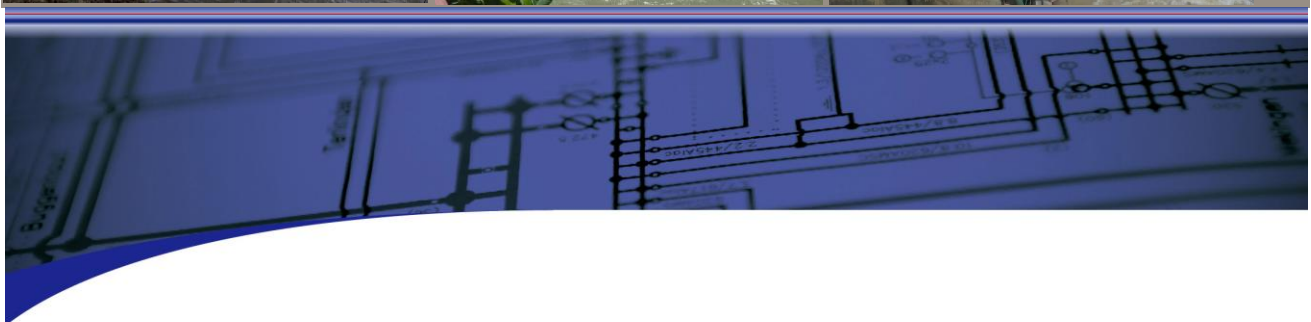


PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DES FILIERES RURALES

Etudes d'instrumentation des barrages
de Péligre et de Canneau



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

27 SEPTEMBER 2013

TRACTEBEL ENGINEERING S.A.

Le Delage – 5, rue du 19 mars 1962 – 92622 Gennevilliers CEDEX - FRANCE

tél. +33 1 41 85 03 69 - fax +33 1 41 85 03 74

engineering-fr@gdfsuez.com

www.tractebel-engineering-gdfsuez.com

Rapport



Nos réf. : P.005966.0001RP01A

Entité : AHE

Imputation: P.005966.0001

| | |
|-----------------|--|
| Client : | Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) |
| Projet : | Programme de développement économique des filières rurales (DEFI) |
| Objet : | Etudes d'instrumentation des barrages de Péligre et de Canneau – Besoin en investissement |
| Résumé : | Rapport provisoire sur les besoins en investissement pour l'instrumentation du barrage de Péligre (divers instruments d'auscultation) et de son bassin-versant amont (limnimètres), pour l'instrumentation du barrage de Canneau (limnimètres) et la rénovation de ses organes hydromécaniques ainsi que pour la mise en place d'un système d'information (outils d'acquisition, transmission et stockage des données). |

| | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 01 | 27/09/2013 | Première édition | Provisoire | Milési / Riffard Rodet / Favreau | C. Noret | G. Milési |
| REV. | JJ/MM/AA | SUJET DE LA REVISION | STAT. | REDACTION | VERIFICATION | APPROBATION |

PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DES FILIERES RURALES (DEFI)

Etudes d'instrumentation des barrages de Péligre et de Canneau – Besoin en investissement

SOMMAIRE

Contenu

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 9 |
| 1.1. Contexte | 9 |
| 1.2. Mission de démarrage en Haïti | 9 |
| 1.3. Contenu du rapport | 10 |
| 1.4. Présentation des barrages | 10 |
| 1.4.1. Barrage de Péligre | 10 |
| 1.4.2. Barrage de Canneau | 11 |
| 2. PROJET D'INSTRUMENTATION | 12 |
| 2.1. Introduction | 12 |
| 2.2. Instrumentation des barrages | 13 |
| 2.2.1. Instrumentation actuelle du barrage de Péligre | 13 |
| 2.2.1.1. Liste des instruments | 13 |
| 2.2.1.2. Clinomètres | 13 |
| 2.2.1.3. Fuites | 14 |
| 2.2.1.4. Drains-piézomètres | 16 |
| 2.2.1.5. Limnimètres | 17 |
| 2.2.2. Instrumentation actuelle du barrage de Canneau | 17 |
| 2.2.3. Proposition d'instrumentation du barrage de Péligre | 19 |
| 2.2.3.1. Liste des nouveaux instruments | 19 |
| 2.2.3.2. Clinosilices | 20 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.2.3.3. | Fuites | 20 |
| 2.2.3.4. | Drains-piézomètres en galerie | 21 |
| 2.2.3.5. | Piézomètres supplémentaires en crête RD | 22 |
| 2.2.3.6. | Accélérographes | 24 |
| 2.2.4. | Proposition d'instrumentation du Barrage de Canneau | 24 |
| 2.3. | Instrumentation du bassin-versant de Péligré | 25 |
| 2.3.1. | Préambule | 25 |
| 2.3.2. | Méthodologie pour la définition de l'instrumentation | 25 |
| 2.3.3. | Le bassin versant de l'Artibonite à l'amont de Péligré | 26 |
| 2.3.4. | Etat des lieux de l'instrumentation | 26 |
| 2.3.5. | Visite du bassin versant et choix des sites à instrumenter | 27 |
| 2.3.5.1. | Jour 1 : Sud du lac de Péligré – Rive gauche de l'Artibonite | 27 |
| 2.3.5.2. | Jour 2 : Bassins de Thomonde et de la Guayamouc | 28 |
| 2.3.5.3. | Jour 3 : Bassin amont de l'Artibonite | 29 |
| 2.3.6. | Choix du type d'instrumentation | 29 |
| 2.3.7. | Synthèse des besoins en investissement pour l'instrumentation du bassin versant de Péligré | 32 |
| 2.4. | Equipements hydromécaniques du barrage de Canneau | 33 |
| 2.4.1. | Description | 33 |
| 2.4.1.1. | Fonction du barrage | 33 |
| 2.4.1.2. | Equipements hydromécaniques | 34 |
| 2.4.1.3. | Alimentation électrique | 40 |
| 2.4.1.4. | Local de commande | 40 |
| 2.4.1.5. | Fonctionnement du barrage – Armoire de commande | 41 |
| 2.4.2. | Constat de visite et points sensibles | 43 |
| 2.4.2.1. | Fonctionnement actuel du barrage | 43 |
| 2.4.2.2. | Etat des matériels et opérations nécessaires | 46 |
| 2.5. | Système d'information | 51 |
| 2.5.1. | Introduction | 51 |
| 2.5.2. | Système d'information sur le bassin versant de l'Artibonite (Ed'H) | 55 |
| 2.5.3. | Système d'information au barrage de Péligré (Ed'H) | 55 |
| 2.5.3.1. | Matériels du système d'information | 56 |
| 2.5.3.2. | LOGICIELS du système d'information | 56 |
| 2.5.4. | Système d'information au dispatching de Delmas (Ed'H) | 57 |
| 2.5.4.1. | Matériels du système d'information | 58 |
| 2.5.4.2. | LOGICIELS du système d'information | 58 |
| 2.5.5. | Système d'information au barrage de Canneau (ODVA) | 59 |
| 2.5.5.1. | Matériels du système d'information | 59 |
| 2.5.5.2. | LOGICIELS du système d'information | 60 |

| | |
|---|----|
| 2.5.6. Système d'information à Pont Sondé (ODVA) | 61 |
| 2.5.6.1. MatérielS du système d'information | 61 |
| 2.5.6.2. LOGICIELS du système d'information | 61 |
| 2.5.7. Système d'information au CIAT | 61 |
| 2.5.7.1. MatérielS du système d'information | 62 |
| 2.5.7.2. LOGICIELS du système d'information | 62 |
| 3. PROGRAMME DE MAINTENANCE | 62 |
| 3.1. Maintenance de l'instrumentation des barrages | 62 |
| 3.2. Maintenance de l'instrumentation du bassin-versant du barrage de Péligre | 63 |
| 3.3. Maintenance du système d'information | 63 |
| 3.4. Maintenance de l'instrumentation des organes hydromécaniques du barrage de Canneau | 63 |
| 4. FORMATION | 64 |
| 4.1. Instrumentation | 64 |
| 4.2. Hydromécanique | 64 |
| 4.3. Système d'information | 64 |
| 4.3.1. LOGICIEL DE SUPERVISION (PÉLIGRE, DISPATCHING) | 64 |
| 4.3.2. LOGICIEL DE SUPERVISION (CANNEAU) | 65 |
| 4.3.3. LOGICIEL D'AIDE A LA GESTION DE CRUES (DISPATCHING) | 65 |
| 4.3.4. LOGICIEL D'EXTRACTION DE DONNEES HISTORIQUES (EDH, ODVA, CIAT) | 65 |
| 4.3.5. MICROSOFT OFFICE (EDH, ODVA, CIAT) | 66 |
| 5. PLANNING | 66 |
| 6. COUT DE L'OPERATION | 67 |
| ANNEXE | 73 |

Liste des Annexes

| | |
|---|--|
| ANNEXE 1 – PLANS DU DISPOSITIF D'AUSCULTATION | |
| ANNEXE 2 – CARTOGRAPHIE DE L'INSTRUMENTATION DU BV DE PÉLIGRE | |
| ANNEXE 3 – SCHEMA PHYSIQUE DU SYSTEME D'INFORMATION | |
| ANNEXE 4 – DETAIL DES COUTS DU SYSTEME D'INFORMATION | |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1.1 – Barrage de Péligré - Coupe type sur évacuateur et puits de fond | 11 |
| Figure 1.2 - Coupe amont-aval du barrage de Canneau actuel..... | 12 |
| Figure 2.1 - Clinomètres avec câble de liaison au poste de lecture..... | 13 |
| Figure 2.2 – Fuite F1 | 14 |
| Figure 2.3 – Fuite F2 | 15 |
| Figure 2.4 – Fuite F4 | 15 |
| Figure 2.5 – Fuite F5 | 16 |
| Figure 2.6 – Drains – piézomètres dans la galerie de pied..... | 16 |
| Figure 2.7 – Limnimètres amont et aval..... | 17 |
| Figure 2.8 - Limnimètres de mesures des niveaux d'eau du barrage | 18 |
| Figure 2.9 - Limnimètres de mesures des niveaux d'eau des canaux..... | 19 |
| Figure 2.10 – Bloc culée RD - Elévation aval..... | 22 |
| Figure 2.11 - Bloc culée rive droite - vue aval-amont..... | 23 |
| Figure 2.12 - Bloc culée rive droite – vue en plan | 23 |
| Figure 2.13 - Tubes d'injection au niveau de l'extrémité RD de la crête..... | 24 |
| Figure 2.14 - Station automatique du réseau PNAP de l'Artibonite sur la rivière Fer à Cheval, à côté de Mirebalais | 30 |
| Figure 2.15 - Limnimètre aval rive gauche du réservoir de Canneau | 31 |
| Figure 2.16 : Schéma technique du massif support pour une potence d'instrumentation hydrométrique | 31 |
| Figure 2.17 - Vue du barrage, du pont routier et du départ du canal RG | 33 |
| Figure 2.18 - Disposition du barrage et départs des canaux avec repérage des différentes vannes | 34 |
| Figure 2.19 - Treuil de vanne du barrage | 35 |
| Figure 2.20 - Vue en coupe du châssis du treuil et treuil | 36 |
| Figure 2.21 - Contact de mou de chaîne activé | 36 |
| Figure 2.22 - Contact de surcharge de chaîne activé..... | 36 |
| Figure 2.23 - Sélecteur de position de la vanne (6 contacts)..... | 37 |
| Figure 2.24 - Capteur de sur-course pour une vanne..... | 37 |
| Figure 2.25 - Centrale hydraulique de commande des clapets de 2 vannes adjacentes | 38 |
| Figure 2.26 - Portique à batardeau et éléments de batardeau | 38 |
| Figure 2.27 - Vue AV de la vanne de prise d'eau pour le canal RG avec son treuil..... | 39 |
| Figure 2.28 - Vue partielle de la vanne de prise d'eau pour le canal RD..... | 39 |
| Figure 2.29 - Vue du poteau du réseau Ed'H de son transformateur et du coffret de distribution | 40 |
| Figure 2.30 - Vue en plan du local de commande..... | 41 |
| Figure 2.31 - Salle de commande | 41 |
| Figure 2.32 - Local technique | 41 |
| Figure 2.33 - Synoptique sur armoire..... | 42 |
| Figure 2.34 - Vue du barrage et du mur déversoir avec ses grilles depuis l'amont RG | 43 |
| Figure 2.35 - Vue prise le 17/09/2013 vers l'amont du barrage et le déversoir dans le canal RG..... | 44 |
| Figure 2.36 - Condamnation en position relevée du clapet de V4 | 45 |
| Figure 2.37 - Vanne de prise d'eau du canal RG et repères pour l'ouverture de la vanne | 45 |
| Figure 2.38 - Treuil n°1 de V2 | 47 |
| Figure 2.39 - Treuil n°2 de V2 | 47 |
| Figure 2.40 - Vue AR du treuil n°1 de V2 | 47 |
| Figure 2.41 - Vue de face du treuil n°2 de V1 | 47 |
| Figure 2.42 - Centrale hydraulique de commande des clapets des vannes V1 et V2 | 50 |
| Figure 2.43 - Modèle conceptuel des échanges de données | 53 |
| Figure 6.1 – Barrage de Péligré - Plan de localisation des mesures de fuites et limnimètres | 76 |
| Figure 6.2 – Barrage de Péligré - Plan de localisation des drains-piézomètres..... | 77 |

| | |
|---|----|
| Figure 6.3 – Barrage de Péligre - Plan de localisation des mesures de fuites et des clinomètres . | 78 |
| Figure 6.4 – Barrage de Péligre - Plan de localisation des drains-piézomètres et des clinomètres | 79 |
| Figure 6.5 – Barrage de Péligre - Plan de localisation des clinomètres | 80 |
| Figure 6.6 – Barrage de Canneau - Plan de localisation des limnimètres (fond de plan LGL-DUMEZ-CMS n°47 419-1 de 1988)..... | 81 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1.1 - Programme de la mission du 15-21 septembre 2013 | 10 |
| Tableau 2.1 - Liste des pièces à changer sur les drains-piézomètres | 21 |
| Tableau 2.2 - Synthèse des besoins en instrumentation limnimétrique du bassin versant de Péligre | 32 |
| Tableau 2.3 - Synthèse des besoins en équipements parallèles au dispositif limnimétrique..... | 33 |
| Tableau 2.4 - Barrage de Canneau - Cotes des différentes organes | 34 |
| Tableau 2.5 - Caractéristiques techniques générales des stations du PNAP | 55 |
| Tableau 6.1 – Montant estimatif du coût de l'instrumentation du barrage de Péligre | 69 |
| Tableau 6.2 – Montant estimatif du coût de l'instrumentation du barrage de Canneau..... | 69 |
| Tableau 6.2 – Montant estimatif du coût du système d'information..... | 70 |
| Tableau 6.3 – Montant estimatif du coût de l'hydromécanique de Canneau | 70 |
| Tableau 6.4 – Montant estimatif du coût de l'instrumentation du BV de Péligre | 71 |

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Ce rapport est établi dans le cadre du contrat pour les « études d'instrumentation des barrages de Péligre et de Canneau » confié par le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) de la République d'Haïti à Tractebel Engineering le 16/09/2013.

Ces études font partie d'un programme plus général de « gestion de l'eau dans le bassin de l'Artibonite » (programme HA-L1087) en cours de montage par la République d'Haïti et la Banque Interaméricaine de Développement (BID).

Elles font suite au rapport « Programme de surveillance et de protection de l'aménagement de Péligre – Contrôle technique et instrumentation des barrages de Péligre et Canneau » établi par Tractebel Engineering en avril 2009.

Ces études se dérouleront en 2 phases distinctes :

- Définition des besoins en investissement (objet du présent rapport) ;
- Etablissement des spécifications techniques en vue de la réalisation de l'opération.

Elles couvrent :

- L'instrumentation du bassin-versant de Péligre (échelles limnimétriques et limnimètres) ;
- L'instrumentation du barrage de Péligre (divers instruments d'auscultation) ;
- L'instrumentation du barrage de Canneau (limnimètres) ;
- La rénovation des organes hydromécaniques du barrage de Canneau ;
- La mise en place d'un système d'information (outils d'acquisition, transmission et stockage des données).

Ces études ont pour objet d'améliorer la connaissance et de mieux maîtriser les crues de l'Artibonite sur laquelle sont situés les 2 barrages, afin de protéger les populations et les biens situés en aval du barrage de Péligre et d'améliorer la production agricole en aval du barrage de Canneau en optimisant la gestion de l'eau.

1.2. Mission de démarrage en Haïti

Les études ont démarré par une mission en Haïti du 16 au 21 septembre 2013 (voir Tableau 1.1). Les attentes du MARNDR et de la BID ont pu être précisées lors du premier jour. Les barrages de Canneau et de Péligre ont ensuite pu être inspectés dans le détail avec l'appui respectivement du personnel de l'ODVA (Organisme de Développement de la Vallée de l'Artibonite) et de l'Ed'H (Electricité d'Haïti). Le bassin-versant de Péligre a également été parcouru afin de définir les emplacements pertinents pour son instrumentation. Une restitution des premières conclusions a été faite le dernier jour auprès du MARNDR et du personnel de l'ODVA et de l'Ed'H.

| Planning de la mission en Haïti du 15 au 21 septembre 2013 | | | | | |
|--|------------|---|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | | Equipe de projet | | | |
| | | J.C. RODET - Exp. HEM | G. MILESI - Chef de Projet | G. FAVREAU - Exp. Telec. Autom. | M. RIFFARD - Ing. Hydrologue |
| Dimanche 15 | Matin | Départ Paris | | | |
| | Après-Midi | Arrivée Port-au-Prince | | | |
| Lundi 16 | Matin | Réunion de démarrage avec le MARNDR à la BID | | | |
| | Après-Midi | Réunion avec Ed'H | | | |
| Mardi 17 | Matin | Réunion travail ODVA à Canneau + Visite Canneau | | | Réunion travail Ed'H à Peligre |
| | Après-Midi | Visite Canneau | | | Visite BV Peligre |
| Mercredi 18 | Matin | Visite Canneau | Visite Peligre | | Visite BV |
| | Après-Midi | Visite Canneau | Visite Peligre | | Visite BV |
| Jeudi 19 | Matin | Travail sur place | Visite BV | | |
| | Après-Midi | Travail sur place | Visite BV | | |
| Vendredi 20 | Matin | Visite Peligre | | | |
| | Après-Midi | Réunion de restitution MARNDR, ODVA, Ed'H | | | |
| Samedi 21 | Matin | Départ Port-au-Prince | | | |
| | Après-Midi | | | | |

Tableau 1.1 - Programme de la mission du 15-21 septembre 2013

Ont participé à cette mission :

- Géraldine Milési, Tractebel Engineering – Chef de Projet, Spécialiste en Auscultation ;
- Marine Riffard, Tractebel Engineering – Spécialiste en Hydrologie ;
- Jean-Claude Rodet, Tractebel Engineering – Spécialiste en Hydro Mécanique ;
- Georges Favreau, Société du Canal de Provence (sous-traitant de Tractebel Engineering), Spécialiste en développement de système d'information.

1.3. Contenu du rapport

Le rapport présente :

- Le bilan des constats effectués lors de la visite ;
- La liste et les lieux d'implantation de l'instrumentation à mettre en place, accompagnée de son coût estimatif et des options recommandées ;
- Les recommandations sur le programme de maintenance ;
- Les recommandations en termes de formation à l'usage de ces instruments ;
- Le planning général d'implantation des équipements.

1.4. Présentation des barrages

1.4.1. Barrage de Peligre

Il s'agit d'un barrage à contreforts haut de 70 m et long de 263 m en crête, totalisant 283 000 m³ de béton construit de 1954 à 1956. Il est situé en amont du barrage de Canneau sur l'Artibonite.

Il est de facture classique et robuste, fondé sur des roches tendres et fracturées (calcaires crayeux et gréseux à léger pendage amont), ayant nécessité la réalisation d'un voile d'injections relativement serré, développé depuis une galerie périmétrale de pied amont. Cette galerie, dont le point bas est à la cote 106,80, a une fonction de contrôle. Elle abrite une série de drains et piézomètres, et doit être maintenue hors d'eau par pompage. Elle a des accès aux cotes 132,50 en rive gauche (contrefort C.4) et 136,50 en rive droite (C 14), et communique par un puits (des pompes) avec la cote 129,00 au pied du contrefort C.8.

La fondation étant marneuse en haut de la rive gauche, le barrage en béton y est relayé par une digue d'extrémité en terre et enrochements.

La fondation calcaire en haut de la rive droite, trouvée assez disloquée à l'ouverture des fouilles, a imposé la réalisation d'une culée poids hypertrophiée et, au-delà, un mur écran moulé dans le sol entre les cotes 143 et 159 environ, qui n'a pas été poursuivi sur les 15 m supérieurs, et est absent de la plupart des plans disponibles. Les fuites par-dessus ce mur sont très sensibles à la cote de la retenue.

L'organisation générale de l'ouvrage prévoyait dès le départ les 3 prises d'eau et la position de la centrale hydroélectrique en bas de la rive droite. Le fond de vallée est occupé par 4 pertuis de fond (il y avait aussi, durant le chantier, 2 autres pertuis provisoires calés plus bas), 3 passes vannées sous la crête, et un bassin à ressaut commun large de 45 m, fond à la cote 112,50, pour la réception des eaux lâchées par tous ces organes hydrauliques.

Le débit de conception du bassin à ressaut est de 1460 m³/s.

Coupe type sur organes hydrauliques :

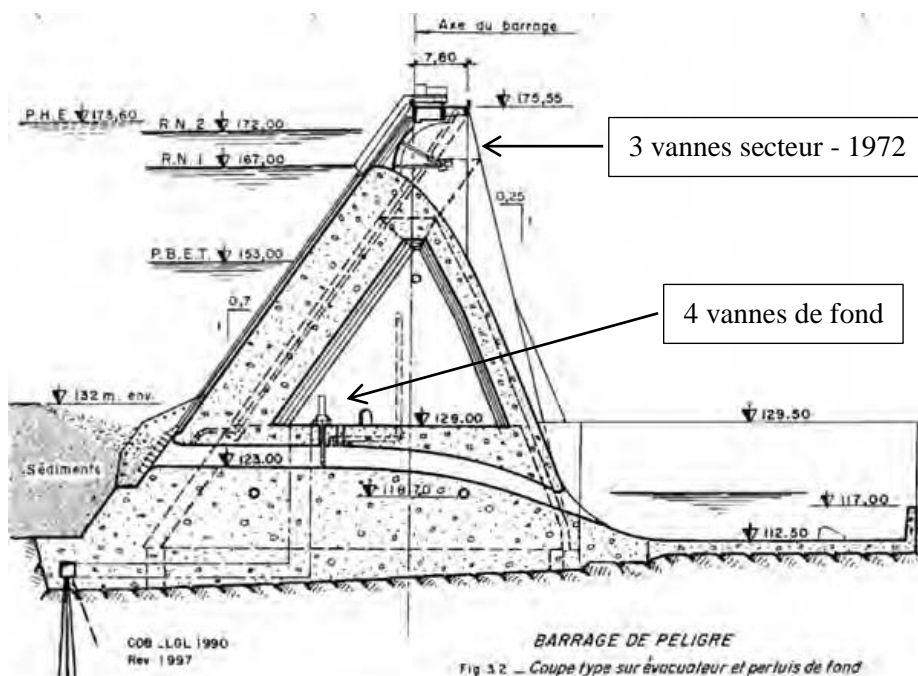


Figure 1.1 – Barrage de Péligre - Coupe type sur évacuateur et pertuis de fond

1.4.2. Barrage de Canneau

Le barrage de Canneau sert à dériver l'eau de l'Artibonite vers les périmètres d'irrigation, au moyen d'une double prise en rive gauche qui alimente :

- Le canal principal rive gauche, pour $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (avec turbinage à la centrale de Drouet) ;
- Le canal rive droite, pour une dizaine de m^3/s , via un aqueduc passant en siphon sous l'Artibonite (dans le seuil du barrage initial, qui était muni d'une vanne secteur unique), puis en dalot sous la route traversant le chenal de l'évacuateur de crues rive droite, implanté dans un ancien méandre.

Le barrage mobile de Canneau d'origine est contemporain du barrage de Péligre. Il a été reconstruit vers la fin des années 1980, à 33 m en aval du seuil et de la vanne unique d'origine, en gardant la même cote de seuil (23,50) mais sous la forme de 4 vannes à clapets larges de 6,20 m et plus hautes (6,77 m au-dessus du seuil).

Le nouveau barrage vanné est suivi d'un premier radier établi à la cote 22, portant 2 lignes de dents, suivi d'un radier calé à la cote 21 sur 17 m de longueur, visant manifestement à rétablir là l'équivalent de l'ancien bassin d'amortissement, qui se termine par un seuil de sortie en forme de tremplin à la cote 22,20, suivi d'un tapis en gabions à la cote 22 long de 10 m, assurant la transition avec le fond du lit naturel. Ce dernier tapis a disparu, puisqu'on trouve maintenant le fond vers la cote 19,70 sur une trentaine de m de longueur au-delà du dernier seuil en béton.

Il est réputé passer $500 \text{ m}^3/\text{s}$ au maximum dans le lit mineur, les débits de très fortes crues (+ $540 \text{ m}^3/\text{s}$ en conditions nominales extrêmes) devant passer aussi sur un évacuateur aménagé en rive droite dans l'ancien lit du fleuve (seuil long de 170 m à la cote 30,30). La cote amont en conditions extrêmes serait de 32 (pour $1\,100 \text{ m}^3/\text{s}$ d'apport, dont 60 dérivés).

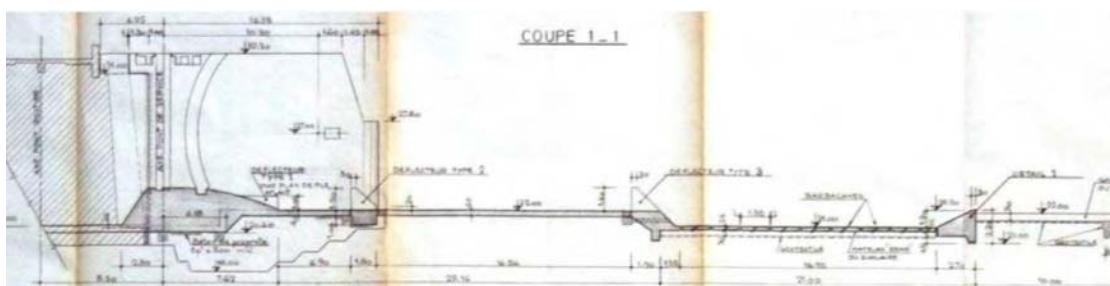


Figure 1.2 - Coupe amont-aval du barrage de Canneau actuel

2. PROJET D'INSTRUMENTATION

2.1. Introduction

Les principes des travaux de réhabilitation des instruments existants ou de mise en place d'une instrumentation additionnelle avaient déjà été délimités dans le cadre du diagnostic de la mission TEF/LGL de 2009.

Lors de la mission sur site, il a été réalisé :

- Une collecte d'informations sur les instruments existants ou en devenir sur les deux barrages et sur le bassin-versant de Péligre ;
- Un repérage et un diagnostic de l'instrumentation existante : emplacement, état de fonctionnement, pertinence, etc ;

- Une identification des nouveaux points de mesure à mettre en place sur les barrages et sur divers affluents en amont de la retenue de Péligre.

Une réflexion a été menée, en collaboration avec les personnels des deux barrages, sur le besoin en automatisation des mesures, sur la nécessité d'une télétransmission ainsi que sur les moyens et la capacité du personnel à entretenir les équipements.

2.2. Instrumentation des barrages

2.2.1. Instrumentation actuelle du barrage de Péligre

2.2.1.1. LISTE DES INSTRUMENTS

Le barrage de Péligre est équipé du dispositif d'auscultation suivant (voir plans en annexe) :

- Pour le contrôle des déplacements de l'ouvrage (mesure de l'amplitude du déplacement du barrage dans le sens amont-aval lorsque le niveau du lac varie) : 6 clinomètres ;
- Pour le contrôle des fuites à travers l'ouvrage et sa fondation : 5 points mesures ;
- Pour le contrôle des sous-pressions : 44 drains-piézomètres en galerie de pied amont équipés de vannes et manomètres ;
- Pour la mesure des niveaux d'eau : 1 limnimètre amont et un limnimètre en pied aval.

2.2.1.2. CLINOMETRES

Sur les 6 clinomètres installés en 1990 (contreforts 5, 7 (x2), 8, 11 et 13), 2 clinomètres ont été inspectés :

- Le clinomètre au sol en RG du contrefort 13 (Clino n°6) ;
- Le clinomètre mural du contrefort 11 (Clino n°5).

Les boîtes de protection sont toujours en bon état et bien fermées. Les câbles sont également en bon état, aucunes traces de coupure ou d'écrasement n'ont été décelées. La tête de connexion au poste de lecture a été trouvée en très bon état sur le Clino n°6 et légèrement oxydée sur le Clino n°5. Il est supposé que les capteurs sont toujours fonctionnels mais ceci n'a pu être vérifié le poste de lecture des mesures des clinosilices n'étant plus disponible.



Figure 2.1 - Clinomètres avec câble de liaison au poste de lecture

2.2.1.3. FUITES

Les 5 points de mesures des fuites (F1 à F5) ont été repérés sur site :

- F1 en rive gauche au pied du contrefort n°2 (en dessous du débouché du drain aval du remblai d'extrémité) ;
- F2 du canal périphérique amont longeant l'usine, qui collecte de nombreuses barbacanes issues du bas de la rive droite en aval du pied du C13. Deux sources de venue d'eau principale sont visibles (points A et B). Une échelle limnimétrique a été mise en place récemment en amont du canal pour mesurer la lame d'eau induite par ces fuites. Plus en aval, le canal récolte également les eaux de pluie en provenance du toit de l'usine ainsi que des eaux de pompage. La mesure à l'exutoire du canal ne peut donc se faire que par temps sec et lorsqu'il n'est pas rejeté des eaux de pompage dans le chenal ;
- Un écoulement identifié comme F3 au coin rive droite du contrefort C12. Cet écoulement n'a pu être identifié sur site lors de la mission (non visible en raison de la lame d'eau résiduelle entre les contreforts ?).
- F4 en haut de la rive droite, au pied de la culée. Cette fuite pouvait se mesurer plus bas, à la sortie d'un tuyau mis en place à cet effet mais elle est actuellement mesurée plus haut car ce tuyau est fuyard ;
- F5 dans le rameau d'extrémité rive droite de la galerie de contrôle. Son exutoire a récemment été aménagé afin d'être collectée et sortie vers l'aval du barrage au niveau du couloir d'accès contre le contrefort C14 (par le passé ces eaux filaient plus bas en galerie, pour ensuite être extraite par pompage).



Figure 2.2 – Fuite F1

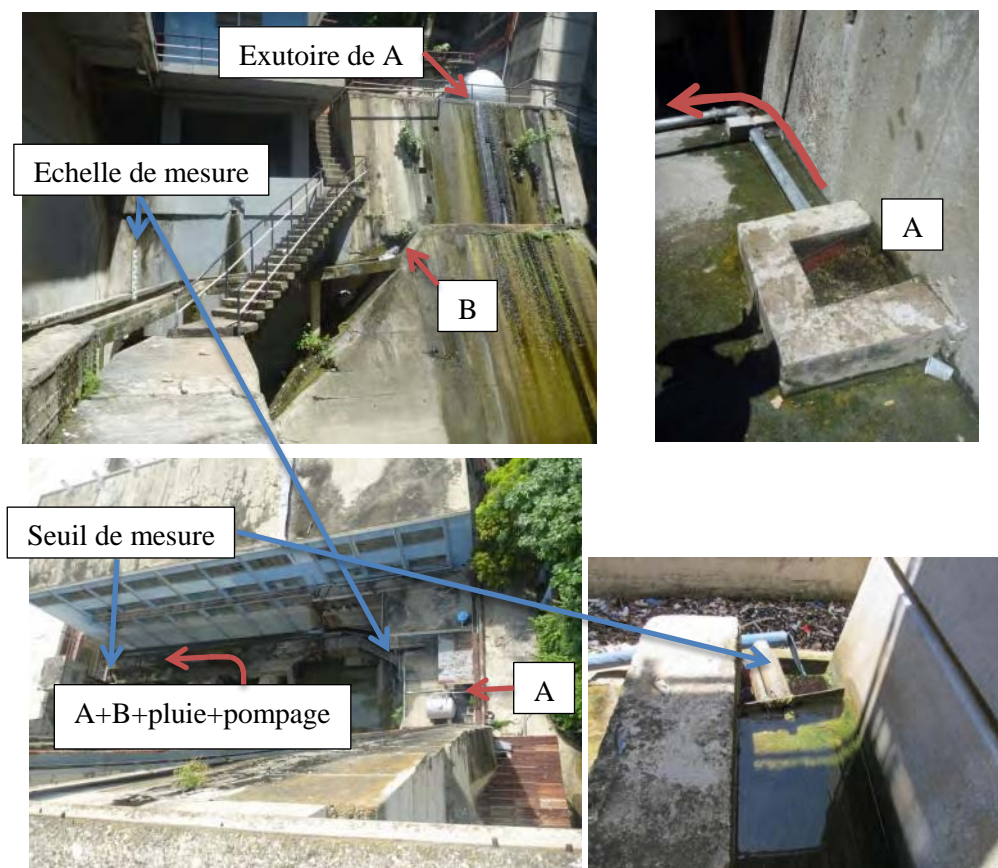


Figure 2.3 – Fuite F2

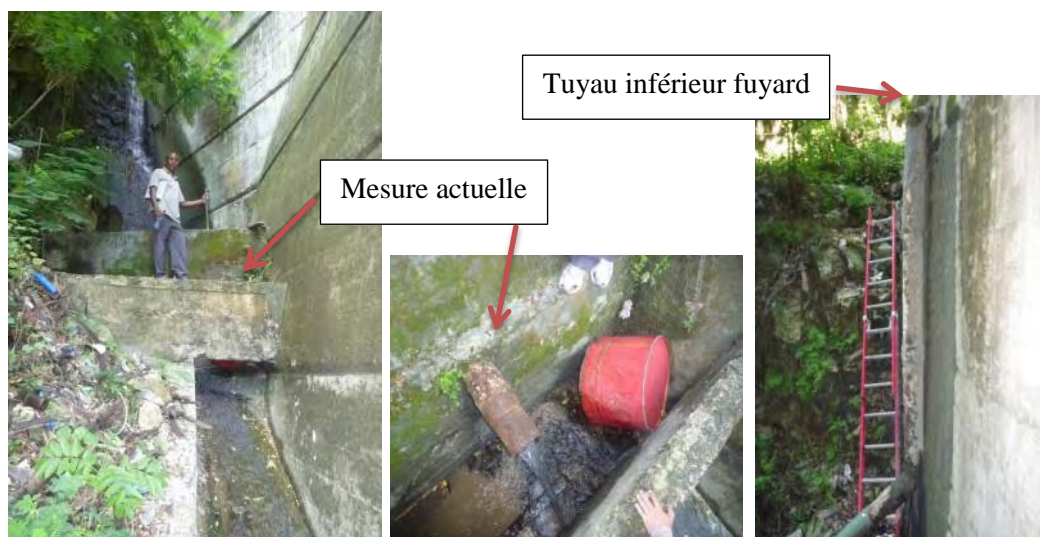


Figure 2.4 – Fuite F4



Figure 2.5 – Fuite F5

2.2.1.4. DRAINS-PIEZOMETRES

Le barrage de Péligre comporte 2 trous de contrôle par plot et quelques autres sous les têtes les plus massives. Les trous courants sont subverticaux et situés dans la galerie de pied (38 piézomètres). Les trous supplémentaires sont éloignés en aval de la galerie (+8 à 12 m) et raccordés à celle-ci par une tubulure horizontale (6 piézomètres).

Chaque tête était à l'origine équipée d'un manomètre et d'une vanne 3'' (76 mm), puis de tubulures noyées dans le radier et débouchant dans le caniveau de la galerie de pied. L'emplacement des têtes se retrouve à peu de chose près sur le plan n°PD-34 (voir annexe).

Seules les têtes positionnées dans les extrémités rive gauche et rive droite de la galerie ont pu être examinées. En effet, la pompe servant à évacuer les eaux de la galerie était en panne lors de notre mission et ce depuis 1 mois. La galerie en partie basse était donc noyée. Les têtes examinées présentent des manomètres hors d'usage, voire absents. Il en est de même des vannes. Une revue détaillée de chacun des piézomètres avait été effectuée en 1989 (voir rapport COB-LGL de nov. 1989 pour plus de détails). Les constats effectués à l'époque, concluant à une majorité d'appareils hors service, restent valables.



Figure 2.6 – Drains – piézomètres dans la galerie de pied

2.2.1.5. LIMNIMETRES

Le barrage est équipé de 2 limnimètres :

Un limnimètre amont ou plutôt d'un jeu de 2 échelles limnimétriques équipées de flotteurs (l'une pour la lecture des m, l'autre pour la lecture des cm). Il est installé dans une petite tour prévue à cet effet. La télétransmission de la mesure ne fonctionne plus.

Un limnimètre aval en rive droite du bassin de l'évacuateur. Ce limnimètre ne fonctionne plus de longue date. Son capot de protection a été ouvert lors de la mission et il a pu être constaté qu'il était en mauvais état et qu'il n'y avait plus de câble.



Figure 2.7 – Limnimètres amont et aval

2.2.2. Instrumentation actuelle du barrage de Canneau

Le barrage de Canneau est équipé de 8 limnimètres + 2 échelles limnimétriques (voir plan en annexe) :

- 1 limnimètre en amont du barrage en rive droite ;
- 1 limnimètre en amont du barrage en rive gauche (extrémité du garde-corps) ;
- 1 limnimètre en aval du barrage en rive droite assez mal situé puisque placé dans l'écoulement assez tumultueux dans cette zone ;
- 1 limnimètre plus en aval du barrage, à l'extrémité rive gauche de la berge, installé récemment dans le cadre du Plan National d'Alerte Précoce (PNAP) ;
- 1 limnimètre en amont de la vanne du canal rive gauche ;
- 1 limnimètre en aval de la vanne du canal rive gauche (sur la berge RD) ;
- 1 limnimètre en amont de la vanne du canal rive droite ;

- 1 limnimètre en aval de la vanne du canal rive droite signalé dans la documentation et sur le tableau de bord du poste de commande mais qui n'a pas été vu sur site ;
- 1 échelle limnimétrique horizontale en amont du barrage en rive droite relayée lors des crues par 1 échelle limnimétrique verticale située à proximité.



Figure 2.8 - Limnimètres de mesures des niveaux d'eau du barrage



Figure 2.9 - Limnimètres de mesures des niveaux d'eau des canaux

D'après l'Exploitant, les capteurs des limnimètres amont RD et aval RD du barrage ainsi que du limnimètre amont du canal RG fonctionnent. Toutefois ils ne sont actuellement pas reliés au poste de commande qui est laissé déconnecté (en raison des pièces parafoudres manquantes). Les autres capteurs ne fonctionnent a priori pas sauf peut-être celui en aval RG du barrage au bout de la berge (PNAP).

2.2.3. Proposition **d'instrumentation** du barrage de Péligre

2.2.3.1. LISTE DES NOUVEAUX INSTRUMENTS

Au vu des constats effectués sur l'instrumentation actuelle, il est proposé :

- De se procurer un nouveau poste de lecture des mesures des clinosilices ;
- D'effectuer quelques travaux de rénovation des points de mesure des fuites ;
- De rénover une vingtaine de piézomètres situés dans la galerie de pied amont ;

- De réaliser 2 nouveaux piézomètres à l'extrémité de la crête rive droite du barrage qui pourront être mesurés à l'aide d'une sonde de lecture ;
- D'installer 2 accélérographes, l'un en crête du barrage, l'autre au niveau des fondations.

La rénovation des limnimètres amont et aval du barrage font partie du programme de réhabilitation de la centrale hydroélectrique menée en parallèle par une autre Société. La rénovation du limnimètre aval à sa position actuelle n'est pas judicieuse, puisque ce site est très influencé par les ressauts résultant des lâchures. Il lui sera préféré une installation entre les contreforts centraux dans les fosses entre les vannes des vidanges de fond.

La pompe d'exhaure de la galerie de contrôle en pied amont était en cours de réparation lors de notre visite. Il est supposé qu'elle sera de nouveau opérationnelle. A défaut il convient d'équiper l'Ed'H d'une nouvelle pompe et d'une pompe de secours afin de s'assurer du maintien à sec de la galerie.

Par ailleurs, bien que ne faisant pas partie de notre mission, nous tenons à souligner le manque d'éclairage du barrage et en particulier de la galerie. Ceci représente un frein à la bonne surveillance de l'ouvrage et à toute opération de nuit ou dans la galerie. Il conviendrait de rénover le système électrique et d'ici là d'équiper le personnel avec des lampes.

2.2.3.2. CLINOSILICES

Il est proposé de faire l'acquisition d'un nouveau poste de lecture des mesures des clinosilices (voltmètre couplé à une alimentation stabilisée). Quelques têtes de connectique des câbles au poste de lecture devront également être changées (oxydation). Un réétalonnage des appareils sera peut-être nécessaire.

2.2.3.3. FUITES

Il est proposé de changer le tuyau fuyard permettant d'effectuer les mesures des fuites F4 en pied d'ouvrage. Le tuyau actuel en fonte sera ainsi descellé à son extrémité amont de l'ouvrage béton puis retiré. Il sera remplacé par un nouveau tuyau en PVC (longueur d'environ 10 m, diamètre 6'') qui sera correctement fixé à son support. En partie basse, il sera connecté au tuyau flexible existant par un raccord étanche.

Un petit caniveau en béton pourra être réalisé en pied des fuites F5 pour les canaliser et pouvoir les mesurer par le biais d'un seuil et d'un tuyau aménagé à l'extrémité du canal.

Les fuites F2 ne peuvent actuellement être mesurées à l'extrémité du canal que lorsqu'aucune eau extérieure (pluie, pompage) ne sont rejetées dans ce canal. L'échelle limnimétrique mise en place à l'amont ne parait pas pouvoir permettre une mesure suffisamment précise (difficile d'interpréter la variation de hauteur lue en variation de débit). Il est ainsi proposé de mettre en place un seuil avec un « Vé » de mesure calibré en amont du chenal.

2.2.3.4. DRAINS-PIEZOMETRES EN GALERIE

Il est proposé de remplacer les manomètres et vannes de 23 des drains-piézomètres existants dans la galerie depuis le plot 5 en RG jusqu'au plot 15 (culée) en RD (ceux le plus susceptibles de couler).

Le diamètre actuel des vannes est de Ø76 mm, la plage de mesure des manomètres de 0-100 psi. Il est proposé de mettre en place le même dispositif. Les manomètres peuvent éventuellement être gradués en Unité du Système Internationale si cela ne vas pas à l'encontre des habitudes de l'Exploitant (0-7 bars).

Le choix des piézomètres à équiper repose sur celui proposé dans le rapport de CR de visite de COB-LGL de mars 1990. Il est présenté dans le tableau ci-dessous (V : vanne et M : manomètre). Les piézomètres sont repérés par le numéro du plot correspondant, suivi de la lettre A ou B dans l'ordre où on les trouve (de la RG vers la RD) ou H (pour horizontal) en cas de tube de liaison vers l'aval.

| Piézo | Pièce |
|-------|-------|
| 5 | V |
| 6A | V, M |
| 6B | V, M |
| 6H | V, M |
| 7H | V, M |
| 7B | M |
| 8A | M |
| 8B | M |
| 8C | M |
| 9A | M |
| 9B | M |
| 9H | M |
| 10H | M |
| 10B | M |
| 11H | M |
| 11A | M |
| 11B | M |
| 12A | M |
| 13A | V, M |
| 13B | V, M |
| 14A | V |
| 14B | V, M |
| 15A | M |

Tableau 2.1 - Liste des pièces à changer sur les drains-piézomètres

Il est ainsi proposer de remplacer 9 vannes et 21 manomètres.

Quelques pièces de raccord (T ou Y) devront être approvisionnées dans le cas où les vannes et manomètres seraient difficiles à changer (une dizaine). Dans ce cas le raccord devra être parfaitement liaisonné au tube existant afin d'en assurer l'étanchéité.

Quelques pièces de rechanges pourront également être approvisionnées, ainsi un total de 15 vannes, 25 manomètres, 10 raccords peuvent être acquis.

2.2.3.5. PIEZOMETRES SUPPLEMENTAIRES EN CRETE RD

Le rapport de visite de COB de 2009 a permis de clarifier un certain nombre d'éléments qui sont rappelés ci-dessous.

L'avant-projet du barrage prévoyait 15 contreforts et un bloc poids culée (Right Abutment) nettement moins haut que ce qui a été finalement réalisé ; et ce bloc culée, tel que réalisé, englobe le contrefort C15 anciennement projeté. Il est prolongé dans la rive par un mur écran en béton réalisé sous forme d'un empilement de galeries bétonnées à pleines fouilles, en remontant.

La première de ces galeries, calée au niveau 143,20 (voir coupe page suivante), prolonge dans la rive la galerie d'injection qui suit le pied amont du barrage sur toute la largeur de la vallée. Elle est surmontée de remplissages en béton jusqu'à une seconde galerie, calée vers la cote 156,30, qui débouche à mi-hauteur du puits d'accès débouchant en crête, fermé par une dalle de béton (puits repérable en haut du parement aval, par la présence d'une buse d'aération).

Le dessin (Extrait du plan COB-LGL n°91-02, retouché et complété dans le rapport de 2009) qui suit a pu être établi en 2009 après la visite complète de ces 2 galeries, et après avoir vu au fond de la galerie supérieure une série de forages d'injection attestant de ce que le voile d'injection supérieur, en principe réalisé au-dessus (entre le niveau de la crête et la cote d'arase du mur écran, présumée se trouver vers la cote 159), a été complété par une auréole d'extrémité.

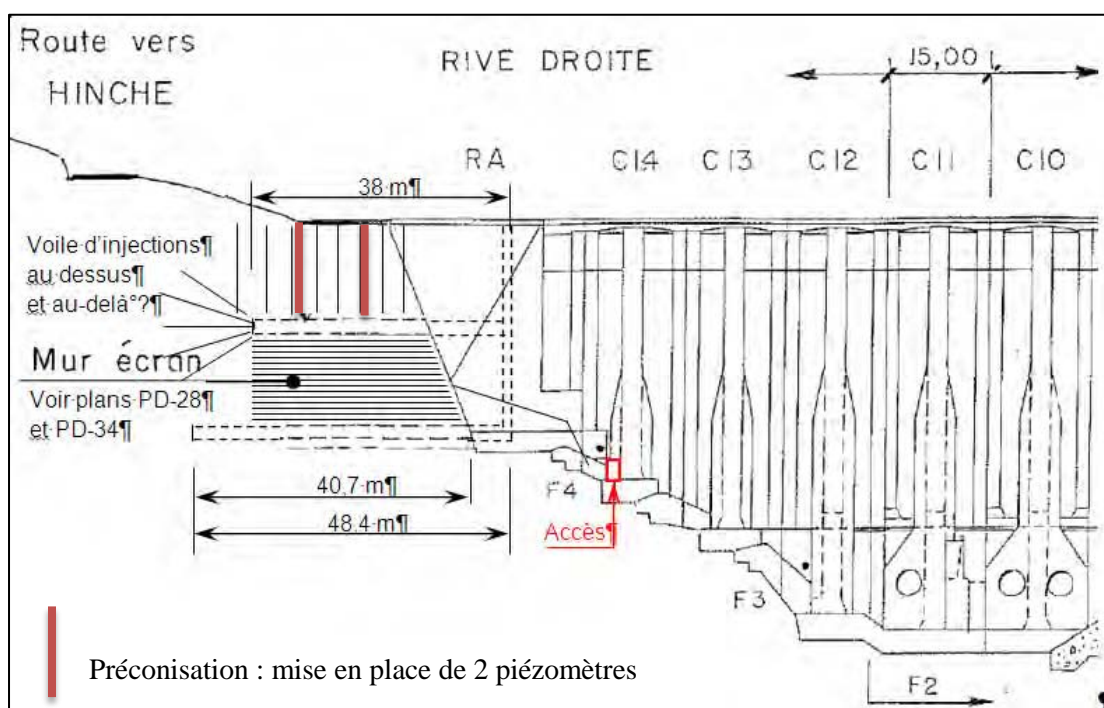


Figure 2.10 – Bloc culée RD - Elévation aval

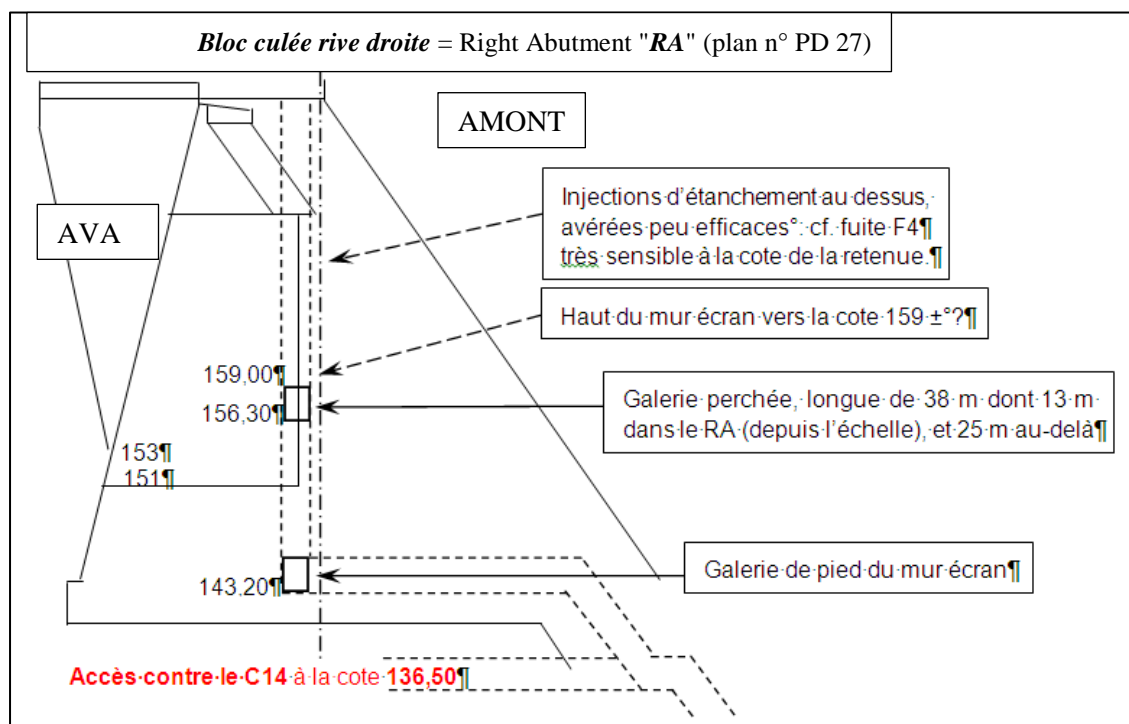


Figure 2.11 - Bloc culée rive droite - vue aval-amont

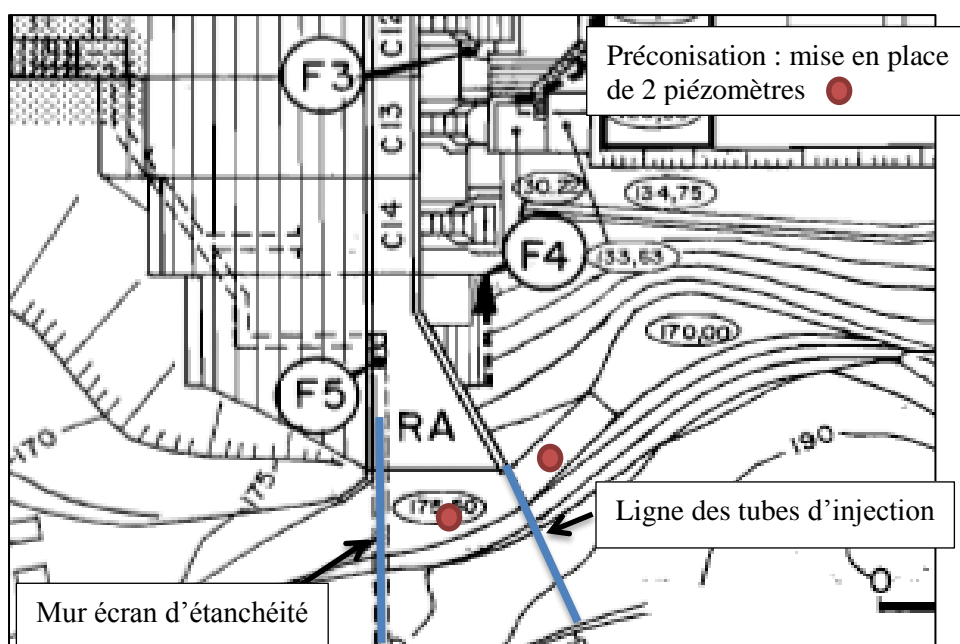


Figure 2.12 - Bloc culée rive droite – vue en plan

Le voile d'injection supérieur, réalisé par forages verticaux descendant depuis la crête jusqu'au mur écran (sur 16,5 m de hauteur = 175,50 – 159), devrait être logiquement situé dans l'axe du mur donc du puits, c'est-à-dire à 2,05 m du parapet amont, parallèlement à celui-ci. On s'étonne dans ces conditions de voir une série de tubes d'injection qui sortent de la plateforme au niveau de la crête en rive droite, dans l'axe du parapet aval de la crête qui va là en s'élargissant : se pourrait-il que le voile supérieur ait été ainsi mal positionné, lors de travaux de finition réalisés alors que les équipes d'ingénieurs résidents étaient sur le départ en fin de chantier ?

La photo ci-dessous, prise depuis l'aval juste au-delà de l'extrémité rive droite, laisse perplexe : à quoi donc pourraient correspondre ces tubes d'injection, sinon à une erreur flagrante de position du voile supérieur ?

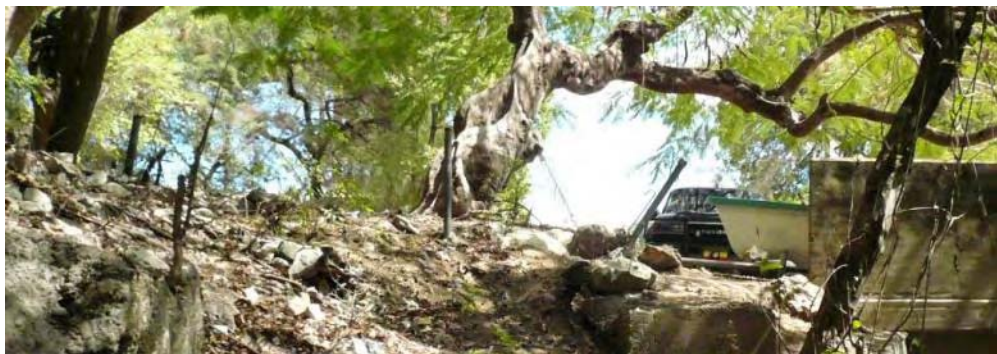


Figure 2.13 - Tubes d'injection au niveau de l'extrémité RD de la crête

Connaissant la sensibilité de la fuite F4 à la cote de la retenue, signe de véritable débordement des eaux par-dessus le mur écran, il est préconisé la mise en place de 2 piézomètres qui permettrait d'y voir plus clair et éventuellement de conclure ultérieurement sur la nécessité de parfaire l'étanchéement dans cette zone, en reprenant le traitement au-dessus du mur, voire aussi au-delà, plus profondément dans la rive.

Ces piézomètres verticaux seront mis en place de part et d'autre de la ligne des tubes d'injection, soit en amont du mur écran d'étanchéité. Leur longueur sera approximativement de 20 m.

Ils seront équipés d'un bouchon cadénassé pour ne pas être vandalisé.

Une sonde de mesure du niveau d'eau devra être acquise pour effectuer la mesure des niveaux piézométriques.

2.2.3.6. ACCELEROGAPHES

Il est préconisé l'installation de 2 accélérographes de précision : 1 en fondation et 1 en crête.

Ceci permettrait à posteriori d'analyser le comportement de l'ouvrage face aux sollicitations sismiques auxquelles il est soumis et éventuellement de prévoir des systèmes d'alerte.

2.2.4. Proposition d'instrumentation du Barrage de Canneau

Il est préconisé l'installation d'un ensemble de 5 limnimètres en remplacement de ceux existants qui sont vétustes ou défectueux :

- 1 limnimètre amont RG du barrage à l'emplacement de celui existant ;
- 1 limnimètre amont du canal RG à l'emplacement de celui existant ;
- 1 limnimètre aval du canal RG légèrement plus en aval de celui existant ;
- 1 limnimètre amont du canal RD à l'emplacement de celui existant ;
- 1 limnimètre aval du canal RD à côté de celui amont mais tourné vers l'aval de la vanne.

Aucun limnimètre en aval du barrage n'est préconisé à supposer que celui installé dans le cadre du PNAP fonctionne et que ces mesures puissent être rapatriées sur l'ordinateur du barrage.

2.3. Instrumentation du bassin-versant de Péligre

2.3.1. Préambule

La mission sur site avait pour termes de référence « la validation/évaluation des sites préalablement identifiés par les études Artelia/Oxfam », et d'en faire le repérage en vue de l'établissement des spécifications techniques.

Une liste de quelques affluents du bassin amont de l'Artibonite à instrumenter a été transmise par le client au consultant par e-mail les semaines précédant la mission. La liste des affluents à instrumenter contient essentiellement des cours d'eau situés au sud du lac de Péligre, cours d'eau en réalité peu contributifs aux écoulements de crue du bassin de Péligre.

Il était également prévu qu'une pré-sélection des sites au regard des travaux menés par Artelia sur le bassin de l'Artibonite soit réalisée avant la mission et fournie au consultant afin de la valider lors de la mission de terrain. Dans les faits, le premier rapport de l'étude Artelia « PMDN – Evaluation intégrée des alternatives de développement du bassin versant de l'Artibonite focalisée sur les usages multiples de l'eau » ne donne aucune indication concernant des sites privilégiés à instrumenter.

2.3.2. Méthodologie pour la définition de l'instrumentation

Le choix des sites à instrumenter s'est fait selon plusieurs étapes.

Une première étape a constitué en une réflexion préliminaire, avant la mission sur site, à partir des données SIG et des cartes du bassin de l'Artibonite dont disposait le consultant et de la connaissance antérieure du terrain issue des études passées réalisées par le consultant.

La seconde étape a consisté en l'analyse des documents fournis au début ou au cours de la mission concernant l'hydrologie du bassin de l'Artibonite et en la consultation des différents acteurs et opérateurs des ouvrages du bassin (Ed'H, MARNDR, BID).

Enfin, une visite exhaustive du bassin versant amont de Péligre a été réalisée, afin de juger de la faisabilité de l'instrumentation sur les sites identifiés au cours des deux premières étapes. La quasi-totalité des affluents majeurs du bassin a ainsi pu être visitée, ainsi que les dispositifs de mesure déjà en place.

Les sections qui suivent présentent donc les conclusions du consultant quant aux besoins en instrumentation limnimétrique du bassin amont de Péligre, à leur faisabilité et aux dispositifs préconisés.

2.3.3. Le bassin versant de l'Artibonite à l'amont de Péligre

Le bassin versant de l'Artibonite au droit du barrage de Péligre couvre une surface de 4 236 km² pour sa partie Haïtienne et 2 700 km² dans sa partie dominicaine.

Les principaux contributeurs de l'Artibonite à hauteur du barrage sont, en rive droite et de l'amont vers l'aval, la rivière Lociane, la rivière Guayamouc et la rivière Thomonde, et en rive gauche toujours de l'amont vers l'aval, le Macasia (en République Dominicaine), la rivière Onde Verte, la rivière Roche Grande et la rivière Lascahobas. Il existe un grand nombre d'affluents secondaires sur le bassin, notamment pour la rivière Guayamouc (le Rio Hondo, la rivière Samana, le rio Frio...). Ces affluents peuvent être très contributeurs aux écoulements de crue (nettement moins pour les débits d'étiage ou de moyennes eaux), mais nous avons choisis de n'instrumenter que les principaux et surtout des sites faciles d'accès.

Une description précise des différents contextes hydro-géo-morphologiques des sous bassins versants majeurs de l'Artibonite au barrage de Péligre est donnée dans le premier rapport d'« Evaluation intégrée des alternatives de développement du bassin versant de l'Artibonite » d'Artelia de juin 2013.

Au regard de ce document, on peut déjà appréhender quels cours d'eau paraissent les plus pertinents à instrumenter. A partir du tableau 82 : Débit moyen annuel estimé à partir d'une évaluation des débits spécifiques, les contributeurs principaux peuvent être définis :

Pour le bassin de la Guayamouc (63% des apports annuels à Péligre), la rivière Canot à sa confluence avec la rivière Fond Bleu contribue à près de 40% des apports du bassin, et la Bouyaha à Saint Raphael à près de 15%. A Hinche, ce sont déjà 84% des apports de la Guayamouc avant sa confluence avec l'Artibonite qui sont collectés.

Pour le bassin amont de l'Artibonite, la rivière Lociane contribue à près de 42% des apports du bassin avant la confluence avec la Guayamouc.

Pour la partie aval de l'Artibonite, entre la confluence avec la Guayamouc et le barrage, seule la rivière Thomonde présente un apport significatif, mais inférieur à 6% des apports totaux au barrage.

Pour la rive gauche de l'Artibonite, près de 11% des apports au barrage proviennent de la rivière Onde Verte, les deux autres affluents (Roche Grande et Lascahobas) représentant moins de 3% des apports au barrage à eux deux.

2.3.4. Etat des lieux de l'instrumentation

Lors de la première journée de mission, une réunion à Petionville a pu être organisée entre Ed'H l'opérateur de Péligre, et le consultant.

L'objectif de cette réunion était de comprendre l'état actuel et le besoin en terme de suivi limnimétrique pour la gestion du barrage, la capacité de l'opérateur à organiser la collecte et le stockage des informations, et son mode de gestion actuel de l'ouvrage en période de crue.

Deux stations limnimétriques gérées par l'opérateur sont actuellement en état de fonctionnement sur l'amont du bassin de Peligre : une station sur la Guayamouc, au niveau de la localité de Hinche, à l'aval de la confluence avec la Samana, la seconde station sur l'Artibonite, à l'aval de sa confluence avec le Macasia. Ces stations sont constituées d'échelles limnimétriques fixées sur des tiges métalliques elles-mêmes ancrées dans des blocs de béton, et suivies par des observateurs rémunérés qui relèvent les niveaux d'eau lus aux échelles trois fois par jour (6h, 12h et 18h) et communiquent par téléphone les relevés au centre de dispatching à Port aux Princes. Ces informations sont ensuite relayées à l'opérateur du barrage. A noter qu'en période de crue, le nombre de lectures journalières peut être revu à la hausse.

Pour l'exploitant, c'est l'information sur l'évolution de la hauteur d'eau qui informe sur l'arrivée de la crue, aucun jaugeage n'ayant été effectué aux stations qui permettrait de convertir la lame d'eau en débit et donc en volume pour le réservoir.

L'exploitant a pu confirmer l'intérêt d'instrumenter plus finement l'amont du bassin de la Guayamouc. En revanche, l'instrumentation des cours d'eau situés au sud du Lac (en rive gauche de l'Artibonite) ne lui a pas paru pertinente pour la question de la prévision des crues au barrage.

En dehors des deux stations gérées par Ed'H, aucune autre station limnimétrique n'est actuellement en fonctionnement sur l'amont du bassin coté Haïtien.

Ed'H recommande qu'un réseau pluviométrique soit mis en place également sur l'amont du bassin, afin d'améliorer la prévision des crues.

Il paraît effectivement nécessaire de mesurer ce paramètre en complément de la mesure des hauteurs d'eau, mais également d'effectuer des jaugeages sur les différents cours d'eau, en association avec des stations limnimétriques.

2.3.5. Visite du bassin versant et choix des sites à instrumenter

La partie qui suit présente les sites visités lors de la mission de terrain et les préconisations du consultant pour ce qui concerne l'instrumentation à envisager. Le détail de chaque site (bassin versant global, sous bassin versant de la station envisagée et caractéristiques géomorphologiques) est présenté en annexes au rapport.

2.3.5.1. JOUR 1 : SUD DU LAC DE PELIGRE – RIVE GAUCHE DE L'ARTIBONITE

- Rivière Onde Verte (Annexe 2-1) : le site envisagé, dans une logique d'accessibilité et de faisabilité de sa réalisation se trouve à l'intersection de la route et du cours d'eau. Il existe un pont sur la rivière, qui permet d'envisager une station limnimétrique automatique avec enregistrement et télétransmission. La section au niveau du pont est propre et le lit bien défini.
- Rivière Roche Grande (Annexe 2-2) : le site envisagé se trouve à l'intersection avec la route. Le cours d'eau est franchi par un pont qui découpe en lit de la rivière en trois sections circulaires et ne peut donc pas être équipé d'une station limnimétrique unique. En aval et en amont du pont, le lit est mal défini, très large, avec des écoulements dispersés difficile à mesurer. Le site ne paraît pas facilement instrumentable.

- Rivière Lascachobas (Annexe 2-3) : le site envisagé est à hauteur du croisement entre la route et le cours d'eau. Il existe un pont qui pourrait permettre l'installation d'une station limnimétrique automatique avec enregistrement et télétransmission. Le profil de la rivière et la section au niveau du pont sont assez accidentés.

Sur ces trois cours d'eau, seule la rivière Onde verte paraît utile à la prévision des crues pour le barrage de Péligre. Les deux autres cours d'eau présentent un intérêt en termes de compréhension globale de l'hydrologie du bassin de l'Artibonite, mais n'apporteraient a priori pas d'information d'importance pour la gestion des crues à Péligre. Les cours d'eau Onde verte et Lascachobas paraissent facilement jaugeables, tandis que la rivière Roche grande paraît difficilement jaugeable, surtout en période d'étiage et de moyennes eaux.

2.3.5.2. JOUR 2 : BASSINS DE THOMONDE ET DE LA GUAYAMOU

- Rivière Thomonde (Annexe 2-4) : Le site envisagé se situe au niveau du nouveau pont qui enjambe la rivière. En amont et en aval du site, les berges sont très dégradées et donnent une idée de la puissance des crues sur le cours d'eau. La section au niveau du nouveau pont routier est très propre et devrait permettre l'installation d'une station automatique avec enregistreur et télétransmission. Des jaugeages sont possibles en association avec l'enregistrement des hauteurs d'eau.
- Rivière Guayamouc (Annexe 2-5) : Ce site est déjà équipé d'une station limnimétrique simple avec échelles et observateur. La station limnimétrique paraît bien réalisée, stable et permet de lire des hauteurs d'eau jusqu'à 5 m. La station se situe sur la rivière Guayamouc en aval de sa confluence avec la rivière Samana et contrôle donc une surface de près de 2000 km². Les jaugeages paraissent périlleux sur cette section, hormis en basses eaux.
- Rivière Canot (Annexe 2-6) : Le site envisagé se situe au niveau de l'intersection de la route et du cours d'eau. Il n'existe pas de pont, le passage se fait en basses eaux mais ne paraît pas possible en période de crue. Le lit est très large mais assez bien défini en remontant vers l'amont du croisement avec la route. Une station simple avec échelles limnimétriques est envisageable et des jaugeages sont possibles. Les berges ne sont pas trop érodées. Le marnage entre hautes et basses eaux ne paraît pas trop important et la stabilité d'une station limnimétrique semble assurée. Les jaugeages paraissent possibles.
- Rivière Bouyaha (Annexe 2-7) : Le site envisagé se situe au croisement de la route et de la rivière. Il n'existe pas de pont mais une route est actuellement en construction et un pont devrait exister d'ici quelques temps (1 an ou 2 ?) qui permettrait l'installation d'une station automatique. En l'état, seule une station simple avec échelles limnimétriques peut être envisagée, à l'aval de l'intersection avec la route. A l'amont, le lit est mal défini. Cependant, il n'y a pas de section rectiligne et les berges sont assez érodées, ce qui illustre les débordements violents de la rivière en période de crue. Il sera nécessaire de repérer plus précisément le site le plus stable sur lequel planter la station de mesure des hauteurs d'eau. Des jaugeages paraissent envisageables.

Ces quatre cours d'eau (dont l'un est déjà équipé) sont importants pour la prévision des crues et leur instrumentation permettrait d'augmenter le délai de prévision des crues pour les gestionnaires de Péligre. Par ailleurs, cela permettrait d'affiner leur vision spatiale de la crue et de définir quelle partie du bassin versant est contributive au moment de l'arrivée de la crue, et ainsi, d'affiner la gestion de l'évacuation.

2.3.5.3. JOUR 3 : BASSIN AMONT DE L'ARTIBONITE

- Rivière Rio Hondo (Annexe 2-8) : Le site envisagé se situe à l'intersection de la route et du cours d'eau. Il n'existe pas de pont. Le lit mineur est mal défini et le lit majeur très large. Les berges sont très érodées et des laisses de crues sont visibles à plus de 4 m de hauteur. L'instrumentation automatique n'est pas possible, mais on peut envisager une station simple avec échelles limnimétriques. Les jaugeages paraissent difficiles en basses eaux, mais possibles en hautes eaux.
- Rivière Lociane (Annexe 2-9) : Le site envisagé se situe au croisement de la route et du cours d'eau. Les berges sont assez érodées mais le lit est bien défini. Le marnage ne paraît pas trop important. Une station avec échelles limnimétriques paraît envisageable et les jaugeages possibles.

Il était prévu de pousser la visite jusqu'à l'Artibonite à la frontière Dominicaine. Cela n'a pas été possible en raison du temps de trajet. Il serait cependant intéressant de pouvoir instrumenter l'Artibonite en amont de la station de Los Abeilles (située après la confluence entre l'Artibonite et le Macasia). Il existe une station du côté Dominicain, gérée par l'INDRHI, qui mesure les débits ou les hauteurs d'eau sur la rivière. Le consultant ne dispose pas d'information à ce jour sur sa localisation et sur la possibilité éventuelle d'avoir accès aux données pour aider à la gestion de Péligre.

2.3.6. Choix du type d'instrumentation

Actuellement sur le bassin de l'Artibonite, deux types de stations sont en fonctionnement :

- Sur le bassin de Péligre, des stations limnimétriques avec échelles seules, observateurs et transmission des données au dispatching d'Ed'H par téléphone trois fois par jour.
- Sur le bassin aval, des stations automatiques hydro-climatiques, avec capteurs de niveaux d'eau à ultra-son et pluviomètres, interrogeables à distance par liaison téléphonique. Le détail de cet équipement est donné au chapitre « Système d'information ». La station de la rivière Fer à Cheval est illustrée ci-dessous.



Figure 2.14 - Station automatique du réseau PNAP de l'Artibonite sur la rivière Fer à Cheval, à côté de Mirebalais

Ce type de station automatique permet donc un suivi temps réel des hauteurs des cours d'eau et un archivage numérique. Le recul n'est cependant pas suffisant sur la fiabilité de ces équipements et la capacité d'entretien du personnel chargé de sa maintenance. Sur d'autres bassins versants en Haïti, équipés de dispositifs équivalents à vocation d'alerte précoce, les stations ont été très rapidement non-opérationnelles et n'ont même parfois jamais transmis d'information. Le coût de l'entretien de tels équipements, surtout en grand nombre puisque 6 à 8 sites doivent être instrumentés, nous paraît difficile à supporter sur le long terme.

Par ailleurs, sur la plupart des sites visités durant la mission du consultant, il n'existe pas de structure pour supporter l'équipement, et il serait alors nécessaire de réaliser une pile en béton dans la rivière afin d'y fixer la potence qui supporterait la station automatique. Le travail de génie civil nécessaire à une telle réalisation serait donc une charge financière supplémentaire à prendre en compte. A titre d'exemple, la Figure 2.15 illustre le limnimètre aval Rive Gauche du réservoir de Canneau, qui dispose de ce type de station et la Figure 2.16 le schéma technique du massif permettant de supporter la potence.

L'une des difficultés majeures sur les sites qui nous intéressent est le marnage des cours d'eau, qui peut être très important (des laisses de crues à plus de 4 m de haut ont pu être observées sur certains sites), et nécessiterait que la pile de béton soit d'une hauteur minimale de 6 m, et soit capable de résister à de nombreux chocs provoqués par les débris (troncs d'arbres, cailloux et autre) transportés par la rivière en crue.



Figure 2.15 - Limnimètre aval rive gauche du réservoir de Canneau

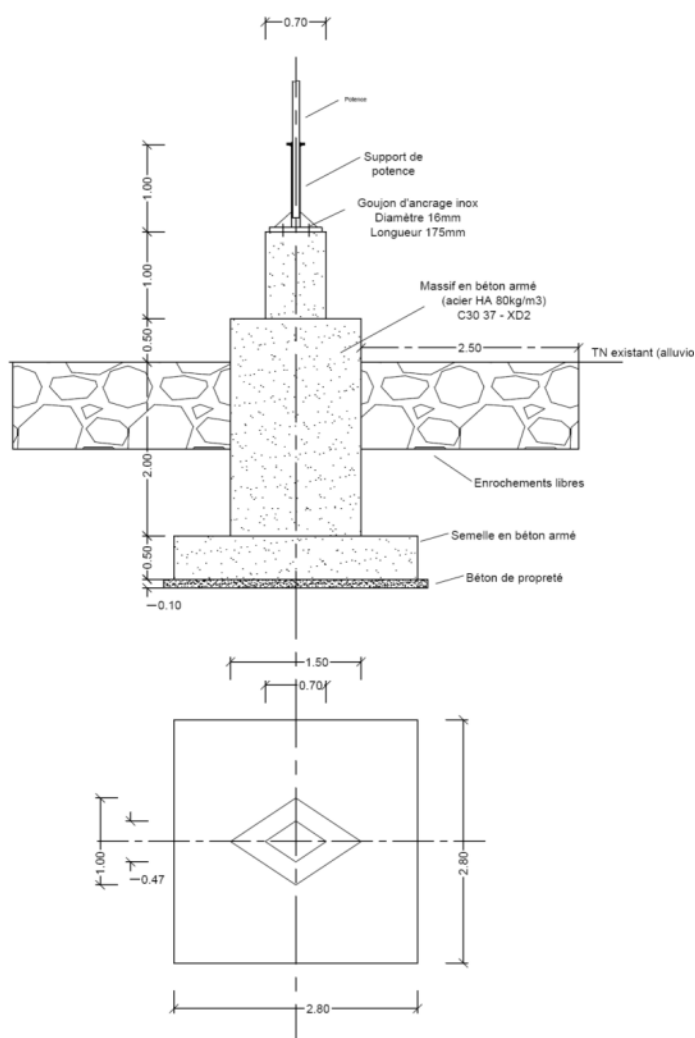


Figure 2.16 : Schéma technique du massif support pour une potence d'instrumentation hydrométrique

En conclusion, afin de s'assurer d'un dispositif pérenne et fiable, nécessitant peu d'entretien et dont le coût soit supportable, le consultant recommande d'installer sur la majeure partie des sites, des stations limnimétriques avec échelles seules et recrutement d'un observateur local, rémunéré et équipé en téléphonie mobile. Le dispositif actuellement en place depuis 2009 sur deux stations du bassin amont de Peligre fonctionne parfaitement et garantit l'absence de lacunes dans l'observation. Sur les sites où cela est possible (présence d'un pont et d'une section propre et bien définie), une station automatique avec télétransmission peut être envisagée. Les deux options (échelles limnimétriques seules et station automatique) sont proposées.

Par ailleurs, étant donnée la largeur des lits et les activités humaines en lien avec les rivières sur le bassin versant, il ne paraît pas envisageable de construire des stations associées à des seuils qui permettraient de mettre en place des déversoirs calibrés aux relations hauteurs/débits facilement calculables.

Le consultant recommande qu'en parallèle de ce dispositif d'observation, des campagnes de jaugeage soient menées, afin que les courbes de tarage de chacune des stations soient réalisées rapidement. Cette relation hauteur/débit est nécessaire pour que l'information sur les crues ne soit plus simplement qualitative mais également quantitative. Seule une information sur les débits de crue et ainsi les volumes entrant dans la retenue permettra une gestion fine et adéquate de l'évacuation. A cette fin, plusieurs équipements de jaugeage doivent être budgétés, pour permettre de faire simultanément des jaugeages sur les différentes stations limnimétriques du bassin amont de Peligre.

2.3.7. Synthèse des besoins en investissement pour l'instrumentation du bassin versant de Peligre

Le tableau suivant présente la liste des sites envisagés pour une instrumentation, avec un indicateur de priorité dans l'objectif d'améliorer la prévision et la gestion des crues au barrage de Peligre. Des préconisations pour une instrumentation supplémentaire (appareils de jaugeage, pluviomètres) sont également données et permettraient de rendre le système plus performant.

| Cours d'eau | Priorité/Intérêt pour la prévision | Type de dispositif envisageable | | Jaugeages |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|---|-----------|
| | | Echelles limnimétriques | Station automatique | |
| Canot | ++ | oui | non | oui |
| Bouyaha | ++ | oui | A moyen terme (après la construction du pont) | oui |
| Lociane | ++ | oui | non | oui |
| Rio Hondo | ++ | oui | non | oui |
| Thomonde | + | oui | oui | oui |
| Onde Verte | + | oui | oui | oui |
| Roche Grande | - | difficile | non | non |
| Lascahobas | - | oui | oui | oui |

Tableau 2.2 - Synthèse des besoins en instrumentation limnimétrique du bassin versant de Peligre

| Equipements supplémentaires | Priorité/Intérêt pour la prévision | Quantité |
|-----------------------------|------------------------------------|----------|
| Pluviomètres | ++ | 5 |
| Sets de jaugeage | ++ | 2 |

Tableau 2.3 - Synthèse des besoins en équipements parallèles au dispositif limnimétrique

2.4. Equipements hydromécaniques du barrage de Canneau

2.4.1. Description

2.4.1.1. FONCTION DU BARRAGE

La description générale de l'ouvrage est présentée en section 1.4.2.



Figure 2.17 - Vue du barrage, du pont routier et du départ du canal RG

2.4.1.2. EQUIPEMENTS HYDROMECHANIQUES

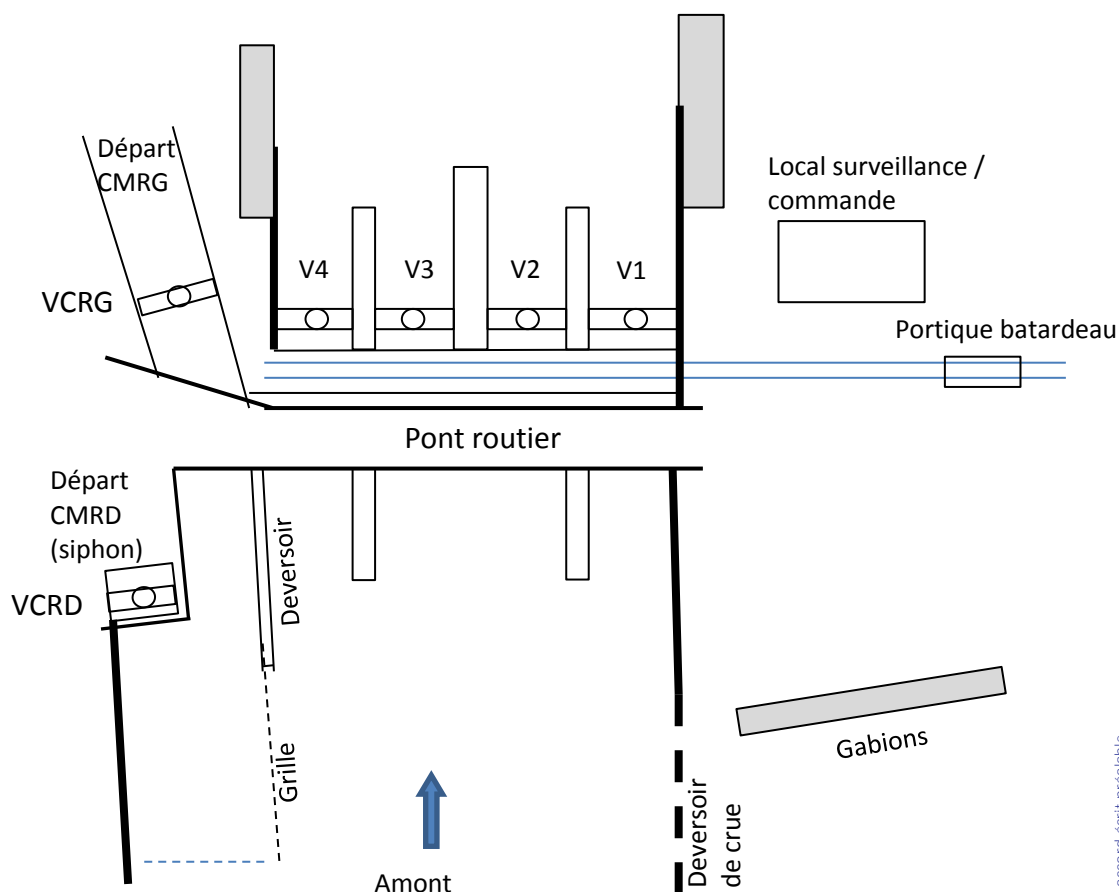


Figure 2.18 - Disposition du barrage et départs des canaux avec repérage des différentes vannes

Les 4 pertuis du barrage de largeur 6,2 m sont équipés de vannes segment V1 à V4 de dimensions : 6,8 x 6,2 m intégrant chacune dans leur partie supérieure un clapet de 2 m de hauteur. Le tableau suivant donne les différentes cotes en mètres pour ces organes :

| Seuil béton du barrage | Seuil vannes | Arase clapets relevés | Dessus des piles | Axe des paliers |
|------------------------|--------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 23,50 | 23,44 | 30,27 | 32,30 | 27,00 |

Tableau 2.4 - Barrage de Canneau - Cotes des différentes organes

La manœuvre de chaque vanne est réalisée par 2 treuils à chaînes, implantés de chaque côté du pertuis sur le dessus des piles et synchronisés mécaniquement par un arbre. La photo suivante montre un treuil parmi les huit treuils identiques à bascule : le moto-réducteur est monté oscillant sur deux paliers.



Figure 2.19 - Treuil de vanne du barrage

Chaque treuil comporte :

- 1 moteur triphasé asynchrone alimenté en 440V et de puissance 2,5 kW ;
- 1 frein électro-magnétique à garnitures monté en bout d'arbre moteur et alimenté en 380 V ;
- 1 réducteur-frein à roue et vis et trains parallèles, de rapport de réduction 2060 ;
- 1 pignon à chaîne galle monté sur l'arbre de sortie du réducteur ;
- 1 chaîne galle (résistance à la rupture 980 kN) s'enroulant sur ce pignon et dont l'une des extrémités est attachée à un bras de la vanne et l'autre au châssis du treuil.

Un bras de réaction (tige filetée diamètre 25 mm) à l'autre extrémité autorise un débattement angulaire du treuil entre deux positions réglables qui déterminent les deux états suivants pour la chaîne :

- Surcharge (résistance anormale au levage) ;
- Mou (vanne en appui sur un corps étranger ou sur seuil).

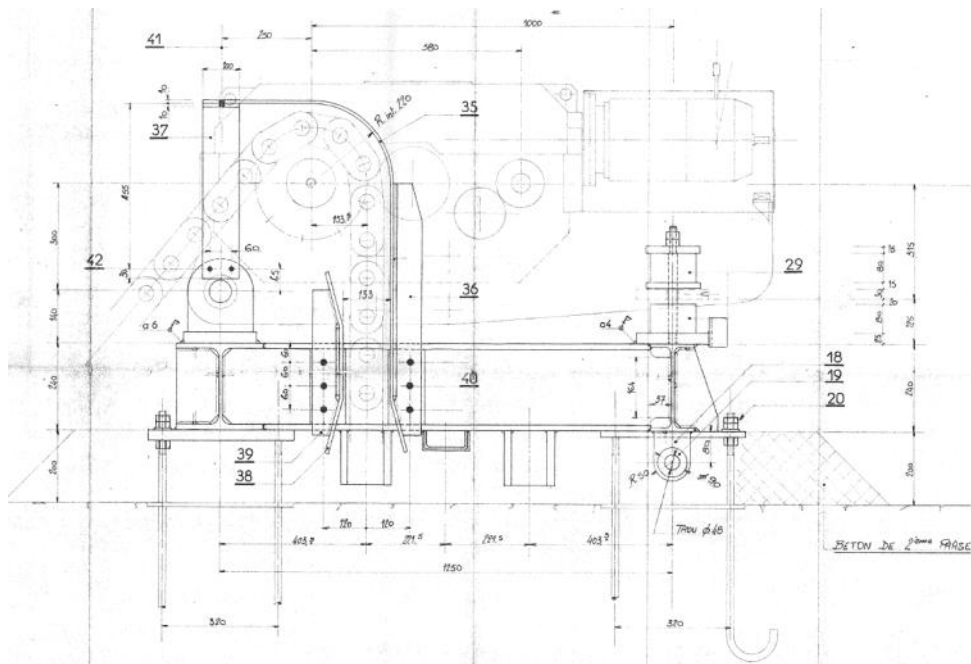


Figure 2.20 - Vue en coupe du châssis du treuil et treuil



Figure 2.21 - Contact de mou de chaîne activé



Figure 2.22 - Contact de surcharge de chaîne activé

Quand un contact de surcharge ou de mou de chaîne se produit, l'alimentation des deux moteurs est coupée : la manœuvre de la vanne s'arrête.

De plus un réducteur sur deux est équipé pour le contrôle commande de la vanne d'un sélecteur multi-contacts ($n=6$) à vis donnant la position de la vanne et définissant le pas de relevage, calé sur l'axe de sortie du côté opposé au pignon de chaîne.



Figure 2.23 - Sélecteur de position de la vanne (6 contacts)

Le réducteur a été conçu pour être irréversible : la vanne ne peut descendre sous l'action de son seul poids.

Indépendant du treuil, un capteur de sur-course est implanté sur le bajoyer et déclenche à l'approche du bras de la vanne la coupure de l'alimentation des moteurs des treuils si la vanne ne s'arrête pas dans sa position complètement ouverte.



Figure 2.24 - Capteur de sur-course pour une vanne

La manœuvre des clapets est assurée par des vérins double effet reliés à des centrales hydrauliques ($n = 2$; une centrale pour 2 clapets) équipées chacune de deux pompes à engrenages (pression max de 250 bars) entraînées par des moteurs triphasés asynchrones alimentés en 440V et de puissance 3kW (redondance des moto-pompes). Un manostat permet d'enclencher le démarrage de la deuxième moto-pompe si la première est en défaut ou de mettre en évidence une fuite d'huile. Un capteur de dérive détecte la descente du clapet et déclenche le démarrage automatique de la centrale pour la reprise des fuites.



Figure 2.25 - Centrale hydraulique de commande des clapets de 2 vannes adjacentes

Un portique pour batardeaux avec palonnier est employé pour la pose de deux éléments de batardeaux identiques pour le batardage amont d'une vanne. Chaque élément de batardeau est entreposé dans une fosse. Le portique comporte :

- 1 moteur de levage ;
- 2 moteurs de translation ;
- 1 moteur d'enrouleur de câble électrique ;
- 1 sélecteur de position sur levage ;
- 1 détecteur de surcharge ;
- 1 détecteur de fin de course de translation ;
- 1 coffret électrique avec boîte à bouton de commande.



Figure 2.26 - Portique à batardeau et éléments de batardeau

Les vannes de prise à l'entrée des canaux sont des vannes segment commandées chacune par un treuil à roue et vis (motorisation triphasée puissance 0,37 kW) et équipés :

- D'un sélecteur de position ;
- D'un transmetteur de position ;
- D'un contact de sécurité sur capot.

La transmission est effectuée par 2 câbles par vanne, un de chaque côté.



Figure 2.27 - Vue AV de la vanne de prise d'eau pour le canal RG avec son treuil



Figure 2.28 - Vue partielle de la vanne de prise d'eau pour le canal RD

2.4.1.3. ALIMENTATION ELECTRIQUE

A l'origine le barrage était alimenté en 480V- 60Hz, au niveau d'un coffret dans le local technique, en souterrain depuis un poteau du réseau Ed'H situé RD juste en aval du local technique.



Figure 2.29 - Vue du poteau du réseau Ed'H de son transformateur et du coffret de distribution

Deux générateurs diesel en redondance de puissance 24 et 30 kW fournissent du 440V triphasé 60 Hz pour l'alimentation des moteurs des treuils et du portique.

Un jeu de 4 batteries 6V montées en série alimente l'armoire de commande en 24VCC. Ces batteries sont chargées par un onduleur alimenté par un des générateurs. Un commutateur triphasé 100 A permet de se connecter à la source d'énergie souhaitée.

Deux transformateurs sont placés dans l'armoire de commande :

- Un transformateur triphasé 440/220V pour l'alimentation des autres accessoires du barrage nécessitant 220 volts dont l'éclairage extérieur et le chargeur de batterie situé en salle de commande ;
- Un transformateur monophasé 440/380 volts pour l'alimentation des freins des treuils.

2.4.1.4. LOCAL DE COMMANDE

Ce local comporte 3 pièces :

- La salle de commande dans laquelle se trouve l'armoire de commande ;
- Un petit bureau ;
- Le local technique de hauteur 3,5 m équipé d'un palan dans lequel sont entreposés les batteries avec leur onduleur, un ancien groupe électrogène, un établi, des pièces de rechange dont un treuil de vanne, etc.

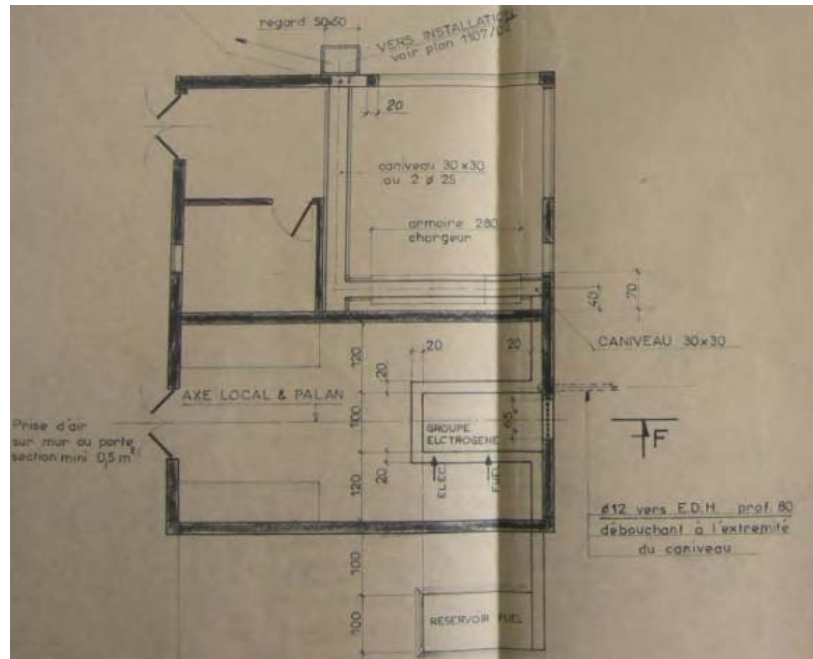


Figure 2.30 - Vue en plan du local de commande



Figure 2.31 - Salle de commande



Figure 2.32 - Local technique

2.4.1.5. FONCTIONNEMENT DU BARRAGE – ARMOIRE DE COMMANDE

Le personnel exploitant est organisé en équipes de 3x8 :

- 1 première équipe de jour de 4 ou 5 personnes horaire : 5h à 13 h ;
- 1 seconde équipe de jour de 5 ou 4 personnes horaire : 13h à 21 h ;
- 1 équipe de nuit de 3 personnes horaire : 21h à 5h.

Le personnel est composé de :

- 1 responsable de poste (technicien) ;
- 2 opérateurs ;
- 3 aide- opérateurs ;
- 6 manœuvres.

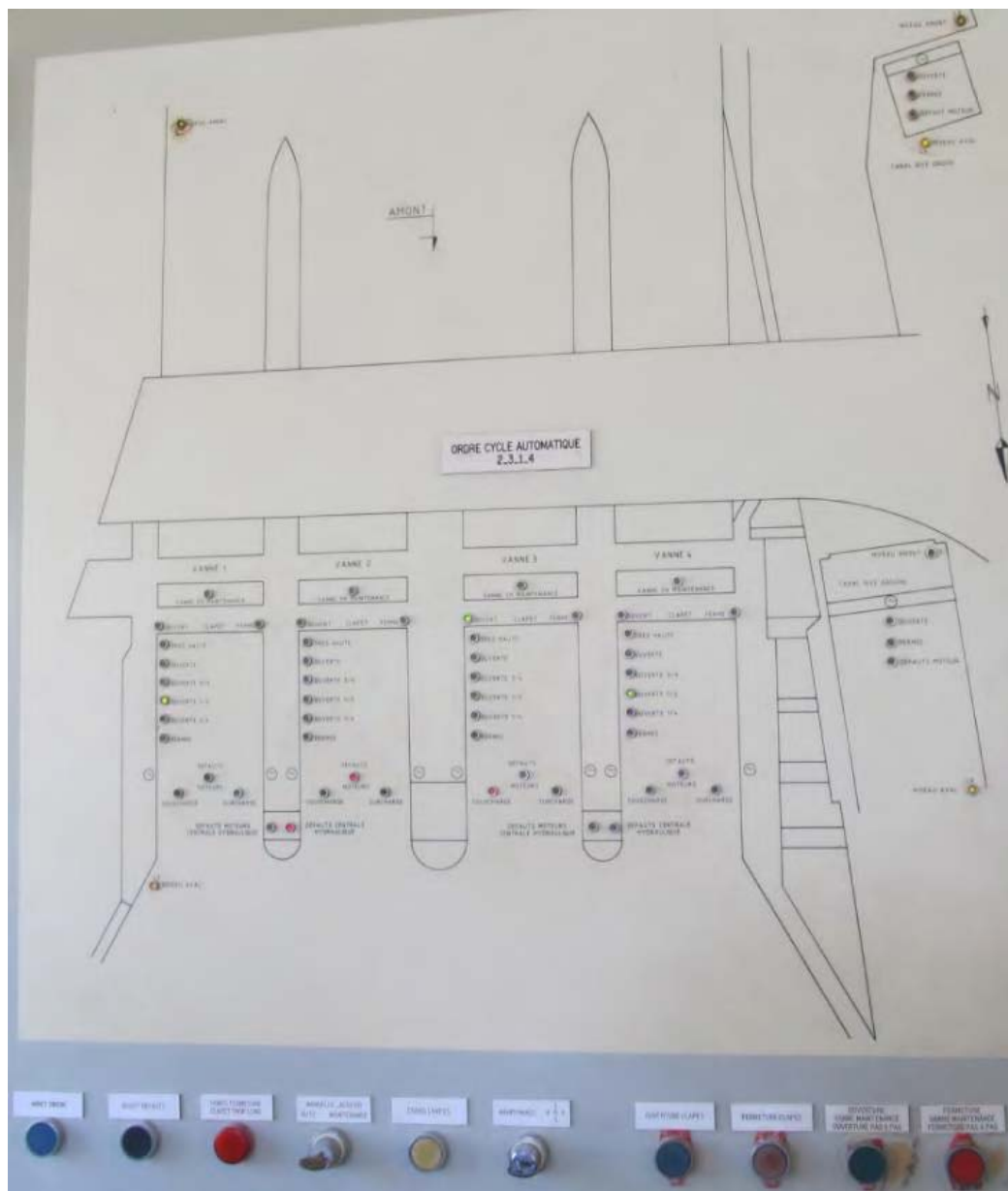


Figure 2.33 - Synotique sur armoire

Le fonctionnement à la mise en service du barrage était le suivant :

Le niveau du plan d'eau amont est détecté en continu par un limnimètre et les cotes sont visualisées en salle de commande sur le tableau de l'armoire de commande.

Le barrage de Canneau doit réajuster sans cesse le degré d'ouverture de ses vannes, pour adapter leurs configurations aux variations de débit du fleuve en maintenant la cote de retenue (dont le volume est excessivement faible) dans la tranche nominale entre 29,20 et 29,90.

Comme indiqué dans le guide d'exploitation et d'entretien (daté du 15 mai 1990) disponible sur place, les vannes doivent être ouvertes de façon séquentielle : d'abord par abaissement progressif des clapets puis, lorsque leurs capacités de débit s'avèrent insuffisantes, par relevage des clapets et ouverture progressive des vannes elles-mêmes ; en progressant par pas (fermé, ouvertures à $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, totale, très haut), dans l'ordre V2, V3, V1, V4 répété à chaque pas. Et à l'inverse lors de la décroissance du débit, par fermetures progressives.

Cette séquence est normalement gérée par un automate placée dans l'armoire de commande.

2.4.2. Constat de visite et points sensibles

La visite a été effectuée les 17 et 18 septembre 2013 en présence de l'ingénieur Marc Edouard Dieujuste responsable du barrage.

2.4.2.1. FONCTIONNEMENT ACTUEL DU BARRAGE

L'automate ne fonctionnant plus depuis une quinzaine d'années et les limnimètres étant hors service, la gestion du barrage est maintenant effectuée visuellement par le personnel qui surveille le niveau du plan d'eau amont par rapport au-dessus du mur-déversoir du canal RG à l'entrée de celui-ci (niveau 29,8 m) : lorsqu'il y a déversement par-dessus ce mur ou les grilles qui le prolongent vers l'amont, une opération manuelle d'ouverture de vanne(s) est effectuée.



Figure 2.34 - Vue du barrage et du mur déversoir avec ses grilles depuis l'amont RG

Le 17 septembre, le niveau amont était situé nettement au-dessus de ces grilles comme le montre la photo suivante.



Figure 2.35 - Vue prise le 17/09/2013 vers l'amont du barrage et le déversoir dans le canal RG

Les vannes V1 et V4 étaient partiellement ouvertes respectivement aux $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{2}$. Les vannes V2 et V3 étaient fermées ; V2 parce que ses treuils sont en réparation et V3 parce qu'elle ne fonctionne plus (problème électrique).

En ce qui concerne V2, cette vanne n'est plus utilisée depuis plusieurs incidents dont un qui a occasionné de sévères dégâts sur les treuils et sur le vérin du clapet.

Selon Mr Fontin qui était l'ingénieur en poste au barrage au moment de cet incident, lors d'une manœuvre de fermeture de cette vanne, une des deux chaînes a pris un mou tel qu'elle a déraillé de son pignon (est-ce que le contact de mou de chaîne n'a pas arrêté le moteur ?). Du coup, l'autre treuil a vu brutalement l'effort de retenue multiplié par un facteur 2. La tige filetée qui retient le treuil en bascule a été soumise à un effort de traction tel qu'elle a rompu. Le treuil a alors basculé complètement jusqu'à heurter les chapes de ses paliers qui ont percé le carter. L'à-coup créé sur le réducteur au moment du choc a provoqué la descente de la vanne jusqu'au seuil vraisemblablement par à-coups (perte de l'irréversibilité statique du réducteur). Ces à-coups ont fait flamber la tige du vérin du clapet. Enfin les accouplements de la barre de synchronisation ont cédé.

Les réparations de ces dégâts ne sont pas terminées :

- Le vérin doit être remplacé ;
- Certaines pièces des treuils sont encore en attente de remplacement.

Par ailleurs, Mr Fontin met en doute la capacité ou la fiabilité des freins ou de leur commande : plusieurs fois des vannes sont retombées sur leur seuil de façon incontrôlée (alimentation du frein toujours active avec alimentation du moteur coupée et perte de l'irréversibilité du réducteur ; normalement un contact différentiel devrait couper l'alimentation du frein avec celle du moteur).

Pour ce qui est des autres clapets (vannes : V1, V3 et V4), leurs dérives (ouverture) dues à différentes fuites des circuits hydrauliques à localiser (joints des pistons des vérins vraisemblablement à remplacer) nécessitent de condamner ceux-ci dans leur position relevé comme le montre la photo suivante pour le clapet de V4. Par conséquent en l'état, aucun clapet n'est opérationnel.



Figure 2.36 - Condamnation en position relevée du clapet de V4

En ce qui concerne les vannes de prise d'eau pour les canaux, les sélecteurs de position ne fonctionnent plus. Le personnel utilise des repères peints sur le GC au niveau de ces vannes pour régler les ouvertures de celles-ci. Ainsi, ils savent que pour obtenir un débit de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le canal RG, le niveau dans celui-ci indiqué par l'arase de la vanne doit être de 5 pieds et demi.

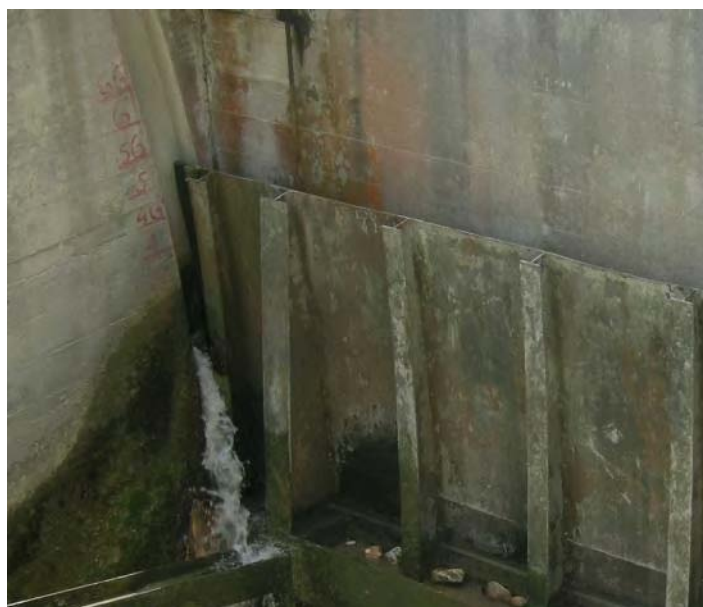


Figure 2.37 - Vanne de prise d'eau du canal RG et repères pour l'ouverture de la vanne

Pour l'information de personnel exploitant et pour une meilleure anticipation, les informations suivantes pourraient être transmises depuis le barrage de Péligre :

- Niveau de la retenue, niveau aval ;
- Débit relâché par le barrage directement (vidange de fond et évacuateur) ;

- Débit transitant par l'usine hydro-électrique.

Ces données pourraient être visualisées sur un écran d'ordinateur.

Pour sécuriser le fonctionnement du barrage en garantissant le mode dégradé de fonctionnement dans lequel un seul treuil manœuvre une vanne, il faut revoir la conception des treuils: réducteur + moteur + frein. En particulier il faudra envisager des moteurs à vitesse variable et des freins plus fiables. Cette option n'est pas encore chiffrée.

2.4.2.2. ETAT DES MATERIELS ET OPERATIONS NECESSAIRES

2.4.2.2.1. Vantellerie et portique du batardeau

Les ossatures des vannes du barrage et des batardeaux pour leurs parties visibles pendant la visite (face aval du tablier, bras et tourillon) sont en assez bon état :

- Pas de déformation visible des éléments de structure des tabliers ou des bras des vannes ;
- Pas ou très peu de corrosion comme le montrent les photos en annexe. En particulier les boulons de fixation des bras sur les tabliers (liaisons essentielles) paraissent en bon état ;
- Les parties visibles des joints sont en bon état et il n'y avait pas de fuites latérales apparentes ;
- Les pièces fixes (tôles de 10 mm d'épaisseur en acier inox Z2CN18-10) sont en bon état et leur scellement dans le béton aussi. Par contre des épaufrures non négligeables sont présentes à la jonction des bétons primaire et secondaire pour la pièce fixe côté RD de la vanne V2 (photo en annexe) ;
- M Dieujuste a confirmé qu'une fois par an les ossatures sont contrôlées et les surfaces nettoyées à la paille de fer. Il n'y a pas encore eu de remise en peinture ;
- Les deux éléments du batardeau sont en bon état : pas ou très peu de corrosion, ni déformation, joints en bon état. Par contre le portique présente une corrosion non négligeable surtout sur la face inférieure de sa plateforme. Une reprise au moins en peinture s'avère nécessaire à court terme. D'autre part les moteurs et les freins sont à remplacer.

La vanne de prise d'eau du canal RG est dans un état médiocre :

- Corrosion non négligeable sur le tablier et sur les bras côté aval (seule partie visible lors de la visite) ;
- Déformations locales du tablier visibles ;
- Fuites latérales importantes.

Une réhabilitation de cette vanne est nécessaire ; elle suppose une mise à sec de la vanne ou son démontage.

La vanne de prise d'eau du canal RD n'était pas visible pendant la visite.

2.4.2.2.2. Treuils des vannes du barrage

Les deux photos suivantes montrent les deux treuils de la vanne V2 en cours de réparation suite aux incidents mentionnés ci-avant.



Figure 2.38 - Treuil n°1 de V2



Figure 2.39 - Treuil n°2 de V2

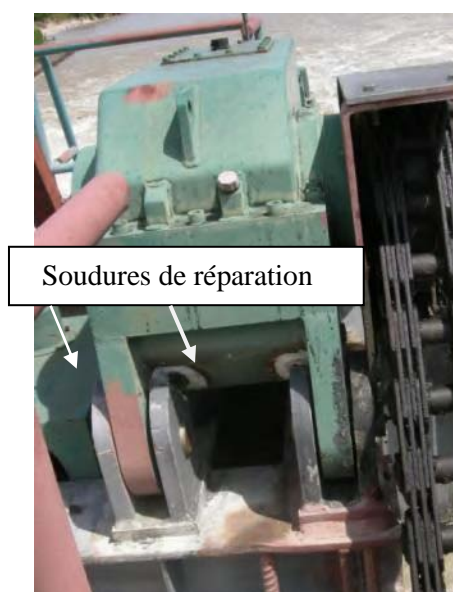


Figure 2.41 - Vue de face du treuil n°2 de V1

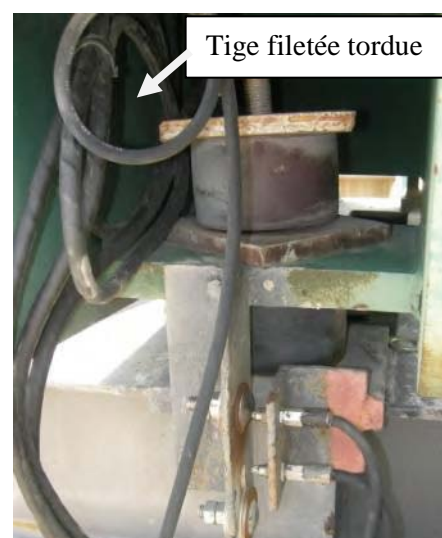


Figure 2.40 - Vue AR du treuil n°1 de V2

Les constats effectués purement visuels sont les suivants :

- Des déformations importantes des châssis au niveau :
 - Des attaches des brins mous de chaîne ;
 - D'une des chapes du treuil n°2 ;
- Une déformation de la tige filetée (bras de réaction).

Concernant le réducteur qui s'est retourné : le choc occasionné peut avoir endommagé les dentures ou les roulements. Ce réducteur sera donc à expertiser complètement avant remise en route afin de vérifier l'état des mobiles et des roulements (démontage complet). D'autres réducteurs doivent aussi être expertisés : analyse des huiles de vidange, ouverture et vérification par magnétoscopie des dentures ou simplement endoscopie.

Tous les moteurs et les freins accouplés à ces moteurs sont très usés (bobinages détériorés, disques usés) ; ils sont à remplacer.

Une autre question importante concerne le dimensionnement des réducteurs : l'exploitant affirme que ceux-ci sont prévus pour qu'un seul treuil puisse manœuvrer une vanne en cas de panne de l'autre treuil. Ce mode dégradé de fonctionnement contribue à la sûreté du barrage qui doit être capable de lever toutes ses vannes en toutes circonstances.

Cependant au moins trois conditions sont nécessaires dans ce mode dégradé :

- Il faut désaccoupler les treuils de l'arbre de synchronisation (celui-ci serait soumis à des efforts trop importants) ;
- La vitesse du moteur doit être divisée par 2 ;
- Le couple transmis par le réducteur doit rester inférieur à son couple maximal transmissible.

Le constructeur des réducteurs FOC rencontré le 26/09/13 a confirmé ces points. Il a retrouvé les valeurs des couples :

- Couple nominal : 2750 mdaN ;
- Couple maximal transmissible : 3648 mdaN = 36,48 kNm.

Or dans la note de calcul des vannes remise par M Fontin, le calcul de l'effort de manœuvre maximal aboutit à une tension dans une chaîne de 151 kN dans le mode normal de fonctionnement (sous réserve de la justesse de ce calcul qui reste à vérifier dans le détail). Le rayon primitif du pignon de chaîne vaut 153,9 mm (plan 47429). Le couple requis vaut donc : $C = 152 \times 153,9 = 23,3$ kNm.

Dans le mode dégradé, il devient le double : 46,6 kNm > 36,48 kNm.

Le couple maxi est dépassé de 25%. Par ailleurs il ne semble pas que les moteurs puissent tourner à une vitesse différente de leur vitesse nominale : 1115 t/mn.

La vitesse de manœuvre des vannes indiquée dans le rapport d'essais à la mise en service du barrage vaut 0,8 m/mn. La puissance absorbée dans le mode normal vaut alors au minimum : $151 \times 0,8/60 = 2$ kW (sans prendre en compte les rendements du réducteur et du moteur). Dans le mode dégradé, il vaut donc 4 kW >> 2,5 kW.

Ce surplus de puissance absorbée peut durer 11 mn (levée totale d'une vanne). Ceci peut expliquer la dégradation rapide des bobinages des moteurs.

Le mode dégradé n'est pas mentionné dans le rapport d'essais de réception. Il n'est donc pas du tout certain qu'il ait été prévu lors de la conception des treuils. Le cahier des charges du moto-réducteur transmis à FOC à l'époque pourrait nous renseigner. Malheureusement le BE de FOC ne conserve pas ses archives au-delà de 15 ans. Par ailleurs l'entreprise CMS (Constructions Métalliques de Strasbourg) qui avait passé la commande de ces treuils n'existe plus (absorbée par Eiffel).

En conclusion pour les treuils des vannes du barrage :

- Si l'on veut garantir le mode dégradé de fonctionnement, il faut revoir la conception des treuils: réducteur + moteur + frein. En particulier il faudra envisager des moteurs à vitesse variable et des freins plus fiables ;
- Il est conseillé de remplacer les deux treuils endommagés, l'un par le treuil en stock au barrage l'autre par un treuil à approvisionner ;
- Il est conseillé de réaliser sur place une expertise d'au moins un des autres treuils : analyse de l'huile de vidange, examen des dentures par endoscopie voire magnétoscopie ;
- **En l'état actuel des treuils, il est déconseillé de continuer à manœuvrer les vannes dans ce mode dégradé.**

2.4.2.2.3. Treuils des vannes de prise d'eau

Ils sont à remplacer.

2.4.2.2.4. Centrales hydrauliques de commande des clapets

La photo suivante montre la centrale hydraulique de commande des clapets des vannes V1 et V2.



Figure 2.42 - Centrale hydraulique de commande des clapets des vannes V1 et V2

Les conduites sont corrodées superficiellement seulement.

Il n'y a pas de fuite d'huile apparentes. Les clapets étant condamnés relevés mécaniquement, depuis plusieurs années (2009 au moins) ces centrales n'ont pas fonctionné depuis.

Les opérations suivantes sont nécessaires :

- Vidanger l'huile ;
- Ouvrir la trappe de visite et nettoyer complètement l'intérieur du réservoir : racler et rincer au jet d'eau ;

- Installer la nouvelle distribution à la place de l'ancienne : électro-distributeurs (n=3), clapets pilotés, limiteurs de débit, plus une cartouche filtrante, le manomètre et la trappe de visite ;
- Changer les joints du vérin ;
- Remplir d'huile ;
- Mettre en route et faire tourner pendant plusieurs heures les 2 groupes moto-pompe à vide (l'huile passe par le by-pass et va directement au filtre de retour) ;
- Changer à nouveau la cartouche filtrante.

2.4.2.2.5. Armoire de commande

L'armoire est à remplacer complètement car d'une part ses composants sont désuets et les nouveaux composants ne pourraient pas s'intégrer dans l'ancienne.

2.4.2.2.6. Capteurs pour la gestion des vannes et de leur commande

Tous les capteurs sont à remplacer ainsi que leurs câblages depuis l'armoire de commande.

Cela comprend pour les vannes du barrage :

- Détecteurs de sous-charge et de surcharge de chaîne (n=16) ;
- Sélecteurs de position des vannes du barrage (6 positions – n=4) ;
- Capteurs de position des clapets (n=12) ;
- Défaut moteurs treuil (n=8) ;
- Défaut moteurs centrales hydrauliques (n=4) ;
- Défaut centrales hydrauliques (n=2) ;
- Capteurs de sur-course des vannes du barrage (n=4).

Et pour les vannes des prises d'eau :

- sélecteurs de position des vannes (n=2).

2.5. Système d'information

2.5.1. Introduction

Le système d'information représente tous les composants, matériels ou logiciels destinés au traitement et à la transmission des données entre les acteurs concernés par la gestion du fleuve Artibonite. Dans le cadre de ce projet, les acteurs identifiés sont:

- EDH. Les unités concernées au sein d'Ed'H sont d'une part l'unité de gestion de l'usine hydroélectrique de Péligre, qui gère également le barrage et la cote du plan d'eau, et d'autre part le dispatching à Delmas, qui décide des débits à relâcher dans le fleuve Artibonite.
- L'ODVA. L'ODVA est concernée au niveau de l'unité responsable de la gestion du barrage de Canneau et des départs des canaux maîtres rive gauche et rive droite desservant les périmètres hydroagricoles de l'Artibonite, et également au niveau de ses équipes à Pont Sondé.
- Le CIAT. Le CIAT est concerné par le projet dans sa mission de surveillance des crues du fleuve Artibonite. Le système mis en place devra

compléter les informations mises à la disposition du CIAT par le Plan National d'Alerte Précoce.

Le schéma ci-après résume les échanges de données entre les différents acteurs.

Des systèmes seront mis en place dans les locaux de chacun de ces acteurs. La description des matériels et logiciels nécessaires est donnée dans les paragraphes suivants.

Une des caractéristiques importantes du système à mettre en place est la redondance entre Péligre et le dispatching, destinée à une meilleure sécurité d'acquisition et transmission de données.

En fonctionnement normal, les données de terrain sont acquises depuis le système installé à Péligre. Ce système effectue une mise à jour en continu des bases de données au dispatching par un mécanisme de synchronisation. Dans le cas où Péligre ne peut pas remplir son rôle (procédure opérationnelle de basculement ou de détection d'anomalie à préciser ultérieurement), c'est le système du dispatching qui se charge de l'acquisition des données. Quand le système de Péligre est à nouveau opérationnel, une synchronisation de ses bases de données est réalisée par le système du dispatching. Ces opérations de synchronisation dans les deux directions sont des fonctions standard des logiciels de supervision équipant les deux centres. Elles se font sur un support de communication permanent (GPRS).

Les utilisateurs des données de Péligre (CIAT, ODVA) disposeront de deux liens de communication, l'un vers le barrage, l'autre vers le dispatching.

L'architecture physique du système d'information est présentée en annexe.

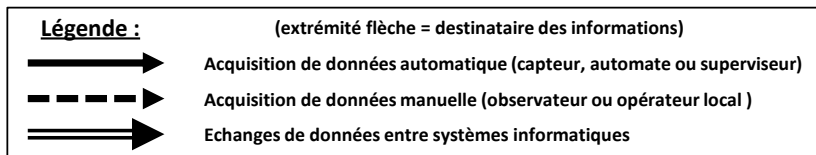
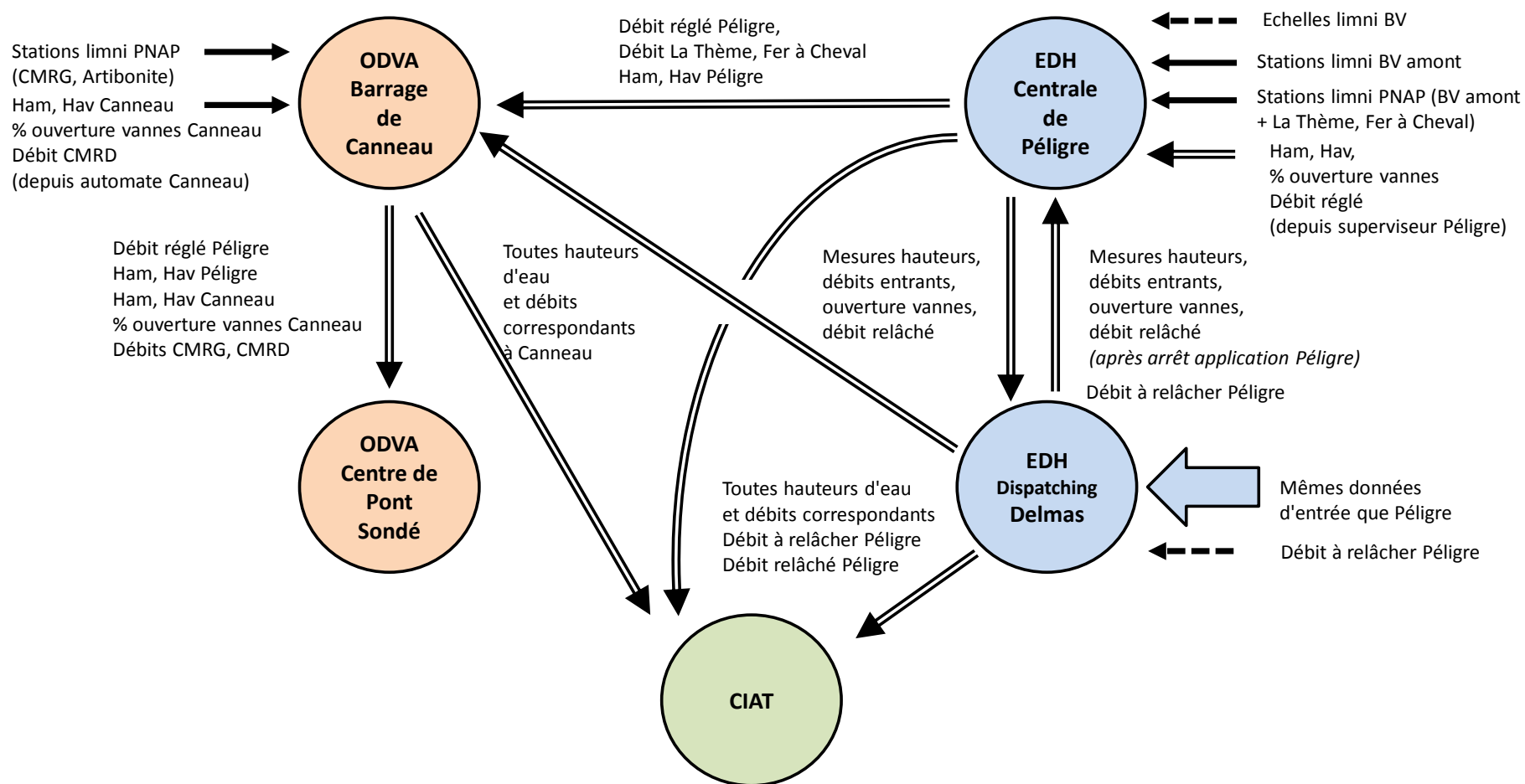


Figure 2.43 - Modèle conceptuel des échanges de données

Ce

2.5.2. Système d'information sur le bassin versant de l'Artibonite (Ed'H)

Comme précisé dans le chapitre relatif à l'instrumentation du bassin-versant de Péligré, des points supplémentaires de mesure des hauteurs d'eau en rivière existants vont être inclus dans le système. Ils sont de deux natures:

- mesures manuelles effectuées par des observateurs sur des échelles limnimétriques et retransmises par téléphone portable,
- mesures automatiques réalisées par des capteurs de niveau au sein de stations de mesure de fonctionnalités comparables à celles du réseau du PNAP (dans un premier temps, le vecteur de communication satellite ne sera pas implémenté). Les caractéristiques techniques des stations PNAP sont rappelées pour mémoire ci-dessous.

| Type d'équipement | Station mixte | |
|--------------------------|--|----------------|
| | Limnimètre | Pluviomètre* |
| Type de capteur | Radar VegaPuls WL61 | Vaisala WXT520 |
| Energie | 1 panneau solaire 5 watts ; 1 batterie 12 volts | |
| Vecteur de communication | GPRS# Digicel ; satellite Iridium | |

Tableau 2.5 - Caractéristiques techniques générales des stations du PNAP

Il a été vérifié que les sites pour les nouvelles mesures étaient couverts par le réseau GSM. En général le réseau DIGICEL présente un bon signal. En amont de Thomassique, ainsi qu'à Canneau, c'est NATCOM qui passe le mieux.

Ces mesures supplémentaires, manuelles et automatiques, sont acquises au barrage de Péligré par le système d'information décrit dans le chapitre suivant (avec acquisition par le dispatching en cas d'indisponibilité du système de Péligré). En temps normal, l'acquisition a lieu 3 fois par jour, mais en période de crue, les mesures sont effectuées toutes les 2 heures.

2.5.3. Système d'information au barrage de Péligré (Ed'H)

Le système d'information au barrage de Péligré est principalement dédié à l'acquisition de mesures depuis le barrage et le bassin versant amont pour permettre un meilleur pilotage du niveau de la retenue et éviter les lâchers importants et irréguliers vers l'aval.

Un opérateur sera chargé de la saisie des niveaux relevés par les observateurs sur le bassin versant. Il sera également chargé de l'administration du système (sauvegardes, restaurations, signalement au dispatching des erreurs d'acquisition pour permettre le déclenchement de demandes d'intervention sur les matériels d'acquisition automatique)

La centrale hydroélectrique de Péligré est en cours de rénovation, et en particulier un logiciel industriel de supervision va être mis en place pour le pilotage des

installations. Par raison de sécurité, il ne sera pas ajouté d'application supplémentaire sur l'ordinateur supportant le superviseur.

2.5.3.1. MATERIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Un ordinateur supplémentaire sera installé dans la salle de commande et mis en réseau avec l'ordinateur de supervision (SCADA). Il sera raccordé, ainsi que tous les autres matériels du système d'information, à l'alimentation secourue de l'ouvrage disponible dans la salle de commande. Dans la mesure où la totalité des matériels du système d'information représentent une puissance électrique totale limitée, il est considéré que l'alimentation secourue existante pourra alimenter ces appareillages sans besoin de renforcement.

Les matériels à fournir sont les suivants :

- PC avec disque dur externe 1TO ;
- Imprimante jet d'encre couleur A4 ;
- Matériels réseau: routeur, câbles, serveur de terminaux ;
- 5 modems GPRS (un modem dédié par interface pour permettre les accès concurrents à tout instant; les modems sont raccordés au serveur de terminaux) :
 - 1 modem pour les communications avec le CIAT,
 - 1 modem pour les communications avec le barrage de Canneau,
 - 1 modem pour les communications avec les stations du PNAP (La Thème, Fer à Cheval, Hinche, etc.),
 - 1 modem pour les communications avec le dispatching EDH à Delmas,
 - 1 modem pour les communications avec les nouvelles stations de mesure EDH sur le bassin versant amont (ex: Thomonde) ;
- 1 modem GPRS à raccorder à l'ordinateur du SCADA de la centrale, destiné à l'acquisition de données par le dispatching quand l'ordinateur de supervision n'est pas opérationnel ;
- Coffret informatique pour le logement des matériels réseau, des modems ;
- Mobilier de bureau : 1 bureau, 2 chaises opérateur, 1 armoire basse rangement consommables, documentation et archives.

2.5.3.2. LOGICIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Le logiciel installé sur le PC réalisera les fonctions suivantes :

- Acquisition automatique périodique de mesures de niveau depuis les stations du PNAP (bassin amont (Hinche...), mais aussi La Thème et Fer à Cheval, qui peuvent représenter des apports significatifs à l'Artibonite en aval de Péligre) ;

- Acquisition automatique périodique de mesures de niveau depuis les stations ajoutées sur le bassin versant (ex: Thomonde) ;
- Saisie manuelle par un opérateur des mesures de niveau du bassin versant en provenance des observateurs ;
- Acquisition automatique périodique des mesures de niveau amont et aval du barrage, des positions de vannes, des débits réglés dans les différentes passes depuis le nouveau superviseur de la centrale hydroélectrique (SCADA) ;
- Conversion des mesures de niveau des rivières en débits ;
- Acquisition depuis le dispatching de la consigne de débit à relâcher dans l'Artibonite ;
- Affichage de courbes permettant de visualiser l'évolution dans le temps de toutes les mesures acquises ;
- Archivage des mesures pour traitements ultérieur ;
- Synchronisation automatique des bases de données de mesures avec le dispatching de Delmas ;
- Accès à la visualisation des mesures par des tiers (ODVA, CIAT) au moyen d'un serveur web. Ce serveur autorise des utilisateurs identifiés à accéder à des synoptiques préparés à leur usage, présentant la situation actuelle: valeurs temps réel, alarmes, courbes d'évolution des débits ;
- Accès à l'historique des mesures par des tiers (ODVA, CIAT) au moyen d'un serveur de données. Ce serveur autorise des utilisateurs identifiés à accéder aux archives de mesures pour traitements ultérieurs (extraction de valeurs de niveaux, débits entre deux dates pour une station donnée).

Toutes ces fonctions peuvent être remplies par un superviseur industriel du commerce, sans développement spécifique.

En complément de ce logiciel, un outil sera développé pour assister les opérateurs de la centrale dans le réglage des vannes. Les courbes actuellement sur des abaques papier seront numérisées. L'opérateur pourra entrer le débit total souhaité, le nombre de passes et le logiciel donnera le taux d'ouverture des vannes.

La dernière version de Microsoft Office sera installée sur l'ordinateur.

Le logiciel de supervision et l'outil d'aide au réglage des vannes feront l'objet d'une documentation utilisateur détaillée adaptée au projet.

2.5.4. Système d'information au dispatching de Delmas (Ed'H)

Le système d'information au dispatching de Delmas joue le même rôle que celui de Peligre pour ce qui concerne les acquisitions de données. Il comporte également un outil d'aide à la gestion des crues et du niveau de la retenue de Peligre.

2.5.4.1. MATERIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Le dispatching de Delmas sera équipé du même matériel que Péligre, sans le routeur nécessaire au réseau local avec l'ordinateur SCADA, mais complété par une alimentation secourue autorisant 8 h d'autonomie. Les modems sont de même nature qu'à Péligre et sont destinés aux mêmes natures de communications.

2.5.4.2. LOGICIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Au dispatching sera installé le même logiciel de supervision qu'à Péligre. Les deux logiciels seront en liaison permanente (GPRS) et la synchronisation des bases de données se fera en continu.

Pour limiter l'impact des crues et éviter des lâchures trop importantes vers une vallée également soumise à des apports complémentaires (Thème, Fer à Cheval, etc.), il importe de pouvoir tirer le maximum de la capacité de stockage de la retenue. Les épisodes passés, notamment le Cyclone Georges en 1998 et la crue de septembre 2008, montrent que la gestion du barrage aurait pu être améliorée pour lui faire tenir un rôle significatif de retenue.

Un outil d'aide à la gestion des crues sera donc développé spécialement pour le dispatching. Il implémentera les consignes actuelles (TAMS, 1981) en prenant compte des nouvelles informations disponibles sur le bassin versant. La définition de nouvelles règles de conduite de l'ouvrage ne fait pas partie du projet.

Le logiciel réalisera les fonctions suivantes :

- Affichage à l'écran des consignes d'exploitation ;
- Acquisition de données temps-réel depuis le logiciel de supervision local (niveaux, débits) ;
- Affichage de la courbe de remplissage théorique du barrage, avec en surimpression l'état actuel de la retenue ;
- Affichage de la courbe retraçant les valeurs passées du niveau amont de la retenue ;
- Calcul des apports journaliers au barrage ;
- Calcul de l'évolution prévisionnelle du niveau et affichage des valeurs prévisionnelles du niveau amont de la retenue. Cette évolution se basera sur une courbe de remplissage théorique et sur des temps de propagation paramétrables. Ces temps de propagation seront affinés quand existeront des enregistrements sur des périodes suffisamment prolongées. La capacité du bassin évolue en fonction de l'envasement comme rappelé dans le tableau ci-dessous. Le logiciel calculera la capacité de stockage actuelle du barrage avec une hypothèse d'évolution de $-6\text{Mm}^3/\text{an}$ et l'affichera.

Tableau 7 : Evolution des tranches de retenue sous l'effet de la sédimentation dans le réservoir

| | 1956 | 1956 | 1972 | 1980 | 1989 | 2008 | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|---|
| $PE < 153 \text{ m}$ | 136 | 136 | 108 | 98 | 76 | 43 | V. mort |
| $153 < PE < 167$ | 298 | 298 | 243 | 213 | 174 | 148 | V exploitation sous les vannes V exploitation sur les Vannes Sect. |
| $167 < PE < 172$ | | 173 | 173 | 158 | 145 | 106 | |
| Total 153 à 172 | 432^a | 471^b | 417 | 371 | 319 | 254 | V exploitation |
| Baisse capacité exploitation | | | - 11 % | - 11 % | - 14 % | - 20 % | |
| $172 < PE < 175$ | | 126 | 126 | 123 | 121 | 83 (?) | V laminage |
| Baisse capacité laminage | | | 0 % | - 2 % | - 2 % | - 31 % | |

Notes : (a) Volume exploitable au départ, sans limitation sous 153,

(b) Volume virtuel 153 à 172 (avant les vannes au dessus de 167)

- Simulation de l'évolution du niveau à partir de données saisies par l'opérateur (durée crue avec les débits actuels, débit relâché) ;
- Affichage des niveaux à l'aval de Péligre (La Thème, Fer à Cheval) ;
- Vérification que la proposition de débit relâché à Péligre et les niveaux à l'aval sont acceptables pour le barrage de Canneau, avec alarme en cas de valeur anormalement haute.
- Archivage des données calculées pour traitements ultérieurs.

La dernière version de Microsoft Office sera installée sur l'ordinateur.

Le logiciel de supervision et l'outil d'aide à la gestion des crues feront l'objet d'une documentation utilisateur détaillée adaptée au projet.

2.5.5. Système d'information au barrage de Canneau (ODVA)

Le système de gestion du barrage de Canneau doit être entièrement rénové. Le principe est de conserver une commande par boutons poussoirs sur l'armoire automatismes, cette commande étant décrite dans le chapitre relatif à Canneau. Un automate gèrera les ouvertures de vannes et de clapets et l'acquisition des mesures de niveau (CMRD, amont barrage, amont CMRD, amont CMRG).

Un ordinateur sera installé pour permettre la visualisation et le stockage des informations de gestion de l'ouvrage. Il réalisera l'acquisition automatique en continu des données de gestion de l'ouvrage depuis l'automate local (mise en réseau local des deux appareils) et permettra aussi l'acquisition des données de niveau à l'aval de l'ouvrage (Artibonite, CMRD, CMRG). Un opérateur pourra également saisir ces informations en cas de problème avec les équipements de terrain.

L'ordinateur sera relié à l'alimentation secourue de l'ouvrage (batteries).

Il servira aussi à l'affichage des données concernant les apports de l'Artibonite, acquises depuis la centrale de Péligre (ou du dispatching Ed'H en cas d'indisponibilité de l'ordinateur de Péligre).

2.5.5.1. MATERIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

- PC avec disque dur externe ITO ;
- Imprimante jet d'encre couleur A4 ;

- Onduleur ;
- Matériels réseau: routeur, câbles, serveur de terminaux ;
- 4 modems GPRS (un modem dédié par interface pour permettre les accès concurrents à tout instant; les modems sont raccordés au serveur de terminaux) :
 - 1 modem pour les communications avec le centre ODVA de Pont Sondé,
 - 1 modem pour les communications avec le CIAT,
 - 1 modem pour les communications avec le superviseur installé au barrage de Péligre ou celui du dispatching EDH,
 - 1 modem pour les communications avec les stations du PNAP (rivière Artibonite aval barrage, CMRG) ;
- Coffret informatique pour le logement des matériels réseau, des modems ;
- Mobilier de bureau : 1 bureau, 2 chaises opérateur, 1 armoire basse rangement consommables, documentation et archives.

2.5.5.2. LOGICIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Un logiciel de supervision sera installé sur le PC de Canneau. Il s'agira d'un logiciel de supervision standard du commerce, pouvant remplir les fonctions suivantes:

- Acquisition des mesures de niveau depuis les stations du PNAP (niveau CMRG et niveau aval barrage) ;
- Acquisition de données depuis l'automate local de gestion de l'ouvrage (niveau amont barrage, amont CMRG, amont CMRD; ouvertures des vannes et clapets) ;
- Calcul des débits CMRD, CMRG et Artibonite aval barrage,
- Affichage de courbes permettant de visualiser l'évolution dans le temps de toutes les mesures acquises ;
- Archivage des mesures pour traitements ultérieurs ;
- Transmission des mesures au centre ODVA de Pont Sondé ;
- Accès à la visualisation des mesures par des tiers (CIAT) au moyen d'un serveur web. Ce serveur autorise des utilisateurs identifiés à accéder à des synoptiques préparés à leur usage, présentant la situation actuelle: valeurs temps réel, alarmes, courbes d'évolution des débits ;
- Accès à l'historique des mesures par des tiers (CIAT) au moyen d'un serveur de données. Ce serveur autorise des utilisateurs identifiés à accéder aux archives de mesures pour traitements ultérieurs (extraction de valeurs de niveaux, débits entre deux dates pour une station donnée) ;

En parallèle de ce logiciel de supervision, un navigateur web interrogera les synoptiques générés par le système de Péligré pour connaître les débits relâchés dans l'Artibonite, de manière à anticiper de fortes variations de régime.

La dernière version de Microsoft Office sera installée sur l'ordinateur.

Le logiciel de supervision et l'outil de consultation des synoptiques de Péligré feront l'objet d'une documentation utilisateur détaillée adaptée au projet.

2.5.6. Système d'information à Pont Sondé (ODVA)

Le système d'information à l'ODVA doit lui permettre de disposer des informations de gestion de l'ouvrage de Canneau, et en particulier les débits réglés sur le Canal Maître Rive Gauche et Canal Maître Rive Droite.

Le projet de développement des périmètres hydroagricoles de l'Artibonite prévoit l'installation à Pont Sondé d'un système de supervision des débits réglés dans les principaux canaux gérés par l'ODVA.

Le présent projet s'appuiera sur ce nouveau système pour intégrer le suivi de l'ouvrage de Canneau.

2.5.6.1. MATERIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

L'infrastructure du matériel est fournie par le projet hydroagricole. Il convient de compléter ce matériel avec un modem GPRS destiné à la communication avec Canneau.

2.5.6.2. LOGICIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Les prestations comportent des compléments de paramétrage du superviseur installé par le projet de développement hydroagricole, pour intégrer le barrage de Canneau:

- Ajout de variables de supervision représentant l'ouvrage de Canneau (y compris archivage),
- Paramétrage d'un synoptique représentant l'ouvrage de Canneau, sur le modèle du synoptique qui sera développé à Canneau,
- Ajout de l'interrogation du superviseur de Canneau pour l'actualisation des mesures.

Pour la consultation des mesures venant de EDH, un navigateur web permettra l'affichage de synoptiques générés à Péligré (ou au dispatching),

Un outil de consultation des archives permettra l'extraction de données historiques stockées par le superviseur de Canneau (extraction de valeurs de niveaux, débits entre deux dates pour une station donnée).

Le logiciel de consultation des synoptiques et de consultation des archives feront l'objet d'une documentation utilisateur détaillée adaptée au projet.

2.5.7. Système d'information au CIAT

Le système d'information au CIAT doit lui permettre d'acquérir les données complémentaires sur les niveaux et les débits à Péligre (y compris bassin versant amont) et à Canneau.

2.5.7.1. MATERIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Un PC sera fourni pour l'acquisition et le stockage de données, et installé dans les locaux du CIAT.

- PC avec disque dur externe 1TO,
- Imprimante jet d'encre couleur A4,
- Alimentation secourue autonomie 8 h,
- Matériels réseau: câbles, serveur de terminaux,
- 2 modems GPRS (un modem dédié par interface pour permettre les accès concurrents à tout instant; les modems sont raccordés au serveur de terminaux):
 - 1 modem pour les communications avec Canneau,
 - 1 modem pour les communications avec le superviseur installé au barrage de Péligre ou celui du dispatching EDH.
- Coffret informatique pour le logement des matériels réseau, des modems,
- Mobilier de bureau : 1 bureau, 2 chaises opérateur, 1 armoire basse rangement consommables, documentation et archives.

2.5.7.2. LOGICIELS DU SYSTEME D'INFORMATION

Le CIAT disposera du même outil de visualisation de synoptiques que le centre ODVA de Pont Sordé.

Il en est de même pour le logiciel d'extraction de données.

La dernière version de Microsoft Office sera installée sur l'ordinateur.

Le logiciel de consultation des synoptiques et de consultation des archives feront l'objet d'une documentation utilisateur détaillée adaptée au projet.

3. PROGRAMME DE MAINTENANCE

3.1. Maintenance de l'instrumentation des barrages

Aucun contrôle périodique particulier n'est préconisé mais en cas de dérive anormale des mesures ou de dysfonctionnements flagrants, les instruments devront être révisés.

Une inspection visuelle régulière de l'ensemble des instruments doit toutefois être réalisée lors des tournées de mesures.

Les instruments doivent être maintenus propres et les capots de protection (clinosilices) en bon état.

Les points de mesure des fuites doivent être entretenus pour éviter le développement de la végétation et au besoin les tubes peuvent être nettoyés au jet sous-pressure.

3.2. Maintenance de l'instrumentation du bassin-versant du barrage de Péligre

Le dispositif recommandé par le consultant demande peu d'entretien et de maintenance. La présence d'un observateur local sur place garantit la transmission immédiate de l'information en cas de dégradation du site. Il conviendra de s'assurer de la bonne stabilité de la station régulièrement (notamment après chaque crue d'importance) et du bon état des échelles, conçues pour résister aux intempéries mais dont les fixations peuvent se détériorer.

Les stations automatiques en option, si elles sont réalisées, demanderont plus de réactivité de la part du gestionnaire et la capacité de recruter ponctuellement un observateur en cas de défaillance pour relever les hauteurs d'eau sur les échelles installées en parallèle aux stations automatiques et ainsi éviter les lacunes d'observation.

3.3. Maintenance du système d'information

La maintenance du matériel sera confiée à des entreprises extérieures (ex: contrats-cadres).

3.4. Maintenance de l'instrumentation des organes hydromécaniques du barrage de Canneau

Le programme de maintenance n'a pu à l'heure actuelle être défini. Il sera présenté dans la version finale de ce rapport.

4. FORMATION

4.1. Instrumentation

Une formation du personnel de l'ODVA et de l'Ed'H par un ingénieur spécialisé en auscultation des ouvrages est préconisée. Elle pourra se dérouler sur 3 jours afin d'aborder la nécessité de la surveillance et de la maintenance des ouvrages, le comportement des barrages aux diverses sollicitations appliqué aux cas particuliers de Péligre et de Canneau, le rôle et l'utilisation spécifique des instruments, etc.

Si nécessaire, une formation en jaugeage des cours d'eau pour les techniciens qui seront en charge du suivi des stations limnimétriques devra être proposée. Une journée de formation devrait suffire pour cela. Le fournisseur du matériel de jaugeage pourrait l'effectuer.

4.2. Hydromécanique

Le programme de formation n'a pu à l'heure actuelle être défini. Il sera présenté dans la version finale de ce rapport.

4.3. Système d'information

Le but des formations relatives au système d'information est d'assurer qu'il existera au sein de chaque organisation des personnels sachant utiliser sans difficulté les logiciels mis en place. Il est à souligner que cet effort initial de formation devra être poursuivi en cours d'exploitation du système, de manière à former les nouveaux arrivants.

4.3.1. LOGICIEL DE SUPERVISION (PÉLIGRE, DISPATCHING)

Objectif de la formation

La formation a pour but de permettre l'utilisation du logiciel de supervision et d'en assurer l'administration.

Contenu de la formation

- Principes d'acquisition de données (automatique, saisie manuelle)
- Affichage de synoptiques et de courbes
- Sauvegarde et restauration du système
- Interfaces de communication avec d'autres utilisateurs (serveur web)
- Outil d'aide au réglage des vannes

Lieu et durée des sessions, nombre de participants

Une session de 2 jours sera organisée à Péligre pour un groupe de 6 personnes (3 Péligre, 3 dispatching). Elle donnera lieu à un contrôle des connaissances.

Un support de cours sera préparé et distribué à tous les participants, en complément de la documentation utilisateur des divers logiciels.

4.3.2. LOGICIEL DE SUPERVISION (CANNEAU)

Objectif de la formation

La formation a pour but de permettre l'utilisation du logiciel de supervision et d'en assurer l'administration.

Contenu de la formation

- Principes d'acquisition de données (automatique, saisie manuelle)
- Affichage de synoptiques et de courbes
- Sauvegarde et restauration du système
- Interfaces de communication avec d'autres utilisateurs (serveur web)

Lieu et durée des sessions, nombre de participants

Une session de 2 jours sera organisée à Canneau pour un groupe de 6 personnes (3 Canneau, 3 Pont Sondé). Elle donnera lieu à un contrôle des connaissances.

Un support de cours sera préparé et distribué à tous les participants, en complément de la documentation utilisateur des divers logiciels.

4.3.3. LOGICIEL D'AIDE A LA GESTION DE CRUES (DISPATCHING)

Objectif de la formation

La formation a pour but de permettre l'utilisation du logiciel de d'aide à la gestion des crues par le personnel du dispatching.

Contenu de la formation

- Principes d'acquisition de données
- Affichage de synoptiques et de courbes
- Méthodes d'amélioration du logiciel

Lieu et durée des sessions, nombre de participants

Une session de 2 jours sera organisée au dispatching pour un groupe de 3 personnes. Elle donnera lieu à un contrôle des connaissances.

Un support de cours sera préparé et distribué à tous les participants, en complément de la documentation utilisateur des divers logiciels.

4.3.4. LOGICIEL D'EXTRACTION DE DONNEES HISTORIQUES (EDH, ODVA, CIAT)

Objectif de la formation

La formation a pour but de permettre l'utilisation du logiciel d'extraction de données historiques.

Contenu de la formation

- Présentation du système d'archivage
- Interface opérateur pour l'extraction de données
- Traitement des données (affichages des courbes, statistiques avec Microsoft Excel)

Lieu et durée des sessions, nombre de participants

Deux sessions de 2 jours seront organisées, chacune pour un groupe de 3 personnes, au CIAT et à Pont Sondé. Elles donneront lieu à un contrôle des connaissances.

Un support de cours sera préparé et distribué à tous les participants, en complément de la documentation utilisateur des divers logiciels.

4.3.5. MICROSOFT OFFICE (EDH, ODVA, CIAT)

Objectif de la formation

La formation a pour but de permettre l'utilisation de Microsoft Office, en particulier Excel, utilisé dans le traitement des données.

Contenu de la formation

- Création feuille de calcul
- Affichage de courbes
- Formules et traitements statistiques
- Génération de rapports

Lieu et durée des sessions, nombre de participants

Trois sessions de 2 jours seront organisées, chacune pour un groupe de 3 personnes, au CIAT, à l'ODVA et à Pont Sondé. Elles donneront lieu à un contrôle des connaissances.

Un support de cours sera préparé et distribué à tous les participants, en complément de la documentation utilisateur des divers logiciels.

5. PLANNING

L'opération se déroulera en saison sèche pour ce qui est de l'intervention sur les organes hydromécaniques du barrage de Canneau, à savoir entre décembre 2014 et mars 2015.

Les stations limnimétriques devront être installées également en saison sèche.

Les autres travaux d'instrumentation pourront se faire en parallèle.

6. COUT DE L'OPERATION

Les coûts estimatifs de l'opération sont présentés ci-après. Ils comprennent la fourniture, l'installation et la formation mais ne comprennent pas les coûts de maintenance et d'exploitation.

Il est proposé pour **l'instrumentation du barrage de Peligre** de rénover ou remplacer les dispositifs essentiels existants défectueux et de les compléter par la mise en place de 2 piézomètres en crête rive droite (contrôle des fuites) et de 2 sismographes. Le montant de cette opération est estimé à environ **84 kUSD**.

L'instrumentation du barrage de Canneau proposé consiste en la mise en place de 5 limnimètres permettant de contrôler les niveaux d'eau en amont et en aval du barrage et de ses 2 canaux d'irrigation associés. Le montant de cette opération est estimé à environ **37 kUSD**.

Pour **l'instrumentation du bassin versant de Peligre** en vue de faciliter la gestion du barrage en période de crue, le consultant recommande l'installation de 6 stations limnimétriques, à minima non automatique (échelles simple et observateur local). La connaissance de la répartition spatiale et temporelle des écoulements de crue permettra une optimisation de l'évacuation au niveau du barrage. L'automatisation et la télétransmission des données de hauteurs d'eau ne paraissent pas nécessaires et surtout, paraissent risquées en terme d'entretien et de pérennisation souhaitable du système. Des campagnes de jaugeages aux sites d'implantation des échelles sont fortement recommandées ainsi que l'installation de pluviomètres répartis sur le bassin versant. Le montant estimé pour la totalité de l'opération (avec rémunération des observateurs et les aléas liés aux contextes pour chaque station) est estimée à **22 kUSD**. Le coût additionnel pour l'installation en option de 2 stations automatiques serait de 18 kUSD.

Les coûts de mise en place du **système d'information** ont été évalués pour chacun des sites concernés. Ils incorporent trois ensembles principaux : matériel (fourniture, pose), logiciels (licences logiciels standard, coûts de développements spécifiques, coûts de paramétrage), formation. Le montant estimatif est de **218 kUSD**.

Le montant estimatif des travaux pour la partie **hydromécanique du barrage de Canneau** est présenté pour une option ne garantissant pas le fonctionnement en mode dégradé (la manœuvre de vanne doit toujours se faire avec 2 treuils). Il est à minima de l'ordre de **521 kUSD**.

Le montant des **travaux hydromécaniques** peut présenter différents **surcoûts** :

- Selon le résultat des expertises préconisées et donc de la nécessité de changer ou non l'ensemble des treuils, le surcoût peut être de l'ordre de 265 kUSD ;
- Le surcoût pour la mise en place optionnelle d'un fonctionnement en mode dégradé n'a pu encore être estimé précisément (probablement de l'ordre de 75 kUSD) ;
- La réalisation du chantier de changement de la vanne du canal RG peut présenter des surcoûts du à sa difficulté de mise en œuvre restant à définir (batardage ? enlèvement de la vanne ?) ;
- L'état de la vanne du canal RD n'a pu être observée (inaccessible) mais peut nécessiter des travaux.

Le montant total de l'opération est estimé à 882 kUSD auxquels il faut rajouter 20% pour les aléas et la maîtrise d'œuvre soit un total de **1058 kUSD (hors surcoûts éventuels pour la partie hydromécaniques et hors coûts de maintenance et d'exploitation).**

Le détail des montants estimatif est présenté dans les tableaux ci-après. Un sous-détail pour la partie concernant le système d'information est fourni en annexe.

| Instrumentation du barrage de Péligre | | | | |
|---|---------|----------|----------|------------------|
| Instruments | Unité | Quantité | PU (USD) | Prix total (USD) |
| Poste de lecture des clinosilices + changement des 6 prises | Unité | 1 | 5 000 | 5 000 |
| Aménagement des fuites | Forfait | 1 | 1 000 | 1 000 |
| Manomètre | Unité | 25 | 65 | 1 625 |
| Vanne | Unités | 15 | 490 | 7 350 |
| Raccord manomètres et vannes | Unité | 10 | 200 | 2 000 |
| Installation des instruments ci-dessus | Forfait | 1 | 8 000 | 8 000 |
| Piézomètre (20 ml) | Unité | 2 | 4 000 | 8 000 |
| Sonde de lecture de niveau | Unité | 1 | 700 | 700 |
| Sismographes | Unité | 2 | 16500 | 33 000 |
| Formation auscultation | Forfait | 1 | 17 000 | 17 000 |
| <i>Sous-Total</i> | | | | 83 675 |

Tableau 6.1 – Montant estimatif du coût de l'instrumentation du barrage de Péligre

| Instrumentation du barrage de Canneau | | | | |
|---------------------------------------|-------|----------|----------|------------------|
| Instruments | Unité | Quantité | PU (USD) | Prix total (USD) |
| Limnimètre | Unité | 5 | 7 410 | 37 050 |

Tableau 6.2 – Montant estimatif du coût de l'instrumentation du barrage de Canneau

| Système d'information | |
|---|------------------|
| Système | Prix total (USD) |
| Système d'information à Péligre | 64 000 |
| Système d'information au dispatching Ed'H | 93 000 |
| Supervision ODVA à Canneau | 36 000 |
| Système d'information ODVA à Pont Sondé | 14 000 |
| Système d'information au CIAT | 11 000 |
| <i>Sous-Total</i> | 218 000 |

Tableau 6.3 – Montant estimatif du coût du système d'information

| Equipements hydromécaniques du barrage de Canneau | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------|-----|---------------|------------|
| Matériels ou opérations | | | Unité | Qté | Prix Unitaire | Prix total |
| Vannes du barrage | Treuils | Remplacement des réducteurs de la vanne V2 par des réducteurs identiques sans moteur ni frein | Unité | 2 | 44 100 | 88 200 |
| | | Expertise réducteurs in situ | Unité | 2 | 7 560 | 15 120 |
| | | Moteurs avec frein et câblage | Forfait | 8 | 7 560 | 60 480 |
| | Circuits hydrauliques des clapets | Réhabilitation centrales hydrauliques in situ (pièces à remplacer) | Unité | 2 | 1 890 | 3 780 |
| | | Fût de 208 l d’huile Iso VG46 | Unité | 2 | 1 010 | 2 020 |
| | | Révision complète des vérins chez constructeur | Unités | 3 | 7 810 | 23 430 |
| Vannes des prises d'eau | | Remplacement des treuils et câbles | Unités | 2 | 7 560 | 15 120 |
| | | Réhabilitation de la vanne canal RG : peinture - remplacement des joints | Forfait | 1 | 63 000 | 63 000 |
| Commande des vannes | | Armoire cde hors automate | Unité | 1 | 37 800 | 37 800 |
| | | Automate avec cartes E/S | Unité | 1 | 3 780 | 3 780 |
| | | Programmation automate par tech. sup avec dpt (1 mois) | Forfait | 1 | 7 560 | 7 560 |
| | | Capteurs avec câblages et montage | Unité | 60 | 1 010 | 60 600 |
| Alim électrique | | Générateur électrique 30 kVA | Unité | 1 | 10 080 | 10 080 |
| | | 1 jeu de 4 batteries 6V - 240 Ah avec chargeur | Unité | 1 | 5 040 | 5 040 |
| Portique batardeau | | Remise en peinture | Forfait | 1 | 15 120 | 15 120 |
| | | Remplacement du moteur de levage | Unité | 1 | 2 520 | 2 520 |
| | | Remplacement des moteurs de translation | Unité | 2 | 1 260 | 1 260 |
| Transport des matériels | | 30% coût des fournitures | | | | 94 233 |
| Formation du personnel | | | Forfait | 1 | 12 000 | 12 000 |
| Sous-Total | | | | | 521 143 | |

Tableau 6.4 – Montant estimatif du coût de l'hydromécanique de Canneau

| Instrumentation du BV de Péligre | | | | |
|--|-------|---|-------|---------------|
| Echelle limnimétrique (hauteur à définir précisément 4 m par défaut) | Unité | 6 | 500 | 3 000 |
| Génie civil | Unité | 6 | 750 | 4 500 |
| Pluviomètre | Unité | 5 | 1300 | 6 500 |
| Matériel de jaugeage | Unité | 2 | 4 000 | 8 000 |
| <i>Sous-Total</i> | | | | <i>22 000</i> |

Tableau 6.5 – Montant estimatif du coût de l'instrumentation du BV de Péligre

ANNEXE

ANNEXE 1 – PLANS DU DISPOSITIF D'AUSCULTATION

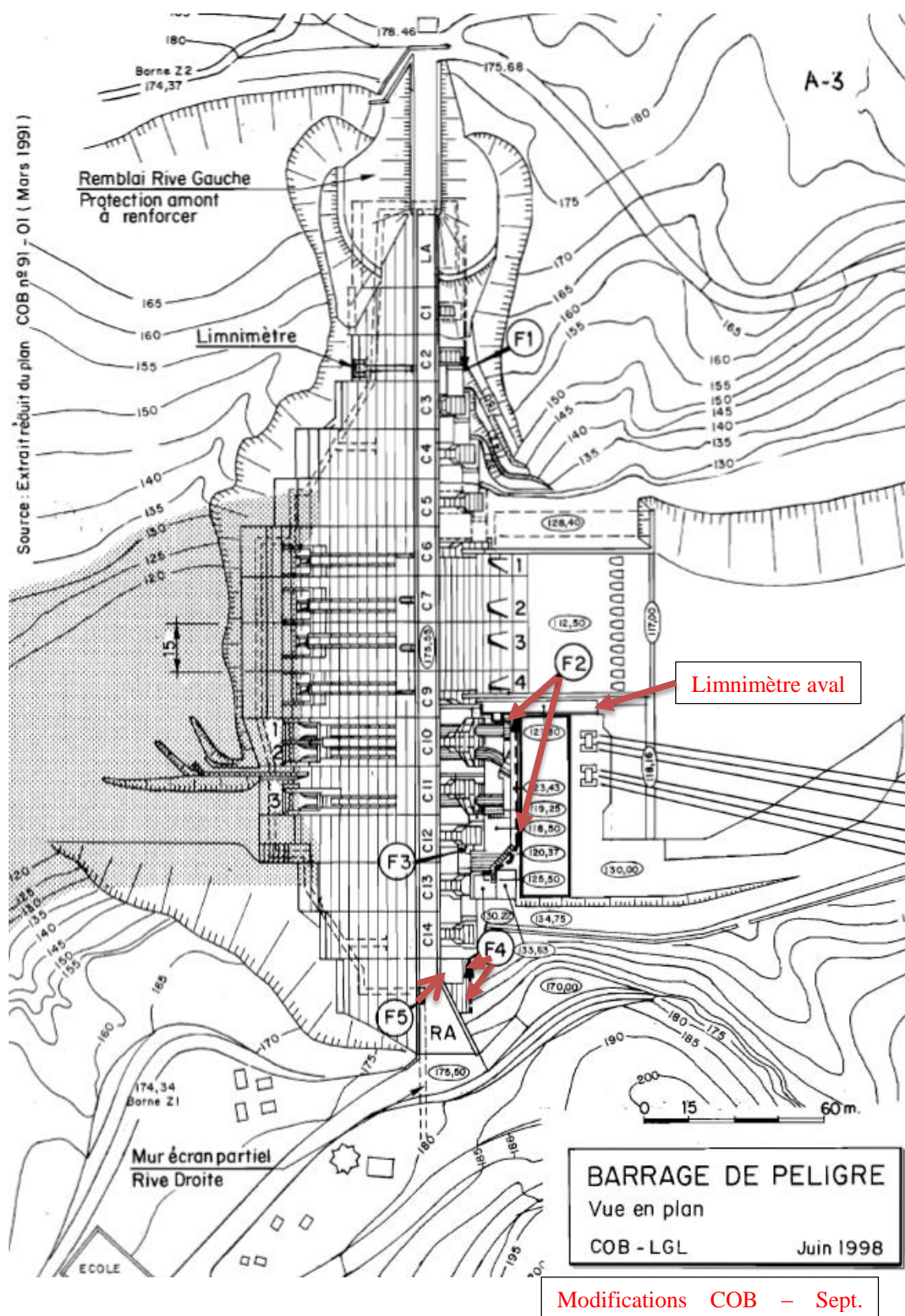


Figure 6.1 – Barrage de Péligre - Plan de localisation des mesures de fuites et limnimètres

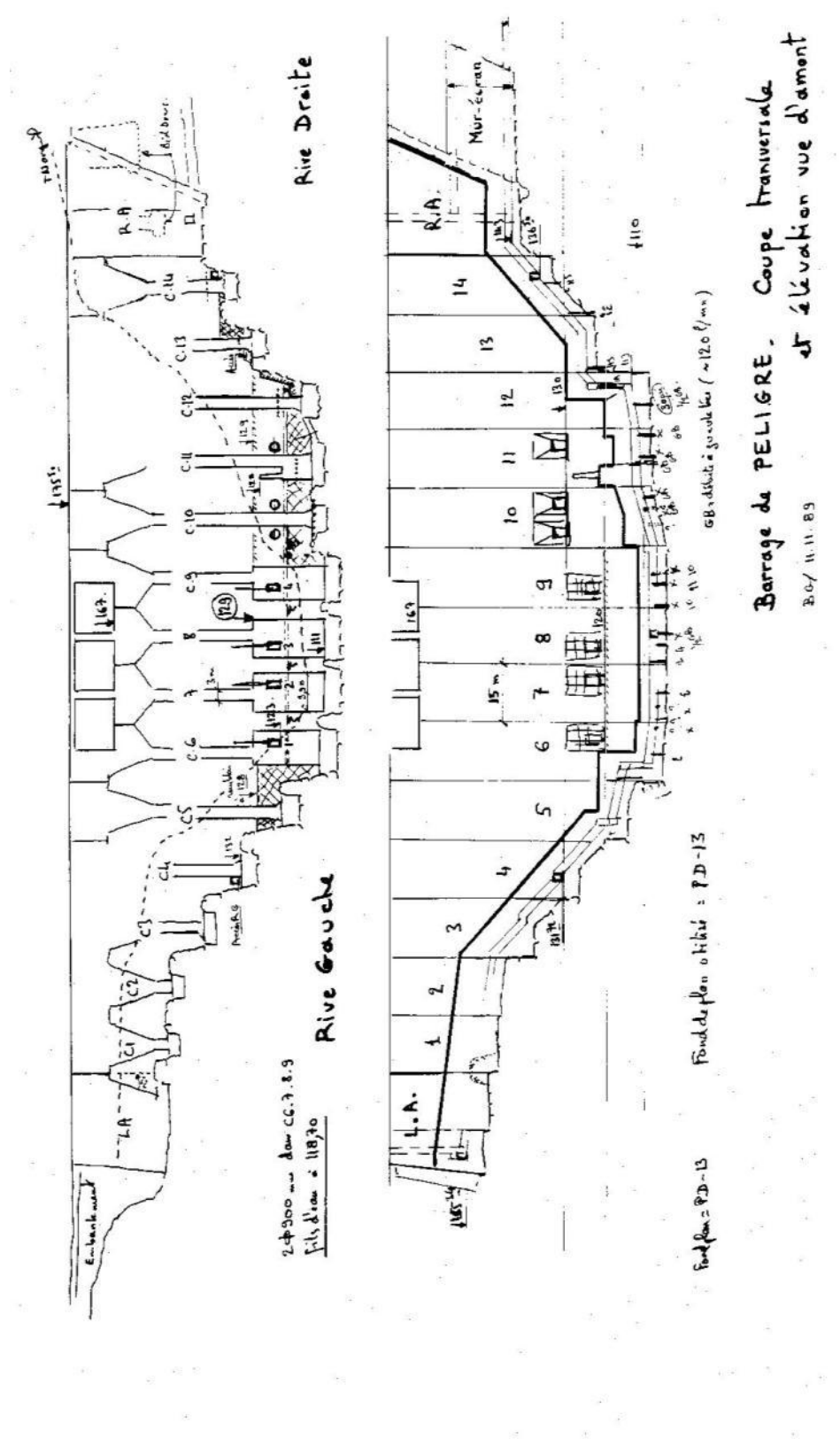


Figure 6.2 – Barrage de Péligre - Plan de localisation des drains-piézomètres

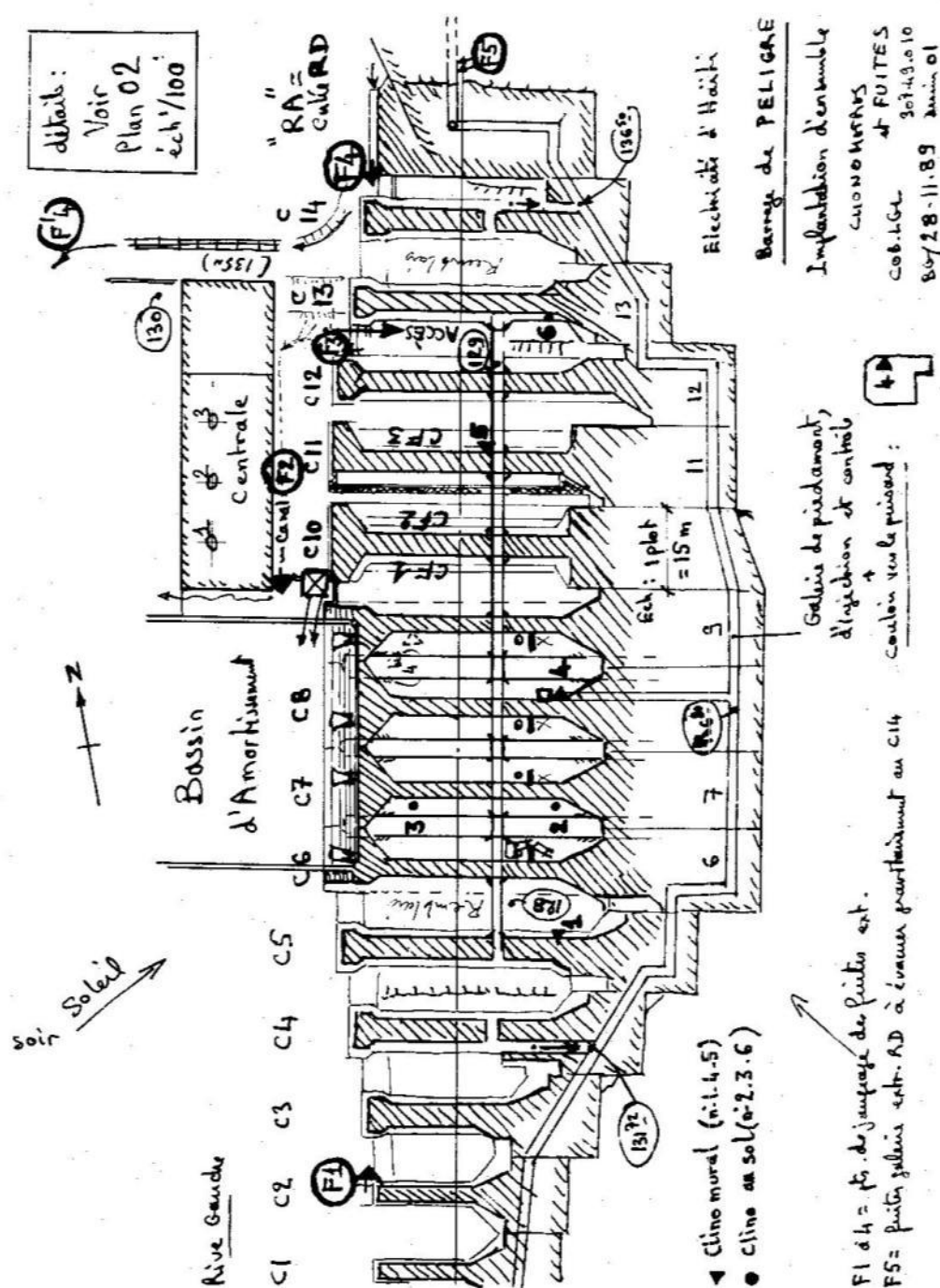


Figure 6.3 – Barrage de Péligre - Plan de localisation des mesures de fuites et des clinomètres

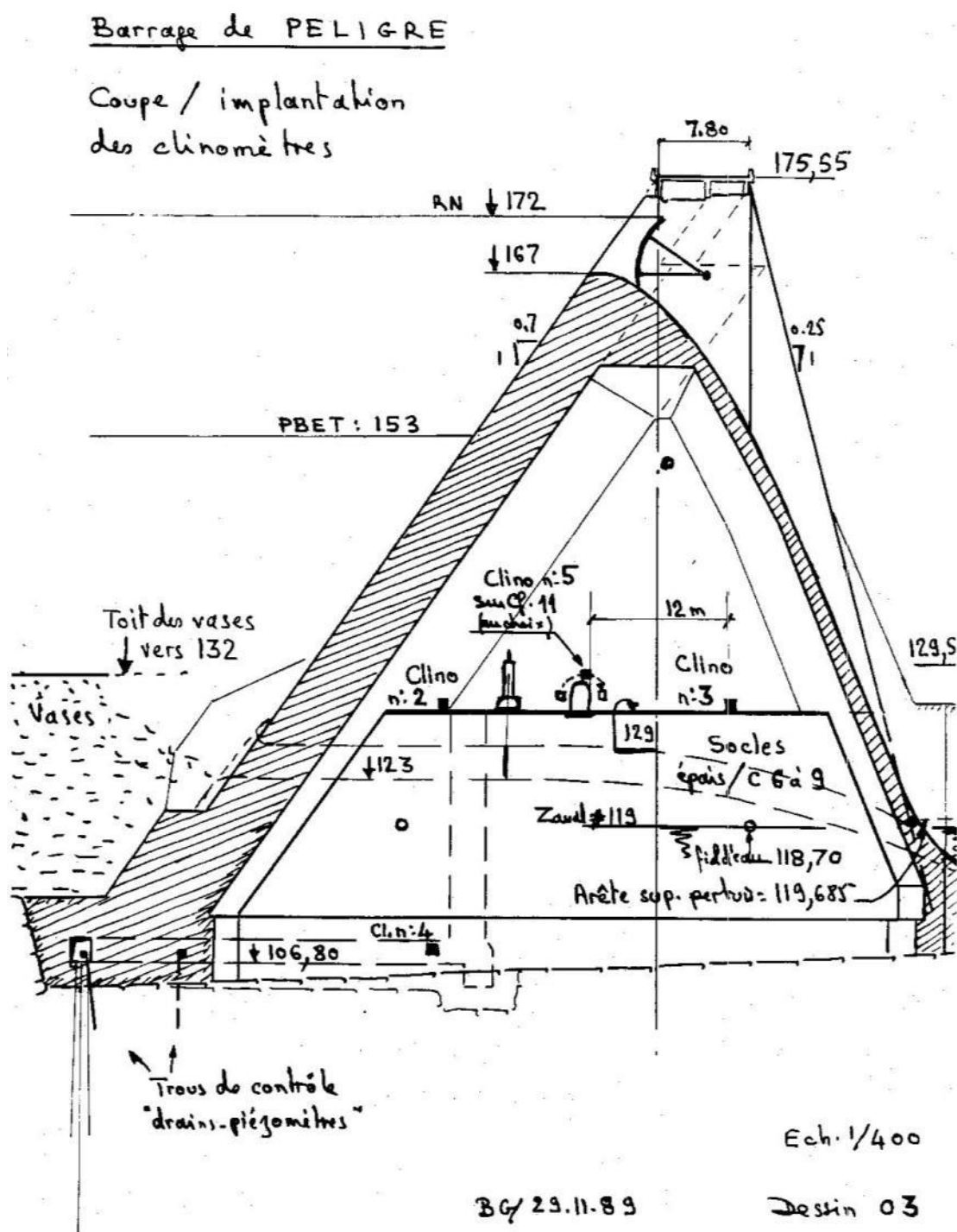


Figure 6.4 – Barrage de Péligré - Plan de localisation des drains-piézomètres et des clinomètres

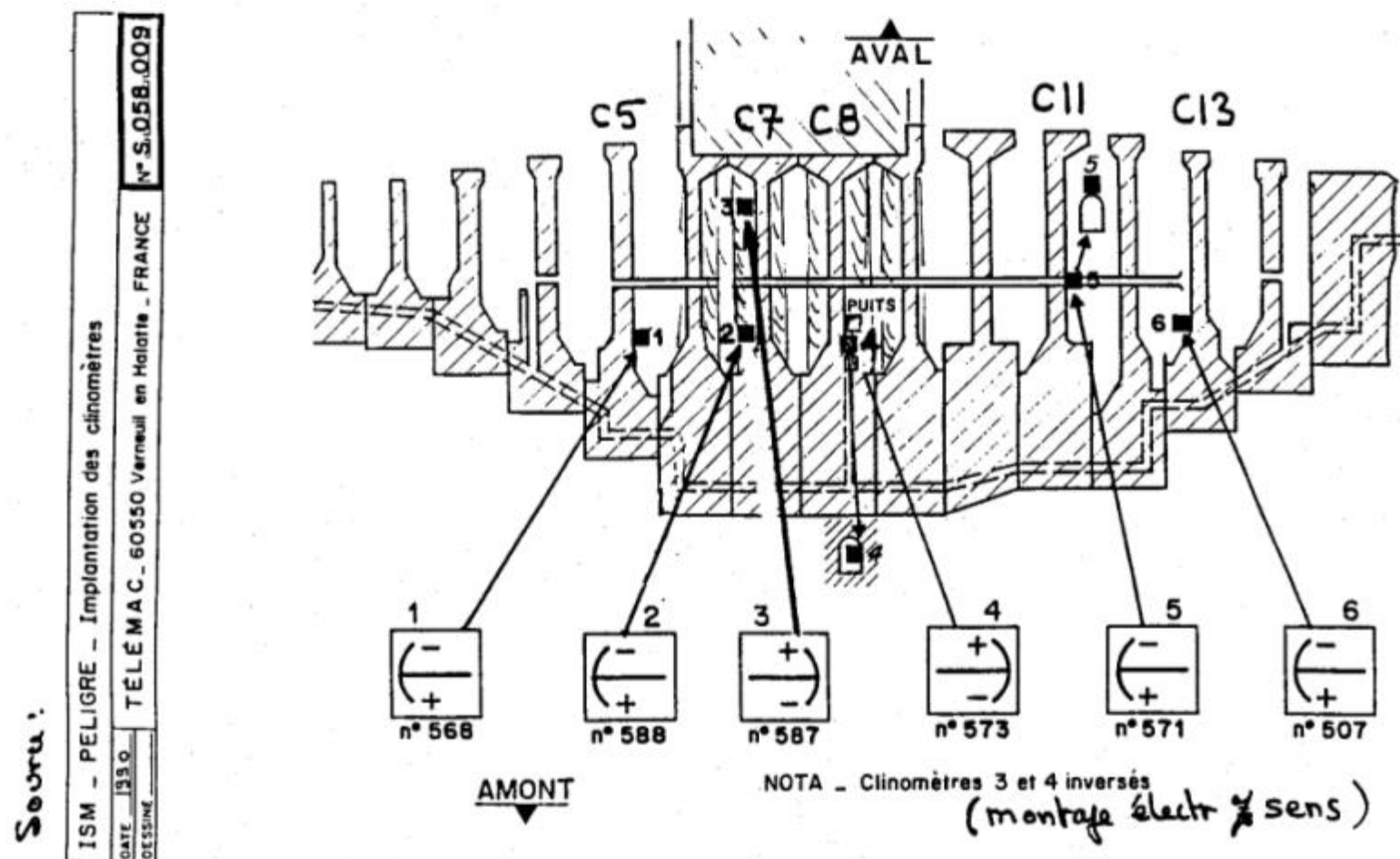


Figure 6.5 – Barrage de Péligré - Plan de localisation des clinomètres

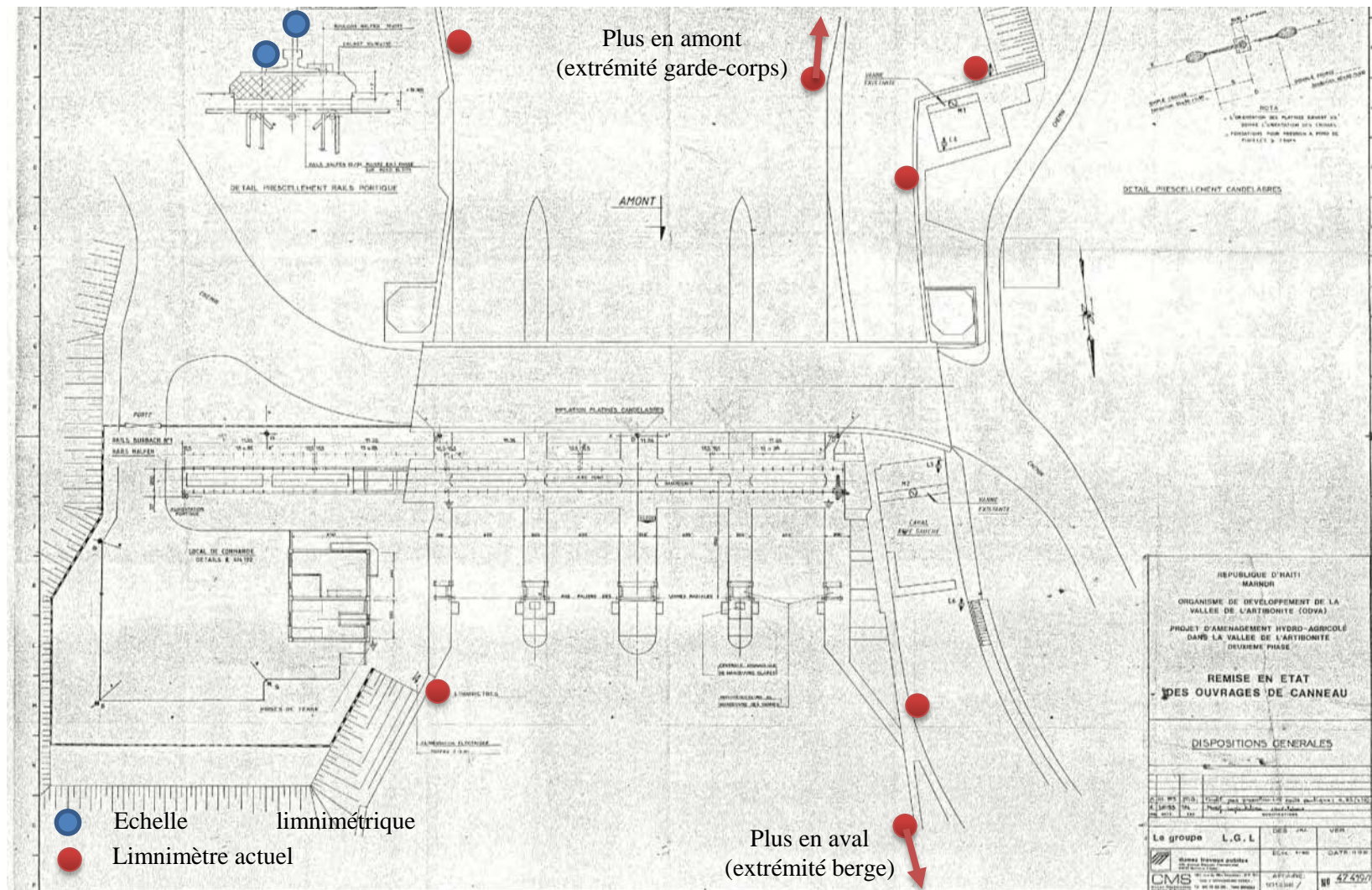


Figure 6.6 – Barrage de Canneau - Plan de localisation des limnimètres (fond de plan LGL-DUMÉZ-CMS n°47 419-1 de 1988)

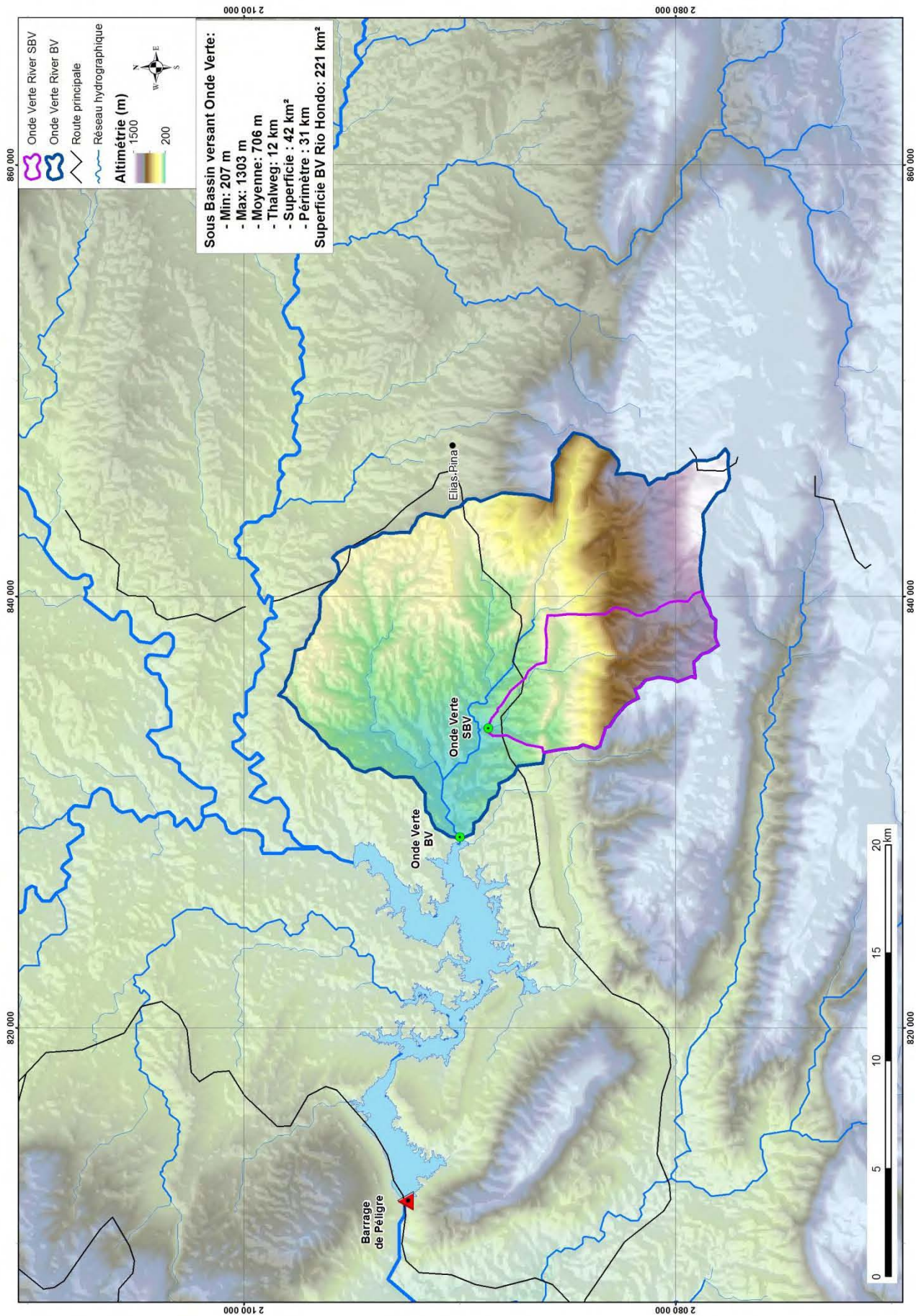
ANNEXE 2 – CARTOGRAPHIE DE L'INSTRUMENTATION DU BV DE PÉLIGRE

Annexe 2-1

Bassin versant de la rivière Onde Verte

Contexte : Existence d'un pont permettant une instrumentation avec station automatique télétransmise.

Les jaugeages sont possibles sur cette section.



Photographie 1 : A l'amont du pont



Photographie 2 : Section instrumentable

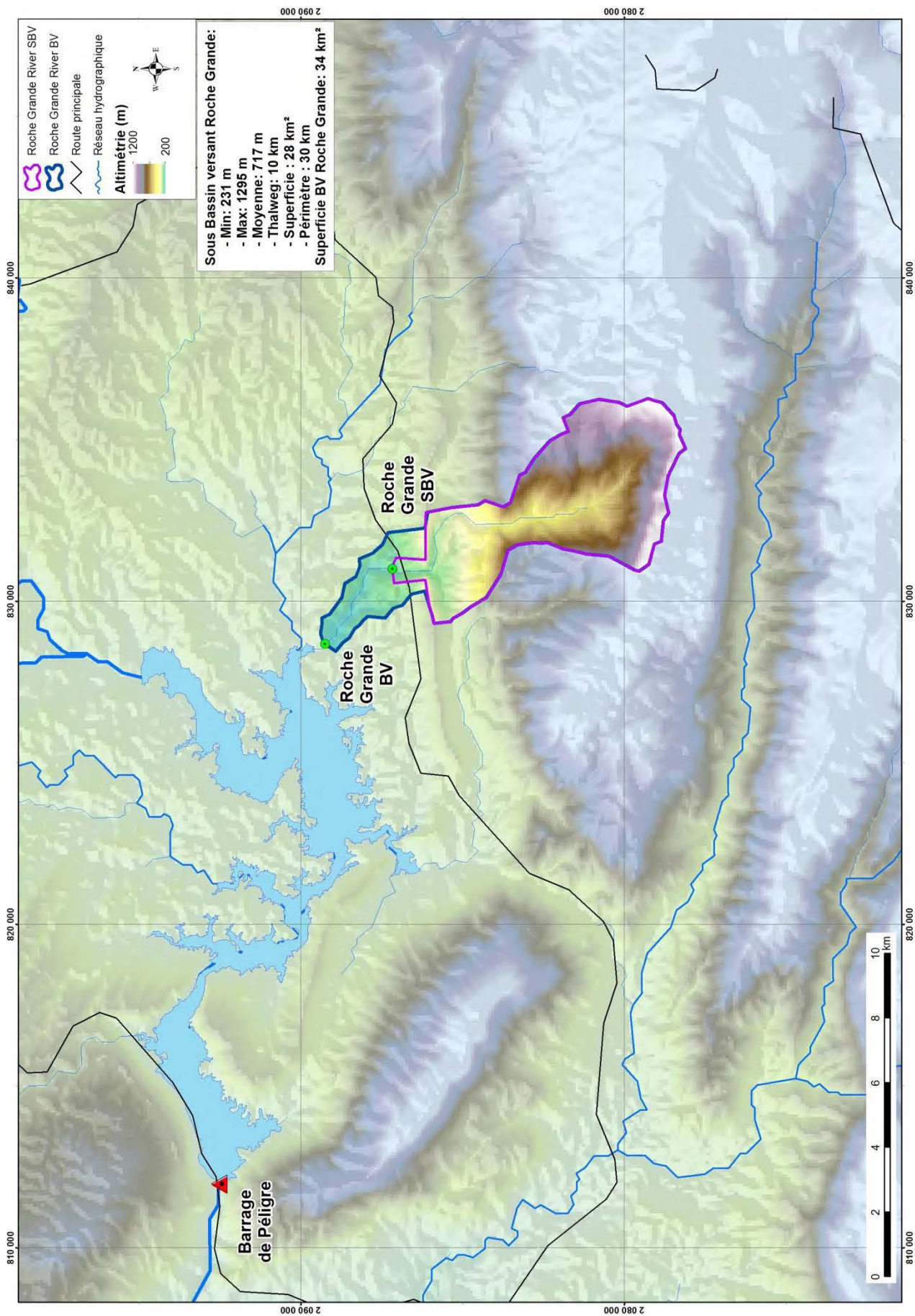


Photographie 3 : Section intrumentable

Annexe 2-2

Bassin versant de la rivière Roche Grande

Contexte : Site difficilement instrumentable du fait de la mauvaise définition du lit et de la structure du pont qui sépare l'écoulement selon trois sections circulaires.



Photographie 4 : Pont routier sur Roche Grande



Photographie 5 : Lit mineur Roche Grande



Photographie 6 : Lit mineur Roche Grande

Annexe 2-3

Bassin versant de la rivière Lascahobas

Contexte : Un pont existe qui permet d’envisager une station automatique de mesure des hauteurs d’eau. Les berges sont accidentées.



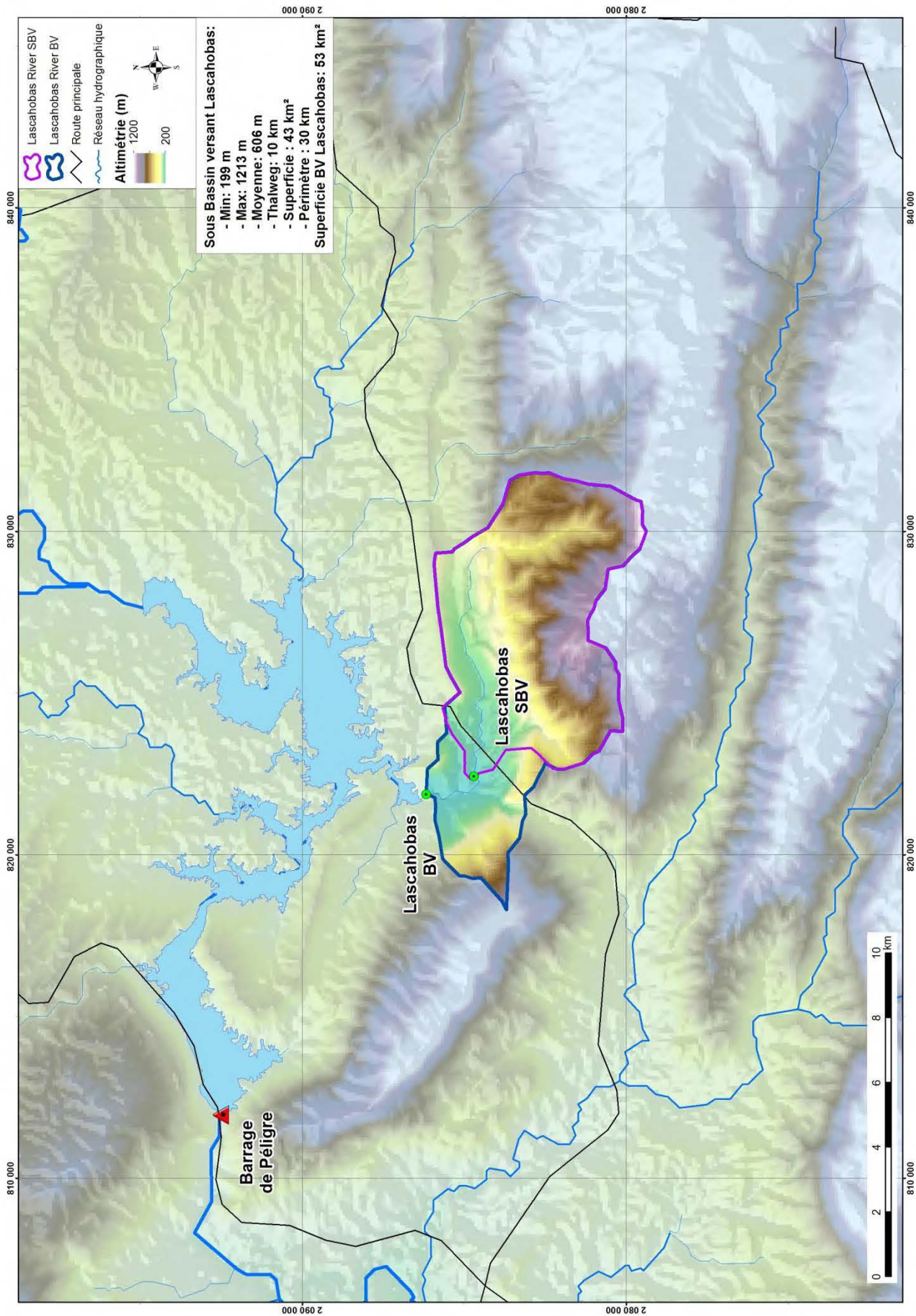
Photographie 7 : Aval du pont Lascahobas



Photographie 8 : Sous le pont Lascahobas



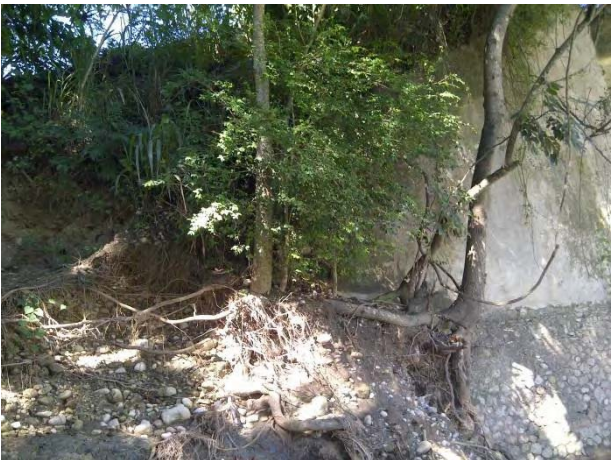
Photographie 9 : Aval du pont Lascahobas



Annexe 2-4

Bassin versant de la rivière Thomonde

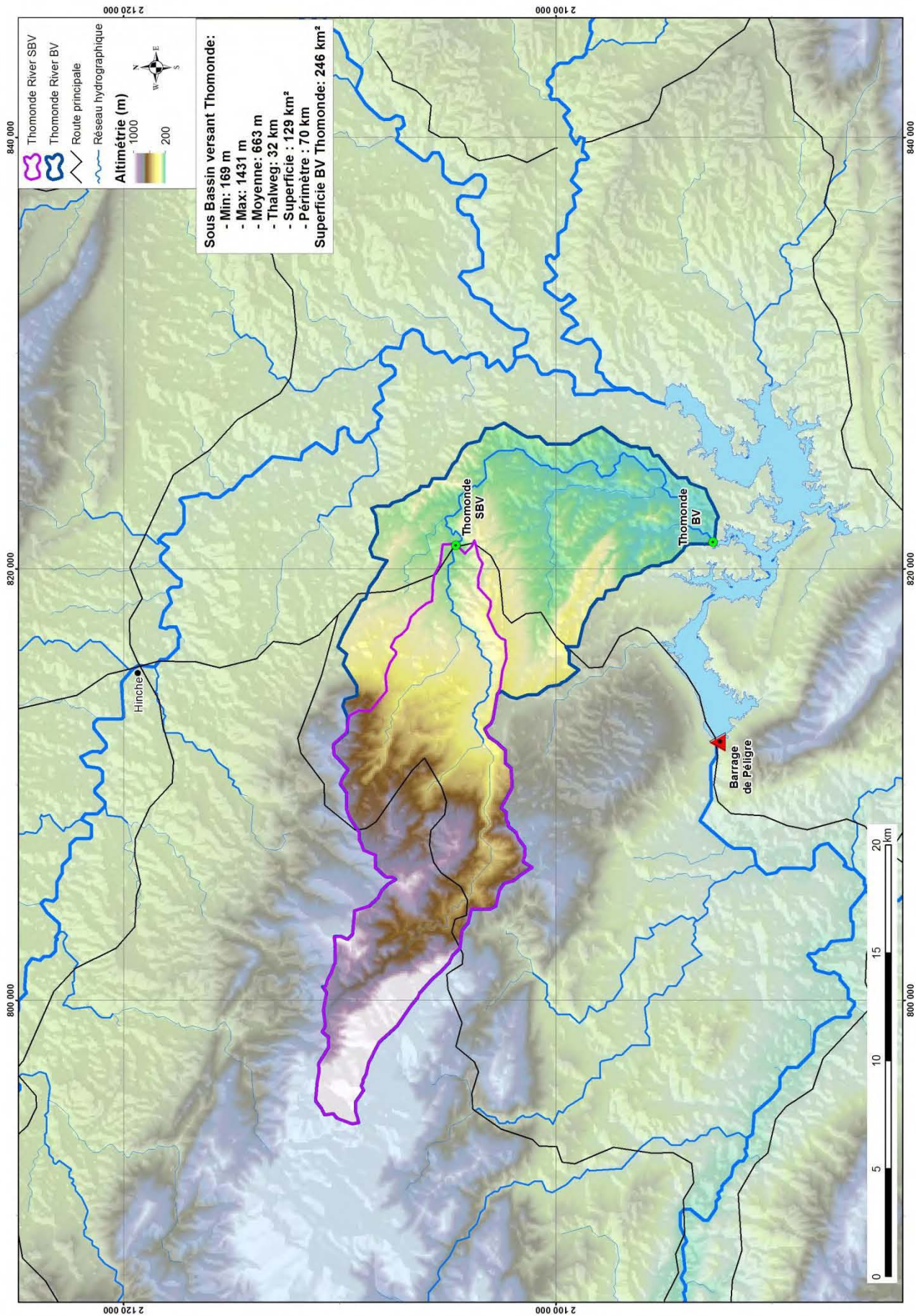
Contexte : Beau site au niveau du nouveau pont routier avec une section propre qui permet une automatisation des mesures et des jaugeages.



Photographie 10 : Vue de la section sous le nouveau pont routier Photographie 11 : Dégradation des berges suite aux crues



Photographie 12 : Vue depuis le pont routier

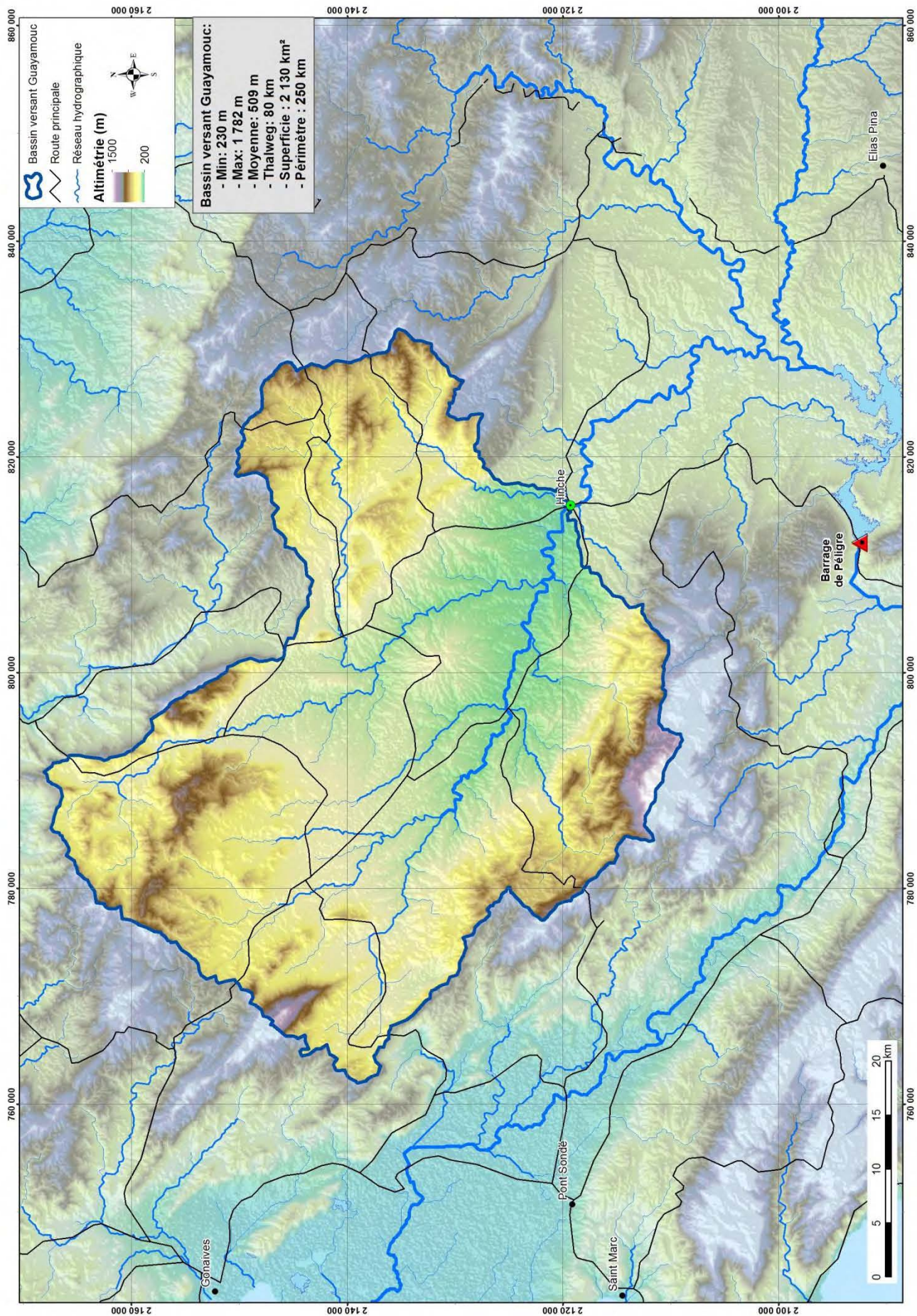


Annexe 2-5

Bassin versant de la Guayamouc à Hinche

Contexte : existence d’une station limnimétrique avec observateur gérée par Ed’H.

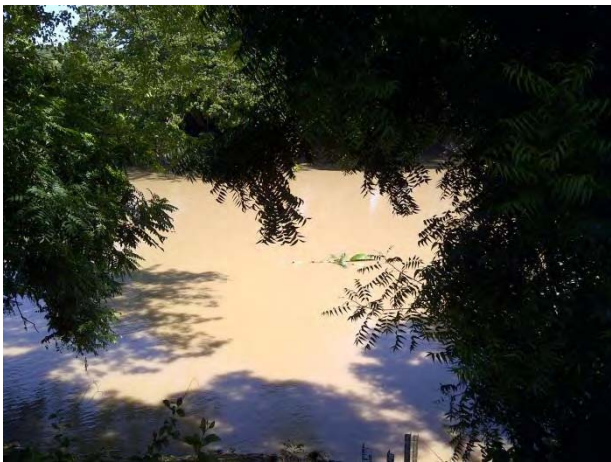
Les jaugeages paraissent difficilement réalisables sur cette section.



Photographie 13 : Confluence avec la Samana



Photographie 14 : Station limnimétrique



Photographie 15 : La Guayamouc à Hinche

Annexe 2-6

Bassin versant de la rivière Canot

Contexte : Le lit est bien défini et les jaugages faciles à réaliser. Une station avec échelle limnimétrique seule est envisagée.



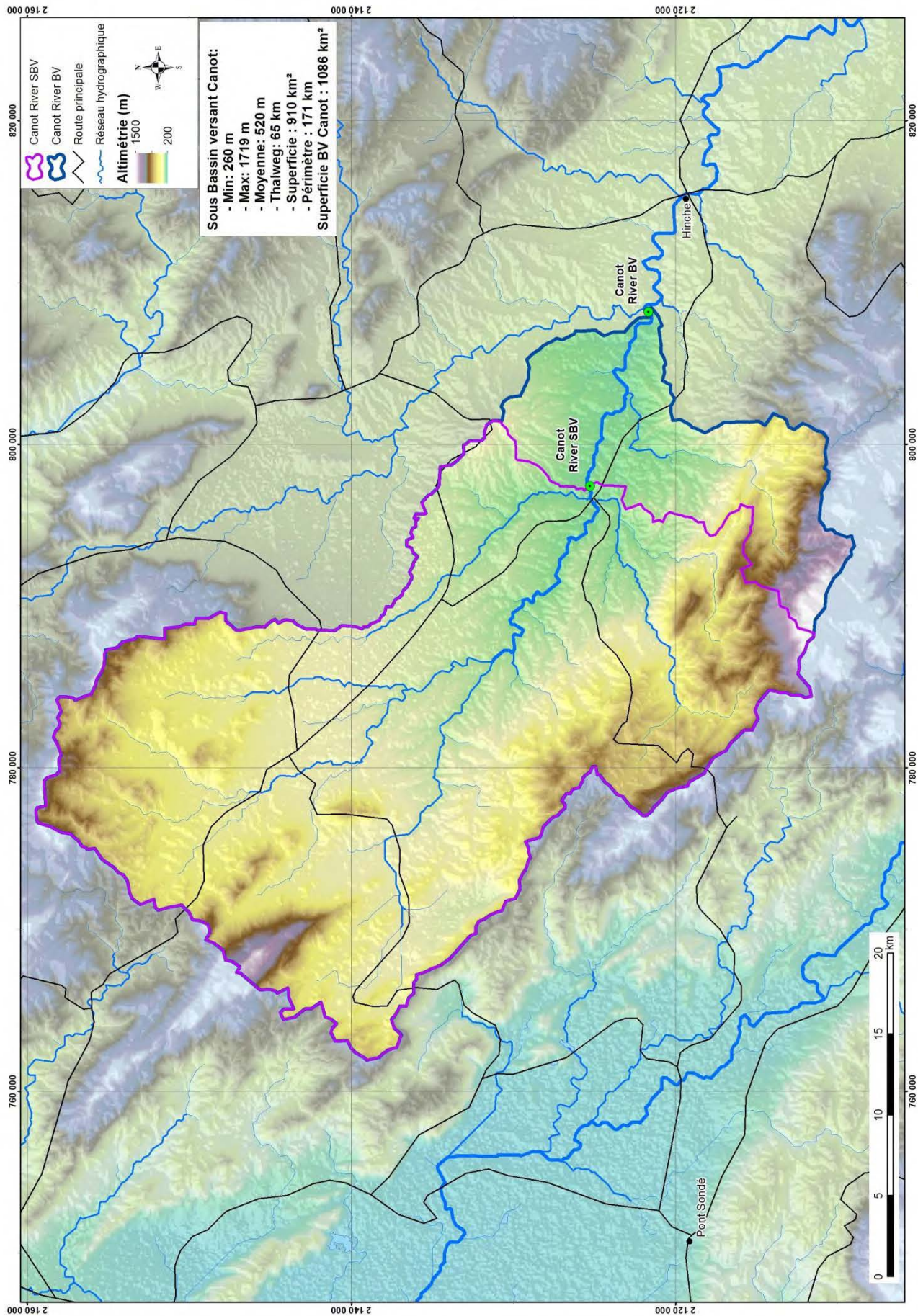
Photographie 16 : Lit de la rivière Canot



Photographie 17 : Vers l'aval, au niveau du gué de franchissement



Photographie 18 : Emplacement possible de la station limnimétrique, à l'amont du croisement du cours d'eau et de la route



Annexe 2-7

Bassin versant de la rivière Bouyaha

Contexte : Le lit est mal défini et il est difficile de trouver une section rectiligne. Une site possible se situe à l’aval du croisement avec la route.



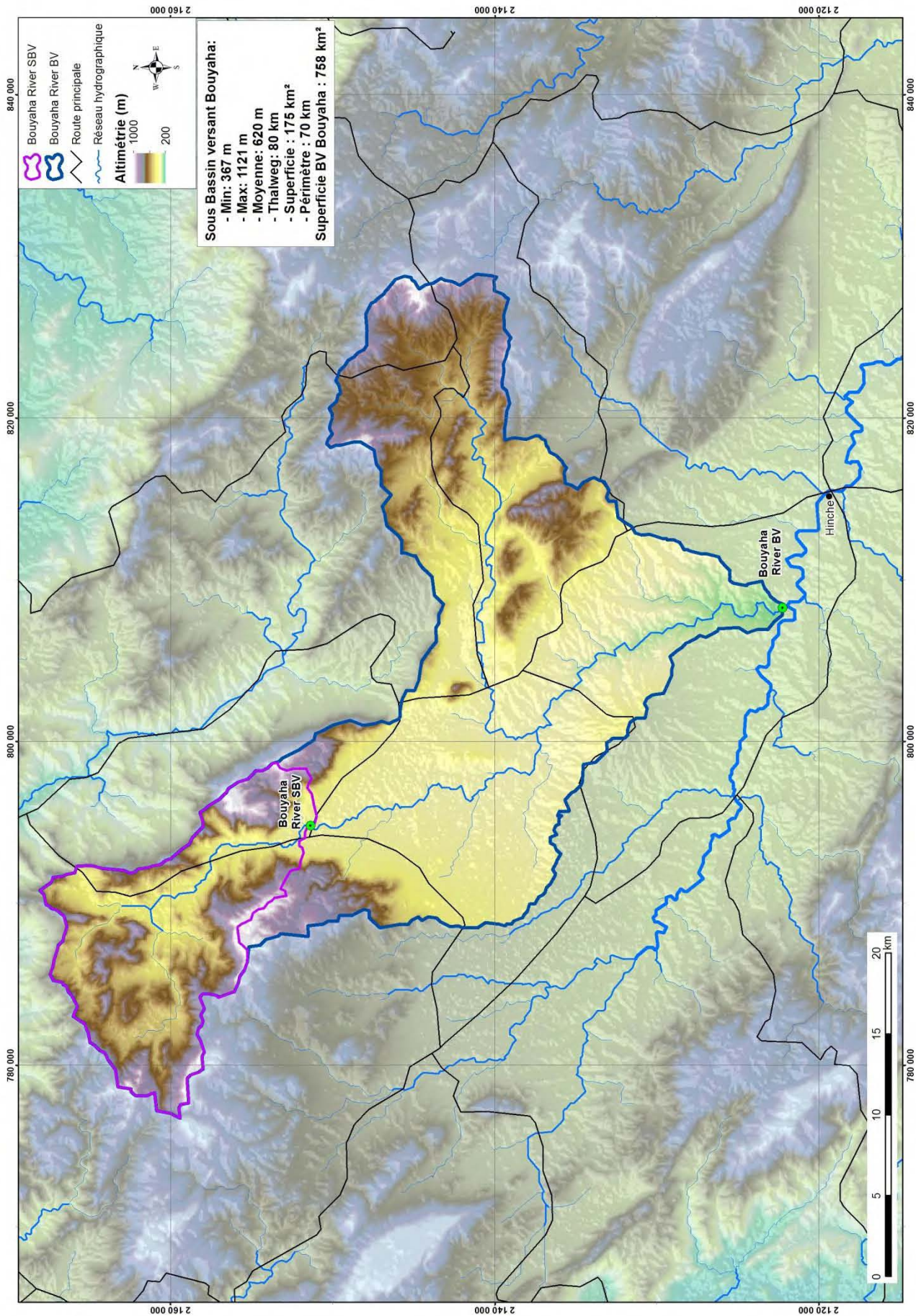
Photographie 19 : Au croisement de la route et de la rivière



Photographie 20 : Vers l'aval



Photographie 21 : Méandre



Annexe 2-8

Bassin versant de la rivière Rio Hondo

Contexte : Le lit est mal défini. Les laisses de crue atteignent des hauteurs de 4m et les berges sont très érodées.



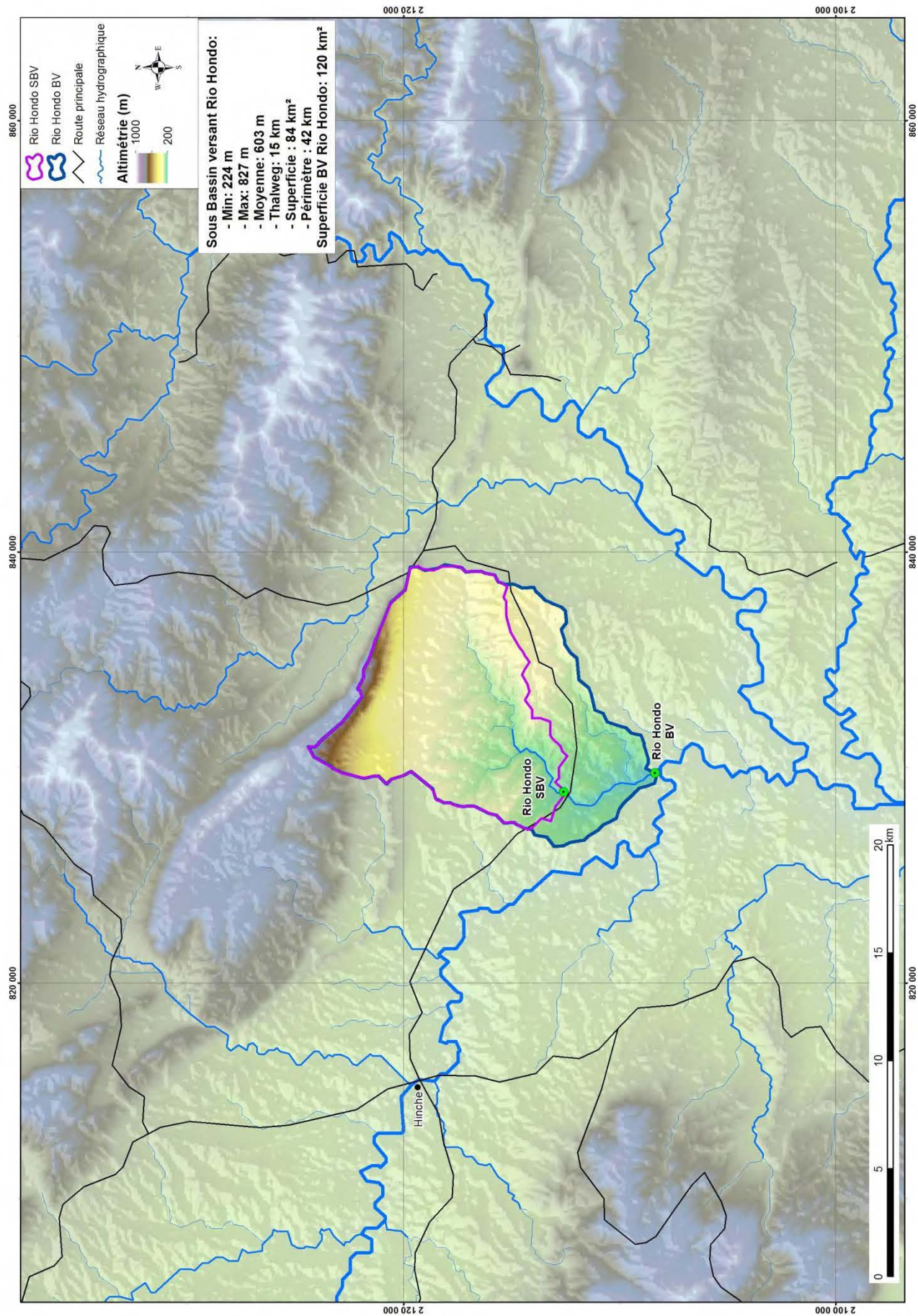
Photographie 22 : Au niveau du croisement avec la route



Photographie 23 : Laisses de crue



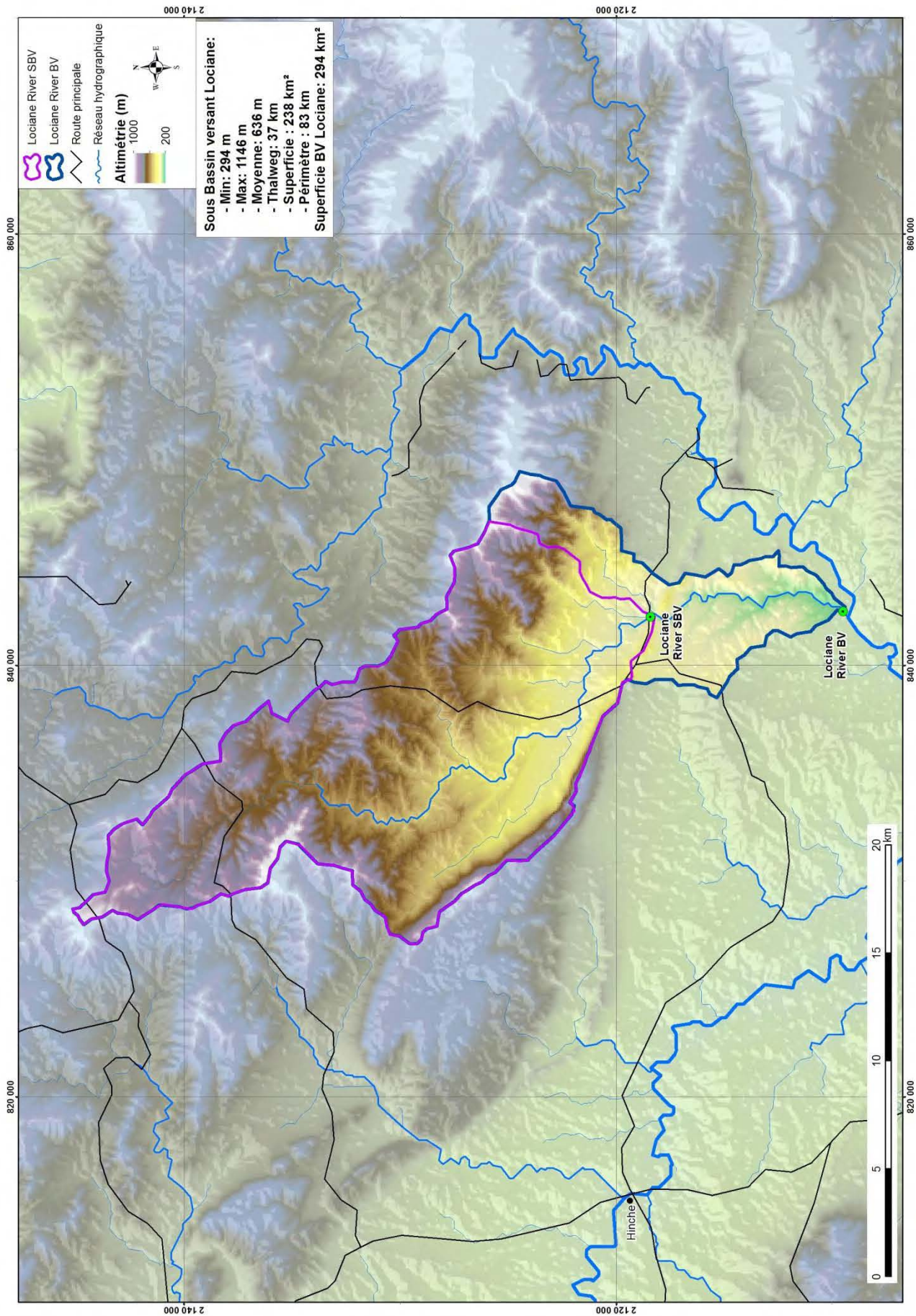
Photographie 24 : Etat des berges



Annexe 2-9

Bassin versant de la rivière Lociane

Contexte : Le lit mineur bien défini et le marnage faible.



Photographie 25 : Cours d'eau Lociane



Photographie 26 : Cours d'eau Lociane

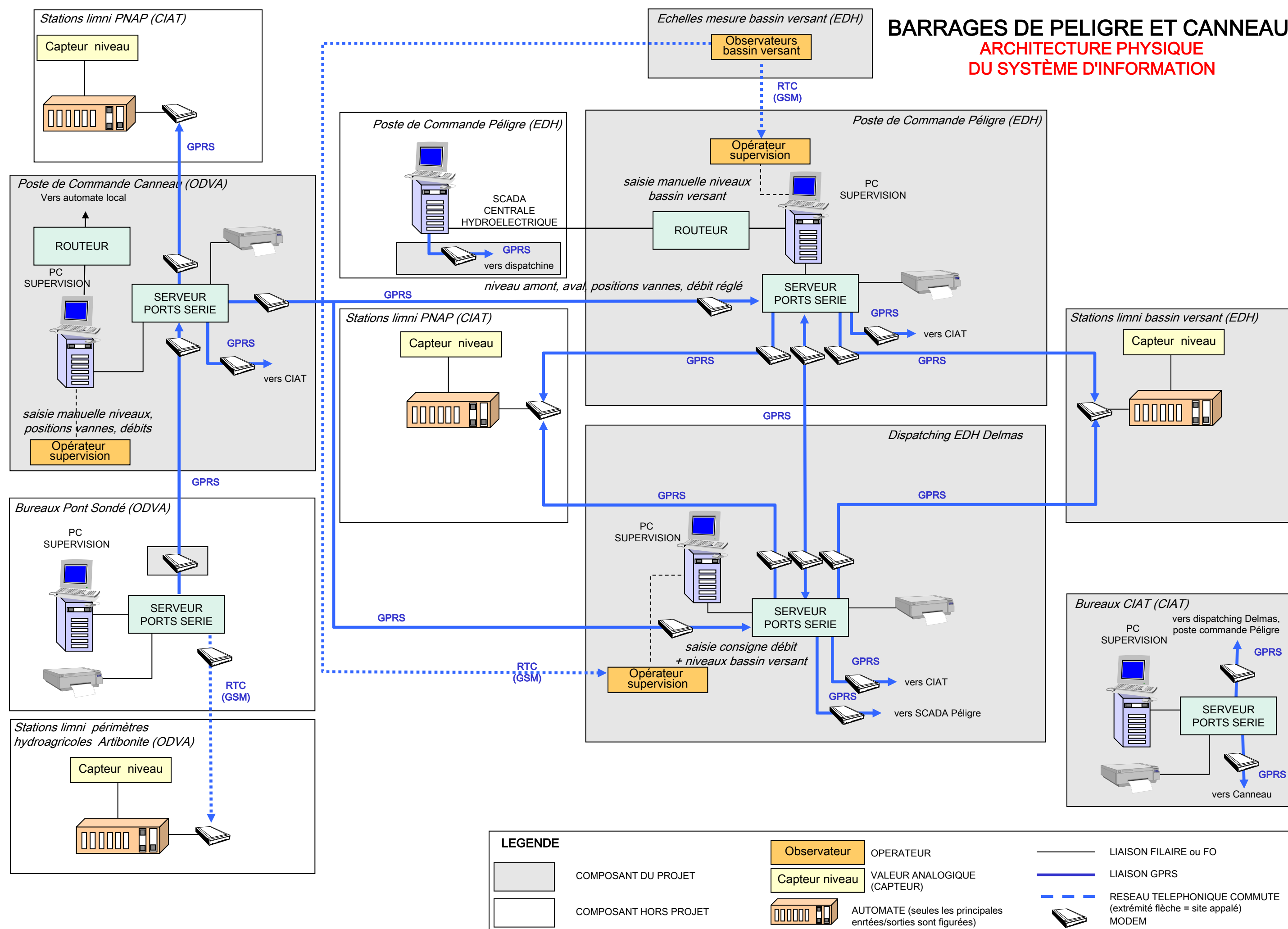


Photographie 27 : Berges

ANNEXE 3 – SCHEMA PHYSIQUE DU SYSTEME D'INFORMATION

BARRAGES DE PELIGRE ET CANNEAU

ARCHITECTURE PHYSIQUE DU SYSTÈME D'INFORMATION



ANNEXE 4 – DETAIL DES COUTS DU SYSTEME D'INFORMATION

| Système d'information à Périgle | | | | |
|--|----------|----------|---------------|---------------|
| | u | Q | PU USD | PT USD |
| PC avec disque dur externe 1 TO, MS Office, antivirus | u | 1 | 3 500 | 3 500 |
| Imprimante jet d'encre A4 couleur | u | 1 | 200 | 200 |
| Matériels réseau : routeur, serveur de terminaux, câbles | ft | 1 | 1 000 | 1 000 |
| Modem GPRS | u | 6 | 400 | 2 400 |
| Coffret informatique | u | 1 | 400 | 400 |
| Mobilier bureau | ft | 1 | 600 | 600 |
| Licence logiciel de supervision (20 nœuds, 500 var) | u | 1 | 18 000 | 18 000 |
| Paramétrage logiciel supervision | j | 40 | 500 | 20 000 |
| Logiciel aide au réglage des vannes | j | 15 | 500 | 7 500 |
| Documentation logiciel | j | 12 | 500 | 6 000 |
| Formation | ft | 1 | 4 000 | 4 000 |
| aléas + maîtrise d'oeuvre (20 %) | | | | 12 720 |
| TOTAL | | | | 76 320 |
| TOTAL ARRONDI | | | | 77 000 |

| Système d'information au dispatching EDH | | | | |
|---|----------|----------|---------------|----------------|
| | u | Q | PU USD | PT USD |
| PC avec disque dur externe 1 TO, MS Office, antivirus | u | 1 | 3 500 | 3 500 |
| Imprimante jet d'encre A4 couleur | u | 1 | 200 | 200 |
| Alimentation secourue 8h | ft | 1 | 800 | 800 |
| Matériels réseau : serveur de terminaux, câbles | ft | 1 | 600 | 600 |
| Modem GPRS | u | 6 | 400 | 2 400 |
| Coffret informatique | u | 1 | 400 | 400 |
| Mobilier bureau | ft | 1 | 600 | 600 |
| Licence logiciel de supervision (20 nœuds, 500 var) | u | 1 | 18 000 | 18 000 |
| Paramétrage logiciel supervision | j | 20 | 500 | 10 000 |
| Logiciel aide à la gestion de crues | j | 100 | 500 | 50 000 |
| Documentation logiciel | j | 8 | 500 | 4 000 |
| Formation (hors supervision) | ft | 1 | 2 000 | 2 000 |
| aléas + maîtrise d'oeuvre (20 %) | | | | 18 500 |
| TOTAL | | | | 111 000 |
| TOTAL ARRONDI | | | | 111 000 |

| Supervision ODVA à Canneau | | | | |
|--|----------|----------|---------------|---------------|
| | u | Q | PU USD | PT USD |
| PC avec disque dur externe 1 TO, MS Office, antivirus | u | 1 | 3 000 | 3 000 |
| Imprimante jet d'encre A4 couleur | u | 1 | 200 | 200 |
| Onduleur | ft | 1 | 400 | 400 |
| Matériels réseau : routeur, serveur de terminaux, câbles | ft | 1 | 1 000 | 1 000 |
| Modem GPRS | u | 4 | 400 | 1 600 |
| Coffret informatique | u | 1 | 400 | 400 |
| Mobilier bureau | ft | 1 | 600 | 600 |
| | | | | |
| Licence logiciel de supervision (5 nœuds, 100 var) | u | 1 | 13 000 | 13 000 |
| Paramétrage logiciel supervision | j | 20 | 500 | 10 000 |
| Documentation logiciel | j | 4 | 500 | 2 000 |
| | | | | |
| Formation | ft | 1 | 3 000 | 3 000 |
| aléas + maîtrise d'oeuvre (20 %) | | | | 7 040 |
| TOTAL | | | | 42 240 |
| | | | | |
| TOTAL ARRONDI | | | | 43 000 |

| Système d'information ODVA à Pont Sondé | | | | |
|--|----------|----------|---------------|---------------|
| | u | Q | PU USD | PT USD |
| Modem GPRS | u | 1 | 400 | 400 |
| | | | | |
| Paramétrage logiciel supervision | j | 4 | 500 | 2 000 |
| Logiciel d'extraction des données historiques | j | 15 | 500 | 7 500 |
| Documentation logiciel | j | 4 | 500 | 2 000 |
| | | | | |
| Formation (logiciel d'extraction) | ft | 1 | 2 000 | 2 000 |
| aléas + maîtrise d'oeuvre (20 %) | | | | 2 780 |
| TOTAL | | | | 16 680 |
| | | | | |
| TOTAL ARRONDI | | | | 17 000 |

| Système d'information au CIAT | | | | |
|--|----------|----------|---------------|---------------|
| | u | Q | PU USD | PT USD |
| PC avec disque dur externe 1 TO, MS Office, antivirus | u | 1 | 3 000 | 3 000 |
| Imprimante jet d'encre A4 couleur | u | 1 | 200 | 200 |
| Alimentation secourue 8h | ft | 1 | 800 | 800 |
| Matériels réseau : serveur de terminaux, câbles | ft | 1 | 600 | 600 |
| Modem GPRS | u | 2 | 400 | 800 |
| Coffret informatique | u | 1 | 400 | 400 |
| Mobilier bureau | ft | 1 | 600 | 600 |
| | | | | |
| Installation outils consultation (synoptiques, archives) | j | 3 | 500 | 1 500 |
| Formation (logiciel d'extraction) | ft | 1 | 4 000 | 4 000 |
| aléas + maîtrise d'oeuvre (20 %) | | | | 800 |
| TOTAL | | | | 12 700 |
| | | | | |
| TOTAL ARRONDI | | | | 13 000 |