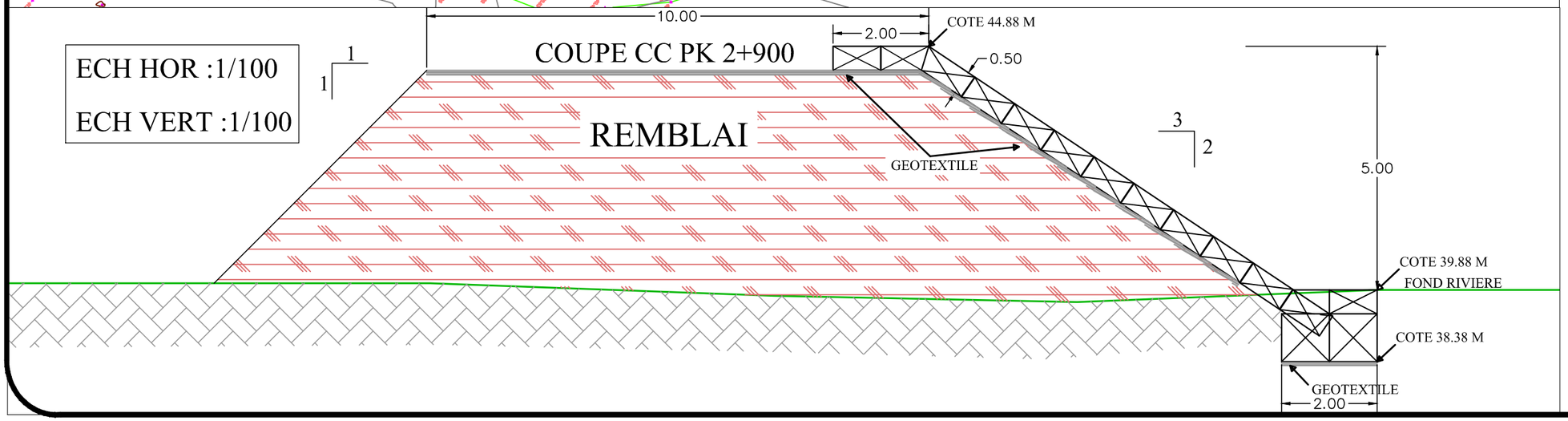
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	Echelle : HOR : 1/1500
Numero : VP 5 PK2+100 - 2+560	
VUE EN PALN ET COUPE	Revision :





LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1500
Numero : VP 9 PK2+900 - 3+000	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**

PK 3+360

B

C

B

C

B

C

B

C

3+100

3+200

3+300

3+400

3+500

3800

40.00

40.00

ECH HOR :1/100

ECH VERT :1/100

COUPE CC PK 3+360

10.00

2.00

COTE 43.04 M

0.50

1

1

REMBLAI

3

2

5.00

GEOTEXTILE

COTE 38.04 M

FOND RIVIERE

COTE 36.54 M

GEOTEXTILE

2.00

LEGENDE

point coté altimétrique

courbes maitresses

courbes normales

nord cartographique (échelle réduite)

pylone

points de stations/référence

pont/ouvrage

zone bâtie

gabion

route

berges

MUR EN GABION

LIGNES DE COUPE

SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord

Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord

(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :

Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

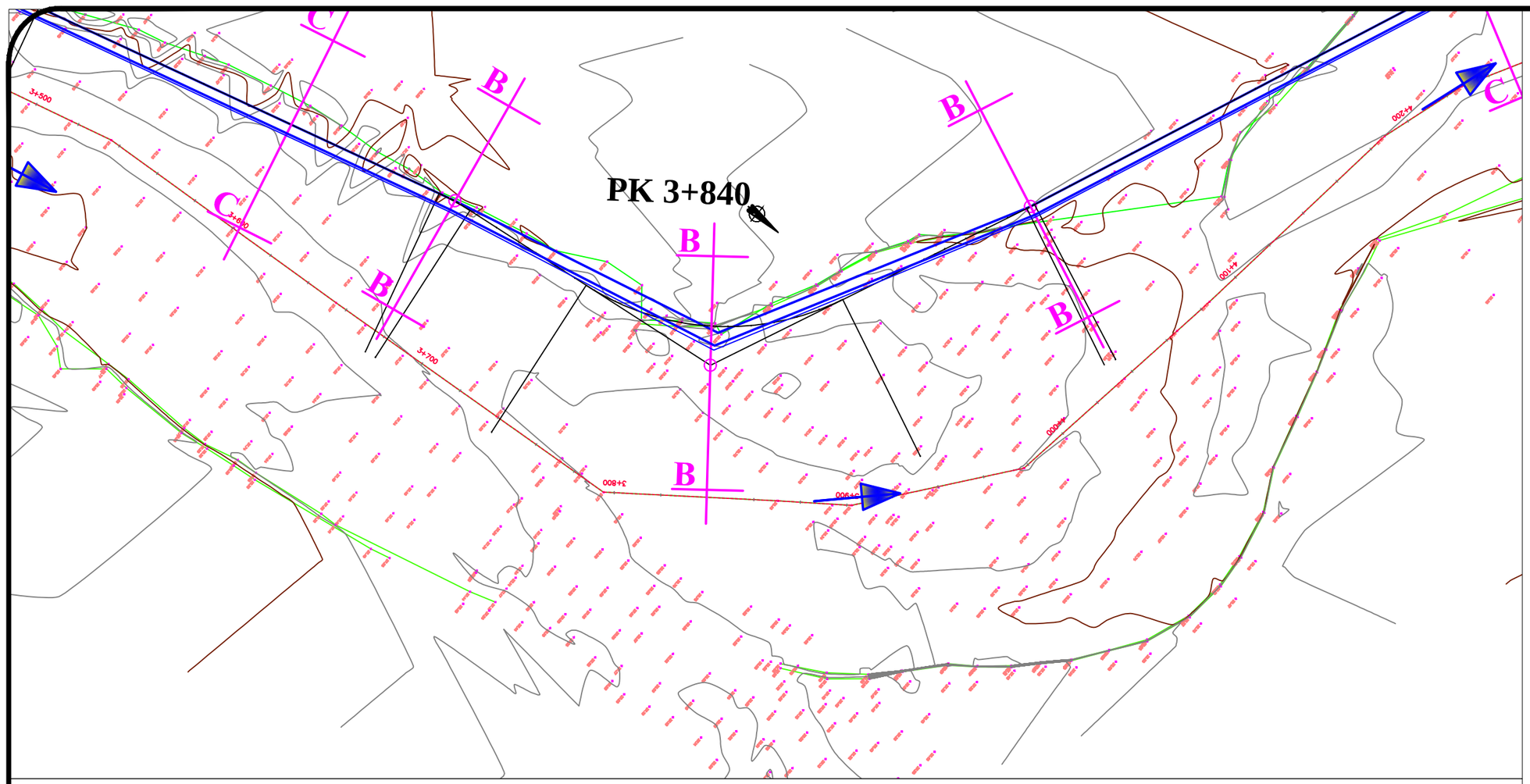
Date : JANVIER 2013

Echelle : HOR : 1/1500

Numero : VP 10 PK3+100 - 3+500

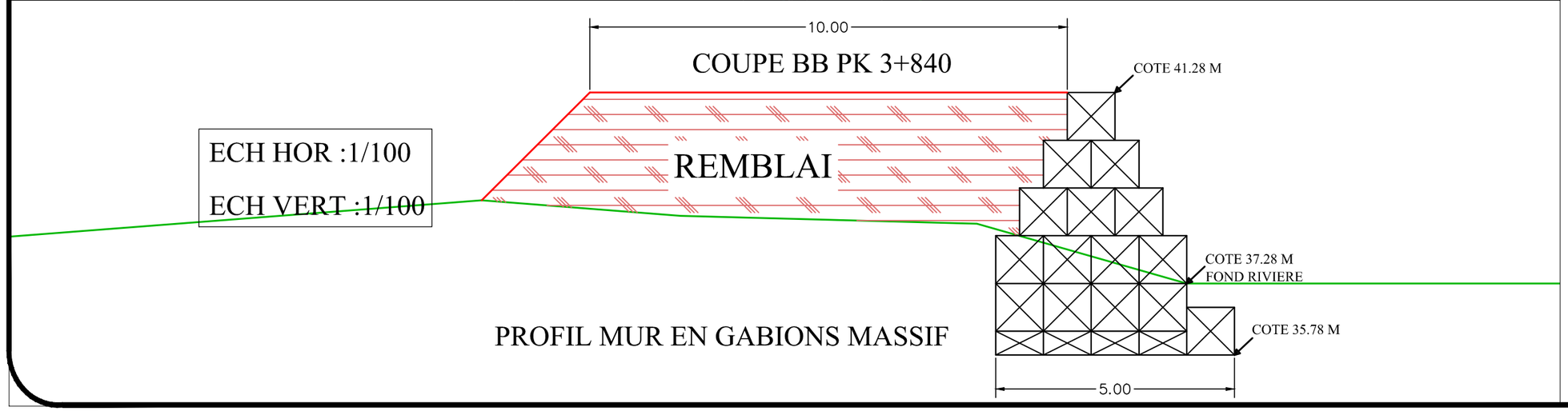
VUE EN PLAN ET COUPE

Revision :



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT



Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

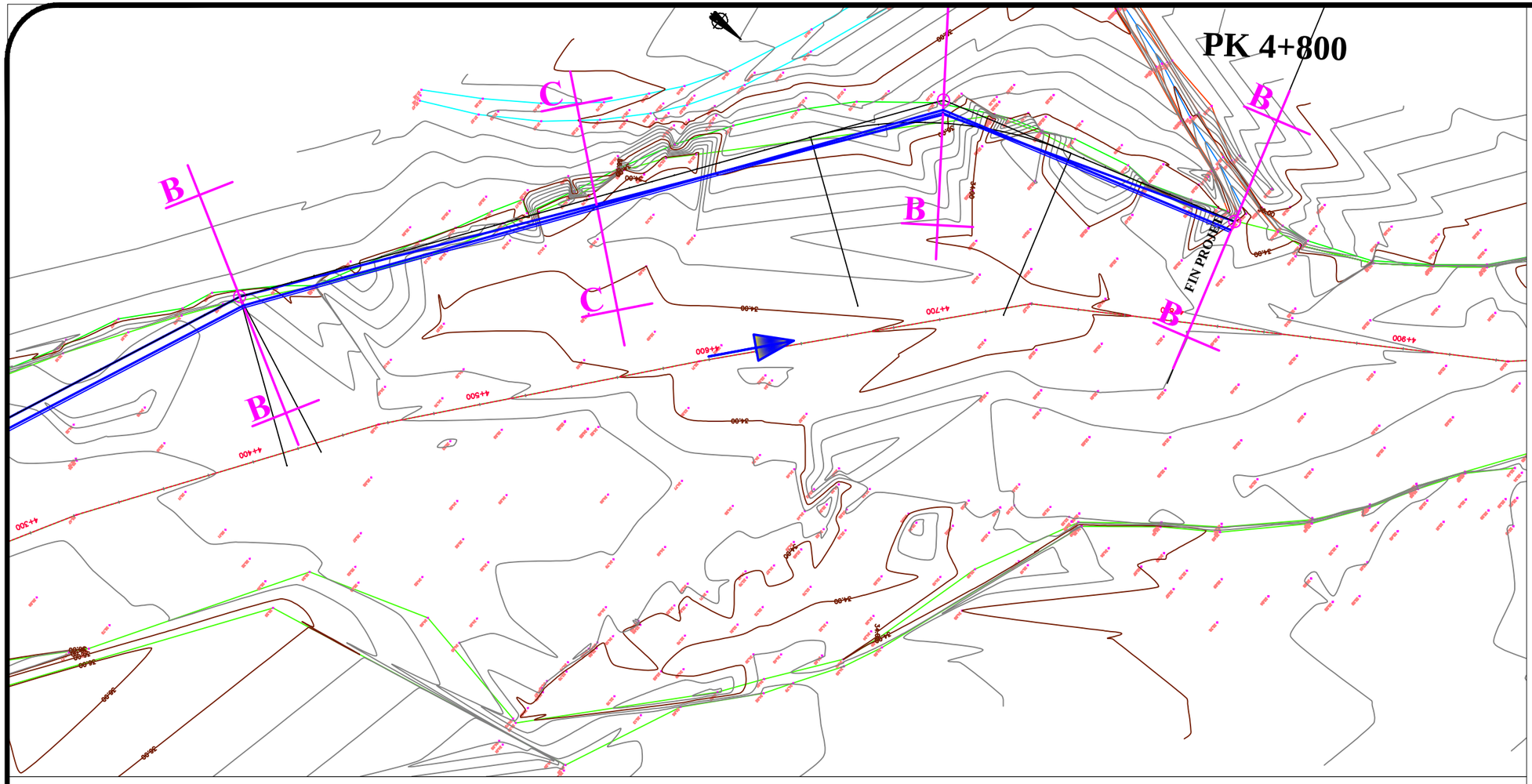
Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/2000
Numero : VP 11 PK3+500 - 4+200	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANDE RIVIERE DU NORD)

Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

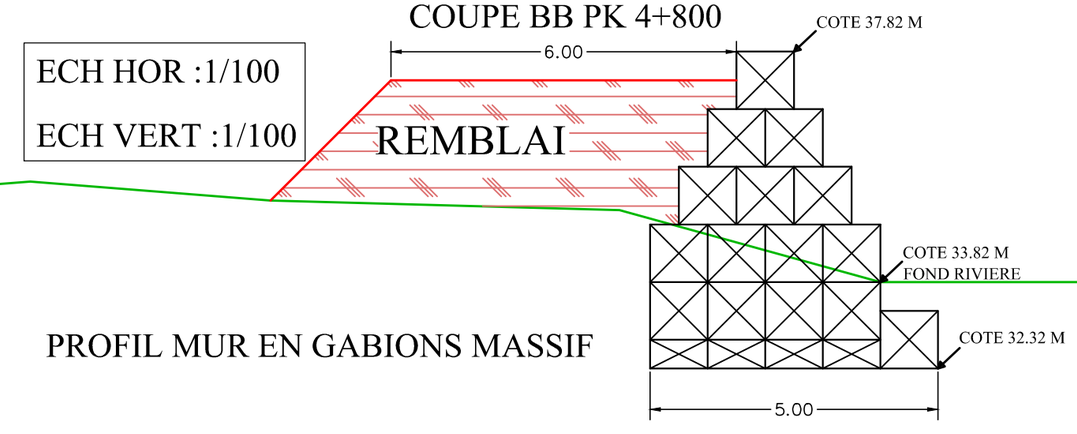
ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/2000
Numero : VP 12 PK4+300 - 4+900	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**

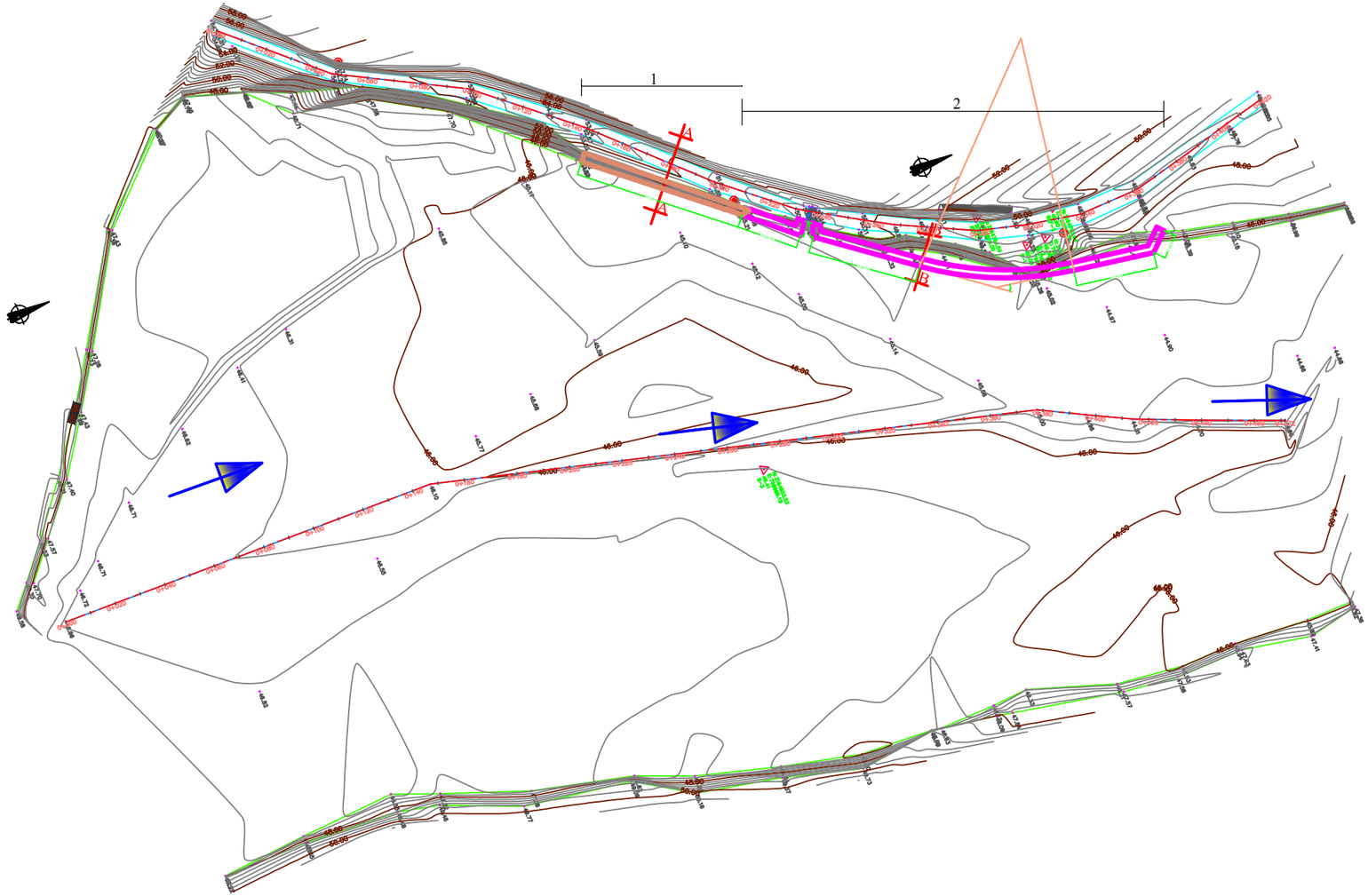
ECH HOR :1/100

ECH VERT :1/100

COUPE BB PK 4+800



PROFIL MUR EN GABIONS MASSIF



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

INTERVENTION AU SITE DE TRONCON

1- MUR EN MACONNERIE :LONGUEUR DEVELOPPEE DE 65 METRES LINEAIRE ; REF COUPE AA ,PLAN VP1

2- MUR DE GABION A CONSTRUIRE SUR UNE LONGUEUR DE 166 METRES LINEAIRE ;REF COUPE BB PLAN VP2

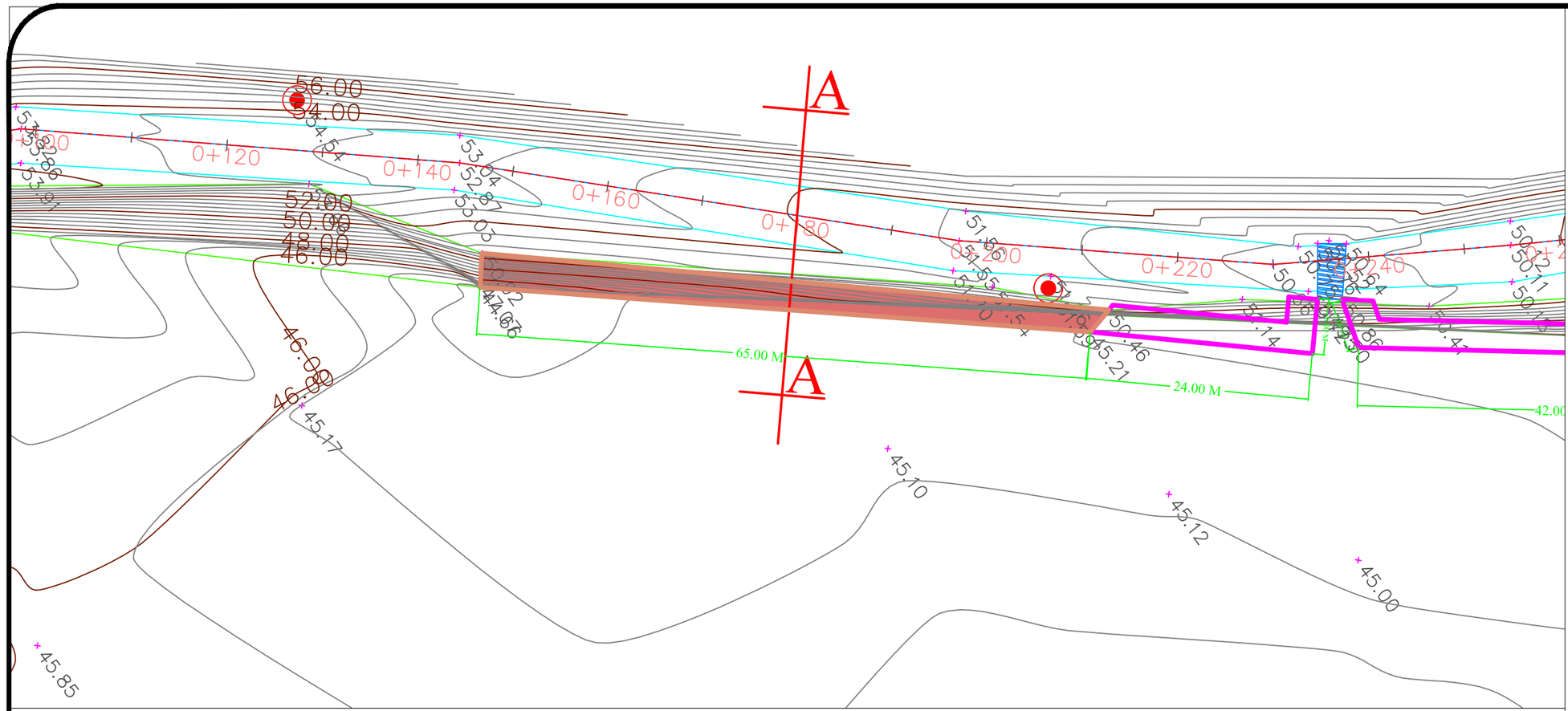
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(TRONCON 1)

Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

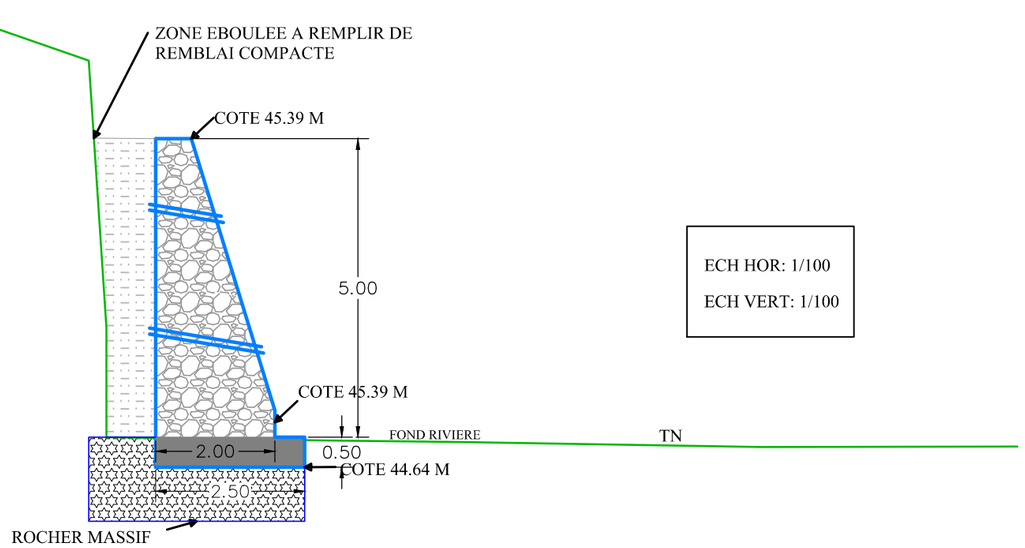
JANVIER 2013	Cote II
VP 3 PK0+000 - 0+472	HOR : 1/2000



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

COUPE AA



ECH HOR: 1/100

ECH VERT: 1/100

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord

Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord

(TRONCON 1)

Maître d'ouvrage :

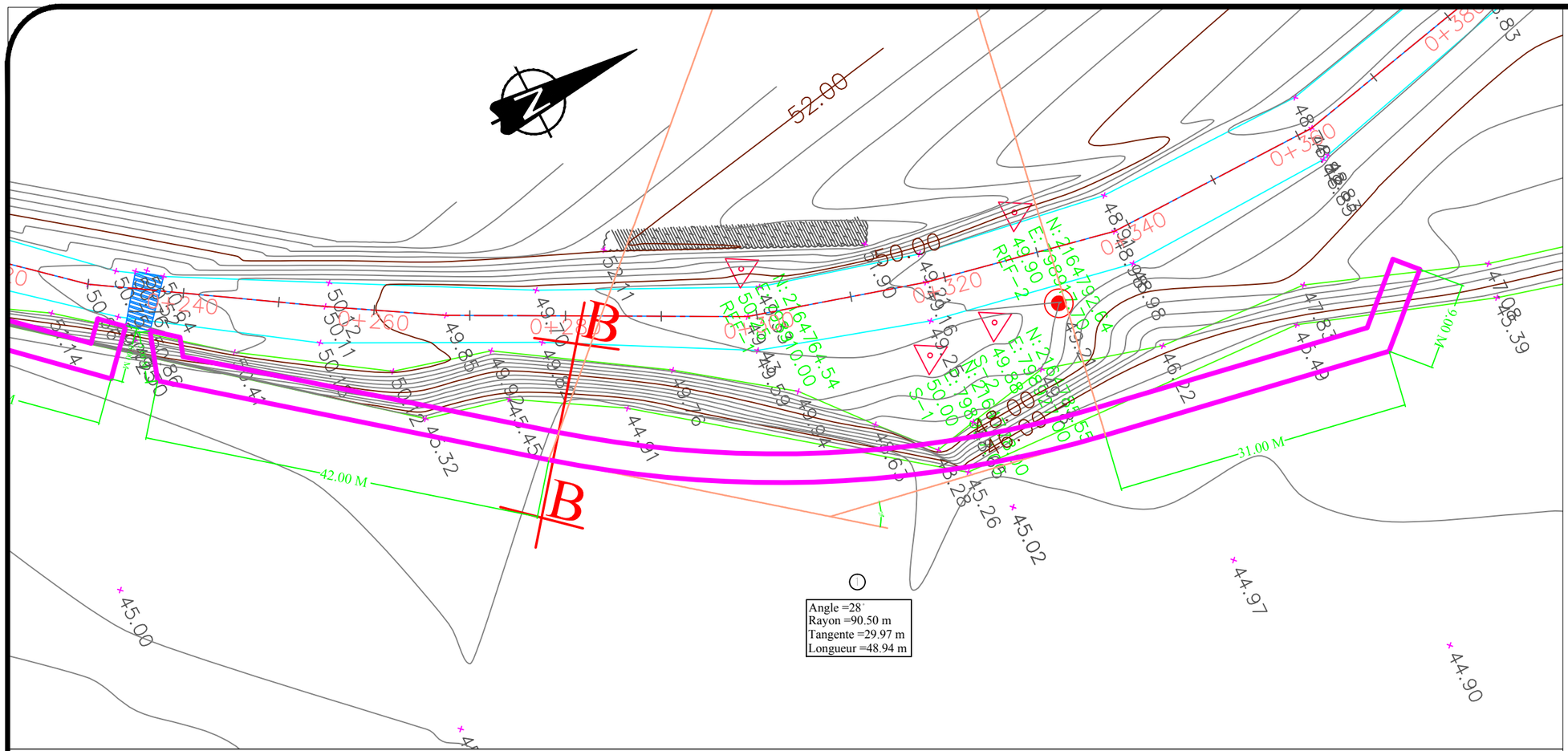
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

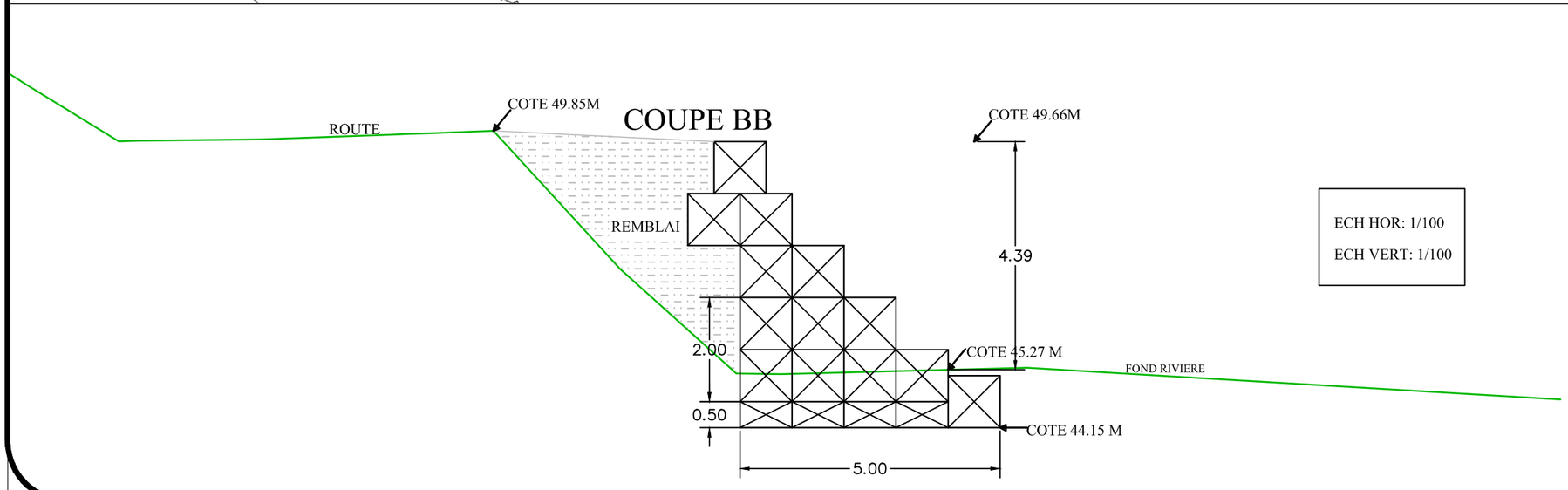
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	HOR : 1/500
VP 1 PK0+100 - 0+260	





ECH HOR: 1/100

ECH VERT: 1/100

LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord

Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord

(TRONCON 1)

Maître d'ouvrage :

Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

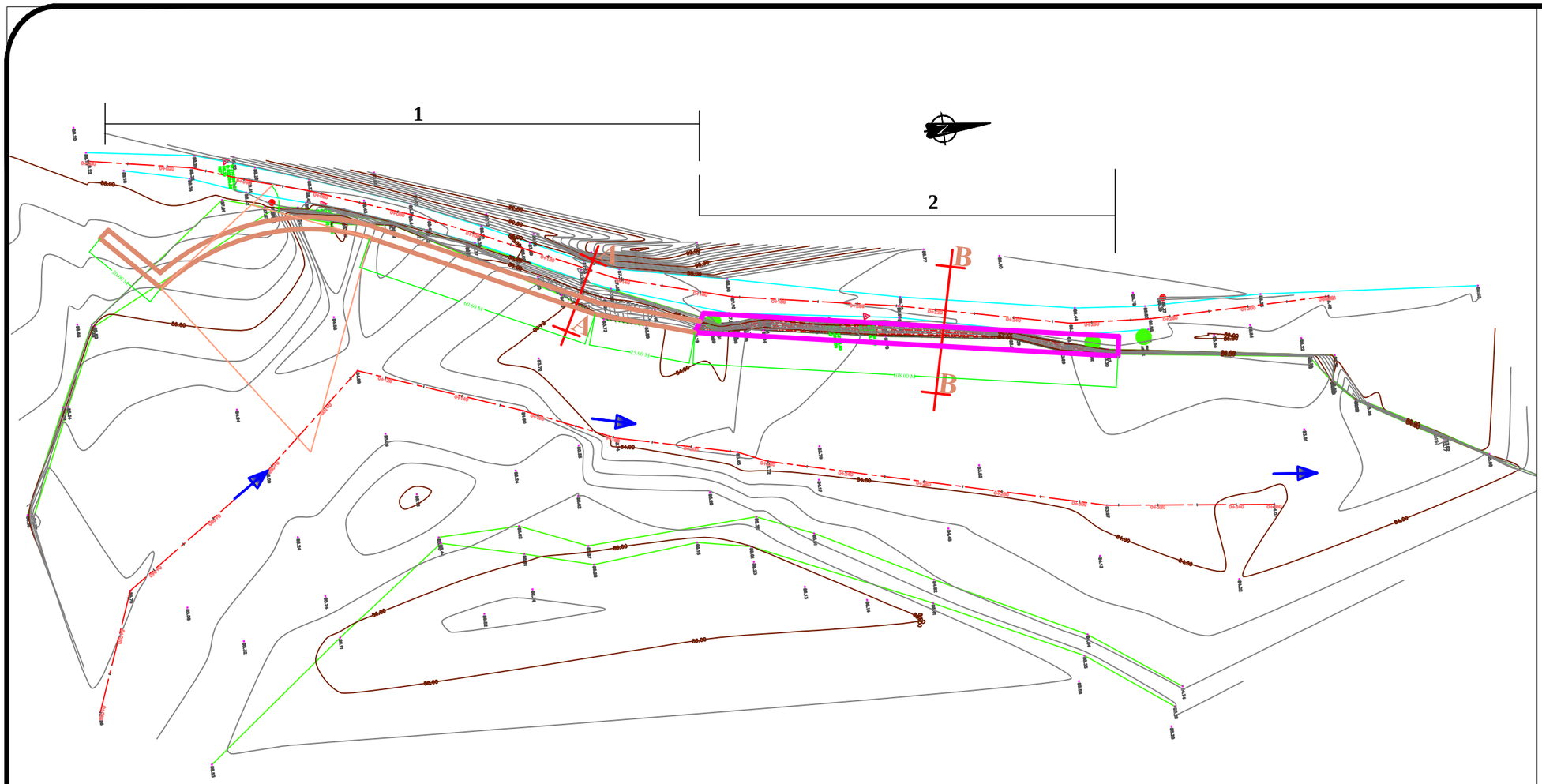
ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013

VP 2
PK0+260 - 0+380

Echelle
HOR : 1/500

VUE EN PLAN ET COUPE



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

- MUR EN MACONNERIE
- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

INTERVENTION AU SITE MAZER

1- MUR EN MACONNERIE :LONGUEUR DEVELOPPEE DE 165 METRES LINEAIRE ; REF COUPE AA ,PLAN VP1

2- MUR EN GABION LONGUEUR DEVELOPPEE 108 METRES LINEIARE ;REF COUPE BB PLAN VP1

PLAN VP 2 INFOMATION SUR LA COURBE EN MACONNERIE

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(MAZER)

Maître d'ouvrage :

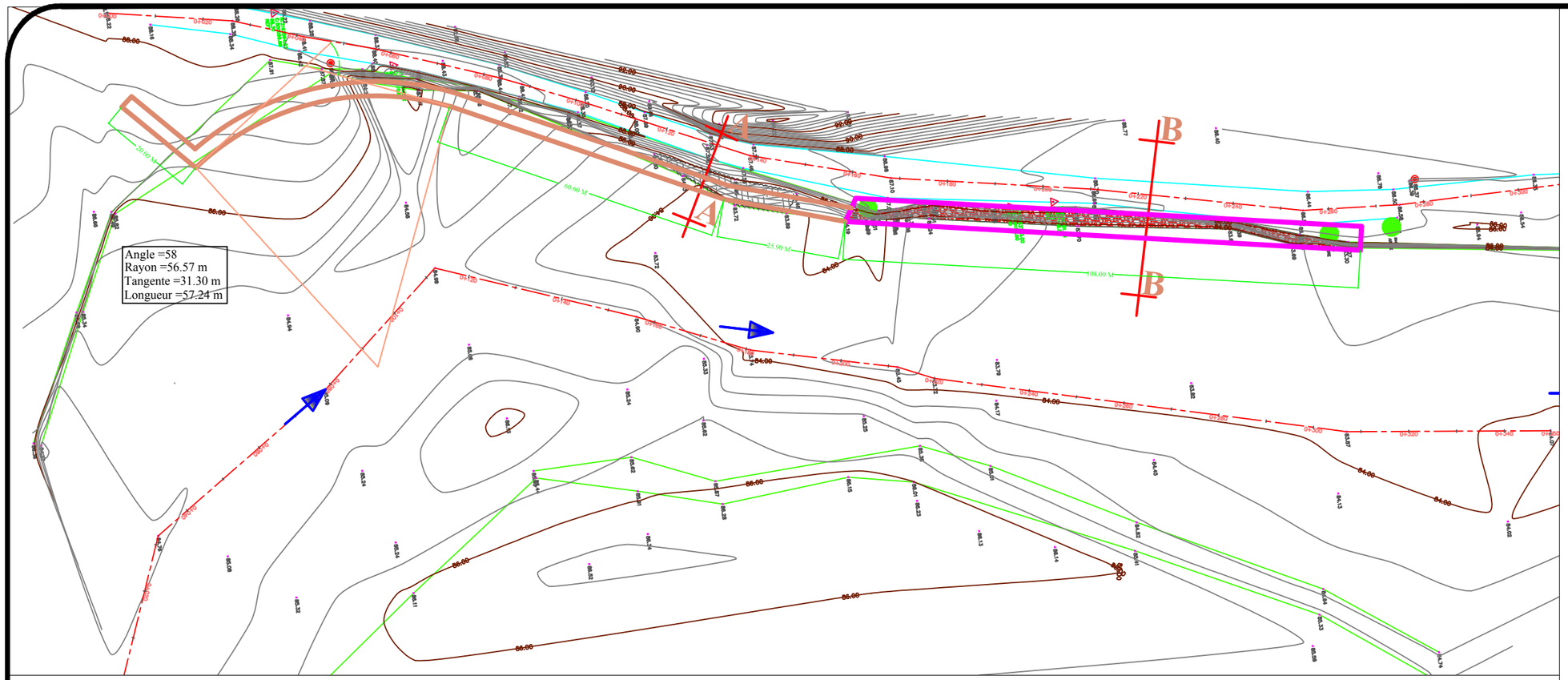
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	Echelle : HOR : 1/1200
Plan : VP 3 PK0+000 - 0+350	Numéro :

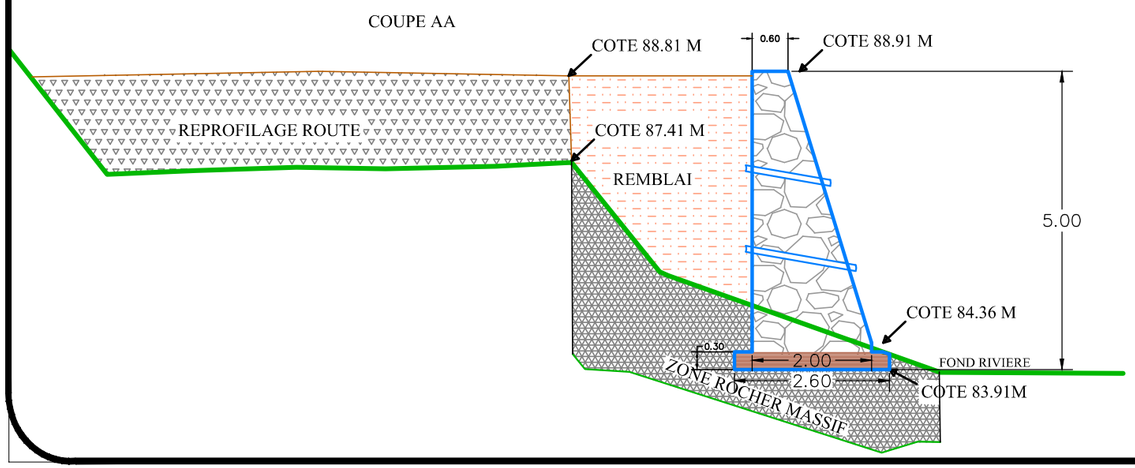


NOTE:COUPE (AA) MUR A CALER A 1.5 M AU DESSUS DE LA ROUTE

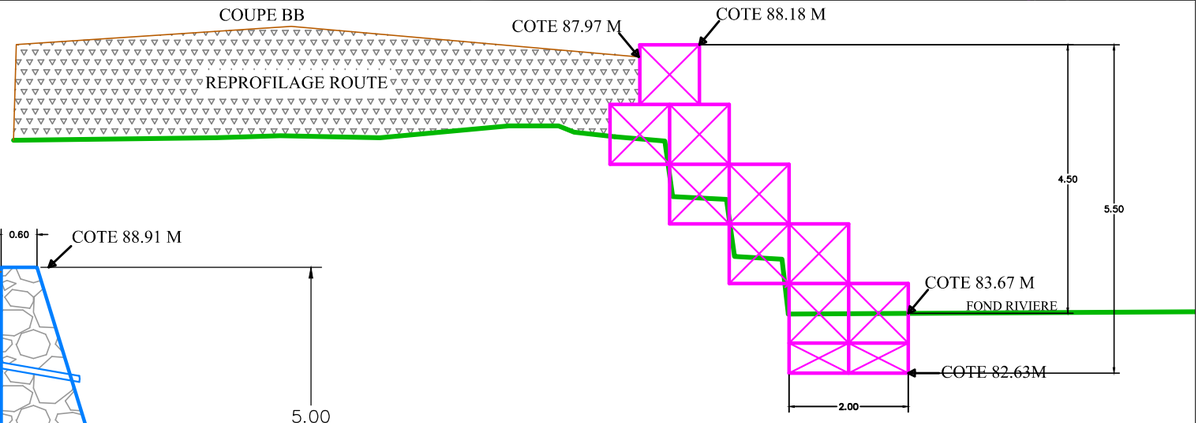
COUPE (BB) GABIONS EXISTANTS A DEMONTER POUR AGRANDIR SEMELLES

REPROFILAGE ROUTE SUR UNE LONGUEUR DE 180 METRES LE LONG DES MURS

COUPE AA



COUPE BB



ECH HOR: 1/100

ECH VERT: 1/100

LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- Rocher massif
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(MAZER)

Maître d'ouvrage :

Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

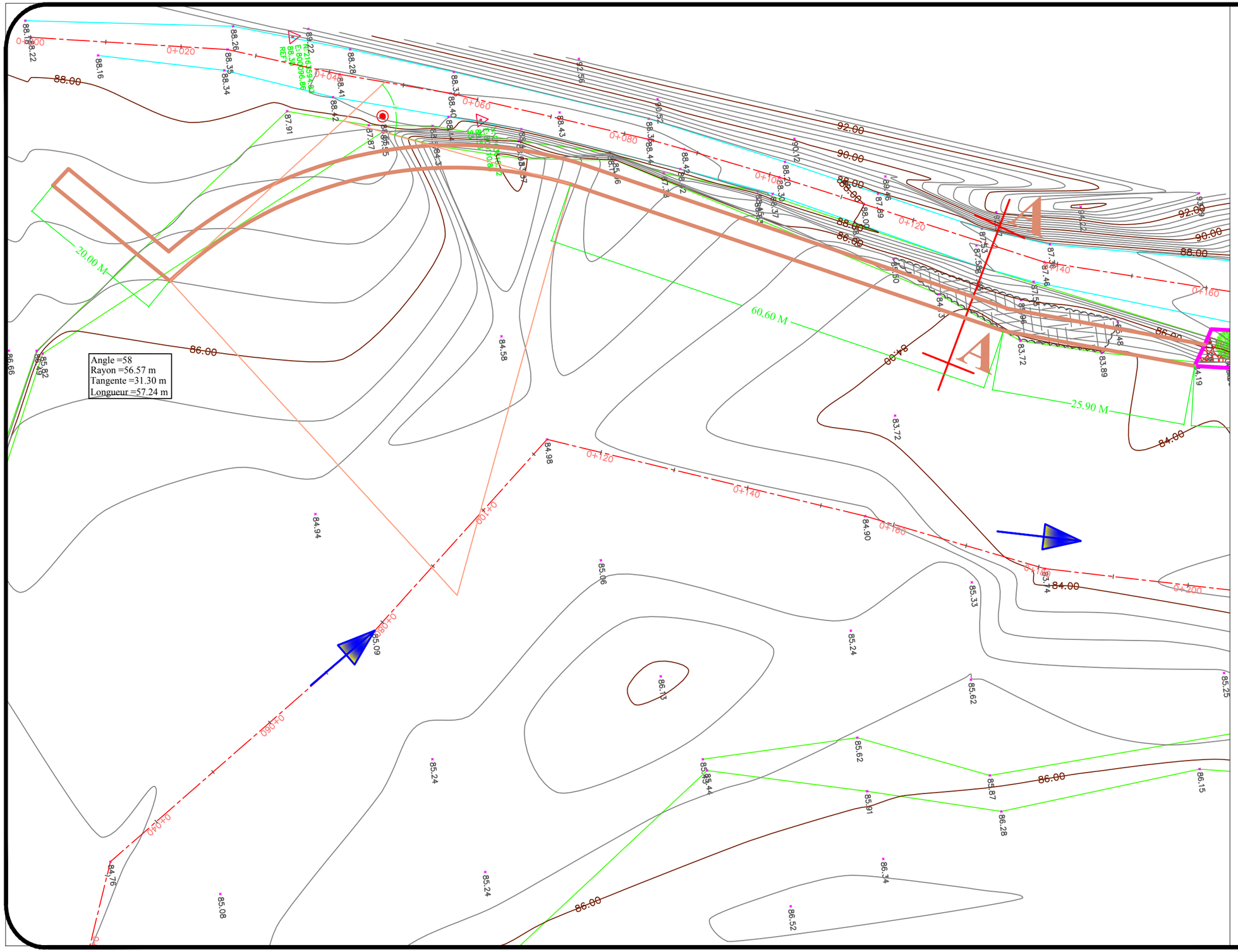
JANVIER 2013

Echelle :

VP 1
PK0+000 - 0+350

HOR : 1/1000

VUE EN PLAN ET COUPE



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

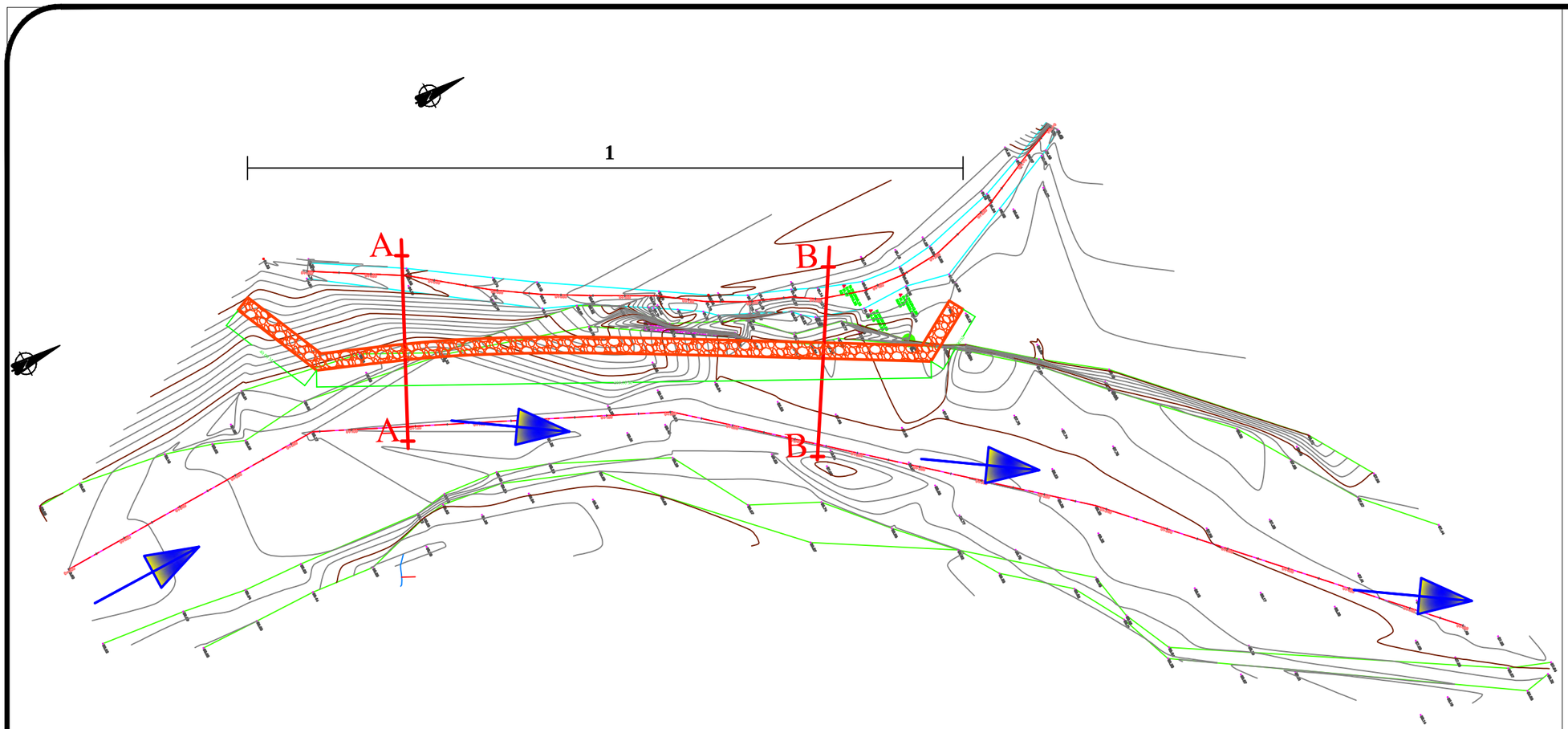
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(MAZER)

Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	Vue II
VP 2	HOR : 1/500
VUE EN PLAN	



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

INTERVENTION AU SITE DE GUERIN

1- MUR EN GABION :LONGUEUR DEVELOPPEE DE 244 METRES LINEAIRE ; REF COUPE AA, COUPE BB ,PLAN VP1

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GUERIN)

Maitre d'ouvrage :

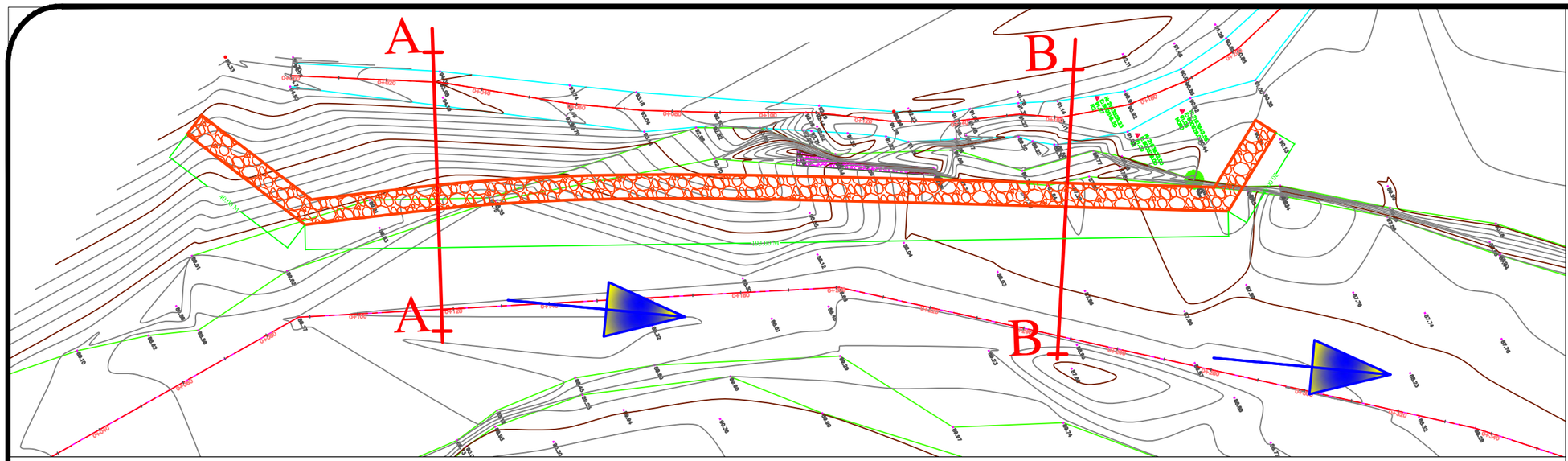
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

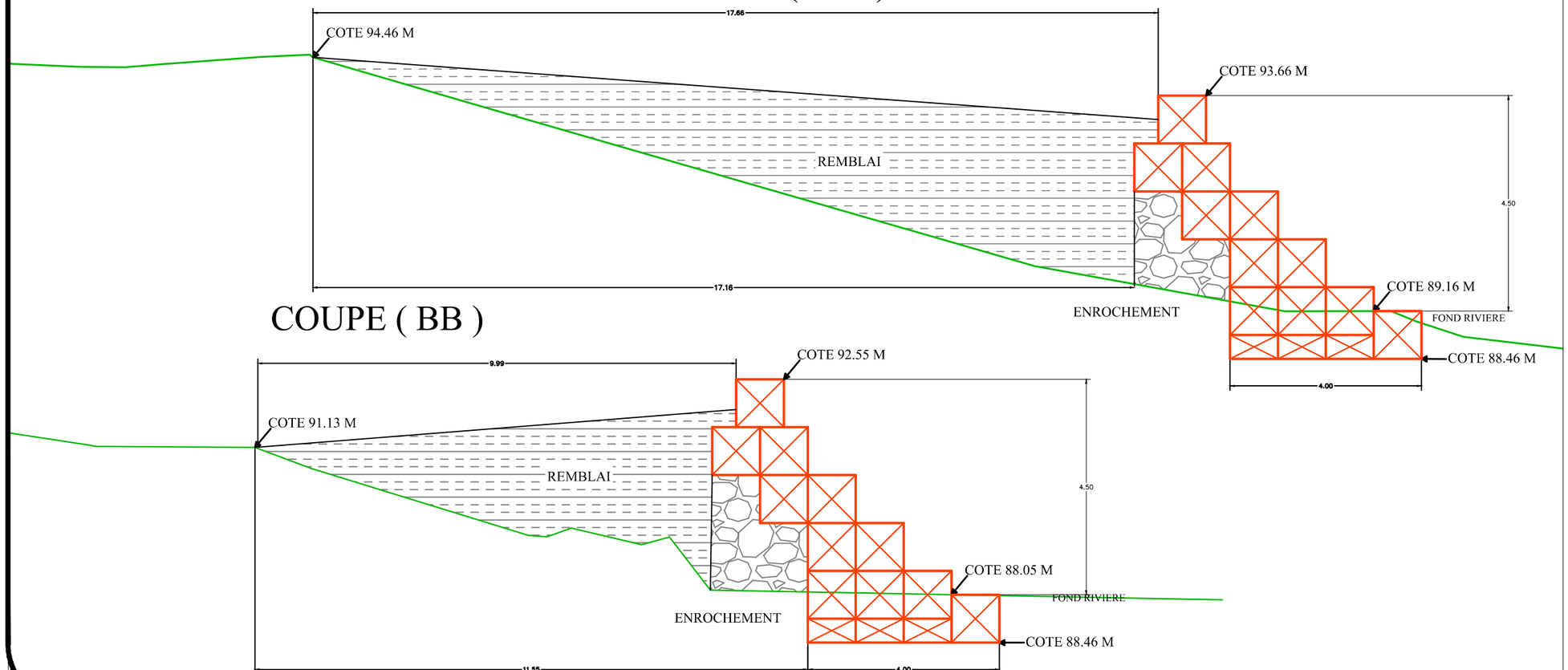
LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	HOR : 1/1500
VP 2 PK0+000 - 0+458	
VUE D'ENSEMBLE	



COUPE (A A)



COUPE (BB)

LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges

- MUR EN GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

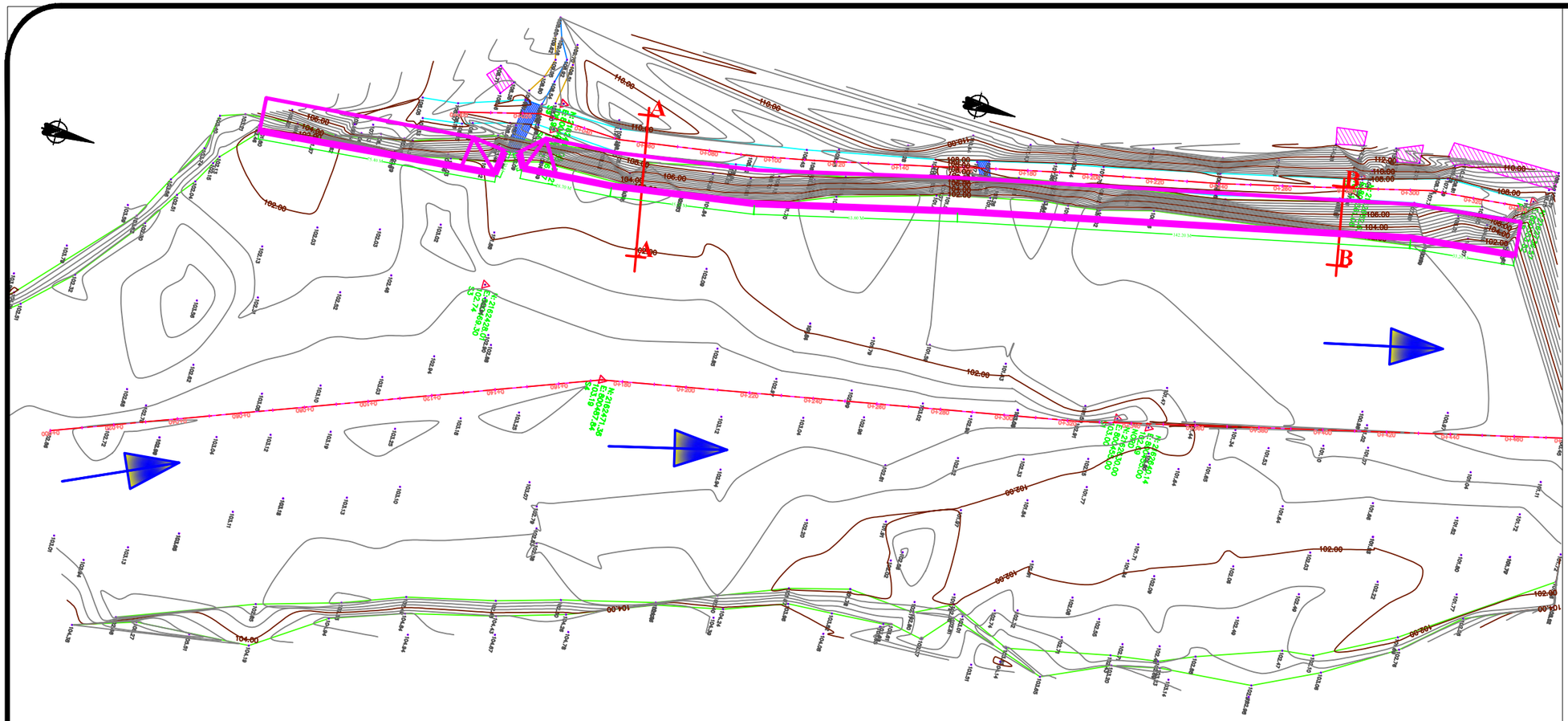
Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GUERIN)

Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	HOR : 1/1000
VP 1 PK0+000 - 0+458	



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- TALUS A REVERTIR
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

INTERVENTION AU SITE DE ANBA RAVIN

1- TALUS A REVERTIR :LONGUEUR DEVELOPPEE DE 405 METRES LINEAIRE ; REF COUPE AA ,

COUPE BB ,PLAN VP1

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(ANBA RAVIN)

Maître d'ouvrage :

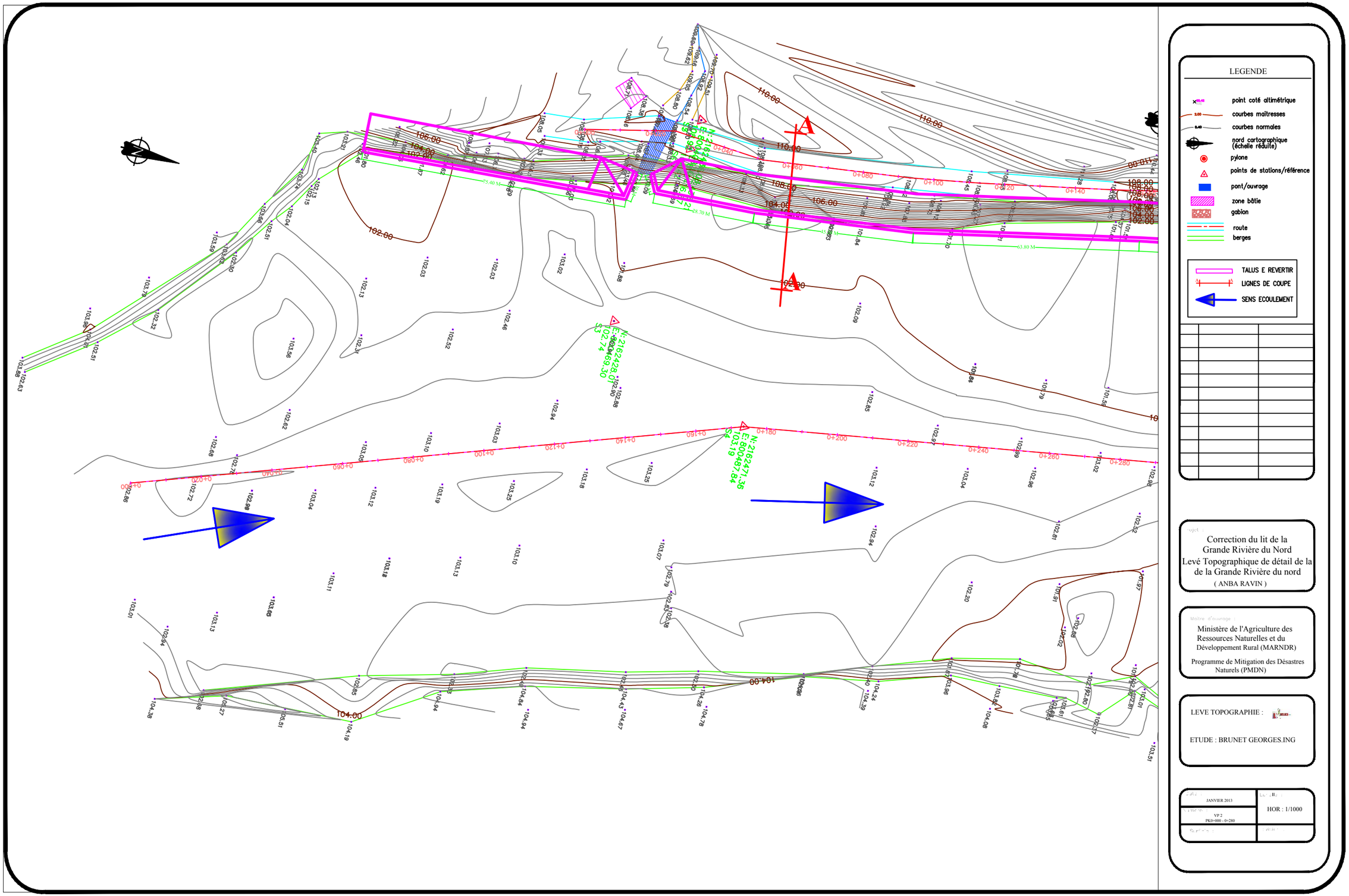
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

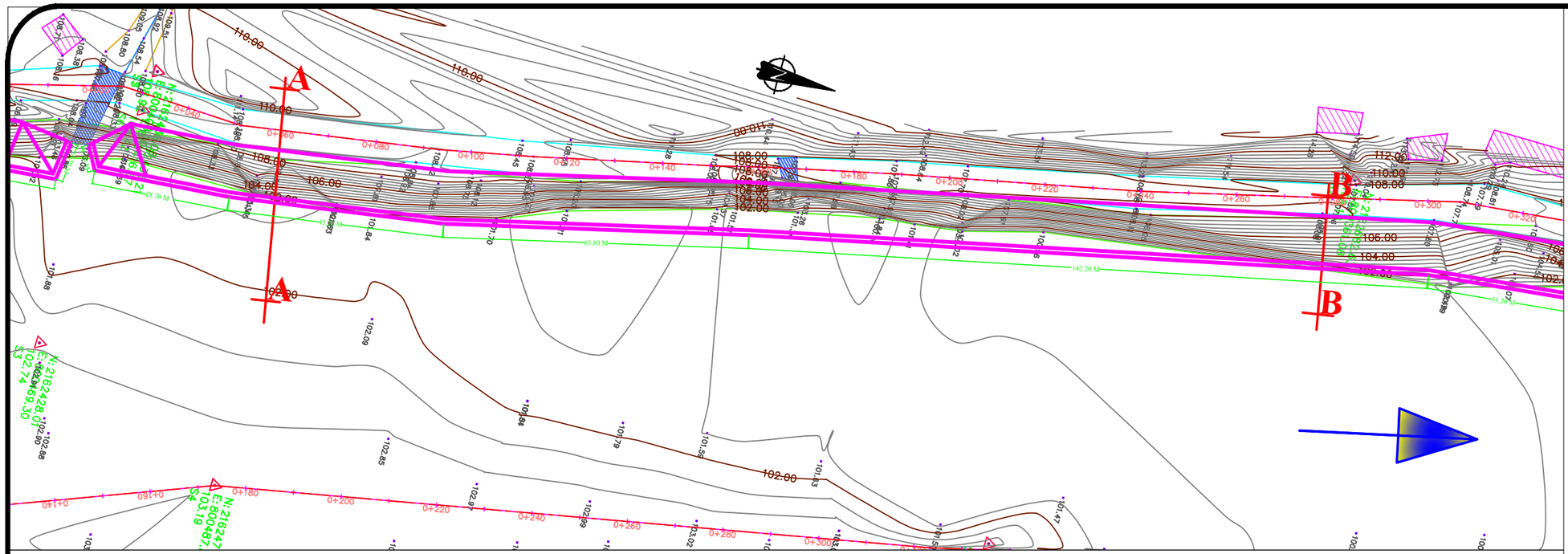
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

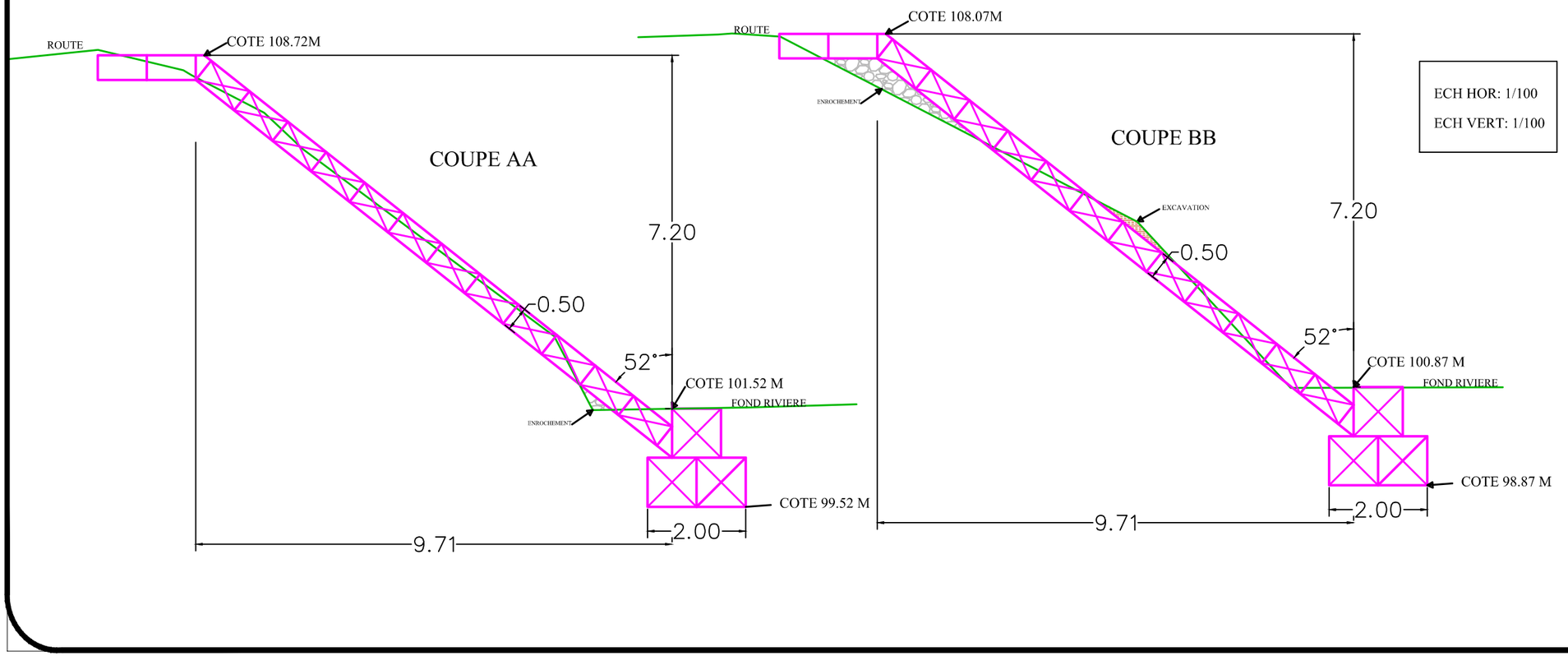
LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	HOR : 1/1500
VP 3 PK0+000 - 0+475	


LEGENDE
point coté altimétrique
courbes maitresses
courbes normales
nord cartographique (échelle réduite)
pylone
points de stations/référence
pont/ouvrage
zone bâtie
gabion
route
berges
TALUS E REVERTIR
LIGNES DE COUPE
SENS ECOULEMENT
Objet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(ANBA RAVIN)
Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)
LEVE TOPOGRAPHIE :
ETUDE : BRUNET GEORGES.ING
Date :
JANVIER 2013
Echelle :
HOR : 1/1000
Profil :
VP 2
PK0+000 - 0+280
Surface :
Plan :





LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- TALUS A REVERTIR
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(ANBA RAVIN)

Maître d'ouvrage :

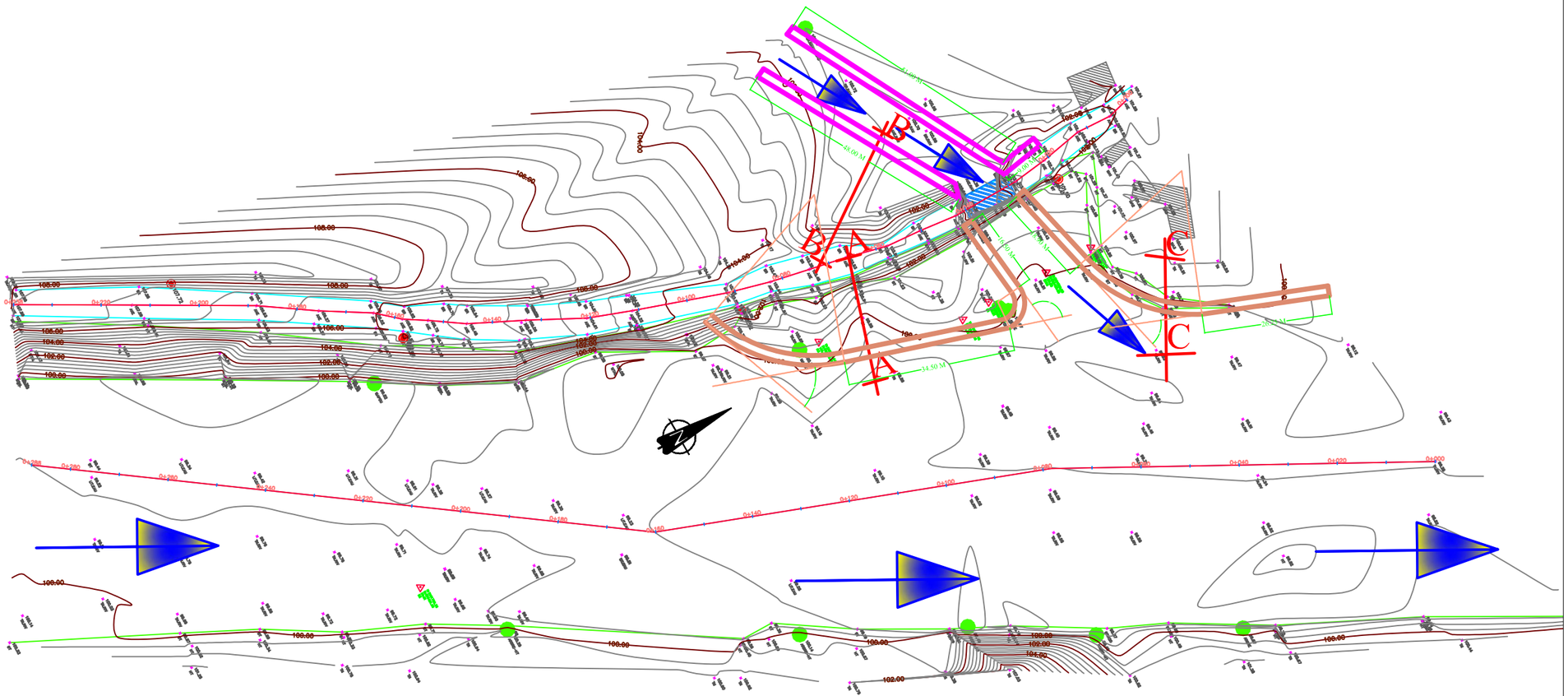
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	Echelle : HOR : 1/1000
Nom : VP 1 PK0+000 - 0+475	Feuille :



INTERVENTION AU SITE DE SAINT-MALON

1- MUR EN MACONNERIE :LONGUEUR DEVELOPPEE DE 170 METRES LINEAIRE ; REF COUPE AA ,PLAN VP 1

REF COUPE CC ,PLAN VP 3

2- MUR DE GABION A CONSTRUIRE SUR UNE LONGUEUR DE 108 METRES ;REF COUPE BB PLAN VP 2

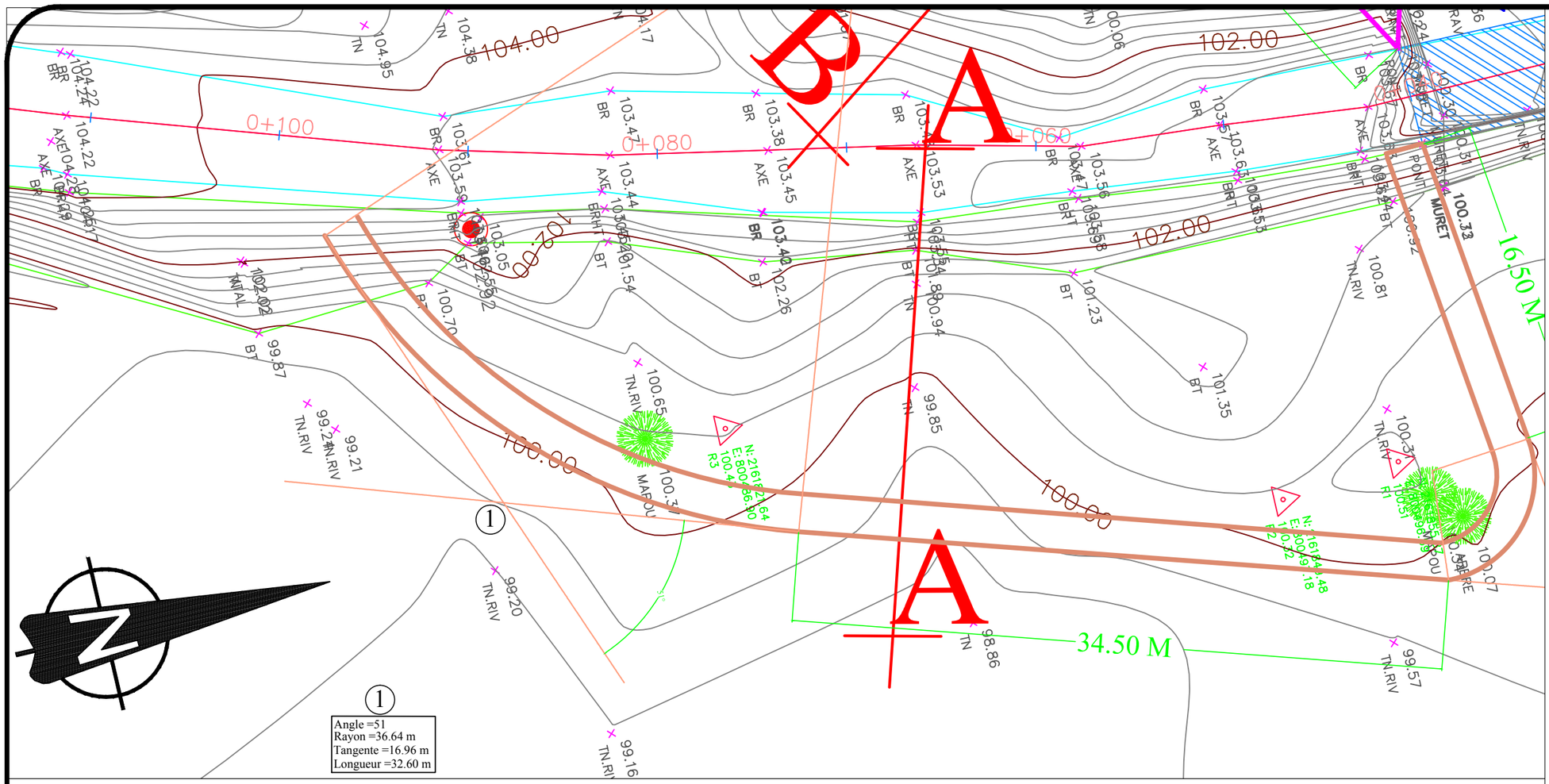
Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(SAINT MALON)

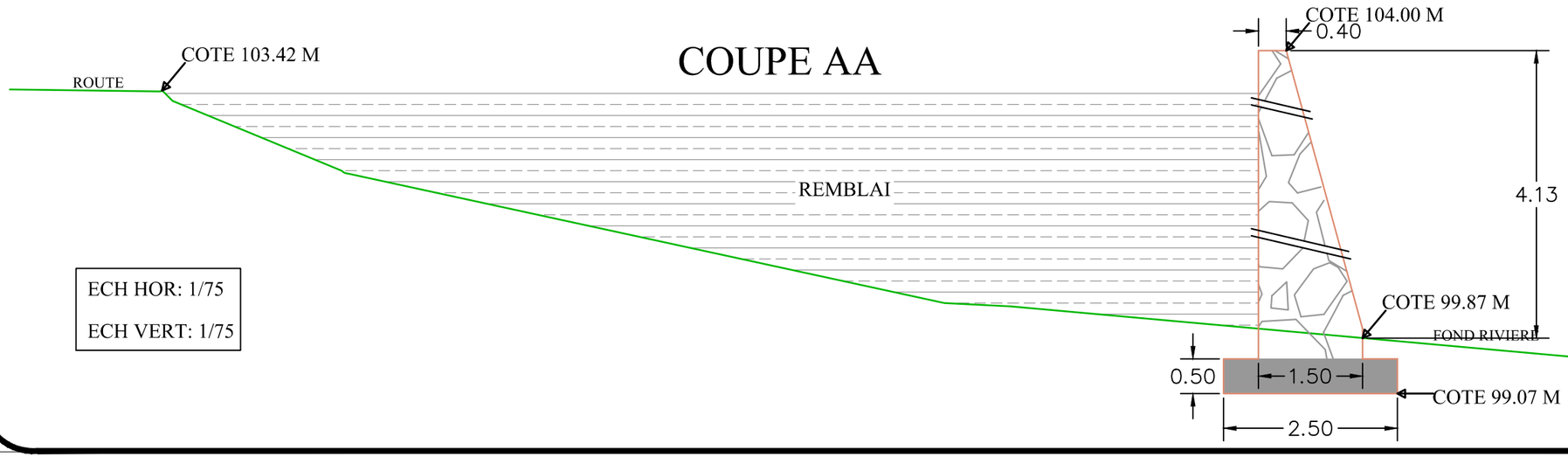
Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/1000
Numero : VP 4 PK0+000 - 0+288	
VUE D'ENSEMBLE	**Revision :**





LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

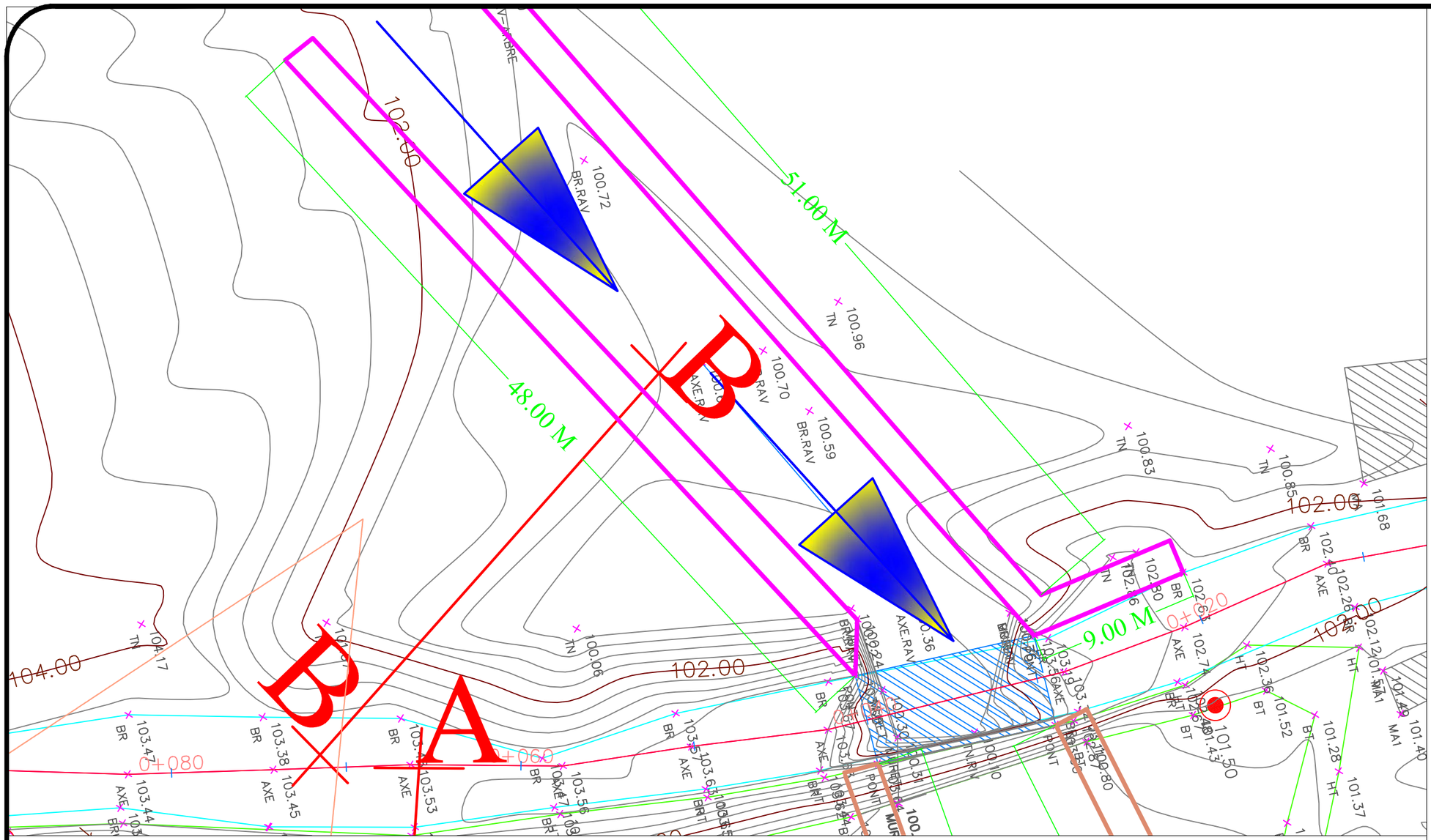
Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(SAINT MALON)

Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

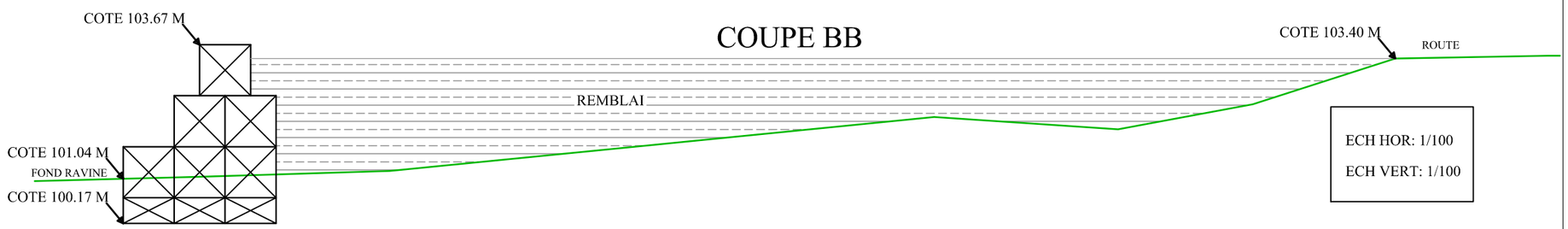
Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/250
Numero : VP 1 PK0+000 - 0+620	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

COUPE BB



ECH HOR: 1/100

ECH VERT: 1/100

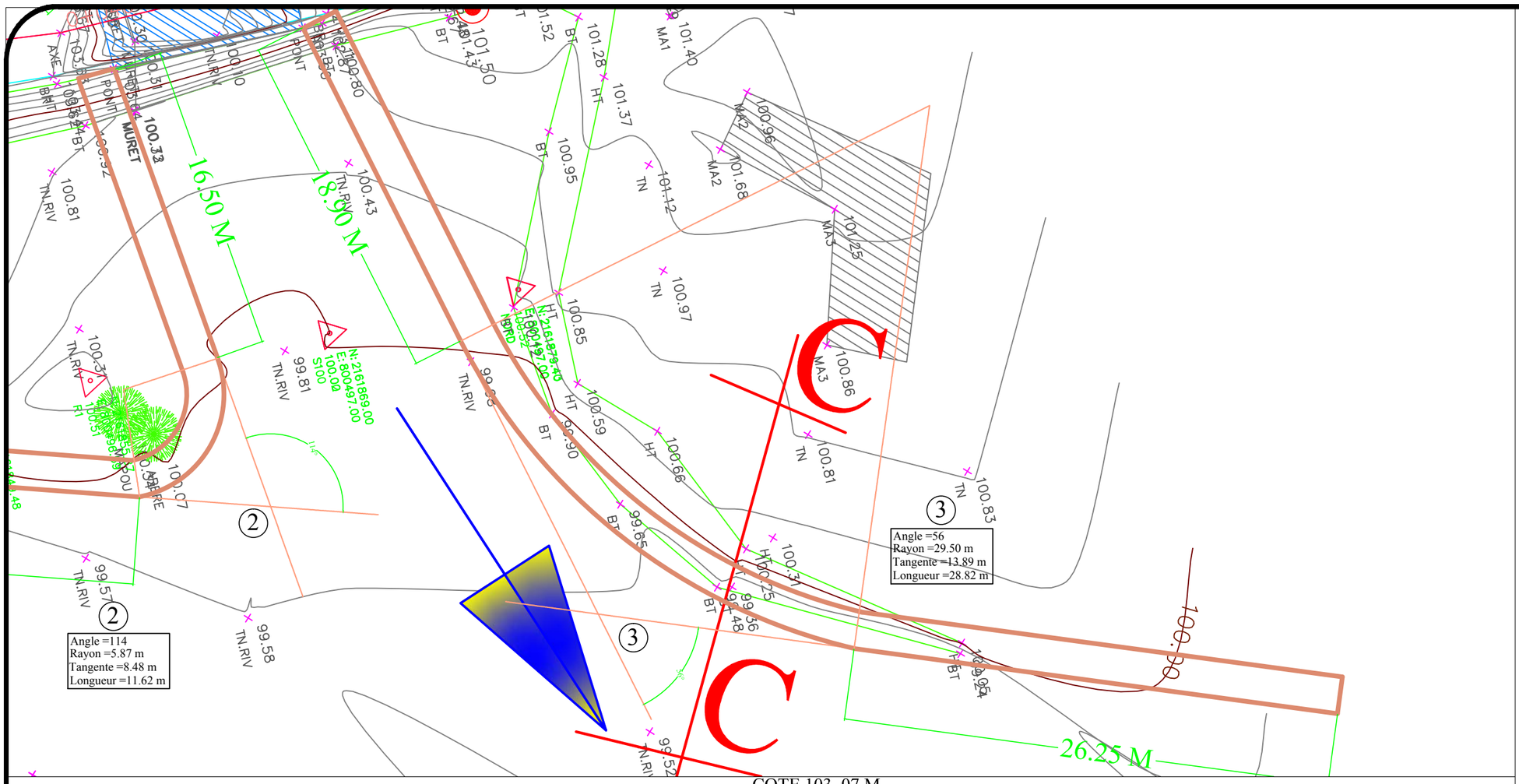
Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(SAINT MALON)

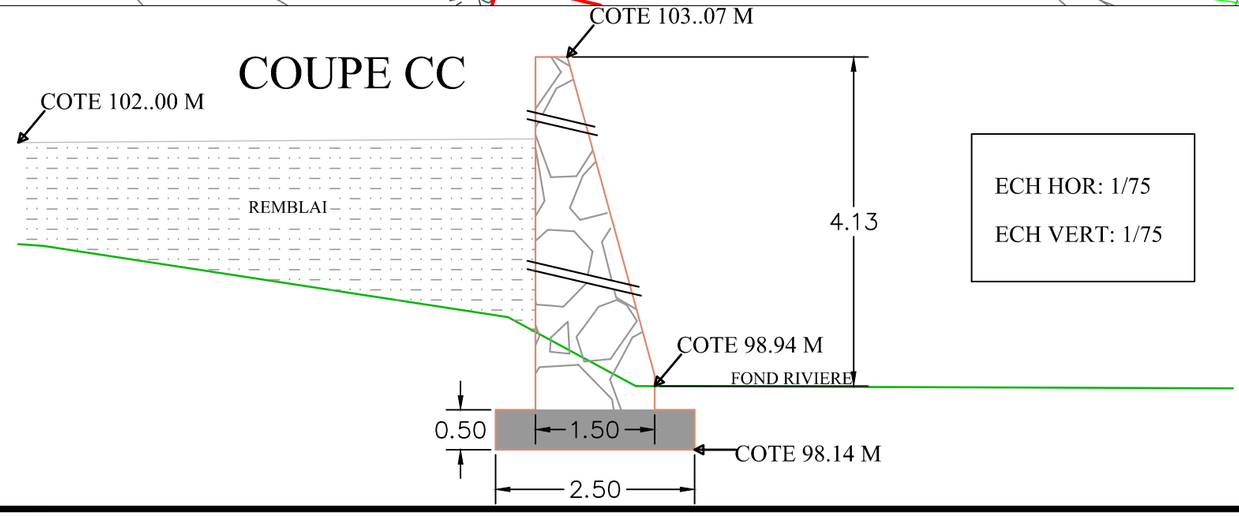
Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/250
Numero : VP 2 PK0+000 - 0+288	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**





COUPE CC

ECH HOR: 1/75

ECH VERT: 1/75

LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT

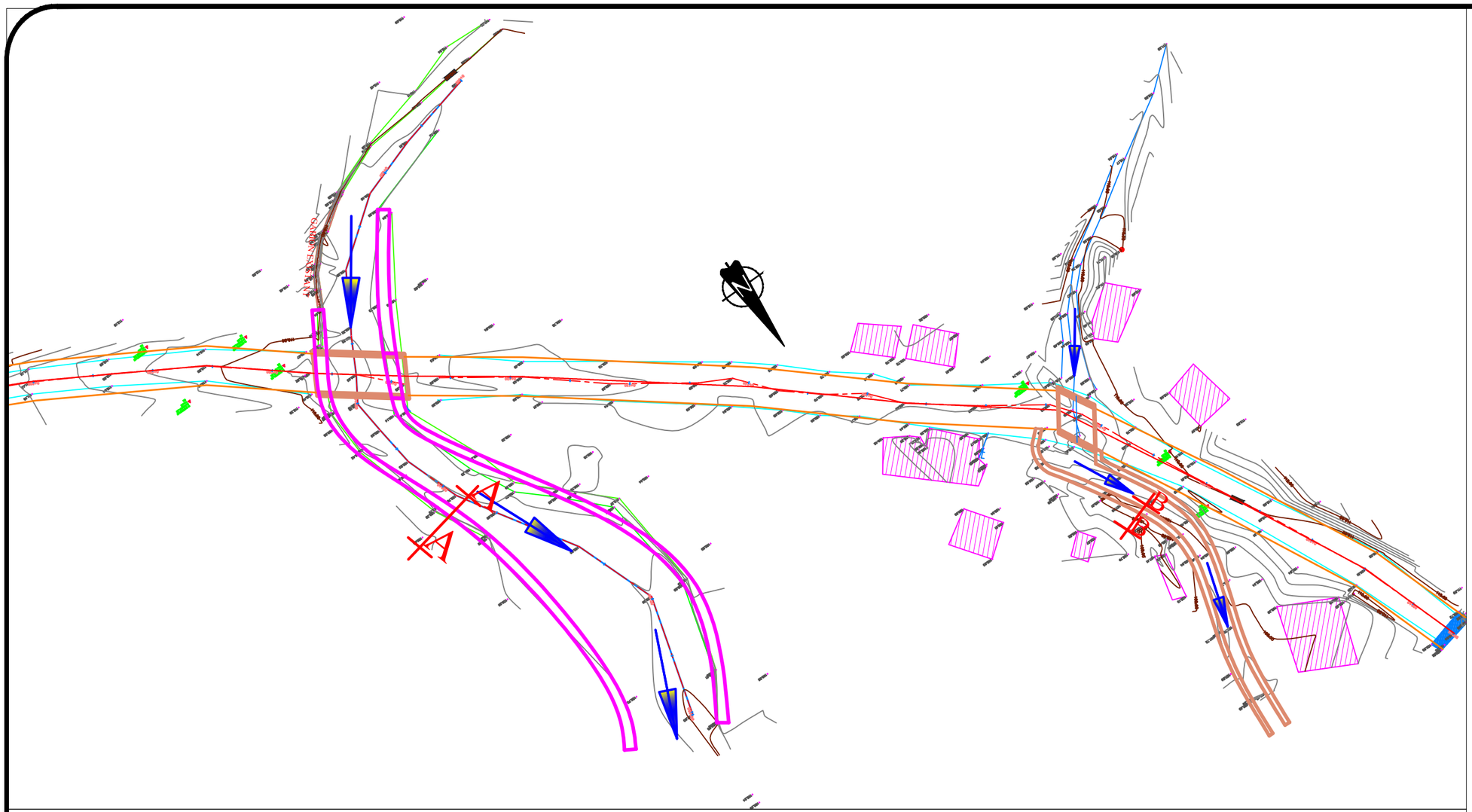
Projet :
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(SAINT MALON)

Maitre d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

Date : JANVIER 2013	**Echelle :** HOR : 1/250
Numero : VP 3 PK0+000 - 0+288	
VUE EN PLAN ET COUPE	**Revision :**



LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT
- CUNETTE

INTERVENTION AU SITE DE GRANBAD

1- MUR EN GABION :LONGUEUR DEVELOPPEE DE 271 METRES LINEAIRE ; REF COUPE AA ,PLAN VP1

2- MUR EN MACONNERIE DE ROCHE: LONGUEUR DE 255 METRES ;REF COUPE BB PLAN VP1

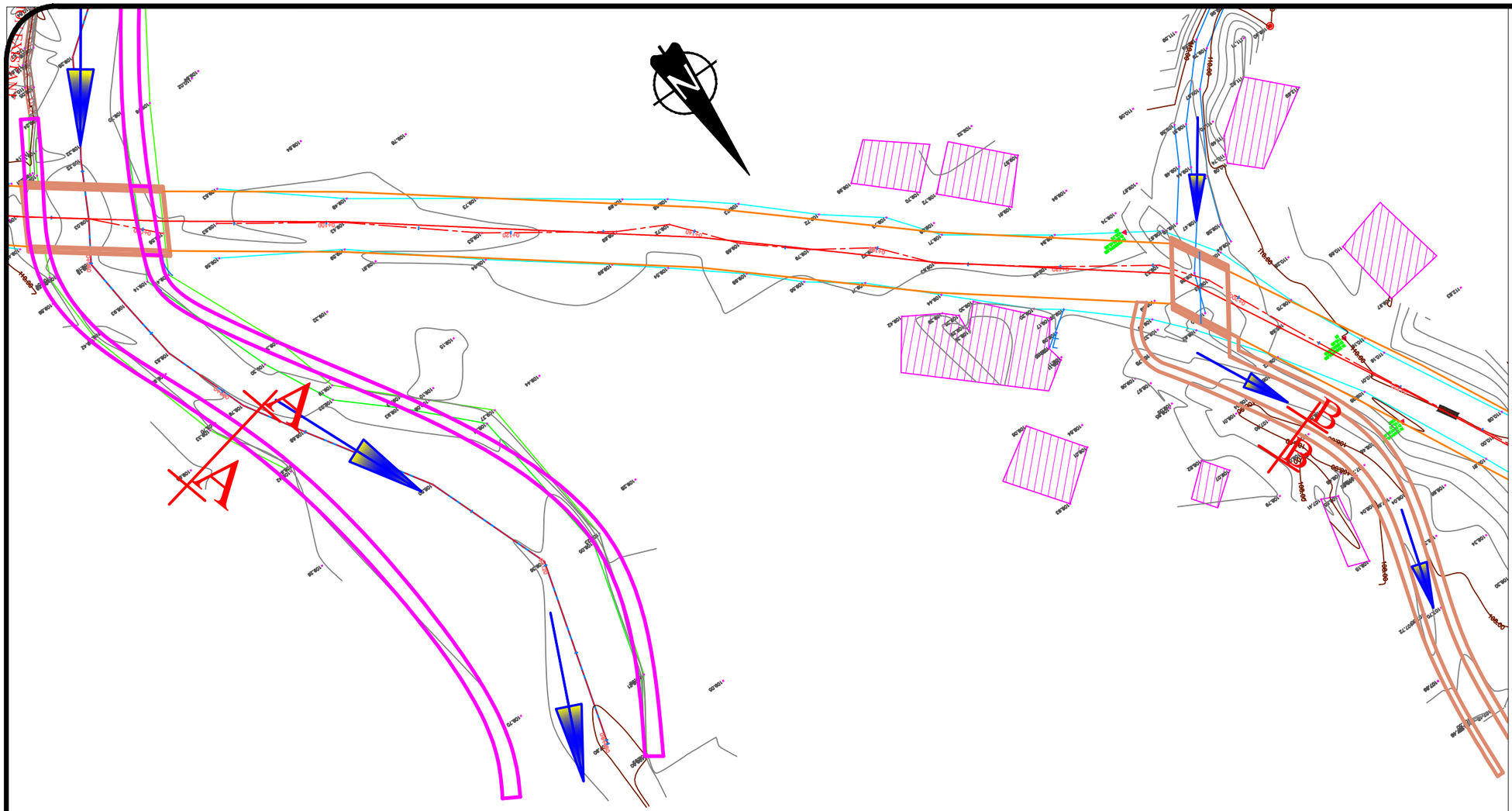
Correction du lit de la Grande Rivière du Nord
Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord
(GRANBAB)

Maître d'ouvrage :
Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)
Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

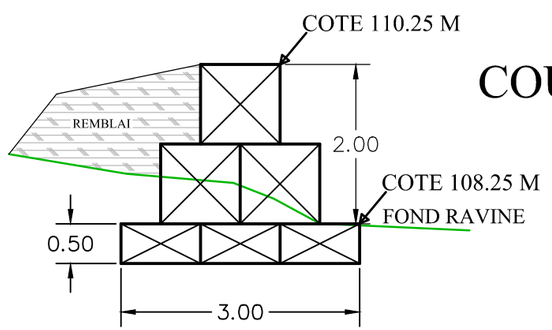
ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	HOR : 1/750
VP 2 PK0+000 - 0+268	

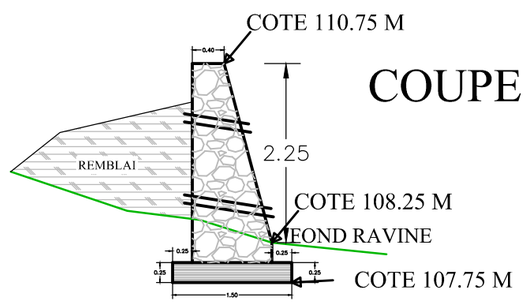


LEGENDE

- point coté altimétrique
- courbes maitresses
- courbes normales
- nord cartographique (échelle réduite)
- pylone
- points de stations/référence
- pont/ouvrage
- zone bâtie
- gabion
- route
- berges
- MUR EN MACONNERIE
- GABION
- LIGNES DE COUPE
- SENS ECOULEMENT
- CUNETTE



COUPE AA



COUPE BB

ECH HOR: 1/75

ECH VERT: 1/75

Projet :

Correction du lit de la Grande Rivière du Nord

Levé Topographique de détail de la de la Grande Rivière du nord

(GRANBAD)

Maître d'ouvrage :

Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR)

Programme de Mitigation des Désastres Naturels (PMDN)

LEVE TOPOGRAPHIE :

ETUDE : BRUNET GEORGES.ING

JANVIER 2013	HOR : 1/500
VP 2 PK0+060 - 0+220	

Annexe 3
Données extraites de l’analyse des résultats de l’enquête

Acul Dubreuil	Perte urbaine moyenne par ménage ($ US)	Nbr habitations	Valeur des pertes ($ US)
RF-1 (Risque faible-Submersion < 50 cm)	1005	74	74,737
RF-2 (Risque faible - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	1577	71	112,759
RF-3 (Risque faible-Submersion > 100 cm)	2138	23	48,579
		Sous-total	**236,074**
RM-1 (Risque moyen-Submersion < 50 cm)	1005	34	34,362
RM-2 (Risque moyen - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	1577	64	100,751
RM-3 (Risque moyen-Submersion > 100 cm)	2138	0	-
		Sous-total	**135,113**
RE-1 (Risque élevé-Submersion < 50 cm)	1005	62	62,336
RE-2 (Risque élevé - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	1577	21	33,048
RE-3 (Risque élevé-Submersion > 100 cm)	2138	0	-
		Sous-total	**95,385**

Acul Dubreuil		
Évènement	Récurrence (ans)	Pertes urbaines (USD)
Sandy	50	236,074
Dennis	5	135,113
Pluies	2	95,385

Ravine du Sud	Perte urbaine moyenne par ménage ($ US)	Nbr habitations	Valeur des pertes ($ US)
RF-1 (Risque faible-Submersion < 50 cm)	1954	58	112,495
RF-2 (Risque faible - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	3670	843	3,094,643
RF-3 (Risque faible-Submersion > 100 cm)	5396	1365	7,365,453
		Sous-total	**10,572,590**
RM-1 (Risque moyen-Submersion < 50 cm)	1954	47	91,102
RM-2 (Risque moyen - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	3670	1613	5,917,912
RM-3 (Risque moyen-Submersion > 100 cm)	5396	565	3,046,917
		Sous-total	**9,055,931**
RE-1 (Risque élevé-Submersion < 50 cm)	1954	13	26,149
RE-2 (Risque élevé - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	3670	2012	7,384,839
RE-3 (Risque élevé-Submersion > 100 cm)	5396	197	1,064,611
		Sous-total	**8,475,599**

Ravine du Sud		
Évènement	Récurrence (ans)	Pertes urbaines (USD)
Sandy	50	10,572,590
Tomas	20	9,055,931
Pluies	2	8,475,599

Cavaillon	Perte urbaine moyenne par ménage ($ US)	Nbr habitations	Valeur des pertes ($ US)
RF-1 (Risque faible-Submersion < 50 cm)	549	10	5,397
RF-2 (Risque faible - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	977	87	84,720
RF-3 (Risque faible-Submersion > 100 cm)	1429	65	93,465
		Sous-total	**183,582**
RM-1 (Risque moyen-Submersion < 50 cm)	549	12	6,370
RM-2 (Risque moyen - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	977	53	52,121
RM-3 (Risque moyen-Submersion > 100 cm)	1429	97	137,935
		Sous-total	**196,426**
RE-1 (Risque élevé-Submersion < 50 cm)	549	8	4,460
RE-2 (Risque élevé - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	977	70	68,463
RE-3 (Risque élevé-Submersion > 100 cm)	1429	57	81,763
		Sous-total	**154,686**

Cavaillon		
Évènement	Récurrence (ans)	Pertes urbaines (USD)
Sandy	50	183,582
Tomas	20	196,426
Pluies	2	154,686

Grande Rivière du Nord	Perte urbaine moyenne par ménage ($ US)	Nbr habitations	Valeur des pertes ($ US)
RF-1 (Risque faible-Submersion < 50 cm)	1257	1337	1,680,163
RF-2 (Risque faible - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	2056	1367	2,810,183
RF-3 (Risque faible-Submersion > 100 cm)	2842	0	-
		Sous-total	**4,490,346**
RM-1 (Risque moyen-Submersion < 50 cm)	1257	2043	2,567,770
RM-2 (Risque moyen - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	2056	661	1,358,088
RM-3 (Risque moyen-Submersion > 100 cm)	2842	0	-
		Sous-total	**3,925,858**
RE-1 (Risque élevé-Submersion < 50 cm)	1257	2043	2,567,770
RE-2 (Risque élevé - Submersion comprise entre 50 et 100 cm)	2056	499	1,026,543
RE-3 (Risque élevé-Submersion > 100 cm)	2842	34	95,694
		Sous-total	**3,690,007**

Grande Rivière du Nord		
Évènement	Récurrence (ans)	Pertes urbaines (USD)
Jeanne	110	4,490,346
Hanna	20	3,925,858
Pluies	2	3,690,007

Nombre habitations en zones inondables	
Acul Dubreuil	1158
Ravine du Sud	3999
Cavaillon	1432
Grande Rivière du Nord	3786

Pertes urbaines par période de récurrence (selon enquête) et nombre d'habitations impactées

Bassin versant	Évènement	Récurrence	Pertes urbaines ($US)	Nbr habitations impactées	Nbr habitations dans la zone inondable	% d'habitations impactées
Grande Rivière du Nord	Jeanne	110	4 490 346	2 704		71.4%
	Hanna	20	3 925 858	2 704	3 786	71.4%
	Pluies	2	3 690 007	2 576		68.0%
Cavaillon	Sandy	50	183 582	162		11.3%
	Tomas	20	196 426	162	1 432	11.3%
	Pluies	2	154 686	135		9.4%
Ravine du Sud	Sandy	50	10 572 590	2 266		56.7%
	Tomas	20	9 055 931	2 225	3 999	55.6%
	Pluies	2	8 475 599	2 222		55.6%
Acul Dubreuil	Sandy	50	236 074	168		14.5%
	Dennis	5	135 113	98	1 158	8.5%
	Pluies	2	95 385	83		7.2%

Annexe 4
Détails des calculs de l’analyse coût-bénéfices

Évaluation economique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Sites entre Bahon et Grande Rivière du Nord

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2028**	**2029**	**2030**
Bénéfices:																		
Pertes dues aux inondations évitées																		
Scénario de base				**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**
Scénario 1				**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**
Scénario 2				**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**	**478,249**
Scénario 3				**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**	**1,466,999**
Scénario 4				**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**	**1,987,267**
Scénario 5				**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**
Scénario 6				**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**	**956,499**
Scénario 7				**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**1,434,748**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Coûts																		
Entretien et maintenance				33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479	33,479
Investissements pour les travaux	2,231,950	2,231,950	2,231,950															
Surcoût travaux protection 15 ans	245,000	245,000	245,000	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675	3,675
Surcoût travaux protection 20 ans	490,000	490,000	490,000	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350	7,350
Flux de trésorerie net																		
Scénario de base	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**
Scénario 1	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**
Scénario 2	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**	**444,770**
Scénario 3	**-2,476,950**	**-2,476,950**	**-2,476,950**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**	**1,429,845**
Scénario 4	**-2,721,950**	**-2,721,950**	**-2,721,950**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**	**1,946,438**
Scénario 5	**-1,115,975**	**-1,115,975**	**-1,115,975**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**
Scénario 6	**-2,789,938**	**-2,789,938**	**-2,789,938**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**	**923,019**
Scénario 7	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**-2,231,950**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**	**1,401,269**					

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7
TRI	**9%**	**TRI: 16%**	**TRI: 0%**	**TRI: 15%**	**TRI: 18%**	**TRI: 21%**	**TRI: 6%**	**TRI: 13%**
VAN	**(886,118 $)**	**VAN: 1,432,357 $**	**VAN: (3,204,594 $)**	**VAN: 982,441 $**	**VAN: 2,898,351 $**	**VAN: 1,794,266 $**	**VAN: (2,226,310 $)**	**VAN: 274,739 $**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que la protection de l'ouvrage est décennale avec une valeur protégée intermédiaire

Scénario 1 : Même hypothèse mais avec valeur protégée haute (50% en plus)

Scénario 2 : Même hypothèse mais avec valeur protégée basse (50 % en moins)

Scénario 3 : Même hypothèse mais la protection est de 15 ans

Scénario 4 : Même hypothèse mais la protection est de 20 ans

Scénario 5 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 25 % plus cher

Scénario 7 : Même hypothèse mais durée de vie de 10 ans pour l'ouvrage

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 0.5% des investissements

Évaluation economique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Site de Cavaillon

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2028**	**2029**	**2030**
Bénéfices:																		
Pertes dues aux inondations évitées																		
Scénario de base				**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**
Scénario 1				**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**
Scénario 2				**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**	**94,648**
Scénario 3				**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**	**320,556**
Scénario 4				**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**	**465,979**
Scénario 5				**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**
Scénario 6				**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**	**189,296**
Scénario 7				**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**283,944**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Coûts																		
Entretien et maintenance				38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166	38,166
Investissements pour les travaux	2,544,423	2,544,423	2,544,423															
Surcoût travaux protection 15 ans	199,500	199,500	199,500	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993	2,993
Surcoût travaux protection 20 ans	399,000	399,000	399,000	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985	5,985
Flux de trésorerie net																		
Scénario de base	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**
Scénario 1	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**
Scénario 2	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**	**56,482**
Scénario 3	**-2,743,923**	**-2,743,923**	**-2,743,923**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**	**279,397**
Scénario 4	**-2,943,423**	**-2,943,423**	**-2,943,423**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**	**421,827**
Scénario 5	**-1,272,212**	**-1,272,212**	**-1,272,212**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**
Scénario 6	**-3,180,529**	**-3,180,529**	**-3,180,529**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**	**151,130**
Scénario 7	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**-2,544,423**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**	**245,778**					

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7
TRI	**-11%**	**TRI: -7%**	**TRI: -19%**	**TRI: -7%**	**TRI: -4%**	**TRI: -5%**	**TRI: -13%**	**TRI: -15%**
VAN	**(5,378,622 $)**	**VAN: (4,919,784 $)**	**VAN: (5,837,461 $)**	**VAN: (5,235,969 $)**	**VAN: (5,024,655 $)**	**VAN: (2,322,985 $)**	**VAN: (6,906,441 $)**	**VAN: (5,122,826 $)**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que la protection de l'ouvrage est décennale avec une valeur protégée intermédiaire

Scénario 1 : Même hypothèse mais avec valeur protégée haute (50% en plus)

Scénario 2 : Même hypothèse mais avec valeur protégée basse (50 % en moins)

Scénario 3 : Même hypothèse mais la protection est de 15 ans

Scénario 4 : Même hypothèse mais la protection est de 20 ans

Scénario 5 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 25 % plus cher

Scénario 7 : Même hypothèse mais durée de vie de 10 ans pour l'ouvrage

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 0.5% des investissements

Évaluation economique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Site de Camp-Perrin (Ravine du Sud)

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2028**	**2029**	**2030**
Bénéfices:																		
Pertes dues aux inondations évitées																		
Scénario de base				**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**
Scénario 1				**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**
Scénario 2				**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**	**111,526**
Scénario 3				**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**	**350,138**
Scénario 4				**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**	**482,235**
Scénario 5				**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**
Scénario 6				**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**	**223,051**
Scénario 7				**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**334,577**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Coûts																		
Entretien et maintenance				22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096	22,096
Investissements pour les travaux	1,473,087	1,473,087	1,473,087															
Surcoût travaux protection 15 ans	129,500	129,500	129,500	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943	1,943
Surcoût travaux protection 20 ans	357,000	357,000	357,000	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355	5,355
Flux de trésorerie net																		
Scénario de base	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**
Scénario 1	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**
Scénario 2	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**	**89,429**
Scénario 3	**-1,602,587**	**-1,602,587**	**-1,602,587**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**	**326,100**
Scénario 4	**-1,830,087**	**-1,830,087**	**-1,830,087**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**	**454,784**
Scénario 5	**-736,544**	**-736,544**	**-736,544**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**
Scénario 6	**-1,841,359**	**-1,841,359**	**-1,841,359**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**	**200,955**
Scénario 7	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**-1,473,087**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**	**312,480**					

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7
TRI	**-4%**	**TRI: 1%**	**TRI: -11%**	**TRI: 0%**	**TRI: 3%**	**TRI: 4%**	**TRI: -6%**	**TRI: -5%**
VAN	**(2,563,910 $)**	**VAN: (2,023,252 $)**	**VAN: (3,104,568 $)**	**VAN: (2,268,266 $)**	**VAN: (2,190,842 $)**	**VAN: (794,857 $)**	**VAN: (3,448,437 $)**	**VAN: (2,281,399 $)**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que la protection de l'ouvrage est décennale avec une valeur protégée intermédiaire

Scénario 1 : Même hypothèse mais avec valeur protégée haute (50% en plus)

Scénario 2 : Même hypothèse mais avec valeur protégée basse (50 % en moins)

Scénario 3 : Même hypothèse mais la protection est de 15 ans

Scénario 4 : Même hypothèse mais la protection est de 20 ans

Scénario 5 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 25 % plus cher

Scénario 7 : Même hypothèse mais durée de vie de 10 ans pour l'ouvrage

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 0.5% des investissements

Évaluation économique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Site Moreau (Artibonite)

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18	Année 19	Année 20	Année 21	Année 22	Année 23
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**
Bénéfices:																							
Pertes de production agricole évitées																							
Scénario de base				0	1,025,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 1				0	0	0	0	0	0	1,025,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,025,744	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 3				0	1,025,744	1,025,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 4				0	798,146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 5				0	1,025,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 6				0	864,359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 7				0	702,975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 8				0	854,787	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 9				0	569,858	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 10				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coût de reconstruction évités																							
Scénario de base				0	1,900,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 1				0	0	0	0	0	0	2,097,754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,316,089	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 3				0	950,000	950,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 4				0	1,900,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 5				0	950,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 6				0	1,900,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 7				0	1,900,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 8				0	1,900,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 9				0	1,900,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 10	592,150	592,150	592,150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coûts																							
Entretien et maintenance				17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765	17,765
Investissements pour les travaux	592,150	592,150	592,150																				
Pertes de production agricole	0	0	0	0	286,240	429,360	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480	572,480
Valeur actualisé coûts reconstruction	2%				1,900,000	1,938,000	1,976,760	2,016,295	2,056,621	2,097,754	2,139,709	2,182,503	2,226,153	2,270,676	2,316,089	2,362,411	2,409,659	2,457,853	2,507,010	2,557,150	2,608,293	2,660,459	2,713,668
Flux de trésorerie net																							
Scénario de base	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**2,907,979**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 1	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**3,105,733**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 2	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**3,324,069**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 3	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**1,957,979**	**1,957,979**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 4	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**2,680,381**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 5	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**1,957,979**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 6	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**2,746,595**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 7	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**2,585,210**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 8	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**2,737,022**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 9	**-592,150**	**-592,150**	**-592,150**	**-17,765**	**2,452,093**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**	**-17,765**
Scénario 10	**592,150**	**592,150**	**592,150**	**0**	**-286,240**	**-429,360**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**	**-572,480**

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7	Scénario 8	Scénario 9	Scénario 10
TRI	**16%**	**TRI: 6%**	**TRI: 4%**	**TRI: 24%**	**TRI: 12%**	**TRI: N/A**	**TRI: 13%**	**TRI: 11%**	**TRI: 13%**	**TRI: 8%**	**TRI: 19%**
VAN	**143,454 $**	**VAN: (511,009 $)**	**VAN: (906,151 $)**	**VAN: 605,372 $**	**VAN: 14,309 $**	**VAN: (395,601 $)**	**VAN: 51,881 $**	**VAN: (39,693 $)**	**VAN: 46,449 $**	**VAN: (115,228 $)**	**VAN: (1,022,652 $)**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que le canal soit détruit dans 5 ans avec une reconstruction en 1 an et une perte de 100% de la production agricole en saison sèche et de 50% en saison des pluies

Scénario 1 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 10 ans

Scénario 2 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 15 ans

Scénario 3 : Même hypothèse mais reconstruction du canal en 2 ans au même coût

Scénario 4 : Même hypothèse mais baisse de 30% du prix du riz

Scénario 5 : Même hypothèse mais coûts de reconstruction 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais perte de production agricole de 75% en saison sèche et 50% en saison des pluies

Scénario 7 : Même hypothèse mais perte de production agricole de 50% en saison sèche et 50% en saison des pluies

Scénario 8 : Même hypothèse mais taux de desserte moyen à 75 %

Scénario 9 : Même hypothèse mais taux de desserte moyen à 50 %

Scénario 10 : Aucune reconstruction du canal et ajustement des productions agricoles car perte de l'irrigation

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 1.0% des investissements

Évaluation économique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Site Siphon Villard (Artibonite)

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18	Année 19	Année 20	Année 21	Année 22	Année 23
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**
Bénéfices:																							
Pertes de production agricole évitées																							
Scénario de base				0	23,912,653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 1				0	0	0	0	0	0	23,912,653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,912,653	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 3				0	23,912,653	23,912,653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 4				0	18,606,776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 5				0	23,912,653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 6				0	20,150,376	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 7				0	16,388,098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 8				0	19,927,211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 9				0	13,284,807	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 10				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coût de reconstruction évités																							
Scénario de base				0	5,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 1				0	0	0	0	0	0	6,293,261	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,948,268	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 3				0	2,850,000	2,850,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 4				0	5,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 5				0	2,850,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 6				0	5,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 7				0	5,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 8				0	5,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 9				0	5,700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 10	1,776,450	1,776,450	1,776,450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coûts																							
Entretien et maintenance				53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294	53,294
Investissements pour les travaux	1,776,450	1,776,450	1,776,450																				
Pertes de production agricole	0	0	0	0	6,672,965	10,009,447	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930
Valeur actualisé coûts reconstruction	2%				5,700,000	5,814,000	5,930,280	6,048,886	6,169,863	6,293,261	6,419,126	6,547,508	6,678,458	6,812,028	6,948,268	7,087,234	7,228,978	7,373,558	7,521,029	7,671,450	7,824,879	7,981,376	8,141,004
Flux de trésorerie net																							
Scénario de base	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**29,559,360**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 1	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**30,152,621**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 2	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**30,807,628**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 3	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**26,709,360**	**26,709,360**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 4	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**24,253,482**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 5	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**26,709,360**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 6	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**25,797,082**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 7	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**22,034,804**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 8	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**25,573,918**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 9	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-1,776,450**	**-53,294**	**18,931,514**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**	**-53,294**
Scénario 10	**1,776,450**	**1,776,450**	**1,776,450**	**0**	**-6,672,965**	**-10,009,447**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7	Scénario 8	Scénario 9	Scénario 10
TRI	**71%**	**TRI: 23%**	**TRI: 14%**	**TRI: 89%**	**TRI: 61%**	**TRI: 66%**	**TRI: 64%**	**TRI: 57%**	**TRI: 64%**	**TRI: 49%**	**TRI: 64%**
VAN	**12,252,941 $**	**VAN: 5,175,422 $**	**VAN: 1,088,102 $**	**VAN: 24,194,568 $**	**VAN: 9,242,244 $**	**VAN: 10,635,775 $**	**VAN: 10,118,124 $**	**VAN: 7,983,306 $**	**VAN: 9,991,494 $**	**VAN: 6,222,416 $**	**VAN: (52,729,905 $)**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que le canal soit détruit dans 5 ans avec une reconstruction en 1 an et une perte de 100% de la production agricole en saison sèche et de 50% en saison des pluies

Scénario 1 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 10 ans

Scénario 2 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 15 ans

Scénario 3 : Même hypothèse mais reconstruction du canal en 2 ans au même coût

Scénario 4 : Même hypothèse mais baisse de 30% du prix du riz

Scénario 5 : Même hypothèse mais coûts de reconstruction 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais perte de production agricole de 75% en saison sèche et 50% en saison des pluies

Scénario 7 : Même hypothèse mais perte de production agricole de 50% en saison sèche et 50% en saison des pluies

Scénario 8 : Même hypothèse mais taux de desserte moyen à 75 %

Scénario 9 : Même hypothèse mais taux de desserte moyen à 50 %

Scénario 10 : Aucune reconstruction du canal et ajustement des productions agricoles car perte de l'irrigation

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 1.0% des investissements

Évaluation économique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Site Carrefour Laville (Artibonite)

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18	Année 19	Année 20	Année 21	Année 22	Année 23
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**
Bénéfices:																							
Pertes de production agricole évitées																							
Scénario de base				0	2,692,578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 1				0	0	0	0	0	0	2,692,578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,692,578	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 3				0	2,692,578	2,692,578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 4				0	2,095,133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 5				0	2,692,578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 6				0	2,268,943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 7				0	1,845,309	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 8				0	2,243,815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 9				0	1,495,876	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 10				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coût de reconstruction évités																							
Scénario de base				0	4,200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 1				0	0	0	0	0	0	4,637,139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,119,777	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 3				0	2,100,000	2,100,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 4				0	4,200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 5				0	2,100,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 6				0	4,200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 7				0	4,200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 8				0	4,200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 9				0	4,200,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scénario 10	1,366,500	1,366,500	1,366,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coûts																							
Entretien et maintenance				40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995	40,995
Investissements pour les travaux	1,366,500	1,366,500	1,366,500																				
Pertes de production agricole	0	0	0	0	6,672,965	10,009,447	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930	13,345,930
Valeur actualisé coûts reconstruction	2%				4,200,000	4,284,000	4,369,680	4,457,074	4,546,215	4,637,139	4,729,882	4,824,480	4,920,969	5,019,389	5,119,777	5,222,172	5,326,616	5,433,148	5,541,811	5,652,647	5,765,700	5,881,014	5,998,634
Flux de trésorerie net																							
Scénario de base	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**6,851,583**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 1	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**7,288,722**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 2	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**7,771,359**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 3	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**4,751,583**	**4,751,583**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 4	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**6,254,138**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 5	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**4,751,583**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 6	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**6,427,948**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 7	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**6,004,314**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 8	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**6,402,820**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 9	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-1,366,500**	**-40,995**	**5,654,881**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**	**-40,995**
Scénario 10	**1,366,500**	**1,366,500**	**1,366,500**	**0**	**-6,672,965**	**-10,009,447**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**	**-13,345,930**

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7	Scénario 8	Scénario 9	Scénario 10
TRI	**17%**	**TRI: 6%**	**TRI: 4%**	**TRI: 26%**	**TRI: 13%**	**TRI: N/A**	**TRI: 14%**	**TRI: 11%**	**TRI: 14%**	**TRI: 8%**	**TRI: 72%**
VAN	**410,977 $**	**VAN: (1,140,084 $)**	**VAN: (2,072,769 $)**	**VAN: 1,647,450 $**	**VAN: 71,971 $**	**VAN: (780,619 $)**	**VAN: 170,595 $**	**VAN: (69,786 $)**	**VAN: 156,337 $**	**VAN: (268,063 $)**	**VAN: (53,714,536 $)**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que le canal soit détruit dans 5 ans avec une reconstruction en 1 an et une perte de 100% de la production agricole en saison sèche et de 50% en saison des pluies

Scénario 1 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 10 ans

Scénario 2 : Même hypothèse mais la destruction du canal est dans 15 ans

Scénario 3 : Même hypothèse mais reconstruction du canal en 2 ans au même coût

Scénario 4 : Même hypothèse mais baisse de 30% du prix du riz

Scénario 5 : Même hypothèse mais coûts de reconstruction 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais perte de production agricole de 75% en saison sèche et 50% en saison des pluies

Scénario 7 : Même hypothèse mais perte de production agricole de 50% en saison sèche et 50% en saison des pluies

Scénario 8 : Même hypothèse mais taux de desserte moyen à 75 %

Scénario 9 : Même hypothèse mais taux de desserte moyen à 50 %

Scénario 10 : Aucune reconstruction du canal et ajustement des productions agricoles car perte de l'irrigation

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 1.0% des investissements

Évaluation economique des ouvrages de protection d'infrastructures riveraines - Site de Laplace (Acul Dubreuil)

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18
Année	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2028**	**2029**	**2030**
Bénéfices:																		
Pertes dues aux inondations évitées																		
Scénario de base				**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**
Scénario 1				**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**
Scénario 2				**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**	**43,235**
Scénario 3				**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**	**151,913**
Scénario 4				**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**	**226,681**
Scénario 5				**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**
Scénario 6				**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**	**86,470**
Scénario 7				**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**129,705**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Coûts																		
Entretien et maintenance				4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687	4,687
Investissements pour les travaux	312,473	312,473	312,473															
Surcoût travaux protection 15 ans	24,500	24,500	24,500	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368
Surcoût travaux protection 20 ans	49,000	49,000	49,000	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735	735
Flux de trésorerie net																		
Scénario de base	**-312,473**	**-312,473**	**-312,473**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**
Scénario 1	**-312,473**	**-312,473**	**-312,473**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**
Scénario 2	**-312,473**	**-312,473**	**-312,473**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**	**38,548**
Scénario 3	**-336,973**	**-336,973**	**-336,973**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**	**146,858**
Scénario 4	**-361,473**	**-361,473**	**-361,473**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**	**221,259**
Scénario 5	**-156,237**	**-156,237**	**-156,237**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**
Scénario 6	**-390,591**	**-390,591**	**-390,591**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**	**81,783**
Scénario 7	**-312,473**	**-312,473**	**-312,473**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**	**125,018**					

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7
TRI	**3%**	**TRI: 9%**	**TRI: -5%**	**TRI: 10%**	**TRI: 16%**	**TRI: 13%**	**TRI: 1%**	**TRI: 5%**
VAN	**(354,037 $)**	**VAN: (144,441 $)**	**VAN: (563,634 $)**	**VAN: (97,407 $)**	**VAN: 204,429 $**	**VAN: 21,216 $**	**VAN: (541,664 $)**	**VAN: (247,721 $)**

NOTES:

Scénario de base : Situation actuelle et hypothèse que la protection de l'ouvrage est décennale avec une valeur protégée intermédiaire

Scénario 1 : Même hypothèse mais avec valeur protégée haute (50% en plus)

Scénario 2 : Même hypothèse mais avec valeur protégée basse (50 % en moins)

Scénario 3 : Même hypothèse mais la protection est de 15 ans

Scénario 4 : Même hypothèse mais la protection est de 20 ans

Scénario 5 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 50 % moins cher

Scénario 6 : Même hypothèse mais le coût de l'ouvrage est 25 % plus cher

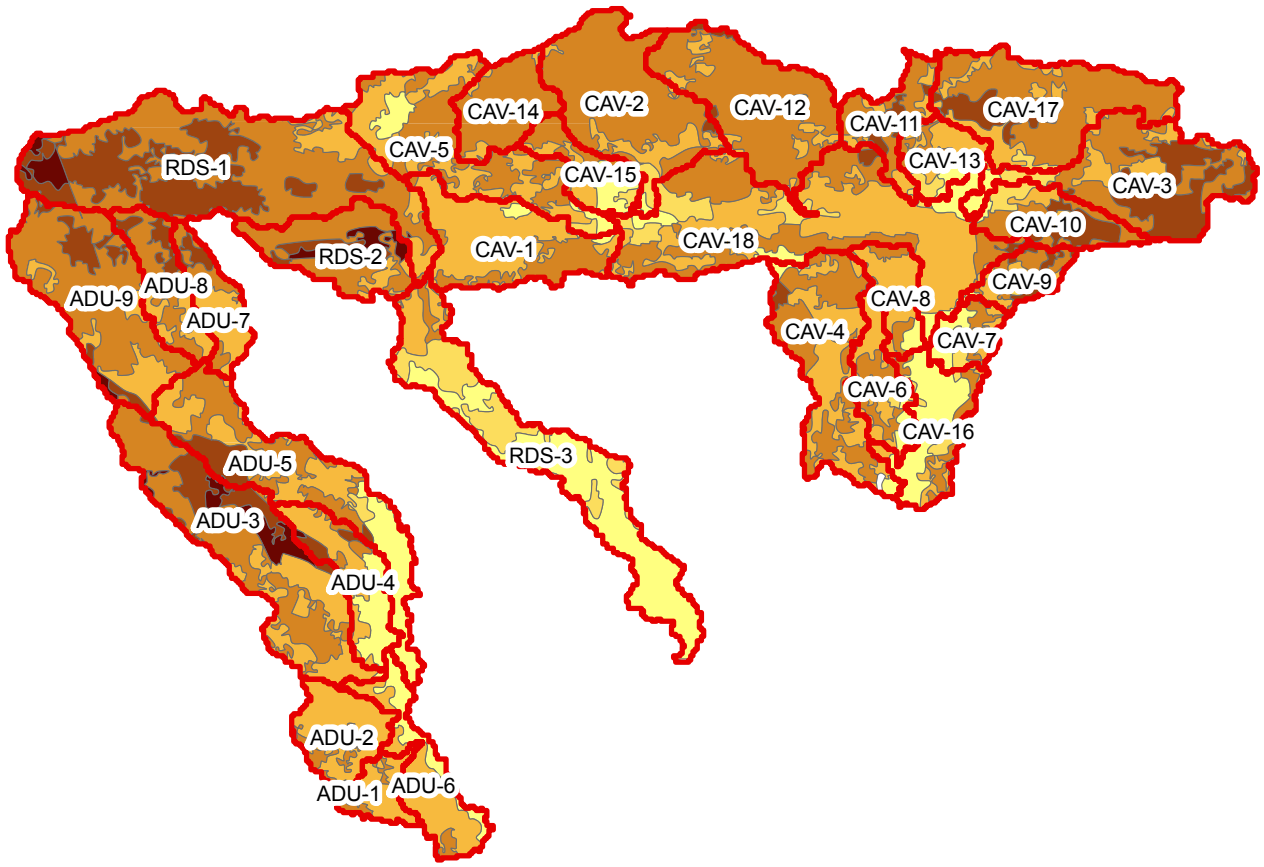
Scénario 7 : Même hypothèse mais durée de vie de 10 ans pour l'ouvrage

Le taux d'actualisation utilisé est de **12%**

Hypothèse de couts d'entretien et maintenance des ouvrages estimé à: 0.5% des investissements

Annexe 5
Carte d’érosion développée par le CNIGS

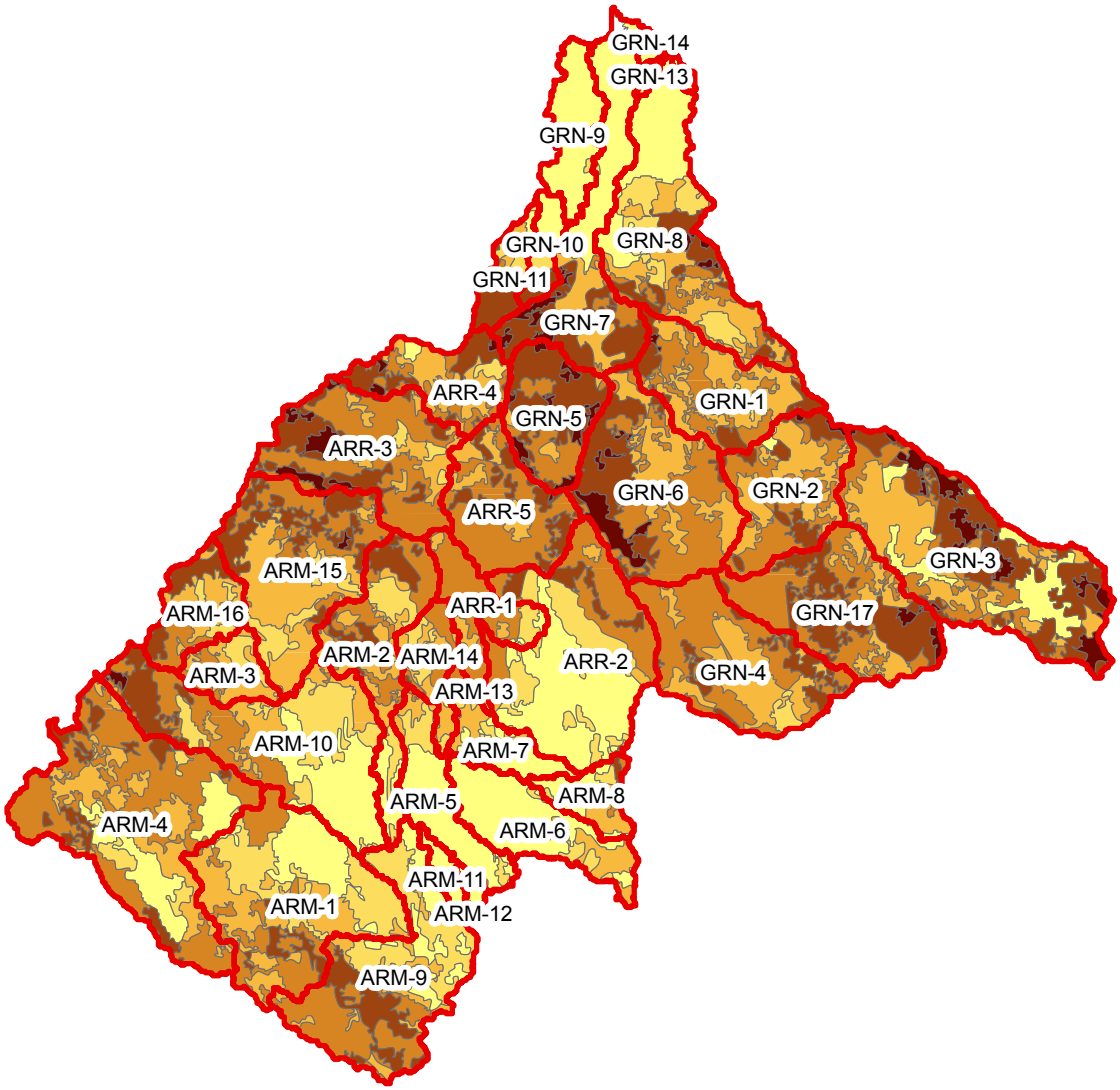
Risque d'érosion dans les sous-bassins versants du sud



Risque d'érosion

- Nul ou très faible
- Faible
- Moyen
- Élevé
- Grave
- Très grave

Risque d'érosion dans les sous-bassins versants du nord



Risque d'érosion

- Nul ou très faible
- Faible
- Moyen
- Élevé
- Grave
- Très grave

Annexe 6
Programme de la mission terrain

PROGRAMME DE MISSION TERRAIN
RECONNAISSANCE DE SITES POUR LES OUVRAGES DE TRAITEMENT DE RAVINES ET LES AMÉNAGEMENTS DE PROTECTION RIVERAINE

9 mars au 1er avril 2015

Date	Jour	Heure	Activité	Nuit
09/03/15	Lundi	14h15	• Arrivé à Port-au-Prince, Haïti • Bureau AECOM -Finalisation de la logistique (véhicules, chauffeurs, etc)	PAP
10/03/15	Mardi	10h00	• Rencontre avec UE/PMDN/MARNDR, Damien • Rencontre avec DG/MARNDR, Damien	PAP
11/03/15	Mercredi	10h00 14h00	• Rencontre avec le SNIGS • Transport PAP – Cayes	Cayes
12/03/15	Jeudi	9h00 14h00	• Rencontre avec PMDN/MARNDR - Sud, Cayes • Rencontre avec Dir. Dép. Agriculture, Cayes • Rencontre Commune Maniche • Visite sites protection de berges réalisés par PMDN-1 à Maniche • Visite sites de traitement de ravines – PMDN-2 • Rencontre équipe technique terrain PMDN-1 à Maniche	Cayes
13/03/15	Vendredi	9h00	• Rencontre Commune Cavaillon • Visite site protection berges Cavaillon-PMDN-2 • Visite site traitement ravines amont Cavaillon-PMDN-2	Cayes
14/03/15	Samedi		• Compilation de données	Cayes
15/03/15	Dimanche		• Compilation de données • Repos	Cayes
16/03/15	Lundi	8h30	• Rencontre Commune Camp Perrin • Visite prise périmètre Avezac • Visite site protection berges Ravine du Sud - PMDN-2 • Visite site traitement de ravines Ravine du Sud - PMDN-2	Cayes
17/03/15	Mardi	8h00	• Rencontre Mairie des Cayes • Visite site traitement ravines amont Ravine du Sud-PMDN-1	Cayes
18/03/15	Mercredi	8h00 18h00	• Rencontre Commune Chantal • Rencontre Commune d'Arniquet • Visite site protection berges aval Acul Dubreuil-PMDN-2 / Ville Chantal et Arniquet / Périmètre de Dubreuil (prise) • Comité Départemental de Gestion des Risques et des Désastres du Sud (CDGRD Sud) - Fonfrède	Cayes
19/03/15	Jeudi	8h00 11h00 12h00 14h00	• Rencontre Dir. Dép. Environnement, Cayes • Rencontre ORE, Camp Perrin • Rencontre CIAT – Sud, Camp Perrin • Visite de Saut-Mathurine et de la centrale électrique	Cayes
20/03/15	Vendredi	8h30 13h00 14h30	• Transport Cayes – PAP • Rencontre avec CNIGS • Rencontre au bureau AECOM – Aspects logistiques	PAP
21/03/15	Samedi	8h00	• Transport PAP – Pont-Sondé, Artibonite	Montrouis

			• Visite de sites protection de berges – PMDN-2	
22/03/15	Dimanche		• Compilation de données • Repos	Montrouis
23/03/15	Lundi	8h00 14h00 15h00	• Transport Montrouis - Gonaïves • Rencontre Dir. Dép. Environnement, Gonaïves • Transport Gonaïves - Cap-Haïtien	Cap-Haïtien
24/03/15	Mardi	9h00 10h00 11h00 12h00 14h00	• Rencontre avec Antenne PMDN/MARNDR - Nord, Cap-Haïtien • Rencontre avec Dir. Dép. Agr., Cap-Haïtien • Rencontre avec Dir. Dép. Env., Cap-Haïtien • Rencontre avec le projet AVANSÉ, Cap-Haïtien • Rencontre Commune GRN • Visite site protection riveraine – PMDN-2 • Visite site traitements de ravines (Bahon) – PMDN-1	Cap-Haïtien
25/03/15	Mercredi	8h30 11h00 19h00	• Rencontre Commune Quartier Morin • Visite site protection riveraine -PMDN-2 • Rencontre Commune Limonade • Visite site protection riveraine -PMDN-2 • Rencontre CIAT, Cap-Haïtien	Cap-Haïtien
26/03/15	Jeudi	8h00 10h00	• Transport Cap-Haïtien – St-Raphaël • Rencontre commune St-Raphaël • Visite sites traitements de ravines – PMDN-2 • Visite sites protection riveraine PMDN-2 / Périmètre irrigué Saint Raphaël	St-Raphaël
27/03/15	Vendredi	9h00 12h00	• Rencontre commune St-Michel de l'Attalaye • Visite sites de traitement de ravines – PMDN-2 pour routes St-Raphaël – St-Michel, route St Michel – Ennery • Transport St-Michel – Montrouis	St-Michel de l'Attalaye
28/03/15	Samedi		• Compilation de données	Montrouis
29/03/15	Dimanche		• Repos • Transport Montrouis – PAP	PAP
30/03/15	Lundi	8h00	• Rencontre CNIGS • Compilation de données	PAP
31/03/15	Mardi	8h00	• Préparation du débriefing	PAP
01/04/15	Mercredi	9h00 15h20	• Debriefing de la mission à UE/PMDN/MARNDR, Damien • Départ de PAP pour Montréal (Canada)	

Annexe 7
Liste des parties prenantes rencontrées

Annexe 7 : Liste des parties prenantes rencontrées

Date	Lieu	Personnes	Structures
11 mars 2015 Mercredi	Port-au-Prince	Marie Glamanine O. SAINRIUS, Topographe - SIG	CNIGS
12 mars 2015 Jeudi	Cayes	Ronald Louissaint, Agent de Liaison	PMDN-Sud
		Débalio Jean Jacques, Directeur	Direction Départementale de l'Agriculture-Sud
	Maniche	Jean Luc Tolivio Durand, Maire	Mairie de Maniche
		Labossière Chélied, CASEC	1ère section communale - Maniche
		Joseph Fritzner, Membre	Comité Central de Gestion du BV de Cavaillon
		Niko François Hilaire, Coordonnateur terrain, infrastructures	PMDN- Maniche
		Silas Milord, Ing. superviseur des travaux	PMDN- Maniche
13 mars 2015 Vendredi	Cavaillon	Yves Delvas, Maire	Mairie de Cavaillon
		Bertrand Bausseau, CASEC	3ème section Gros Marin
		Lindor Thomas Izema, CASEC	5ème section Laroque
		Registre Milo, CASEC	5ème section Laroque
		Lévi Andry, CASEC	4ème section Mare Henry
16 mars 2015 Lundi	Camp Perrin	Vital Indry, Maire	Mairie de Camp Perrin
		Saint-Armand Daguillard, Maire-adjoint	Mairie de Camp Perrin
		Pierre Aimé Marseille, CASEC	2ème section Champlois
		Joseph Epsilon, ASEC	2ème section Champlois
		Véronique Succeron, ASEC	2ème section Champlois
		Clarrice Ceus Louise Sémicil, ASEC	2ème section Champlois
		Fidèle Marc Enock, CASEC	2ème section Champlois
		Bénéus Itzer, ASEC	2ème section Champlois
		Rodney Jean Ritfelt, ASEC	2ème section Champlois
		Colas Flévenay, ASEC	2ème section Champlois
		Pierre Irguens, Technicien en agronomie	Comité Bassin versant 2ème section Champlois

Date	Lieu	Personnes	Structures
17 mars 2015 Mardi	Cayes	Gilet Jean Rigobert, Directeur Général	Mairie de Cayes
18 mars 2015 Mercredi	Chantal	Ernest Olvel Argant, Maire	Mairie de Chantal
	Cayes	Guerline Denis, Maire Adjoint	Mairie d'Arniquet
	Fonfrède	Watson Montisino Clédanor, Coordonnateur technique	Comité Départemental de Gestion des Risques et des Désastres du Sud (CDGRD Sud)
19 mars 2015 jeudi	Cayes	Jean Ked Neptune, Coordonnateur des projets PNUD Edes Charles Philippe, Assistant technique	Direction Départementale de l'Environnement - Sud
	Camp Perrin	Mousson Pierre Finnigan, Directrice	ORE
		Serge Pierre-Louis, Coordonnateur régional	CIAT - Sud
	Saut Mathurine	Salomon Salnave, Exploitant de la centrale électrique	Électricité De Haïti (EDH)
20 mars 2015 vendredi	Port-au-Prince	Marie Glamanine O. SAINRIUS, Topographe - SIG	CNIGS
23 mars 2015 lundi	Gonaïves	Accéus Manus, Directeur	Direction Départementale de l'Environnement- Artibonite
24 mars 2015 mardi	Cap-Haïtien	Lebel Bastien, Chef d'Antenne	PMDN-Nord
		Nanncie A. Moïse, Agent de Liaison	PMDN-Nord
		Karl Geessy, Responsable suivi-évaluation Nord-Est	PMDN-Nord
		Micheline E. Pérard, Responsable suivi-évaluation Nord	PMDN-Nord
		Hébert Le Nicolas, Directeur	Direction Départementale de l'Agriculture-Nord
		Emmanuel Jean Robert	Direction Départementale de l'Environnement-Nord
		Macorel Saint-Élien, Responsable technique	Projet AVANSÉ
	Grande Rivière du Nord	Sémot Smarth, Maire Adjoint Alouidor Willy, Maire Adjoint Jean Alfred, Secrétaire Général Jean François Lycuis, CASEC Alizé Sténio, CASEC	Mairie GRN Mairie GRN Mairie GRN 1ère Section 6ème Section Cormiers

Date	Lieu	Personnes	Structures
		Desamour Deran, CASEC Philistin Emmanuel, CASEC Deshommes Weslly, Responsable BAC Phenol Lamothe, Coordonnateur terrain	2ème Section Salon 3ème Section MARNDR PMDN
25 mars 2015 mercredi	Quartier Morin	Gode-Froy Belony, Maire	Mairie Quartier Morin
		Alande Deshommes, Directeur Général	Mairie Quartier Morin
		Jean Philippe Charles, Ingénieur municipal	Mairie Quartier Morin
		Gérard Louis, Responsable BAC	MARNDR
		Mimose Saint-Fleur, Technicien urbanisme	Trou du Nord
		André Dolce, Responsable	MOPAM-Clérisse
	Limonade	Bertrand Bathuel, maire adjoint	Mairie de Limonade
		Edmond Vanel, responsable BAC	MARNDR
		Calixte Pierre Paul, responsable adj. BAC	MARNDR
		Gérôme Romain, responsable technique	Mairie de Limonade
		Isaac Vilbrun, CASEC	1ère section Basse Plaine
		Pierre Anius, CASEC	2ème section Bois de Lance
	Cap-Haïtien	Marc Raynal, Conseiller Technique	Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT)
26 mars 2015 jeudi	St-Raphaël	Robinard Robintz, Maire	Mairie de St-Raphaël
		Altéon Aerol, Maire adjoint	Mairie de St-Raphaël
		Joseph Damus, CASEC	4ème section San Yago
		Jean Andredon, CASEC	4ème section San Yago
		Antoine Félix, ASEC	3ème section Bouyaha
		Chiffra Nicolas, CASEC	2ème section Mathurin
		Bell Mosnique, ASEC	3ème section Bouyaha
		St-Hilaire Delano, CASEC	1ère section Bois Neuf
		Germéus Fesnol, ASEC	3ème section Bouyaha
		Jourdain Jeanet, ASEC	3ème section Bouyaha
		Supreme Bazelais, technicien agronome	BAC-MARNDR

Date	Lieu	Personnes	Structures
		Jean M. Leon, technicien agronome	BAC-MARNDR
		Dausmond Elysiaste, CASEC	2ème section Mathurin
		Couloute Pierre, ASEC	2ème section Mathurin
27 mars 2015 vendredi	St-Michel de l'Attalaye	Fils Aimé Guerdy, Responsable	PMDN - Pont-Sondé, Artibonite
		Pierre Marie Basquiat, Agronome	MARNDR
		Jean Claude Pérard, Directeur Général	Mairie Saint-Michel de l'Attalaye
		Darius Édouard, Maire Adjoint	Mairie Saint-Michel de l'Attalaye
		Difficile Philippe, Ingénieur municipal	Mairie Saint-Michel de l'Attalaye
		Julme Jean Gary, Responsable BAC	MARNDR
		Jean Baptiste P. Selmot, Agent BAC	MARNDR
		Érold Saint-Pierre, Ingénieur départemental	DDA-Artibonite, MARNDR
		Accéus Manus, Directeur	DDE-Artibonite, ME
		Joseph Ucelin, Agent d'environnement- BEC	ME
		Cassenard Larousse, Coordonnateur Adjoint	Direction Départementale Protection Civile
		Altidor Saintilmon, Responsable	MOPSL
		Joseph Wilin, Responsable	RALDEL
		Alexis Emmanuel, Responsable	AGSA
30 mars 2015 Lundi	Port-au-Prince	Marie Glamanine O. SAINRIUS, Topographe - SIG	CNIGS

Annexe 8
Coordonnées approximatives des sites potentiels d’implantation d’ouvrages de traitement de ravines

ANNEXE 8 : Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de traitement de ravines

Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de traitement de ravines sur le sous-bassin GRN-6, BV de Grande Rivière du Nord

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	802 948	2 158 688
2	800 162	2 161 846
3	800 078	2 160 295
4	798 711	2 159 892
5	797 536	2 159 758
6	797 148	2 158 904
7	797 199	2 158 799
8	800 548	2 164 039
9	800 163	2 158 917
10	801 485	2 157 251
11	799 260	2 161 946
12	802 768	2 158 616
13	802 662	2 158 501
14	802 713	2 158 558
15	802 865	2 158 664
16	801 368	2 157 067
17	801 452	2 157 186
18	801 416	2 157 109
19	800 174	2 159 001
20	800 215	2 159 123
21	800 183	2 159 077
22	800 012	2 160 372
23	799 958	2 160 435
24	798 896	2 159 872
25	799 884	2 160 405
26	798 976	2 159 917
27	798 797	2 159 850
28	797 665	2 159 717
29	797 620	2 159 786
30	797 724	2 159 735
31	797 120	2 158 776
32	797 132	2 158 688
33	797 098	2 158 874
34	797 101	2 158 616
35	796 963	2 158 843
36	799 120	2 162 108
37	797 039	2 158 867
38	799 184	2 162 021
39	799 072	2 162 180
40	800 043	2 161 775
41	799 988	2 161 765
42	800 112	2 161 800
43	801 371	2 157 001
44	800 279	2 159 168
45	799 788	2 160 376
46	799 331	2 161 908
47	800 388	2 162 869

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	800 856	2 159 891
2	800 659	2 161 823
3	800 624	2 162 815
4	798 882	2 164 064
5	799 117	2 164 917
6	800 812	2 163 731
7	799 145	2 157 423
8	797 916	2 160 086
9	799 860	2 155 831
10	799 673	2 157 134
11	799 755	2 157 050
12	800 421	2 161 503
13	801 919	2 157 754
14	801 930	2 157 869
15	802 055	2 159 486
16	801 459	2 157 653
17	801 757	2 160 530
18	799 837	2 155 752
19	798 933	2 158 446
20	800 606	2 158 654
21	800 238	2 161 008
22	800 621	2 162 581
23	803 635	2 160 303
24	803 412	2 160 282
25	800 357	2 162 415
26	799 294	2 163 720
27	799 239	2 163 851
28	799 422	2 164 202

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
48	799 967	2 161 682
49	797 795	2 159 793
50	800 463	2 158 612
51	800 395	2 158 528
52	800 363	2 158 442
53	800 303	2 158 378
54	800 551	2 158 657
55	800 991	2 158 215
56	801 053	2 158 152
57	801 141	2 158 194
58	801 206	2 158 225
59	802 844	2 159 803
60	800 969	2 158 288
61	802 844	2 159 866
62	802 842	2 159 890
63	802 847	2 159 914
64	800 953	2 159 588
65	800 870	2 159 516
66	801 048	2 159 615
67	801 102	2 159 539
68	801 175	2 159 515
69	800 613	2 157 945
70	800 568	2 157 933
71	800 540	2 157 913
72	800 509	2 157 893
73	800 513	2 160 606
74	800 643	2 157 958
75	800 585	2 160 650
76	802 846	2 159 837
77	800 819	2 160 681
78	800 731	2 160 644
79	800 647	2 160 667

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y

Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de protection sur le sous-bassin CAV-17, BV de Cavaillon

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	643 609	2 032 290
2	642 431	2 033 328
3	642 511	2 033 351
4	643 467	2 032 699
5	643 420	2 032 794
6	643 365	2 032 877
7	643 702	2 032 344
8	643 772	2 032 422
9	643 778	2 032 515
10	644 928	2 033 714
11	644 999	2 033 763
12	643 542	2 032 658
13	645 097	2 033 787
14	644 850	2 033 813
15	644 773	2 033 884
16	644 682	2 033 926
17	643 970	2 034 407
18	644 071	2 034 394
19	644 163	2 034 343
20	643 811	2 034 832
21	643 814	2 034 911
22	643 820	2 035 042
23	642 277	2 033 314
24	646 771	2 034 107
25	646 906	2 034 137
26	646 972	2 034 220
27	645 530	2 033 651
28	645 557	2 033 684
29	645 610	2 033 702
30	645 667	2 033 710
31	645 652	2 033 769
32	647 024	2 034 230
33	645 159	2 033 715
34	644 794	2 033 726
35	644 659	2 033 975
36	643 836	2 035 140
37	642 584	2 033 346
38	643 328	2 032 920
39	643 748	2 032 576
40	643 927	2 034 455
41	643 790	2 034 726
42	646 857	2 034 095
43	644 839	2 033 699
44	642 343	2 033 313

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	642 305	2 033 369
2	642 685	2 035 144
3	642 219	2 034 906
4	641 788	2 035 076
5	642 994	2 035 212
6	644 054	2 034 439
7	644 195	2 034 289
8	646 219	2 033 879
9	645 245	2 034 222
10	645 717	2 032 932
11	646 971	2 034 271
12	642 667	2 033 450
13	647 224	2 034 357
14	647 611	2 034 293
15	646 175	2 034 448
16	646 171	2 033 873
17	649 067	2 034 457
18	648 518	2 034 266
19	648 138	2 034 385
20	649 063	2 034 355
21	646 885	2 032 585
22	646 887	2 032 039
23	643 107	2 033 185
24	642 755	2 033 393
25	644 909	2 032 774
26	643 190	2 035 174
27	642 887	2 035 227
28	643 315	2 034 946
29	643 373	2 034 999

Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de protection sur le sous-bassin RDS-2, BV de Ravine du Sud

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	613 837	2 027 717
2	613 849	2 027 662
3	615 775	2 027 690
4	617 783	2 027 510
5	617 746	2 027 874
6	618 231	2 027 788
7	616 385	2 028 306
8	618 205	2 027 990
9	617 973	2 028 223
10	618 021	2 029 150
11	618 816	2 026 345
12	617 166	2 026 543
13	617 146	2 026 420
14	617 356	2 026 407
15	617 268	2 026 371
16	618 723	2 026 327
17	617 191	2 026 454
18	617 431	2 026 451
19	618 883	2 026 538
20	618 299	2 027 678
21	618 879	2 026 445
22	618 119	2 027 800
23	618 198	2 027 748
24	618 049	2 027 853
25	618 091	2 027 732
26	617 916	2 027 638
27	618 021	2 027 669
28	617 961	2 027 815
29	617 861	2 027 558
30	617 809	2 027 884
31	617 890	2 027 890
32	618 256	2 027 869
33	618 230	2 027 931
34	618 171	2 027 990
35	618 074	2 028 056
36	617 982	2 028 098
37	615 906	2 027 582
38	615 854	2 027 656
39	615 983	2 027 561
40	616 452	2 028 268
41	618 096	2 028 005
42	616 522	2 028 274
43	618 011	2 029 063
44	618 019	2 028 959
45	613 934	2 027 687
46	614 150	2 027 770
47	614 053	2 027 727
48	613 819	2 027 596
49	618 018	2 028 911
50	616 600	2 028 274
51	613 802	2 027 544
52	618 658	2 026 276
53	617 500	2 026 360
54	617 070	2 026 465

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	613 578	2 027 886
2	617 260	2 028 780
3	615 312	2 028 028
4	614 923	2 028 003
5	614 392	2 027 937
6	614 140	2 027 789
7	612 987	2 028 108
8	612 780	2 028 173
9	612 733	2 028 229
10	612 642	2 028 290
11	612 461	2 028 394
12	613 397	2 028 000
13	612 160	2 028 646
14	612 012	2 028 712
15	612 260	2 028 506
16	613 166	2 027 978
17	616 364	2 026 378
18	613 602	2 027 393
19	614 724	2 027 982
20	615 061	2 028 037
21	616 101	2 027 409
22	616 282	2 028 318
23	618 252	2 027 891
24	613 525	2 027 424
25	613 390	2 027 461
26	613 464	2 027 498
27	614 766	2 027 916
28	614 857	2 027 914
29	618 706	2 026 276
30	616 364	2 026 346

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
55	616 983	2 026 501
56	616 914	2 026 467
57	616 892	2 026 400
58	618 019	2 029 249
59	613 767	2 027 515
60	614 262	2 027 846
61	616 077	2 027 477
62	617 931	2 028 252
63	617 872	2 028 281
64	616 685	2 028 290
65	617 839	2 028 312

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y

Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de protection sur le sous-bassin ARR-5, Saint-Raphaël

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	791 353	2 155 760
2	793 629	2 154 290
3	793 927	2 155 603
4	794 037	2 155 588
5	794 131	2 155 549
6	793 252	2 155 682
7	793 160	2 155 726
8	793 053	2 155 773
9	792 946	2 155 711
10	793 204	2 157 065
11	793 200	2 157 108
12	793 219	2 157 147
13	793 541	2 154 313
14	793 236	2 157 183
15	793 439	2 154 298
16	793 351	2 154 324
17	794 836	2 156 863
18	794 675	2 156 778
19	794 752	2 156 824
20	794 568	2 156 681
21	793 917	2 155 511
22	793 234	2 154 341
23	793 889	2 155 433
24	794 516	2 156 596
25	793 426	2 155 694
26	793 258	2 157 237
27	791 294	2 155 833
28	791 234	2 155 809
29	791 177	2 155 827
30	791 124	2 155 857

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	793 499	2 158 050
2	795 168	2 157 395
3	794 939	2 157 083
4	795 028	2 157 000
5	794 715	2 156 763
6	794 853	2 156 864
7	794 549	2 156 571
8	792 418	2 156 904
9	792 620	2 156 759
10	789 766	2 156 169
11	789 888	2 155 941
12	793 557	2 157 836
13	790 161	2 155 495
14	790 341	2 155 150
15	790 447	2 155 132
16	790 640	2 155 476
17	791 397	2 155 627
18	791 645	2 155 851
19	792 340	2 155 865
20	791 904	2 155 992
21	792 067	2 155 919
22	792 188	2 155 934
23	792 656	2 155 742
24	792 790	2 157 700
25	793 050	2 155 440
26	793 208	2 154 983
27	794 044	2 154 649
28	793 234	2 154 036
29	793 820	2 154 159
30	794 614	2 155 412
31	794 624	2 155 505
32	792 228	2 154 519
33	791 734	2 154 541
34	791 968	2 154 433
35	792 413	2 157 602
36	793 970	2 156 612
37	794 504	2 156 693
38	795 402	2 157 316
39	795 298	2 157 223
40	795 269	2 157 627

Coordonnées approximatives des sites potentiels d'implantation d'ouvrages de protection sur le sous-bassin ARM-15, Saint-Michel de l'Attalaye

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	778 549	2 145 872
2	782 459	2 154 142
3	777 997	2 149 029
4	777 918	2 149 025
5	777 901	2 149 062
6	776 761	2 151 072
7	777 024	2 152 487
8	780 565	2 153 909
9	775 738	2 153 679
10	777 059	2 152 650
11	777 941	2 154 028
12	777 846	2 154 395
13	778 262	2 156 722
14	778 583	2 154 769
15	777 849	2 147 170
16	780 557	2 154 132
17	780 543	2 154 070
18	780 532	2 154 008
19	778 442	2 154 496
20	778 461	2 154 592
21	778 504	2 154 678
22	778 566	2 145 778
23	778 566	2 145 683
24	778 557	2 145 646
25	778 698	2 146 512
26	778 023	2 148 914
27	778 676	2 146 423
28	778 612	2 146 507
29	777 813	2 147 075
30	777 830	2 146 981
31	777 890	2 146 882
32	778 264	2 148 023
33	778 159	2 148 074
34	778 355	2 147 951
35	778 757	2 148 966
36	778 674	2 148 938
37	776 742	2 150 112
38	778 613	2 148 874
39	777 876	2 148 882
40	777 824	2 148 937
41	776 701	2 150 014
42	776 777	2 149 949
43	776 877	2 149 882
44	776 699	2 151 013
45	776 679	2 150 935
46	776 616	2 150 880
47	777 082	2 152 438
48	778 687	2 146 655
49	777 128	2 152 374
50	777 195	2 152 362
51	777 033	2 152 762
52	777 011	2 152 847
53	776 969	2 152 894

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
1	776 600	2 151 665
2	779 875	2 147 127
3	780 394	2 154 391
4	777 298	2 152 062
5	778 131	2 152 500
6	778 793	2 148 635
7	781 136	2 151 634
8	777 183	2 152 673
9	778 932	2 155 338
10	779 027	2 155 264
11	782 492	2 154 297
12	779 264	2 147 113
13	779 131	2 147 119
14	777 224	2 152 452
15	777 032	2 152 374
16	776 786	2 152 597
17	777 114	2 152 579
18	776 514	2 152 662
19	776 403	2 152 757
20	776 290	2 152 821
21	776 241	2 152 848
22	776 131	2 152 930
23	776 088	2 153 019
24	776 134	2 153 144
25	776 062	2 153 168
26	775 983	2 153 306
27	775 892	2 153 466
28	775 819	2 153 616
29	775 735	2 153 573
30	775 794	2 153 435
31	775 877	2 153 351
32	776 893	2 153 005
33	777 078	2 152 823
34	776 836	2 153 281
35	776 834	2 153 355
36	776 882	2 153 540
37	776 769	2 153 643
38	776 636	2 153 855
39	777 343	2 152 831
40	777 538	2 153 066
41	777 410	2 153 281
42	777 727	2 153 344
43	777 571	2 153 569
44	777 608	2 155 898
45	778 100	2 156 099
46	778 223	2 155 547
47	778 315	2 155 222
48	778 782	2 154 826
49	780 753	2 155 473
50	782 779	2 154 465
51	782 152	2 153 890
52	782 905	2 153 241

Micro-retenue	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y
54	775 811	2 153 554
55	775 838	2 153 461
56	775 869	2 153 391
57	777 951	2 148 884
58	780 196	2 150 583
59	778 114	2 147 955
60	780 193	2 150 524
61	780 159	2 150 512
62	781 291	2 152 356
63	781 205	2 152 354
64	781 141	2 152 374
65	782 522	2 154 077
66	782 510	2 153 998
67	782 457	2 153 940
68	778 211	2 156 634
69	778 136	2 156 611
70	778 849	2 148 991
71	778 037	2 156 598
72	778 572	2 145 952
73	778 545	2 146 461
74	777 820	2 147 300
75	778 144	2 147 854
76	778 071	2 148 963
77	776 588	2 150 843
78	776 921	2 152 976
79	775 922	2 153 332
80	777 919	2 156 546
81	780 239	2 150 640
82	778 671	2 154 816
83	780 555	2 153 859
84	777 924	2 153 973
85	777 930	2 153 934
86	777 947	2 153 895
87	777 923	2 153 859
88	777 875	2 154 460
89	777 827	2 154 513
90	777 835	2 154 576
91	777 805	2 154 636
92	781 380	2 152 383
93	781 043	2 152 366
94	782 394	2 153 860
95	780 132	2 150 538
96	778 760	2 148 621
97	778 806	2 148 636
98	778 842	2 148 653
99	778 884	2 148 671
100	778 913	2 148 665
101	778 570	2 148 816
102	778 045	2 148 998

Seuil en gabion	Coordonnées (UTM 18N)	
	X	Y

À propos d'AECOM

AECOM est une des plus importantes firmes pleinement intégrées de services professionnels et techniques, capable d'assurer la conception, la construction, le financement et l'exploitation d'infrastructures dans le monde entier pour des clients des secteurs public et privé. L'ensemble des employés de l'entreprise, incluant des architectes, des ingénieurs, des concepteurs, des planificateurs, des scientifiques et des professionnels de la gestion et des services de construction, répondent au besoin de clients dans plus de 150 pays. AECOM est classée au premier rang des entreprises de conception et de génie selon le palmarès annuel de l'industrie du magazine Engineering News-Record, et a été reconnue par le magazine Fortune comme une des entreprises les plus admirées du monde. La société est un leader sur tous les marchés clés qu'elle sert, notamment le transport, le bâtiment, l'environnement, l'énergie, le pétrole et le gaz, les immeubles de grande hauteur, l'eau et les services gouvernementaux. AECOM allie portée mondiale et connaissances locales, innovation et excellence technique afin d'offrir des solutions personnalisées et créatives répondant aux besoins des projets des clients. Classées dans la liste des entreprises du Fortune 500, les sociétés d'AECOM, incluant URS Corporation et le groupe Hunt Construction, ont enregistré des revenus d'environ 19 milliards de dollars pour la période de douze mois se terminant le 30 juin 2015.

Des renseignements supplémentaires sur AECOM et ses services sont disponibles au www.aecom.ca

AECOM
85, rue Sainte-Catherine Ouest
Montréal (Québec) H2X 3P4
Canada
Tél. : 514 287 8500
Téléc. : 514 287 8600
www.aecom.com