



REPUBLIQUE D'HAÏTI
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,
DES RESSOURCES NATURELLES ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL

APPUI AU PROGRAMME HA-L1087
« GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN DE
L'ARTIBONITE » EN COURS DE MONTAGE
PAR LE GOUVERNEMENT D'HAÏTI ET LA
BANQUE INTERAMERICAINE DE
DÉVELOPPEMENT

ACTIVITE 1 : PREALABLES NECESSAIRES AU DEPLOIEMENT
DE LA REFORME

PHASE 1 : PREPARATION DES ELEMENTS D'EVALUATION POUR LA PREPARATION DU
PROGRAMME D'INVESTISSEMENT ET DE TRAVAUX DE MAINTENANCE

RAPPORT 1a i PROVISOIRE

FINALISATION DE LA TRAME HYDRAULIQUE DU
SECTEUR PILOTE

AOUT 2013





REPUBLIQUE D'HAÏTI
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,
DES RESSOURCES NATURELLES ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL

N° du Marché			
Indice	0	1	2
Rédigé par	Fonction : Visa : Le :		
Vérifié par	Fonction : Visa : Le :		
Validé par	Jean-Luc TROUVAT Visa : Le :		





SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	6
1.1	PREAMBULE	6
1.1.1	<i>Contexte général de la mission d'appui</i>	<i>6</i>
1.1.2	<i>Objectif général de la mission d'appui</i>	<i>7</i>
1.1.3	<i>Phasage de la mission d'appui</i>	<i>7</i>
1.2	OBJET DU RAPPORT	7
1.3	NOTRE DEMARCHE POUR L'ETUDE DU SECTEUR PILOTE	8
2	LOCALISATION DE L'ETUDE	9
3	RECUEIL DES DONNEES	11
3.1	PROJET D'INTENSIFICATION AGRICOLE POUR LA VALLEE DE L'ARTIBONITE	11
3.2	ETUDES DES RESEAUX TERTIAIRES ARTIBONITE I ET II	11
3.3	REFORME DU SCHEMA INSTITUTIONNEL DE LA GESTION DE L'EAU ET DES INFRASTRUCTURES DU PERIMETRE IRRIGUE DE LA VALLEE DE L'ARTIBONITE	12
4	ETAT DES LIEUX DU SITE PILOTE : DESCRIPTION ET ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTEME ACTUEL	13
4.1	PRESENTATION STRUCTURELLE DU RESEAU	13
4.1.1	<i>Trame hydraulique</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Ouvrages de régulation</i>	<i>16</i>
4.1.3	<i>Réseau de drainage</i>	<i>18</i>
4.2	ETAT STRUCTUREL ET FONCTIONNEL DES OUVRAGES	21
4.2.1	<i>Canaux d'irrigation</i>	<i>21</i>
4.2.1	<i>Ouvrages de régulation</i>	<i>25</i>
4.2.2	<i>Réseau de drainage</i>	<i>27</i>
4.3	SECURITE DES OUVRAGES	30
5	CONSTRAINTES ET CRITERES POUR LE CHOIX DES INVESTISSEMENTS DE REHABILITATION ET D'AMELIORATION DU SYSTEME HYDRAULIQUE	32
5.1	GESTION DU RETOUR D'EXPERIENCE : BILAN DES ETUDES ANTERIEURES, EXPERTISE TERRAIN ET RENCONTRE DES USAGERS SUR LE TERRAIN	32
5.1.1	<i>Gestion de l'eau et des infrastructures</i>	<i>32</i>
5.1.2	<i>Les propositions en termes d'infrastructures</i>	<i>32</i>
5.2	IDENTIFICATION DES PRIORITES : HIERARCHISATION DES BESOINS	33
5.2.1	<i>Réhabilitation des ouvrages de régulation</i>	<i>33</i>
5.2.2	<i>Drainage</i>	<i>33</i>
5.2.3	<i>Trame hydraulique</i>	<i>33</i>
5.3	ORIENTATION RETENUE	34
5.3.1	<i>La solution optimale</i>	<i>34</i>
5.3.2	<i>La solution opérationnelle</i>	<i>34</i>
5.4	HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	34
5.4.1	<i>Besoins en eau et distribution de l'eau d'irrigation</i>	<i>34</i>
6	CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES	36
6.1	CANAU D'IRRIGATION	36
6.1.1	<i>Solution optimale</i>	<i>36</i>
6.1.2	<i>Solution opérationnelle</i>	<i>37</i>
6.2	DRAINS TERTIAIRES	37
6.3	LES OUVRAGES HYDRAULIQUES	38
6.3.1	<i>Ouvrages de régulation</i>	<i>38</i>
6.3.2	<i>Prises d'eau</i>	<i>41</i>
7	MISE A JOUR DES PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS ET DE MAINTENANCE	42
7.1	SOLUTION OPTIMALE : SCENARIO 1	42



7.1.1	Le réseau d'irrigation	42
7.1.2	Le drainage.....	44
7.1.3	Ouvrages de régulation	46
7.1.4	Sécurisation du système	47
7.2	SOLUTION OPERATIONNELLE	47
7.2.1	Ouvrages de régulation	47
7.2.2	Trame hydraulique du secteur pilote	49
7.2.3	Drainage	52
7.3	ENTRETIEN	54
8	ESTIMATION FINANCIERE DES TRAVAUX.....	55
8.1	SOLUTION OPTIMALE	55
8.2	SOLUTION OPERATIONNELLE	57
8.3	CONCLUSION	59

INDEX DES FIGURES

Figure 1 – Zone d'étude du Secteur Pilote.....	10
Figure 2 – Localisation des canaux sur le site pilote	14
Figure 3 – Vue générale du canal Lower Benoît (1)	15
Figure 4 – Vue générale du canal Lower Benoît (2)	15
Figure 5 – Localisation des ouvrages : ouvrages de régulation de prise et modules à masque	17
Figure 6 – Localisation des drains sur le site pilote	19
Figure 7 – Localisation du drain Benoît I.....	20
Figure 8 – Panneau publicitaire pour l'entretien des canaux (République de l'Equateur)	21
Figure 9 – Vue du canal Laville sur la partie aval	22
Figure 10 – Exutoire du canal Benoît II	22
Figure 11 – Prise tertiaire sur canal secondaire Benoît II (prise officielle photo de gauche, perforation de la diguette photo à droite).....	23
Figure 12 – Exutoire du canal Benoît III (avant rejet dans le drain Bidone)	23
Figure 13 – Exutoire du canal Benoît IV (avant rejet dans le drain Benoît IV)	24
Figure 14 – Prise d'eau clandestine (photo prise au niveau du drain de Bidone, tuyau traversant le drain pour prise dans le canal primaire de Bidone).....	24
Figure 15 – Prise d'eau clandestine (photo prise au niveau du canal Lower Benoît).....	25
Figure 16 – Vue générale d'un départ de tertiaire (1).....	25
Figure 17 – Vue générale d'un départ de tertiaire (2).....	25
Figure 18 – Module à masque au niveau d'une prise tertiaire sur le canal Laville (ouvrage détérioré).....	26
Figure 19 – Module à masque au niveau de la prise Benoît I (canal considéré comme un tertiaire)	26
Figure 20 – Prise secondaire : canal Benoît 2 (module à masque noyé, mise en place d'un bloc béton en amont pour réduire les débits en entrée dans le canal).....	26
Figure 21 – Drain Bidone en extrémité aval (rejet dans le drain Bidone)	27
Figure 22 – Etat du drain Dessalines	28
Figure 23 – Exutoire du drain Dessalines (ouvrage de chute).....	28
Figure 24 – Exutoire aval bouché.....	29
Figure 25 – Fonctionnement du drainage juste au niveau de Pont Benoît.....	29
Figure 26 – Drain Benoît IV à la confluence avec le drain Bidone.....	30
Figure 27 – Brèche observée au niveau d'un canal secondaire (Benoît II).....	31
Figure 28 – Etat du canal Benoît III.....	31
Figure 29 – Entretien du canal secondaire (Benoît II)	31
Figure 30 – Synoptique des ouvrages de régulation pour la solution optimale	38



Figure 31 – <i>Synoptique des ouvrages de régulation pour la solution opérationnelle</i>	39
Figure 32 – <i>Seuil jaugeur Parshall</i>	40
Figure 33 – <i>Seuil à mince paroi</i>	40
Figure 34 – <i>Trame hydraulique optimale</i>	43
Figure 35 – <i>Système de drainage (solution optimale)</i>	45
Figure 36 – <i>Régulateur de prise sur le canal Lower Benoit</i>	46
Figure 37 – <i>Ouvrages hydrauliques- solution opérationnelle</i>	48
Figure 38 – <i>Trame hydraulique opérationnelle</i>	50
Figure 39 – <i>Système de drainage (solution opérationnelle)</i>	53



1 INTRODUCTION

1.1 Préambule

1.1.1 Contexte général de la mission d'appui

L'Etat Haïtien et la Banque Inter-Américaine de Développement, ont signé en 2003 un contrat de prêt pour la mise en œuvre, par le Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural, d'un Programme d'intensification Agricole (PIA), dans le but de contribuer à l'augmentation de revenu des agriculteurs de la Vallée de l'Artibonite.

De 2005 à 2012, les travaux d'infrastructures prévus dans le cadre de ce Programme ont été globalement réalisés avec des impacts considérables sur la garantie de l'eau d'irrigation sur plus de 15000 ha. Au cours de cette même période, des paquets techniques ont été développés pour l'intensification agricole notamment sur le riz et une Fédération d'association d'irrigants constitués de 12 associations d'irrigants totalisant 37 500 membres a été structurée pour cogérer avec l'Organisme de Développement de la Vallée de l'Artibonite (ODVA).

L'une des principales leçons apprises de la mise en œuvre du PIA est que pour garantir un accès efficace, efficient et durable des planteurs à l'eau d'irrigation dans la Vallée de l'Artibonite, une réforme institutionnelle profonde des modalités de gestion de l'eau et des infrastructures du périmètre irrigué de la Vallée s'avère indispensable. De ce fait, la Banque Inter-Américaine de Développement a conditionné l'octroi de toutes nouvelles ressources pour des investissements dans la Vallée à la mise en œuvre effective d'une telle réforme.

La SCP a réalisé de novembre 2012 à avril 2013 une étude pour proposer un nouveau schéma institutionnel de la gestion de l'eau dans la vallée de l'Artibonite.

La nouvelle organisation institutionnelle retenue propose:

- Le transfert de la responsabilité du service de l'eau de l'État vers les Associations d'Irrigants sur les réseaux hydrauliques secondaires et tertiaires,
- Ce transfert de responsabilité est total sur ces sous-systèmes c'est-à-dire inclut exploitation et maintenance,
- L'ODVA conserve cette responsabilité sur la partie en amont, commune du réseau (prise de Canneau, canaux Maîtres et primaires).

Intégrant le résultat de cette étude, le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) de la République d'Haïti et la Banque Interaméricaine de Développement (BID) sont en train de formuler un nouveau programme de gestion de l'eau dans le bassin de l'Artibonite (HA-L1087). Ce programme, dont la présentation au Conseil d'Administration de la BID est prévue en 2013 et le démarrage planifié pour début 2014, prévoit entre autres le financement des actions préalables dont la finalisation de certains investissements et l'assistance technique nécessaire à la mise en œuvre de la réforme de la gestion de l'eau telle que recommandée par SCP.



1.1.2 Objectif général de la mission d'appui

Les objectifs généraux de la mission sont les suivants :

- Fournir au MARNDR et à la BID les données essentielles requises (caractéristiques techniques, dimensionnement, justification technico-économique, cadre juridique...) pour la prise de décision en ce qui concerne les investissements et l'assistance technique à financer dans le cadre du futur programme HA-L1087 ;
- Appuyer le MARNDR dans l'accomplissement de certains prérequis, dont plusieurs sont susceptibles de constituer des conditions préalables au décaissement des fonds du futur programme HA-L1087 par la BID ;
- Limiter les retards d'exécution fréquemment observés au démarrage des projets, en aidant le MARNDR à anticiper les processus de passation des marchés requis pour la réalisation des investissements et la mobilisation de l'assistance technique.

1.1.3 Phasage de la mission d'appui

La mission d'appui se décline en deux grandes activités :

- Activité 1 (les infrastructures) : préalables nécessaires au déploiement de la réforme : appui à la réalisation d'investissements nécessaires sur le réseau ;

Cette activité a été découpée en deux phases :

- Phase 1 : préparation des éléments d'évaluation pour la préparation du programme d'investissement et de travaux de maintenance.
La phase 1 se décompose de la manière suivante :
 - 1- Le secteur pilote,
 - 2- Les ouvrages de régulation et de contrôle sur les canaux d'amenée du grand périmètre,
 - 3- La maintenance des ouvrages de drainage du grand périmètre.
 - Phase 2 : préparation des dossiers techniques nécessaires au montage des documents d'appel d'offres internationaux.
- Activité 2 (assistance technique pour le déploiement du nouveau schéma institutionnel) : accompagnement de la DGSE de l'ODVA et des AI pour la mise en œuvre de la réforme du service de l'eau dans la vallée.

Cette activité a également été découpée en deux phases :

- Phase 1 : Accompagnement pour le transfert de gestion de l'ODVA aux AI,
- Phase 2 : protocoles d'accord et conventions.

1.2 Objet du rapport

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du programme HA-L1087 relatif à la réhabilitation et l'amélioration du système hydraulique. Il concerne la réalisation de l'étude technique



nécessaire au déploiement de la réforme institutionnelle sur le secteur pilote (phase 1 de l'activité 1).

Il s'agit de définir les besoins en investissement et maintenance des infrastructures sur le secteur pilote avec pour but de :

- Vérifier la faisabilité de la rénovation des ouvrages de régulation du secteur pilote sans interventions majeures sur celle-ci,
- Identifier les opérations indispensables de remaniement de la trame hydraulique (canaux secondaires et tertiaires et réseau de drainage) pour rendre opérationnel le service de l'eau.

1.3 Notre démarche pour l'étude du secteur pilote

Pour atteindre les objectifs, l'étude a été menée de la manière suivante :

- Recherche et analyse des données disponibles,
Cette étape a consisté à recueillir toutes les données disponibles sur le secteur d'étude afin de disposer des informations utiles relatives aux ouvrages et équipements en place et à leur fonctionnement hydraulique conceptuel.
- Reconnaissance du site avec observation des pratiques d'irrigation,
Ces reconnaissances ont consisté à se rendre sur site afin de prendre réellement connaissance du système hydraulique et réfléchir préalablement sur les moyens à mettre en œuvre pour améliorer le fonctionnement actuel.
Lors de ces reconnaissances, il a notamment été observé les pratiques d'irrigation afin de savoir où et comment intervenir en priorité.
- Bilan des problèmes et difficultés rencontrées sur le site (état des lieux) et retour d'expérience,
Cette étape a consisté à synthétiser les difficultés relevées sur le terrain notamment à travers d'échanges avec le président de la FASIVAL et les usagers tout en s'appuyant sur le retour d'expérience des études antérieures.
Cette étape a donc été fondamentale pour bien orienter les choix d'aménagements.
- Proposition et chiffrage des solutions
Il s'agit de l'étape ultime. Dans ce chapitre, des solutions sont proposées.

Pour la présente étude, il est important de souligner qu'il n'a pas été réalisé de relevé topographique du périmètre et des infrastructures. Aucun modèle hydraulique n'a également été construit. Le projet se base donc essentiellement sur les études antérieures et les visites de terrain.

Dans le cadre du DAO, il est indispensable de disposer de levés topographiques afin de confirmer et caler précisément les ouvrages préconisés.



2 LOCALISATION DE L'ETUDE

Le Secteur Pilote se situe au Nord-Est de la commune Saint Marc, à proximité de la localité de Pont-Sondé dans le département de l'Artibonite. Les périmètres d'irrigation concernés sont : Bidone, Laville et Lower Benoît.

Le Secteur Pilote est limité au Nord par la rivière « L'Estère » et au Sud par la rivière « L'Artibonite ».

Le périmètre irrigué du Secteur Pilote est desservi en eau à partir de la prise d'eau de Canneau situé à environ 12 km en amont du périmètre. Il s'étend sur une superficie de 3300 ha.

Le réseau d'irrigation fonctionne en gravitaire. Les principales cultures sur le Secteur Pilote sont le riz (irrigation par submersion) et le blé (irrigation par micro-raies).



3 RECUEIL DES DONNEES

3.1 Projet d'intensification agricole pour la Vallée de l'Artibonite

Un schéma directeur de la vallée de l'Artibonite a été réalisé en juin 2001 par le groupement GOPA/SCP/LGL.

Cette étude avait pour but d'établir un diagnostic détaillé de la situation actuelle puis de décliner des solutions d'aménagements pour remédier aux divers dysfonctionnements relevés et tendre vers une utilisation rationnelle des ressources en eau et une amélioration de la qualité du service de distribution de l'eau.

Les ouvrages concernés étaient :

- Les canaux maîtres et primaires,
- L'ouvrage de Canneau
- L'Ouvrage de Drouet,
- Les drains primaires.

Ce schéma directeur a donc servi de base de travail pour définir les besoins concernant les ouvrages de régulation et de contrôle.

3.2 Etudes des réseaux tertiaires Artibonite I et II

Cette étude a été réalisée par TECSULT en janvier 2009.

Cette étude avait pour objectifs :

- De procéder à l'actualisation des plans d'aménagements des réseaux tertiaires issus des études de Tahal (1985) en vue de garantir l'irrigation correcte des périmètres prioritaires par les principaux canaux des aires Artibonite I (1 271 ha) et Artibonite II (3 013 ha).
- D'analyser les corrections à apporter au niveau des réseaux secondaires d'irrigation et de drainage pour permettre l'irrigation correcte des périmètres dominés.

Cette étude a été menée au stade d'Avant-Projet Détaillé. Un modèle hydraulique a notamment été réalisé.

La finalisation de la trame hydraulique de la zone pilote (superficie de 3 300 ha) s'est appuyée sur l'étude TECSULT en particulier pour le recensement des ouvrages et des canaux. La trame et les aménagements préconisés en janvier 2009 ont été mis à jour. Une solution axée sur les besoins prioritaires a également été étudiée.



3.3 Réforme du schéma institutionnel de la gestion de l'eau et des infrastructures du périmètre irrigué de la vallée de l'Artibonite

La SCP est en charge de la réforme du schéma institutionnel :

- Un rapport de phase 1 a été réalisé en février 2013 ;
Ce rapport a eu pour objectif d'établir un diagnostic de la situation actuelle afin de comprendre les raisons des évolutions effectives et, a contrario, les causes de blocage sur l'absence de réalisation des propositions faites en 2001 par le Schéma Directeur.
- Un rapport de phase 2 a été rédigé en mai 2013.
Ce rapport a permis d'établir des propositions d'actions pour un meilleur fonctionnement de la gestion de l'eau sur la vallée. Cette phase 2 vise à lever les verrous mis en évidence et actualiser les orientations de l'ancien Schéma Directeur en fonction du contexte nouveau et de l'enseignement des programmes passés.

Cette étude a permis de bien cadrer le présent projet technique (fixation des hypothèses et paramètres d'entrée pour finaliser la trame hydraulique).

Ce travail amont a en effet permis :

- **D'Identifier les points positifs et négatifs en termes techniques et organisationnels,**
- **De dégager les points de dysfonctionnements en toute impartialité et de mettre en avant l'amélioration des pratiques qu'on en attend,**
- **De partager une vision globale : choix d'un site pilote.**
Cette zone pilote a été jugée comme la plus pertinente pour la mise en œuvre de la réforme.



4 ETAT DES LIEUX DU SITE PILOTE : DESCRIPTION ET ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTEME ACTUEL

Le diagnostic est une étape fondamentale afin d'accéder à une bonne connaissance du périmètre, du fonctionnement et de l'exploitation du réseau existant.

Pour cela, des visites de terrain ont eu lieu entre le 12 et le 18 juillet 2013. La première journée de reconnaissance s'est déroulée en présence du président de la FASIVAL.

Cet état des lieux a pour but de décrire :

- Les caractéristiques de la structure hydraulique,
- L'état physique des réseaux d'irrigation,
- Le fonctionnement hydraulique des ouvrages de régulation et la répartition de l'eau dans les réseaux d'irrigations,
- Le fonctionnement du réseau de drainage.

Cet état des lieux a permis d'identifier les problèmes, les contraintes et l'efficacité du système d'irrigation et du réseau de drainage actuels.

4.1 Présentation structurelle du réseau

4.1.1 Trame hydraulique

Le réseau d'irrigation comporte 4 niveaux de canaux :

- Le canal Maître rive droite,
L'eau d'irrigation du canal provient de la rivière Artibonite, dont 10 m³/s sont prélevés au niveau de la prise d'eau Canneau.
Ce canal en terre alimente les canaux principaux de la zone pilote.
- Les canaux primaires,
La desserte en eau depuis le canal Maître rive droite et la zone pilote est assurée par les canaux suivants : Lower Benoit à l'extrémité Est du secteur, Laville et le canal Bidone à l'Ouest.
- Les canaux secondaires : Benoit II, Benoit III, Benoit IV et Benoit V,
- Les canaux tertiaires.
Les canaux tertiaires irriguent les quartiers parcellaires avec un débit continu.
Certains canaux tertiaires se greffent directement sur le canal Maître et sur les canaux principaux.
Le nombre de canaux ne sont toutefois pas répartis de façon homogène.

Le secteur pilote comptabilise 3 associations d'irrigants correspondant à une association par primaire.

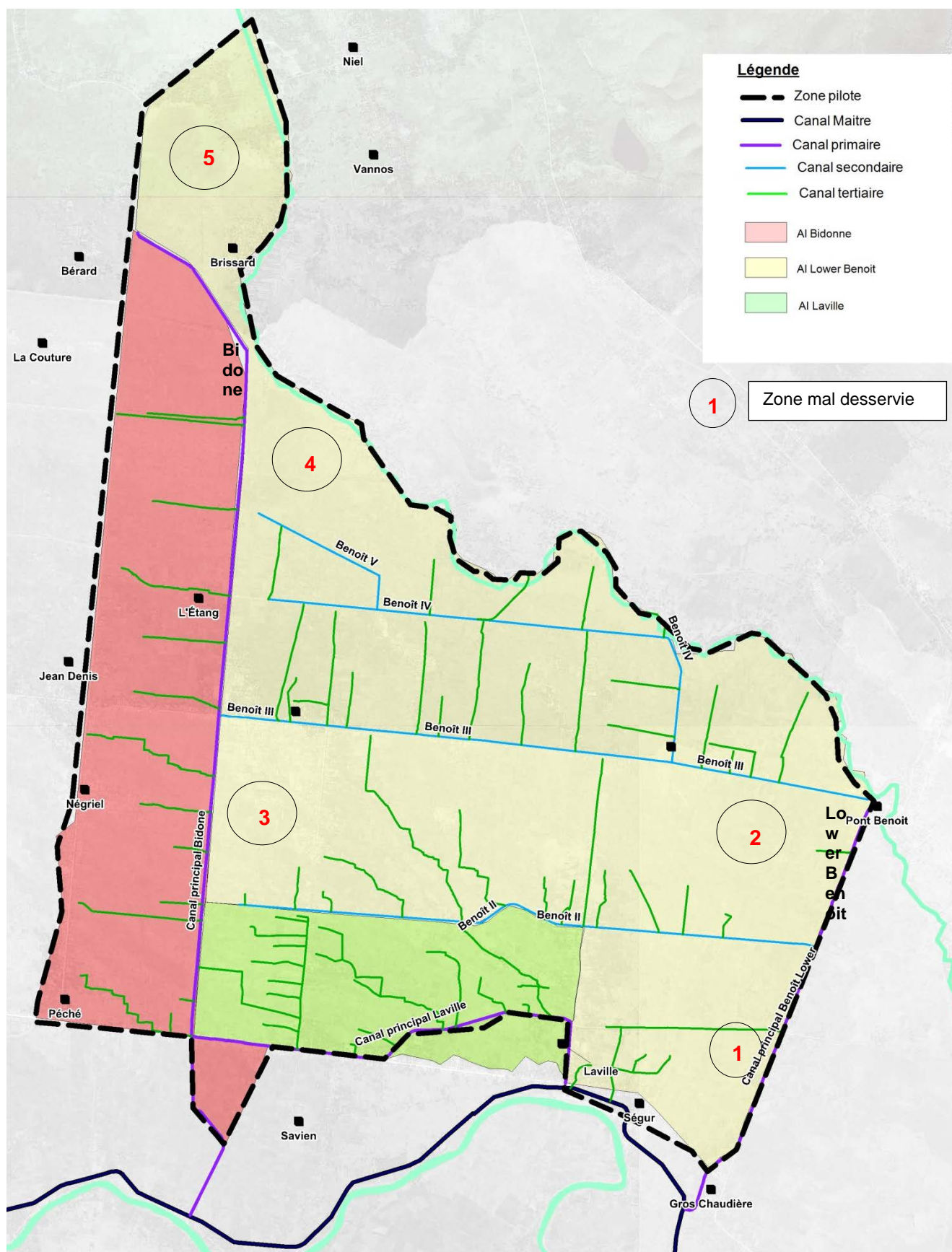


Figure 2 – Localisation des canaux sur le site pilote



La trame hydraulique s'avère incomplète avec des différences notables entre secteurs. Comme l'illustre la figure précédente, plusieurs zones ne sont pas ou mal desservies. Des canaux tertiaires sont directement raccordés sur le canal Maître et les canaux primaires.

Plusieurs prises d'eau clandestines ont par ailleurs été observées avec notamment des branchements directement sur les canaux principaux comme par exemple en fin de réseau du canal Benoît II (piquetage depuis le canal Bidone).

4.1.1.1 Canaux primaires

4.1.1.1.1 Lower Benoît

Le canal Lower Benoît s'étend sur les 3,8 km.

Ce canal alimente les canaux secondaires Benoît II et Benoît III ainsi que le canal tertiaire Benoît I en amont et un canal tertiaire au niveau du secteur Pont Benoît.

Une prise d'eau clandestine est observée.

Une route bitumée longe le canal jusqu'au lieu-dit Pont Benoît.



Figure 3 – Vue générale du canal Lower Benoît
(1)



Figure 4 – Vue générale du canal Lower Benoît
(2)

Le canal principal se termine à Pont Benoît où le canal secondaire Benoît III débute.

4.1.1.1.2 Laville

Le canal de Laville s'étend sur 3,8 km.

Ce canal alimente essentiellement des canaux tertiaires (8 au total).

Le canal Laville se rejette dans le drain Bidone.

4.1.1.1.3 Bidone

Le canal Bidone s'étend sur 8,5 km. Il alimente essentiellement des canaux tertiaires (13 au total).

Une piste en terre longe le canal jusqu'à l'interception avec Benoît IV. En aval de Benoît IV, cette piste n'est malheureusement pas praticable (piste coupée).

Ce canal se rejette dans le drain du même nom.



4.1.1.2 Canaux secondaires

4.1.1.2.1 Canal Benoît II

Le canal Benoît II d'une longueur de 4,7 km alimente 13 canaux tertiaires.

Le canal n'a pas d'exutoire.

4.1.1.2.2 Canal Benoît III

Le canal Benoît III long de 5,3 km se rejette dans le drain de Bidone.

Il alimente 13 canaux tertiaires et le canal secondaire Benoît IV.

4.1.1.2.3 Canal Benoît IV

Le canal Benoît IV long de 4,6 km commence au niveau du canal Benoît III et se rejette dans le drain Benoît IV (drain situé parallèlement au canal Benoît IV).

Il alimente 6 canaux tertiaires et le canal secondaire Benoît V (canal pouvant être considéré comme un tertiaire).

4.1.2 Ouvrages de régulation

On dénombre, sur l'ensemble du périmètre (canaux primaires, secondaires et tertiaires), une cinquantaine de modules à masque et environ le même nombre pour les ouvrages de régulation de prise (régulateur de niveau).

Le secteur pilote dispose donc d'une quantité importante d'ouvrages hydrauliques du primaire jusqu'au tertiaire.

Les canaux secondaires et les canaux tertiaires sont équipés quasiment tous de modules à masque à leur tête. Seul une quinzaine de canaux tertiaires ne disposent pas d'ouvrage de régulation :

- Réseaux tertiaires au niveau du canal Laville : 2 réseaux non équipés,
- Réseaux tertiaires au niveau du canal Benoît II : 4 réseaux non équipés,
- Réseaux tertiaires au niveau du canal Benoît III : 7 réseaux non équipés.

Cependant, ces ouvrages ne donnent pas satisfaction aux usagers (ouvrage trop complexe pour les agriculteurs et pas assez robuste vis-à-vis du vandalisme).

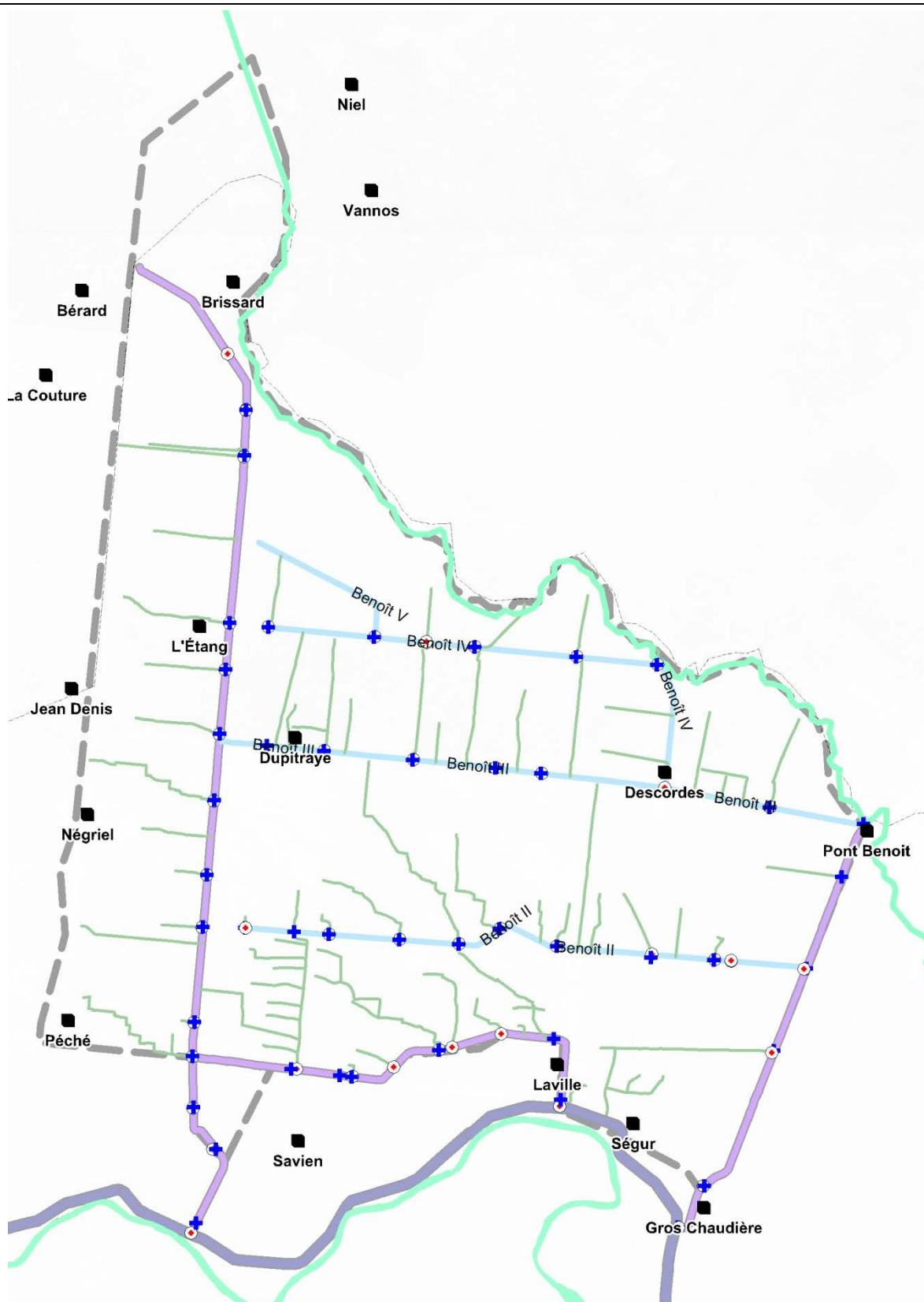


Figure 5 – Localisation des ouvrages : ouvrages de régulation de prise et modules à masque



4.1.3 Réseau de drainage

Les attentes des agriculteurs au sujet du réseau de drainage sont fortes.

Une amélioration du fonctionnement actuel est une nécessité :

- Le réseau de drainage est peu développé. Il n'y a quasiment pas de drains tertiaires.
- Les drains sont très souvent saturés en raison d'un manque de curage en règle générale.
- Des débordements sont fréquents en crues du fait :
 - De contre-pente (drain Lower Benoît par exemple),
 - D'ouvrages de traversées sous dimensionnés,
 - D'un système trop sensible,

Il est observé un seul rejet à l'Estère : drain collecteur Dessalines.

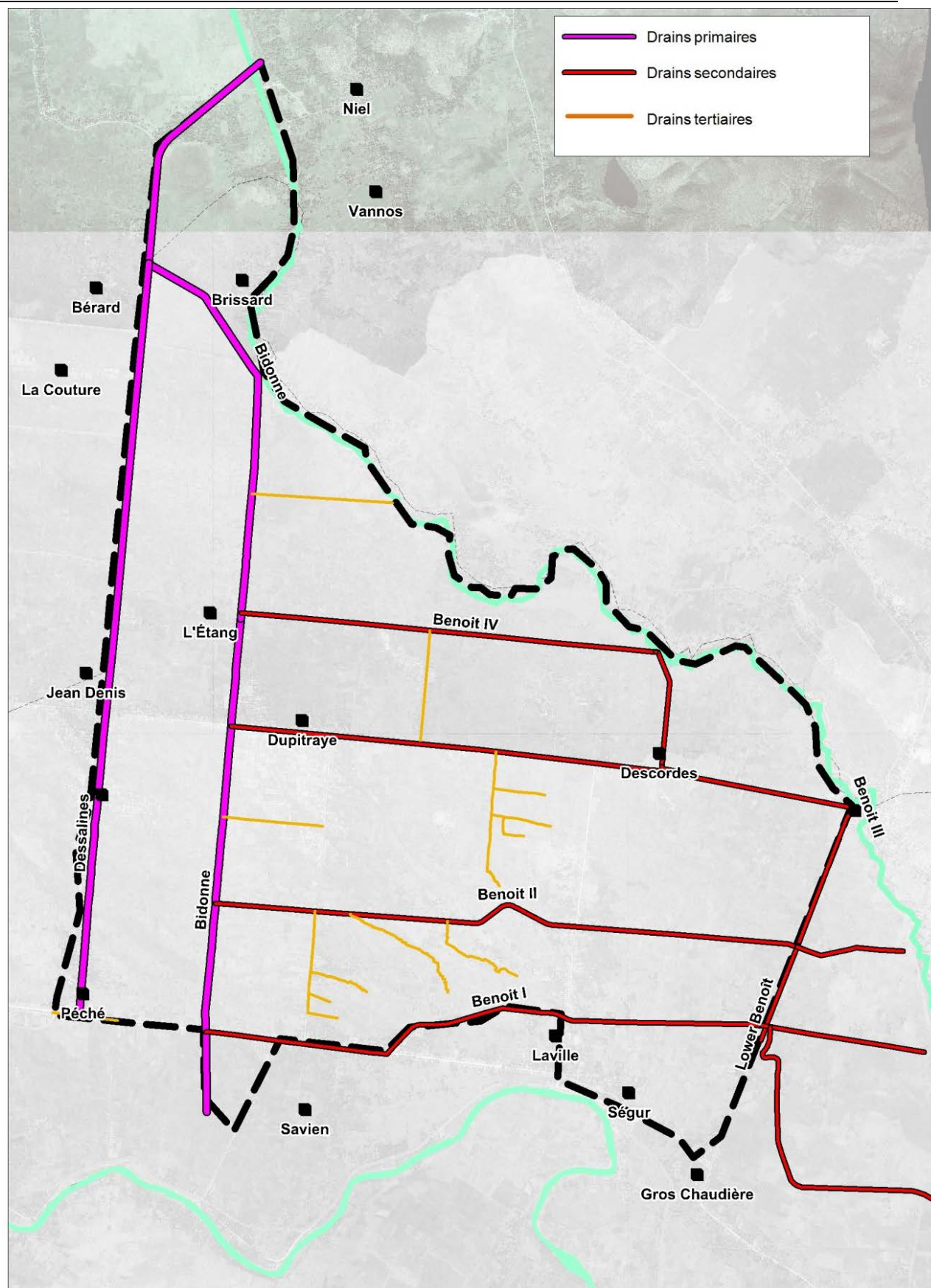
L'interconnexion du réseau drainage sur la totalité du périmètre (surface importante) favorise les risques dysfonctionnements.

- Le secteur pilote draine des débits provenant hors du périmètre (bassin versant à l'Est du secteur pilote).

Ces points sont à traiter prioritairement pour rendre le secteur pilote opérationnel.

En regard des réclamations des usagers et des problèmes identifiés sur le secteur Pont Benoît, on accordera une importance particulière sur la nécessité de déconnecter le réseau drainage en limite Est du secteur pilote. L'objectif est d'éviter des apports supplémentaires dans la zone pilote et ainsi réduire les risques d'inondations en crues.

La figure suivante illustre l'état actuel du réseau de drainage.



4.1.3.1 Drains principaux

4.1.3.1.1 Drain Bidone

Le drain Bidone collecte tous les drains secondaires pour se rejeter ensuite dans le drain Dessalines.

4.1.3.1.2 Drain Dessalines

Le drain Dessalines se rejette dans l'Estère.

4.1.3.2 Drains secondaires

4.1.3.2.1 Benoît I

Benoît I sert de collecteur pour les eaux provenant à l'Est du secteur pilote (hors du périmètre d'étude).

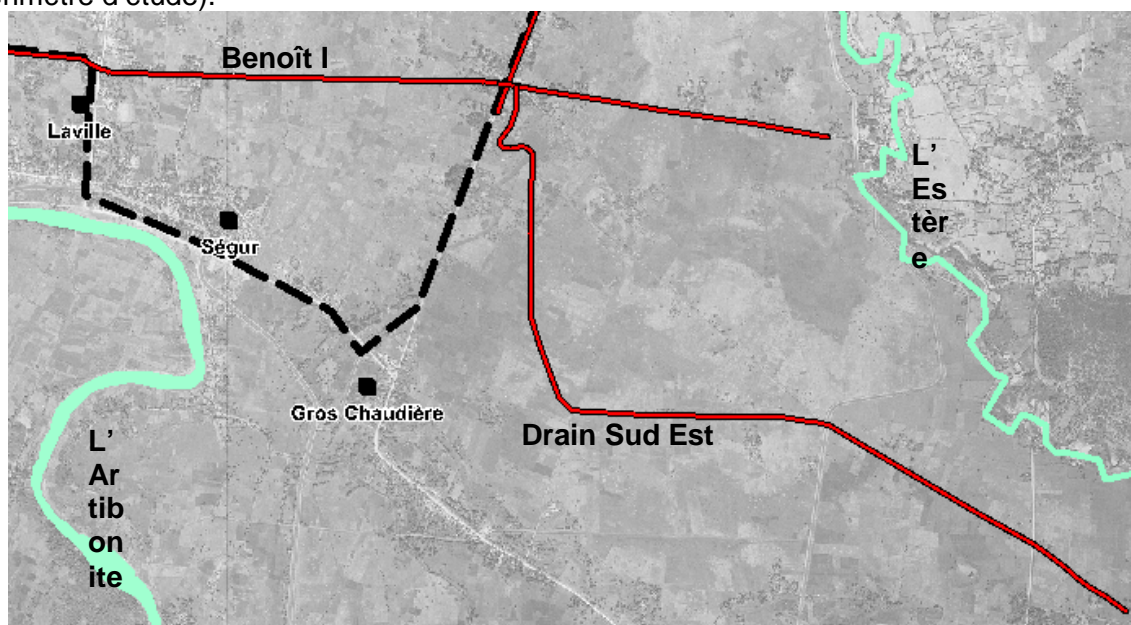


Figure 7 – Localisation du drain Benoît I

Le drain Benoît I se rejette dans le drain Bidone.

4.1.3.2.2 Lower Benoît

Le drain Lower Benoît se rejette dans le drain secondaire Benoît II situé en amont.

4.1.3.2.3 Benoît II

Le drain Benoît II collecte les eaux du drain Lower Benoît et se rejette dans le drain Bidone.

4.1.3.2.4 Benoît III

Le drain Benoît III débute à Pont Benoît et se rejette dans le drain Bidone.

4.1.3.2.5 Benoît IV

Le drain Benoît IV débute au lieu-dit Descordes et se rejette dans le drain Bidone.

4.2 Etat structurel et fonctionnel des ouvrages

4.2.1 Canaux d'irrigation

Les canaux sont en terre et fonctionnent en limite de capacité (excès d'eau ou canaux sous-dimensionnés).

Les études antérieures font ressortir que globalement la capacité des canaux est tout juste suffisante pour satisfaire les besoins.

De plus, les canaux semblent fortement envasés réduisant ainsi leur capacité de transport. Les canaux ne sont pas régulièrement curés. Or, ces ouvrages en terre demandent un entretien important et fréquent.

Le fonctionnement par excès pourrait s'expliquer par le fait que certaines terres irriguées dominent le canal. Ce point sera confirmé sur la base de levé topographique.

4.2.1.1 Canaux principaux

4.2.1.1.1 Lower Benoît

Le canal Lower Benoit réhabilité par la BID (projet Artibonite II) est dans un état satisfaisant.

Il n'a pas été relevé de dégradations notables.

Des travaux d'entretien sont a priori prévus pour un montant de 540 000 USD (cf. photo suivante).



Figure 8 – Panneau publicitaire pour l'entretien des canaux (République de l'Equateur)

4.2.1.1.2 Laville

Le canal de Laville est :

- En terre sur la partie amont (linéaire de 2,2 km),
Une piste en terre longe le canal.
- En dalot bétonné à surface libre sur la partie aval (linéaire de 1,6 km).



La route bituminée menant au carrefour Peye longe le canal.



Figure 9 – Vue du canal Laville sur la partie aval

4.2.1.1.3 Bidone (canal principal)

Sur la partie amont, le canal est dans un état assez satisfaisant alors que la partie aval est peu entretenue (végétation dense). L'absence d'une piste à l'aval complique l'entretien du canal.

4.2.1.2 Canaux secondaires

4.2.1.2.1 Canal Benoît II

L'état du canal Benoît II ne permet pas de transiter le débit nécessaire jusqu'en extrémité (canal à sec en fin de réseau).



Figure 10 – Exutoire du canal Benoît II

Malgré le colmatage de deux anciennes brèches, les merlons restent très fragiles ce qui a pour conséquence de limiter le débit dans le canal. Les prises d'eau des tertiaires sont alors impactées (radier trop haut par rapport au niveau dans le canal secondaire).



Les agriculteurs sont alors amenés à perforer le canal au niveau du radier du canal secondaire.



Figure 11 – Prise tertiaire sur canal secondaire Benoît II (prise officielle photo de gauche, perforation de la diguette photo à droite)

4.2.1.2.2 Canal Benoît III

Lors de notre visite, une quantité d'eau importante se rejetait dans le drain (débit de rejet de l'ordre de 150 l/s).



Figure 12 – Exutoire du canal Benoît III (avant rejet dans le drain Bidone)

4.2.1.2.3 Canal Benoît IV

Lors de notre visite, une quantité d'eau non négligeable se rejetait dans le drain (débit de rejet de l'ordre de 60 l/s).



Figure 13 – Exutoire du canal Benoît IV (avant rejet dans le drain Benoît IV)

4.2.1.3 Canaux tertiaires

Les canaux tertiaires sont limités en nombre.

Ces canaux sont par endroit peu nombreux. Les terres sont alors irriguées par des prises d'eau clandestines (prises connectées directement dans les canaux secondaires et primaires).



Figure 14 –Prise d'eau clandestine (photo prise au niveau du drain de Bidone, tuyau traversant le drain pour prise dans le canal primaire de Bidone)



Figure 15 –Prise d'eau clandestine (photo prise au niveau du canal Lower Benoît)

De plus, la plupart des canaux a une longueur limitée. Ces canaux généralement s'étendent seulement sur une centaine de mètres.



Figure 16 – Vue générale d'un départ de tertiaire
(1)



Figure 17 – Vue générale d'un départ de tertiaire
(2)

4.2.1 Ouvrages de régulation

Le diagnostic est le suivant :

- En amont de la zone pilote, l'eau est disponible en quantité importante, le réseau de drainage est « utilisé comme un outil de régulation de l'irrigation ». L'eau est dérivée de façon systématique, et, lorsqu'elle n'est pas nécessaire à l'irrigation, est renvoyée vers les drains. Des pertes d'eau excessives vers le réseau de drainage.
- En aval de la zone pilote, les usagers ne disposent pas de suffisamment d'eau et peuvent parfois détourner les débits en provenance des drains. C'est notamment le cas en extrémité aval de Dessalines.



La répartition de l'eau dans les différents canaux (primaires, secondaires et tertiaires) n'est pas contrôlée. A l'origine, des modules à masque avaient été mis en place afin de contrôler le débit délivré.

La majorité de ces ouvrages sont aujourd'hui hors d'usage : vannettes bloquées, ouvrage complètement noyé.



Figure 18 –Module à masque au niveau d'une prise tertiaire sur le canal Laville (ouvrage détérioré)



Figure 19 –Module à masque au niveau de la prise Benoît I (canal considéré comme un tertiaire)

A noter qu'en tête du canal Benoît II, un bloc en béton est présent afin de limiter les débits dans le canal (débit en tête de secondaire non maîtrisé).



Figure 20 –Prise secondaire : canal Benoît 2 (module à masque noyé, mise en place d'un bloc béton en amont pour réduire les débits en entrée dans le canal)



En résumé, le système actuel ne permet pas une maîtrise rationnelle de l'eau et conduit à un excès d'eau sur certains secteurs alors que d'autres souffrent de déficits. Une quantité d'eau importante est perdue dans les drains.

4.2.2 Réseau de drainage

Le réseau de drainage fonctionne mal et pose de sérieux problèmes pour les usagers (point sensible) :

- Pendant la saison des pluies, les parcelles agricoles sont souvent inondées (débordement des drains mais également des canaux en raison d'un manque d'entretien et des ouvrages sous dimensionnés).
- Un seul exutoire est présent au niveau du drain de Dessalines (rejet dans la rivière l'Estère) ce qui est peu pour une superficie de 3 300 ha.
- La maintenance des drains primaires et secondaires reste dérisoire :
 - Les drains sont envasés.
 - Les ouvrages de franchissement sous-dimensionnés sont bouchés.Ces traversées sont à l'origine de débordements des drains (exemple au niveau du drain de Laville).

4.2.2.1 Drains principaux

4.2.2.1.1 Bidone

Le drain Bidone collecte les surplus d'eau provenant directement des canaux d'irrigation (Laville et Benoît III).



Figure 21 – Drain Bidone en extrémité aval (rejet dans le drain Bidone)

4.2.2.1.2 Dessalines

Le drain Dessalines est très végétalisé (mauvais écoulement en crue).



Figure 22 – Etat du drain Dessalines

Un ouvrage de chute assure le rejet dans l'Estère.



Figure 23 – Exutoire du drain Dessalines (ouvrage de chute)

Cet ouvrage est limitant en crue.

Une intervention sur cet ouvrage permettrait un meilleur réessuyage du secteur pilote.

4.2.2.2 Drains secondaires

4.2.2.2.1 Benoît I

Benoît I draine une partie des eaux situées en dehors du secteur pilote. L'ouvrage sous la route menant à Pont Benoît est limitant en crue.

4.2.2.2.2 Lower Benoît

Le drain Lower Benoît n'a pas d'exutoire en extrémité aval (Pont Benoît).



Figure 24 – Exutoire aval bouché

Le drain Lower Benoit se rejette dans le drain secondaire Benoît II situé en amont. Il ne suit donc pas théoriquement la pente naturelle de la plaine. Une contre pente a été créée afin d'évacuer les eaux dans le drain Benoît II.

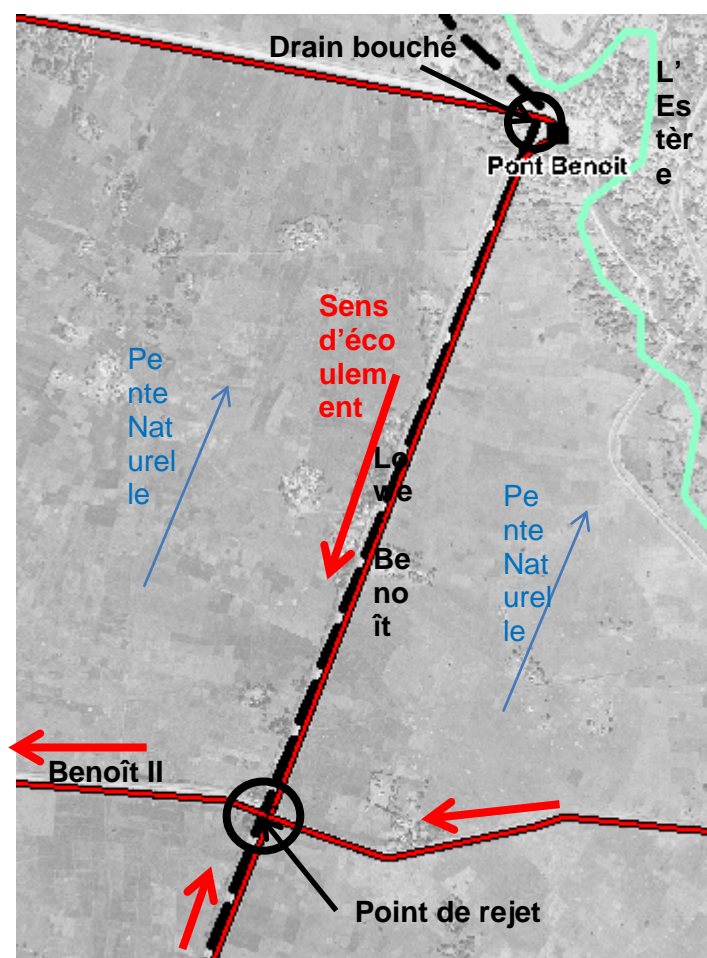


Figure 25 – Fonctionnement du drainage juste au niveau de Pont Benoit



En crue, ce fonctionnement pose d'énormes problèmes d'autant plus que l'exutoire situé au niveau de la traversée Benoît II a une capacité limitée.

4.2.2.2.3 Benoît II

Ce drain achemine un volume d'eau important provenant du drain Lower Benoit et du bassin versant situé à l'Est du secteur pilote (apport extérieur).

L'ouvrage hydraulique (2 buses de diamètre 300) situé sous la route menant à Pont Benoit est beaucoup trop insuffisant pour drainer les eaux en crue (mise en charge du pont avec débordement dans la plaine et surverse dans le canal Lower Benoît).

4.2.2.2.4 Benoît III

Le drain Benoît III n'amène aucun commentaire particulier.

4.2.2.2.5 Benoît IV

Le drain Benoît IV draine une quantité d'eau non négligeable.



Figure 26 – Drain Benoît IV à la confluence avec le drain Bidone

4.3 Sécurité des ouvrages

Les berges et diguettes de certains canaux secondaires sont endommagées. Des glissements de talus et d'anciennes brèches ont été observés.

Sur le canal Benoît II, les visites de terrain ont notamment mis en évidence deux anciennes brèches (brèches colmatées provisoirement).



Figure 27 – Brèche observée au niveau d'un canal secondaire (Benoît II)

De façon générale :

- la perforation des canaux pour amener l'eau directement dans les parcelles non irriguées fragilise les merlons. L'état des ouvrages et le fonctionnement des canaux à plein bord peuvent alors générer des brèches par surverse.
- le maintien d'un niveau important dans les canaux rend difficile la tenue des berges et des digues dans un état satisfaisant.
- les canaux secondaires sont peu entretenus (végétation dense).



Figure 28 – Etat du canal Benoît III

Des efforts d'entretien ont toutefois été observés par endroit ce qui est encourageant pour la suite.



Figure 29 – Entretien du canal secondaire (Benoît II)



5 CONTRAINTES ET CRITERES POUR LE CHOIX DES INVESTISSEMENTS DE REHABILITATION ET D'AMELIORATION DU SYSTEME HYDRAULIQUE

5.1 Gestion du retour d'expérience : bilan des études antérieures, expertise terrain et rencontre des usagers sur le terrain

Ce paragraphe consiste à tirer les enseignements du passé (valorisation de l'expérience acquise) pour bâtir le projet.

5.1.1 Gestion de l'eau et des infrastructures

La gestion et l'entretien des ouvrages secondaires et tertiaires nécessitent une amélioration dont il est évident qu'elle se situe principalement au niveau des associations d'irrigants bénéficiaires de ces aménagements.

En effet, la situation actuelle nous amène à réfléchir sur les voies et moyens à mettre en œuvre pour prendre en charge de manière beaucoup plus efficace la gestion et l'entretien des infrastructures.

Le manque d'entretien et de gestion du réseau est l'une des principales causes des dysfonctionnements du système actuel. Le secteur pilote doit donc avoir une structure adéquate à l'échelle du périmètre (cf. réforme institutionnelle).

5.1.2 Les propositions en termes d'infrastructures

La pérennité des infrastructures est le point clé de la réussite du projet.

Les solutions d'aménagements proposés doivent également être compatibles avec la situation socio-économique actuelle :

- Des ouvrages simples mécaniquement avec peu d'automatisme doivent être privilégiés pour garantir la maintenance sur le long terme.

Le retour d'expérience montre que la mise en place d'ouvrages trop complexes pose des problèmes d'exploitation et de maintenance. Les pièces défectueuses ne sont généralement pas remplacées.

- Des ouvrages robustes doivent également être priorités en raison du vandalisme.

Par ailleurs, en regard du diagnostic, il paraît plus raisonnable de procéder par étape :

- Traiter tout d'abord les besoins prioritaires afin de rendre opérationnel le secteur pilote pour la réforme institutionnelle.



- Formaliser ensuite un projet d'aménagement structuré sur le périmètre afin d'avoir un fonctionnement optimal.

5.2 Identification des priorités : hiérarchisation des besoins

Les besoins prioritaires sont décrits ci-après.

5.2.1 Réhabilitation des ouvrages de régulation

La première étape consiste en effet à réhabiliter les ouvrages de régulation.

Le diagnostic montre un fonctionnement par excès d'eau qui est néfaste pour le rendement agricole.

L'excès d'eau en amont peut limiter la productivité des cultures (saturation des sols avec problème de drainage à la parcelle). En aval, le débit est insuffisant pour irriguer les terres.

Il s'avère donc primordial de délivrer l'eau dans de meilleures conditions. Ceci est possible en ayant une maîtrise et une connaissance des débits d'arrivée dans les canaux primaires et secondaires ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

5.2.2 Drainage

Le drainage s'avère également primordial. Le drainage est le complément indispensable de l'irrigation. Or, les drains tertiaires sont quasiment inexistants.

De plus, le réseau actuel présente plusieurs points singuliers et pose de sérieux problèmes en crue.

Des aménagements sont donc nécessaires pour :

- Limiter les risques d'inondation (drains principaux et secondaires),
Certaines difficultés peuvent se remédier par des actions préventives (curage des drains, entretien pour limiter la végétation) mais des travaux plus lourds sont nécessaires et consistent à :
 - augmenter la capacité d'écoulement des ouvrages de traversées,
Certains ouvrages de franchissement par des voies d'accès sont en effet sous dimensionnés.
 - modifier le fonctionnement de certains drains primaires pour simplifier le système hydraulique et ainsi éviter des apports extérieurs au secteur pilote.
 - éliminer les excès d'eau dans les parcelles (renforcer la trame tertiaire).
Il est nécessaire de compléter le réseau de drainage au niveau tertiaire.

5.2.3 Trame hydraulique

Il y a nécessité de compléter le réseau tertiaire afin d'améliorer la distribution de l'eau sur certains secteurs (zones non dépourvues de canaux tertiaires).



5.3 Orientation retenue

Deux solutions ont été étudiées :

5.3.1 La solution optimale

Cette solution permet d'avoir une exploitation optimale du périmètre irrigué. Elle consiste à :

- structurer en profondeur le secteur pilote (pertes minimales, amélioration de l'irrigation à la parcelle,...),
- réaliser des infrastructures hydrauliques importantes pour permettre une gestion rationnelle de l'eau (fonctionnement par tour d'eau au niveau tertiaire).

5.3.2 La solution opérationnelle

La solution opérationnelle tient compte de la faisabilité économique et ne recherche pas une optimisation du fonctionnement.

L'objectif est d'avoir un secteur opérationnel tout en évitant d'engager de lourdes dépenses trop rapidement.

Cette solution est donc axée strictement sur les besoins prioritaires, identifiés à la suite des reconnaissances de terrain (cf. 5.2).

Le projet pourra ensuite optimisé pour apporter une réponse adaptée aux besoins spécifiques des usagers au niveau tertiaire.

5.4 Hypothèses de dimensionnement

5.4.1 Besoins en eau et distribution de l'eau d'irrigation

Les hypothèses de dimensionnement en termes de débits (besoin en eau) sont figurées dans le tableau suivant :

Désignation	Objectif
Débit d'équipement en tête des tertiaires	2,0 l/s/ha (prise en compte d'une efficience de 75%)
Débit d'équipement en tête des secondaires	$1,6 \text{ l/s/ha} \leq Q_{\text{equip}} \leq 2,0 \text{ l/s/ha}$ (prise en compte d'une efficience de 75%)
Débit d'équipement en tête des primaires	$1,6 \text{ l/s/ha} \leq Q_{\text{equip}} \leq 2,0 \text{ l/s/ha}$
Drain	5,0 l/s/ha

Les besoins en eau en tête de tertiaires sont ceux issus du schéma directeur.

Un autre critère est de permettre un système de répartition par tour d'eau afin d'avoir un partage équitable entre les usagers et une gestion économe de la ressource en eau.

Ce critère est justifié pour un projet dont l'objectif est un fonctionnement en condition optimale.

En revanche, pour la solution dite opérationnelle, il ne paraît pas réaliste d'atteindre cet objectif à court terme. L'objectif premier est d'avoir une maîtrise de l'eau en tête de primaires et de secondaires pour tendre à terme vers une gestion optimale de l'eau à l'échelle du tertiaire.



5.4.1.1 Solution optimale

Les paramètres de dimensionnement retenus dans le cadre des études sont adaptés pour la solution optimale.

A l'échelle du tertiaire, l'irrigation se pratiquera par tour d'eau. Les blocs de parcelles (quaternaires) formant le quartier seront irrigués à tour de rôle. Une fois l'irrigation du quartier terminée, on reprendra l'irrigation du premier bloc et ainsi de suite.

En théorie, les quartiers varient entre 20 et 30 ha pour une main d'eau de 30 l/s.

Cependant, pour éviter que les investissements soient trop onéreux, il est préférable que le quartier n'ait pas une superficie trop faible afin d'éviter une densité de canaux tertiaires trop importante. Il est certain que la multiplicité de ces canaux rend plus compliquée l'exploitation du périmètre.

Pour le projet, il a donc été retenu une surface moyenne de 45 ha. En considérant un débit spécifique de l'ordre de 2 l/s/ha, le débit en tête de tertiaire est alors de 90 l/s. Le débit de 90 l/s sera divisé en 3 mains d'eau de 30 l/s.

En considérant un module de 30 l/s et un volume de 1210 m³ (alimentation continue sur 24 heures), il faudra 11 heures pour irriguer 1 hectare.

Toutefois, pour tenir compte des infrastructures déjà en place, la surface de certains quartiers peut atteindre 80 ha. Le débit en tête est alors de 160 l/s. Celui-ci est divisé en 4 mains d'eau de 40 l/s.

En considérant un module de 40 l/s, il faudra environ 8 heures pour irriguer 1 hectare.

5.4.1.2 Solution opérationnelle

L'objectif ici est de se concentrer sur les actions prioritaires définies au chapitre 5.2.

Cette solution se veut évolutive. La trame proposée s'appuie donc sur la solution optimale afin de faciliter la mise en œuvre d'un système hydraulique plus optimisé.

Les ouvrages seront donc dimensionnés pour répondre aux besoins futurs identifiés dans le tableau précédent.



6 CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES

6.1 Canaux d'irrigation

Les canaux seront en terre et auront une section trapézoïdale.
Le plan d'eau sera tenu à une cote suffisante pour dominer toutes les parcelles desservies.

6.1.1 Solution optimale

6.1.1.1 Canaux primaires

La capacité de transport des canaux primaires est la suivante :

Secteur	Capacité (débit théorique en tête de canal)	Superficie irriguée
Benoît Lower	3,20 m ³ /s	1599 ha
Bidone	1,20 m ³ /s	598 ha
Laville	0,56 m ³ /s	281 ha

Sur la base du modèle hydraulique réalisé dans le cadre de l'étude Tecsalt, il est observé pour le :

- canal Lower Benoît : des débordements généralisés dans le canal.
- canal Laville : une débitance du canal insuffisante sur toute la longueur.
Le modèle hydraulique indique plusieurs points de débordement.
- canal Bidone : une débitance insuffisante.
Plusieurs points de débordements sont observés le long du canal pour un débit théorique de 1,20 m³/s en tête de canal.

Un recalibrage des canaux primaires est donc nécessaire.

Le tableau ci-après donne des indications sur les caractéristiques géométriques de ces sections. Les hypothèses considérées sont un coefficient de Strickler de 30 (canaux en terre, berges dégagées) et une pente de 0.05 %. La section est trapézoïdale et le fruit des talus est de 2H/1V.

Débit (m ³ /s)	L radier (m)	L total (m) avec revanche de 0,3	H total (m)	Heau (m)	V (m/s)
0.6	0.8	5	1.05	0.75	0.37
1	1.2	5.80	1.15	0.85	0.42
2	2.1	7.30	1.3	1	0.49
3	2.1	8.20	1.55	1.25	0.55
3.5	2.1	8.40	1.6	1.3	0.56



6.1.1.2 Canaux secondaires

La capacité de transport des canaux secondaires est la suivante :

Secteur	Capacité	Superficie irriguée
Benoît 2	1,04 m ³ /s	518 ha
Benoît 3	1,30 m ³ /s	654 ha
Benoît 4	0,46 m ³ /s	228 ha

La modélisation hydraulique montre que la débitance est limitée sur toute la longueur des canaux. Lors de notre visite, ces canaux fonctionnaient à plein bord.

Les canaux secondaires nécessitent également un recalibrage pour le débit à transiter.

6.1.1.3 Canaux tertiaires

Le tableau ci-après donne des indications sur les caractéristiques géométriques des sections des canaux tertiaires. Les hypothèses considérées sont un coefficient de Strickler de 30 (canaux en terre, berges dégagées) et une pente de 0.05 %. La section est trapézoïdale et le fruit des talus est de 3H/2V.

La capacité des canaux tertiaires figure dans le tableau ci-après :

Débit (l/s)	Superficie irriguée	L radier (m)	Heau = Htotal (m)	V (m/s)
90 l/s	45 ha	0.4	0.4	0.24
120 l/s	60 ha	0.6	0.4	0.26
160 l/s	80 ha	0.6	0.45	0.27

La section type correspond à une surface de 45 ha.

Pour s'adapter à la configuration actuelle, la section sera modifiée sur certains secteurs (débit en tête plus élevé pour irriguer une superficie plus importante, cf. tableau précédent).

Les sections des canaux seront définies précisément en phase DAO, sur la base de levés topographiques.

6.1.2 Solution opérationnelle

Le diagnostic a montré une corrélation entre les secteurs peu desservis et le nombre de prises clandestines.

La solution opérationnelle consiste à compléter la trame hydraulique afin d'avoir une répartition plus homogène des canaux tertiaires au sein du secteur pilote.

La section des canaux tertiaires auront les mêmes sections que celles définies dans la solution optimale.

Par contre, cette solution ne prévoit pas de recalibrer les canaux primaires et secondaires à l'exception du canal Benoît II (canal très endommagé, deux anciennes brèches colmatées provisoirement).

6.2 Drains tertiaires

Le débit d'équipement d'un drain tertiaire doit être capable d'évacuer un débit de 5l/s/ha.

Il est bien évident que la cote du fond du drain doit être plus basse que la cote du fond du canal d'irrigation.

La profondeur minimale est fixée à 0,8 m. La profondeur maximale variera en rapport de la topographie du terrain.

6.3 Les ouvrages hydrauliques

6.3.1 Ouvrages de régulation

Le principe général de régulation proposé du périmètre est le suivant :

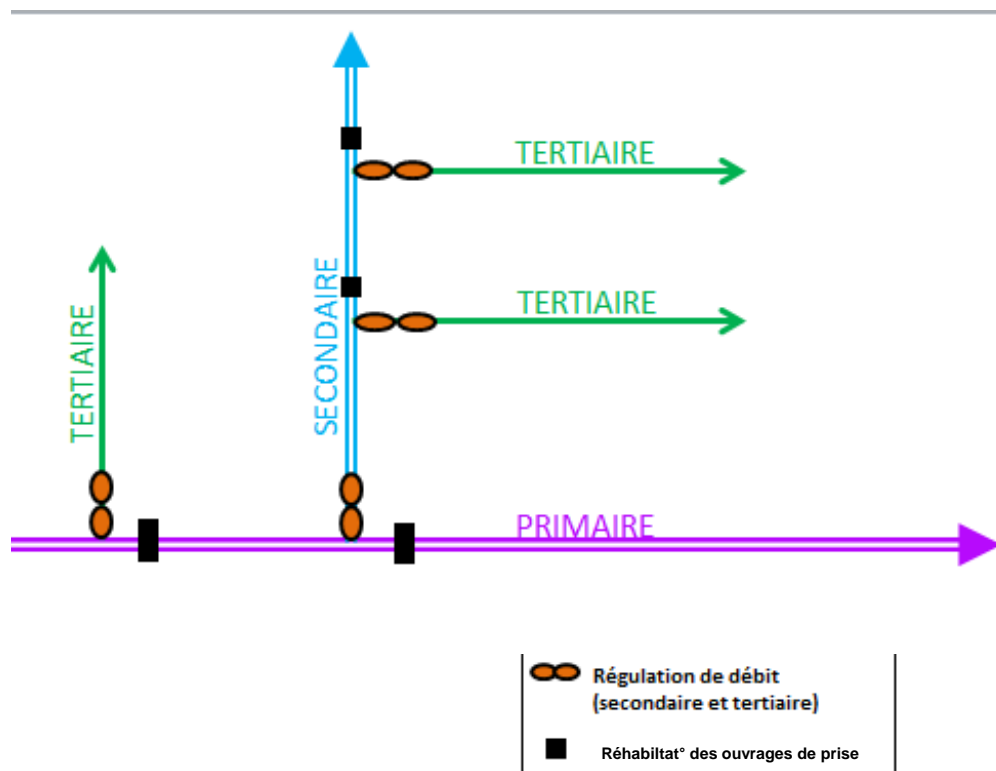


Figure 30 – Synoptique des ouvrages de régulation pour la solution optimale

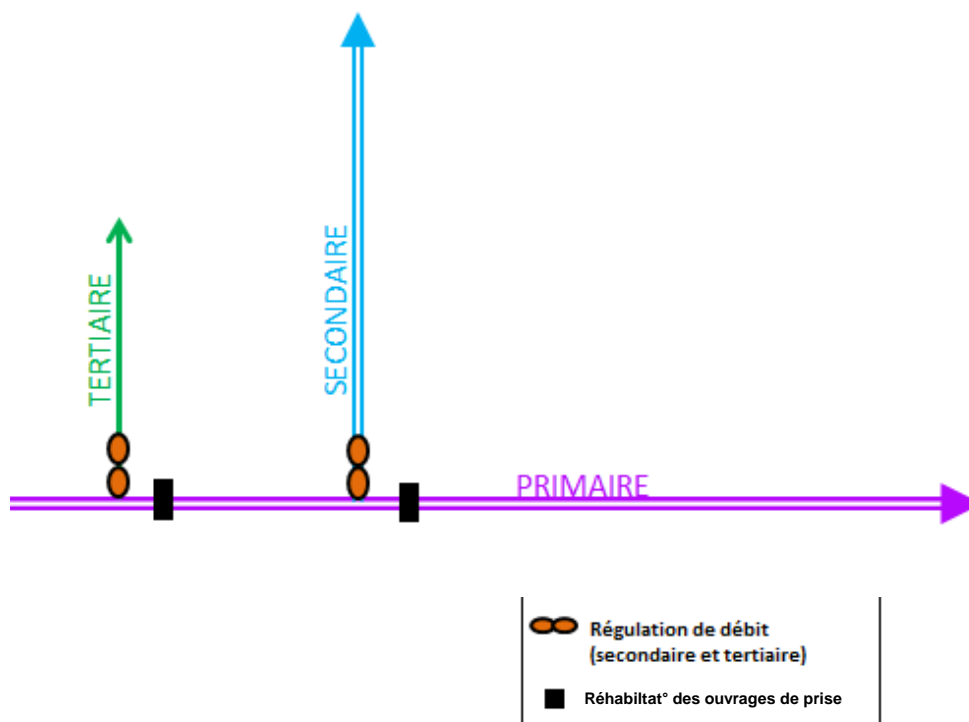


Figure 31 – Synoptique des ouvrages de régulation pour la solution opérationnelle

6.3.1.1 Canaux primaires

En tête de primaire, il est impératif de disposer d'ouvrages de régulation en état. Les aménagements proposés sont développés dans le rapport « Ouvrages de régulation ».

A l'exutoire du canal Bidone et Laville, il est prévu la mise en place de canaux Parshall.

L'exutoire de Bidone sera instrumenté (puits de mesure).

6.3.1.2 Canaux secondaires

Les ouvrages proposés en tête de secondaire sont des seuils jaugeurs Parshall.

Ces ouvrages ont l'avantage d'être robustes (évite toutes pannes mécaniques) et demandent peu de maintenance. Le risque de vandalisme est faible.

Les canaux jaugeurs Parshall comprennent 3 sections principales (une section convergente à l'extrémité amont, une section étranglée, une section divergente à l'extrémité aval).

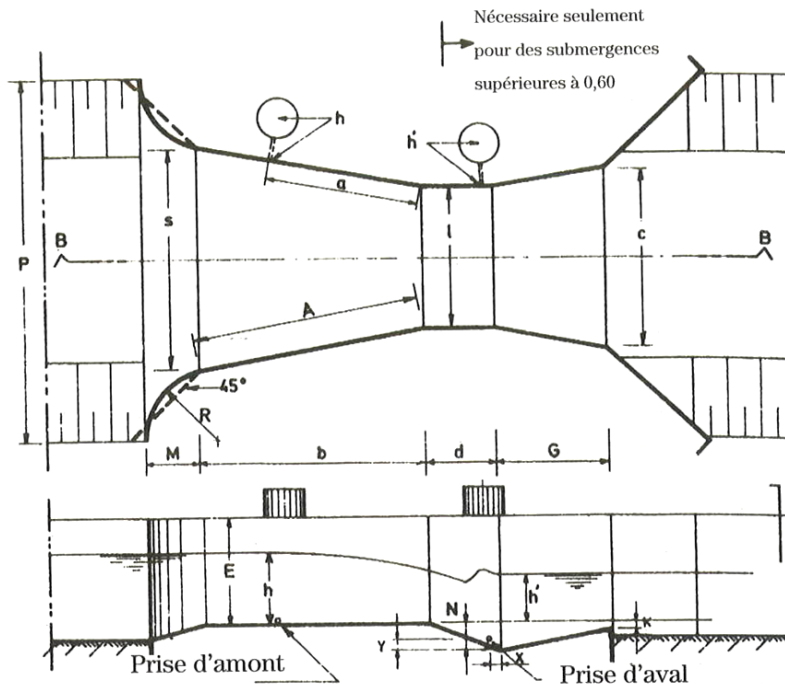


Figure 32 –Seuil jaugeur Parshall

En fin de réseau des canaux secondaires de Benoît II, Benoît III et Benoît IV, des seuils de mesure à mince paroi seront mis en place.

Ces ouvrages situés en extrémité aval permettront d'ajuster la régulation en amont pour une meilleure efficacité du système.

Pour rappel, le fonctionnement d'un réseau d'irrigation est satisfaisant lorsque les exploitations reçoivent le débit prévu sans qu'il y ait défaillance ni perte d'eau excessive.

Ces ouvrages sont faciles à construire et permettent de mesurer le débit avec précision. Il importe toutefois que le niveau d'eau en aval soit toujours au-dessous de la crête du déversoir, à défaut de quoi la mesure du débit serait inexacte (fonctionnement dénoyé).

La présence d'ouvrage de chute pour Benoît III et Benoît IV écarte tout problème.

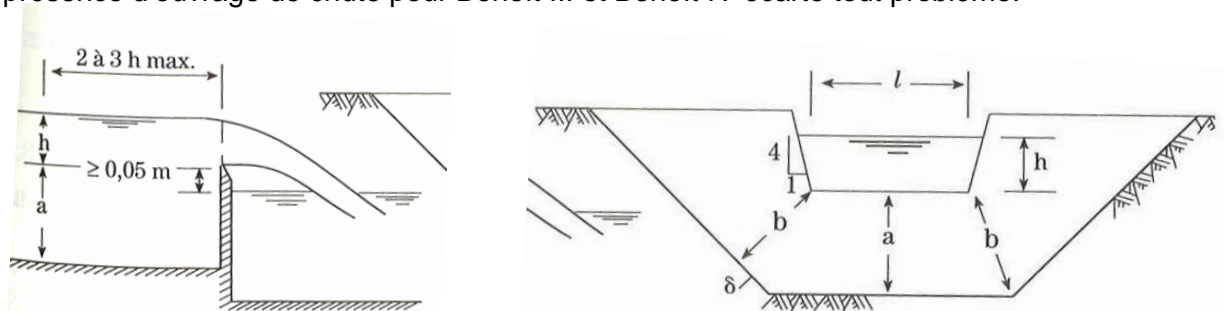


Figure 33 –Seuil à mince paroi



Les dimensions du seuil pour des mesures de débit jusqu'à 3 m³/s sont données dans le tableau ci-dessous :

débit Q m ³ /s	l m	h m	h/l	a	b min	distance max amont pour la mesure m
0,05	0,5	0,14	0,28	0,40	0,30	0,43
0,1	0,5	0,23	0,45	0,60	0,45	0,68
0,2	1	0,23	0,23	0,60	0,45	0,68
0,5	1	0,42	0,42	0,90	0,83	1,25
1	1,5	0,50	0,34	1,10	1,01	1,51
2	2,5	0,57	0,23	1,20	1,14	1,71
3	4	0,55	0,14	1,20	1,09	1,64

L'exutoire du canal Benoit II est dimensionné pour un débit de 0,5 m³/s (pour mémoire débit en tête de 1,04 m³/s).

L'exutoire du canal Benoit III est dimensionné pour un débit de 0,7 m³/s (pour mémoire débit en tête de 1,30 m³/s).

L'exutoire du canal Benoit IV est dimensionné pour un débit de 0,2 m³/s (pour mémoire débit en tête de 0,46 m³/s).

Il n'est pas prévu d'électronique. Ces ouvrages disposeront essentiellement d'échelles limnimétriques (relation entre hauteur d'eau et débit).

6.3.1.3 Canaux tertiaires

La majorité des canaux tertiaires sont équipés de modules à masque. Ces ouvrages sont toutefois hors service.

Pour la solution optimale, il est prévu de remplacer ces ouvrages par des seuils de mesure.

Pour la solution opérationnelle, seules les prises d'eau tertiaires greffées directement sur les canaux primaires seront équipées de seuils de mesure à mince paroi avec bassin de tranquillisation.

Il n'est pas prévu d'électronique. Ces ouvrages disposeront essentiellement d'échelles limnimétriques (relation entre hauteur d'eau et débit).

6.3.2 Prises d'eau

La majorité des prises d'eau (vanne plate) fonctionnent. Les prises vétustes seront remplacées.

Pour la solution optimale, il est prévu des prises de bloc le long des canaux tertiaires afin de garantir une bonne distribution de l'eau dans les quartiers.



7 MISE A JOUR DES PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS ET DE MAINTENANCE

7.1 Solution optimale : scénario 1

7.1.1 Le réseau d'irrigation

7.1.1.1 Capacité des canaux primaires et secondaires

Sur la base du diagnostic, il est prévu un reprofilage des canaux primaires et secondaires pour augmenter la section hydraulique (cf.6.1.1).

7.1.1.2 La trame hydraulique

Ce scénario 1 vise à assurer un fonctionnement optimal en garantissant un système de répartition par tour d'eau.

Pour atteindre les objectifs de dimensionnement (cf. chapitre 5.3), le secteur pilote nécessite des modifications en profondeurs de la trame hydraulique (reprise complète de la structure du réseau d'irrigation et de drainage des tertiaires).

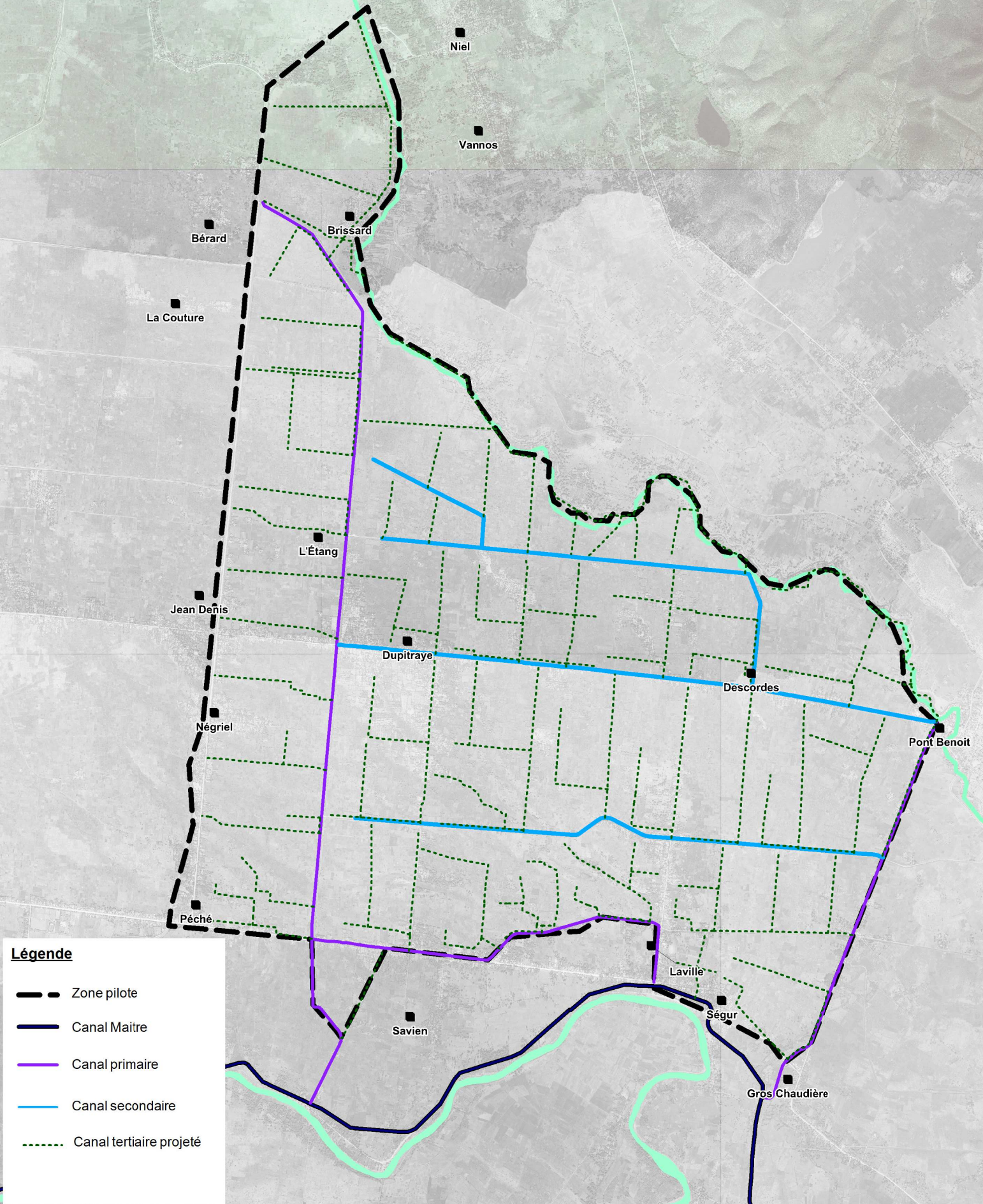
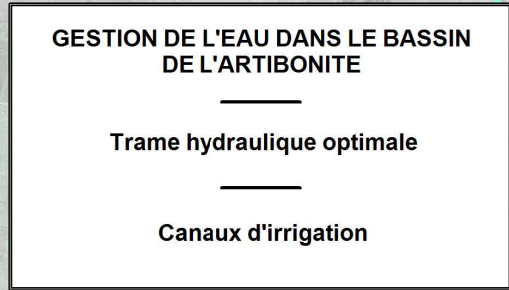
La trame hydraulique proposée s'appuie sur l'étude Techsult de janvier 2009.

GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN
DE L'ARTIBONITE



Trame hydraulique optimale

Canaux d'irrigation





La trame hydraulique tient compte des infrastructures existantes (canaux primaires et secondaires, drains).

A certains endroits comme à Lower Benoît, un canal tertiaire longe le canal primaire afin d'éviter une perforation de prises clandestines directement sur le canal primaire.

Le vannier de l'association organisera :

- Le partage proportionnel de l'eau au niveau des secondaires,
- Le tour d'eau entre blocs sur un tertiaire,
- La rotation du débit de pointe des tertiaires entre eux,

La répartition de l'eau entre les blocs d'un quartier se fera grâce aux prises des blocs sur le tertiaire.

7.1.2 Le drainage

Le système de drainage prévu est figuré ci-après.

Solution optimale



Vannos

Brissard

La Couture

L'Étang

Jean Denis

Dupitraye

Descordes

Négrie

**Rejet du drain principal
Lower Benoit à l'Estère**

Pont Benoit

**Reprise de l'ouvrage
traversant sous la piste**

Laville

Ségur

Gros Chaudière

Légende

— Zone pilote

Drain primaire

Drain secondaire

Drain tertiaire projeté



Point particulier



Le réseau de drainage est parallèle et symétrique au réseau d'irrigation.

Le système proposé permet de mieux contrôler les eaux internes du périmètre :

- En situation normale :
Les collecteurs tertiaires permettent d'évacuer les surplus d'eau des parcelles.
- En situation de crue :
Les aménagements proposés réduisent les risques d'inondations :
 - Le drain Lower Benoit a désormais pour exutoire l'Estère et non plus le drain Benoît II. Un clapet anti-retour est préconisé pour éviter tout refoulement de l'Estère dans le réseau.
 - L'ouvrage de rejet à l'exutoire du drain Dessalines est à modifier s'il collecte les eaux de Bidone (ouvrage sous dimensionné dans ce cas). L'autre option envisageable est de délester directement les eaux du drain de Bidone dans l'Estère.
 - Les ouvrages de capacité limitante au niveau de certaines traversées sont modifiés. Il s'agit du drain Laville, du drain Benoît II et du drain Benoît III.

7.1.3 Ouvrages de régulation

Les ouvrages de régulation prévus sont :

- En tête de secondaire : vannes plates réglables associées à des seuils jaugeurs Parshall,
- En fin de secondaire (Benoît II, Benoît III et Benoît IV) : seuils de mesure à mince paroi,
- En tête de tertiaire : vannes plates réglables associées à des seuils de mesure à mince paroi avec bassin de tranquillisation.

Pour relever le niveau de l'eau, des ouvrages sont placés en aval des prises. Ces régulateurs de prise sont constitués d'une porte centrale dotée d'une vanne à fermeture manuelle munie d'une tige à crémaillère et de deux seuils latéraux déversants.



Figure 36 –Régulateur de prise sur le canal Lower Benoit

La plupart de ces ouvrages sont non fonctionnels : absence ou blocage des vannes, tige à crémaillère tordue. Il est donc prévu de les réhabiliter.



7.1.4 Sécurisation du système

Les digues des canaux secondaires sont parfois en très mauvais état (2 brèches ont été colmatées par des débris de végétaux au niveau du canal Benoît II).

Les préconisations sont donc les suivantes :

- Rehaussement des ouvrages pour garantir une revanche suffisante (canaux primaires et secondaires),
- Retalutage des digues avec un fruit de 2H/1V vis-à-vis de la stabilité d'ensemble,
- Entretien plus rigoureux des ouvrages même si des efforts ont été relevés notamment sur le canal secondaire Benoît II.

7.2 Solution opérationnelle

7.2.1 Ouvrages de régulation

L'effort doit se faire tout d'abord en tête des canaux primaires et secondaires, par la mise en place d'ouvrages de régulation afin de maîtriser les débits délivrés, ces débits devant correspondre aux besoins d'irrigation.

En effet, les insuffisances constatées en termes de régulation sur les primaires et secondaires conduisent à une mauvaise répartition dans les tertiaires.

Beaucoup d'ouvrages sont présents et ceux jusqu'au niveau tertiaire. Cependant, l'état et les caractéristiques peu conformes de ces ouvrages (modules à masque calés généralement trop bas et associés à des vannes plates) ne permettent pas de jouer leur rôle de régulateur.

De ce fait, des travaux sur les ouvrages de régulation sont indispensables et consistent à remplacer les ouvrages existants (cf. chapitre 7.1.3).

En regard des désordres constatés, il paraît à ce stade illusoire de vouloir délivrer l'eau par tour d'eau. Les besoins prioritaires se situent au niveau des canaux primaires et secondaires. Les améliorations prévues permettront une exploitation plus efficace du réseau actuel. Les aménagements préconisés sont identiques à la solution optimale :

- En tête de secondaire : vannes plates réglables complétées par des seuils jaugeurs Parshall,
Les seuils jaugeurs Parshall seront réalisés en maçonnerie. Ils seront édifiés en travers des canaux secondaires en aval de la prise.
- En fin de secondaire (Benoît II, Benoît III et Benoît IV) : seuils de mesure à mince paroi,
- En tête de tertiaire (canaux greffés directement sur les primaires) : vannes plates réglables associées à des seuils de mesure à mince paroi avec bassin de tranquillisation.

Les seuils de mesure seront équipés d'échelle limnimétrique.



Il est également prévu de réhabiliter les régulateurs de prises sur les primaires pour relever le niveau de l'eau au droit des prises.

En tête et fin de primaire, les préconisations sont décrites dans le rapport : « ouvrages de régulation ».

7.2.2 Trame hydraulique du secteur pilote

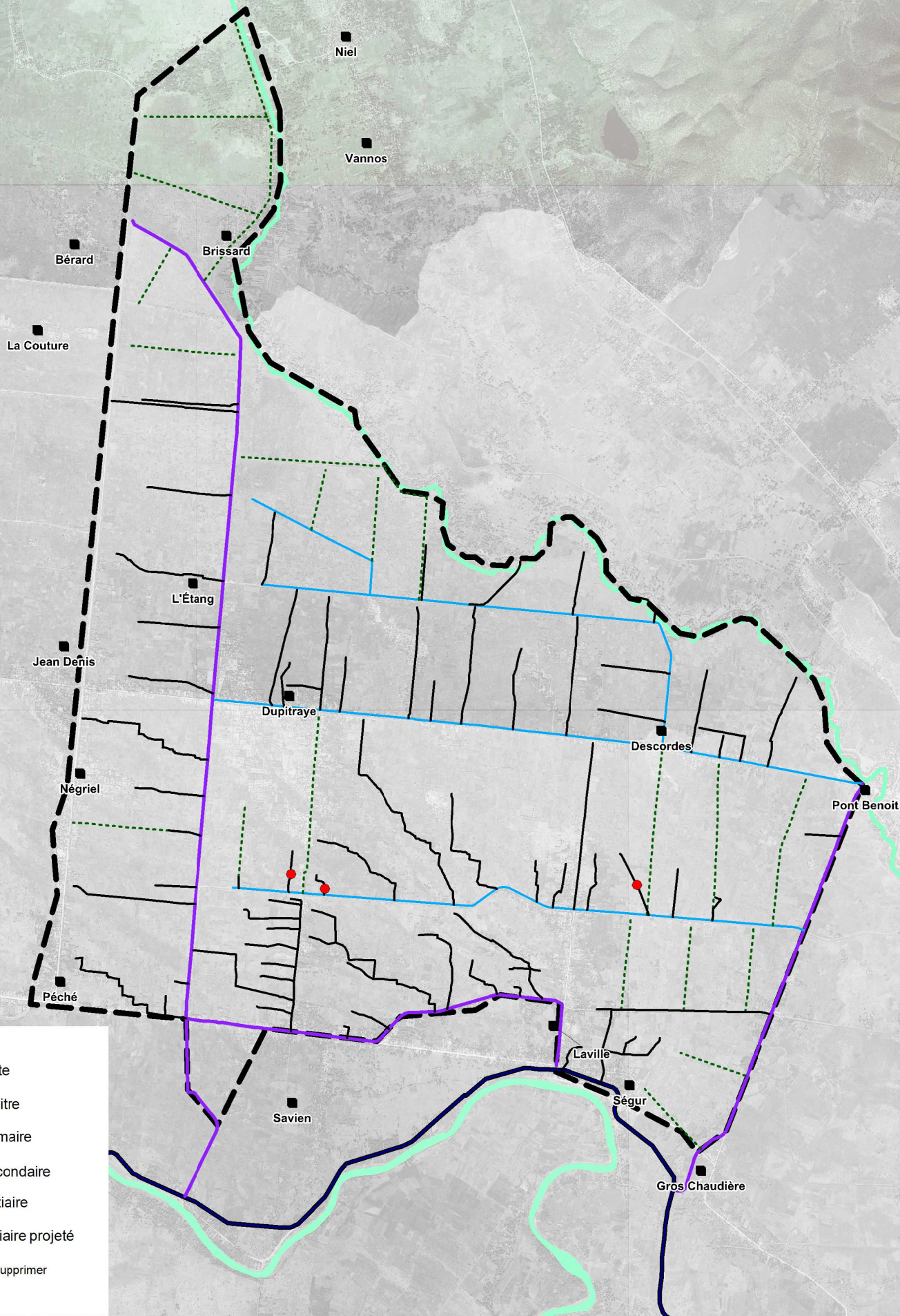
Il est essentiel que la trame hydraulique actuelle soit complétée à minima (cf. figure suivante) pour garantir une équité entre usagers.

Les perforations constatées des canaux primaires et secondaires pour des prélèvements vers les parcelles non desservies montrent la nécessité de renforcer la trame actuelle (corrélation entre zone peu ou pas desservie et prise d'eau clandestine).

GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN DE L'ARTIBONITE

Trame hydraulique opérationnelle

Canaux d'irrigation



Légende

- Zone pilote
- Canal Maitre
- Canal primaire
- Canal secondaire
- Canal tertiaire
- Canal tertiaire projeté
- Tertiaire à supprimer



La trame hydraulique proposée s'adapte à la configuration actuelle mais tient compte aussi des infrastructures nécessaires pour tendre à terme vers un fonctionnement optimal (fonctionnement par tour d'eau).

Les canaux tertiaires projetés s'appuie donc sur la solution optimale.

En regard du diagnostic, il est nécessaire de remettre en état le canal Benoît II. Les travaux consisteront à un recalibrage du canal et un renforcement des merlons sur la totalité du linéaire.



7.2.3 Drainage

La solution consiste à installer un réseau de drainage tertiaire en cohérence avec les canaux existants et en adéquation avec la solution optimale. Ce réseau de drainage a pour but d'améliorer le rendement actuel (éviter des pertes de récoltes à cause d'excès d'eau dans les parcelles).

De plus, comme pour la solution optimale, il est prévu :

- d'augmenter la capacité des ouvrages de traversée de certains drains secondaires pour limiter les risques de débordement en crue.
- de déconnecter le drain Lower-Benoit (rejet directement à l'Estère au lieu d'un rejet dans le drain Benoit II).
- de modifier l'ouvrage de rejet à l'exutoire du drain Dessalines s'il collecte les eaux de Bidone ou bien sinon de délester directement les eaux du drain de Bidone dans l'Estère.

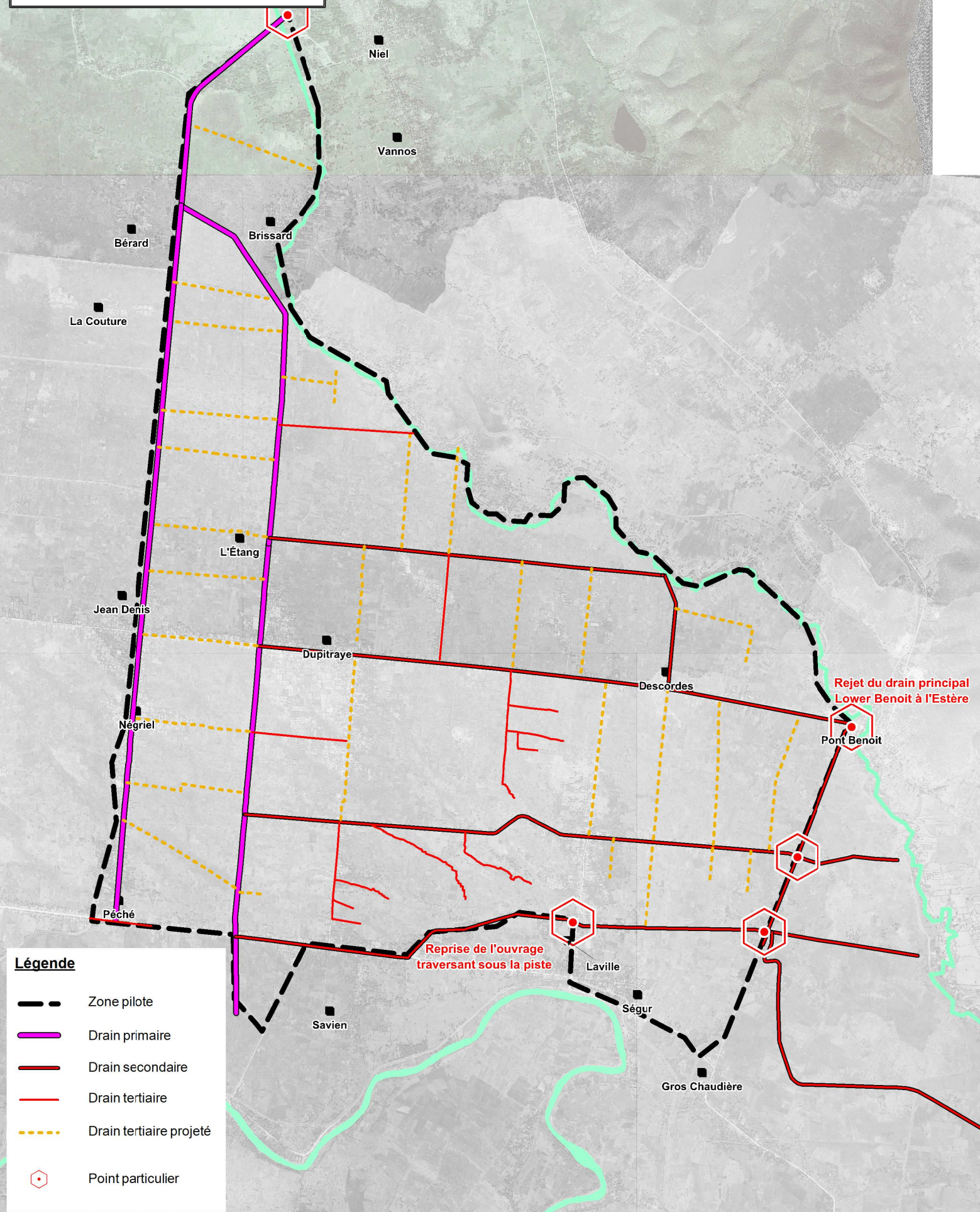
REMARQUE :

Le réseau de drainage (drains tertiaires) proposé ci-après sera vérifié lors de la réception des levés topographiques. Il n'est pas à exclure que ce réseau soit modifié ou adapté lors du DAO.

GESTION DE L'EAU DANS LE BASSIN DE L'ARTIBONITE

Système de drainage

Solution opérationnelle





7.3 Entretien

L'entretien est une activité fondamentale des équipements de régulation et des canaux d'irrigation et de drainage. L'objectif de l'entretien est de conserver un système opérationnel.

Ainsi, il est préconisé pour les deux solutions des :

- Entretiens préventifs,

Ces entretiens seront réalisés une fois par an et consistent à maintenir en état les canaux d'irrigation et de drainage (reprofilage si les talus sont affaissés ou bien s'ils ont subi des déformations, faucardage manuel,...).

Des visites régulières du réseau et des ouvrages sont par ailleurs conseillés.

De plus, un contrôle annuel des équipements de régulation et de l'instrumentalisation mise en place sont également préconisés.

Ces opérations se font en fonction des besoins exprimés par les associations d'irrigants.

- Entretiens curatifs.

L'entretien curatif se déroulera durant la campagne programmée et en cas d'urgence (débordements, brèches,...). Un faucardage mécanique est à prévoir lorsque l'enherbement dans les canaux d'irrigation et de drainage porte atteinte au bon écoulement dans le réseau.

Le tableau suivant présente l'opération de maintenance pour le périmètre :

Intervention	Ouvrages concernés	Fréquence
Faucardage	Canaux d'irrigation, drains	Par campagne à définir (au minimum 1 fois par an) Entretien curatif selon nécessité
Curage, reprofilage, rechargement cavaliers, planage	Canaux d'irrigation, drains, diguettes, parcelles	Annuelle
Ouvrages hydrauliques et équipement d'instrumentalisation	Ouvrage de régulation	1 fois par an au minimum pour le contrôle Dépannage selon nécessité



8 ESTIMATION FINANCIERE DES TRAVAUX

Ce chapitre a pour objectif d'évaluer globalement le coût des travaux pour les deux solutions proposées.

Les hypothèses prises pour le chiffrage sont les suivantes :

- La réalisation du génie civil et de pose des vannes supposent qu'il est possible de procéder à un chômage des canaux.
Si cette opération n'est pas possible globalement, il sera nécessaire de prévoir des installations de chantier pour isoler les zones de travaux sur chaque ouvrage (palplanches, batardeaux, pompes exhaure,...), qui viendront fortement augmenter le coût global des travaux.
- Les déblais issus du terrassement des canaux et des drains ne sont pas réutilisés en remblai.
Les matériaux prévus pour les remblais des canaux correspondent à des matériaux d'apports.
- Il n'est pas prévu de matériau de substitution sous les ouvrages génie civil (régulateurs ou seuils de mesure).

Par ailleurs, l'étude a été menée sans relevé topographique.

Il conviendra en phase DAO de disposer de données topographiques détaillées (canaux, drains et ouvrages de régulation et de prise) pour préciser, confirmer et caler le projet (caler les ouvrages de régulation, définir les ouvrages de raccordements, compléter si besoin le dimensionnement des canaux tertiaires et des drains sur la base de la topographie du terrain,...).

Une étude géotechnique est également conseillée pour :

- préciser les méthodes d'exécution retenues pour garantir la stabilité des ouvrages,
- étudier les possibilités de réaliser des caisses d'emprunts à proximité de la zone d'étude et étudier la possibilité de réutiliser les matériaux décaissés en remblais pour limiter l'apport de matériaux.

8.1 Solution optimale

Le coût du projet pour la solution optimale est de l'ordre de 11 005 900 USD.

La répartition du montant des travaux est indiquée dans le tableau suivant.



	Canaux et drains primaires (Dessalines et Bidone) ou secondaires (Lower Benoît)				Canaux et drains secondaires		
	Lower Benoît	Laville	Bidone	Dessalines (drain)	Benoît II	Benoît III	Benoît IV
Travaux préparatoires	40 000 \$	40 000 \$	80 000 \$	8000 \$	65 000 \$	55 000 \$	35 000 \$
Ouvrages hydrauliques	368 100 \$	94 100 \$	216 900 \$	200 000 \$	242 000 \$	148 000 \$	100 900 \$
Canaux et drains	765 500 \$	990 800 \$	1 897 300 \$		1 608 700 \$	1 297 100 \$	846 300 \$
Divers	1 900 \$	1900 \$	89 500 \$		4 500 \$	2 900 \$	1 600 \$
<i>Divers et imprévus</i>	<i>235 100 \$</i>	<i>225 400 \$</i>	<i>456 700 \$</i>	<i>6 300 \$</i>	<i>384 100 \$</i>	<i>300 600 \$</i>	<i>196 700 \$</i>
Coût total par secteur	1 410 600 \$	1 352 200 \$	2 740 400 \$	214 300 \$	2 304 300 \$	1 803 600 \$	1 180 500 \$



8.2 Solution opérationnelle

Le coût du projet pour la solution optimale est de l'ordre de 4 020 100 \$.

La répartition du montant des travaux est indiquée dans le tableau suivant.



	Canaux et drains primaires (Dessalines et Bidone) ou secondaires (Lower Benoît)				Canaux et drains secondaires		
	Lower Benoît	Laville	Bidone	Dessalines (drain)	Benoît II	Benoît III	Benoît IV
Travaux préparatoires	30 000 \$	5000 \$	40 000 \$	8000 \$	30 000 \$	2000 \$	10 000 \$
Ouvrages hydrauliques	365 700 \$	87 700 \$	216 900 \$	200 000 \$	177 700 \$	3900 \$	10 400 \$
Canaux et drains	390 200 \$		741 400 \$		644 000 \$	36 700 \$	293 800 \$
Divers			86 000 \$				
<i>Divers et imprévus</i>	157 200 \$	18 500 \$	216 900 \$	6 300 \$	170 400 \$	8 500 \$	62 900 \$
Coût total par secteur	943 100 \$	111 200 \$	1 301 200 \$	214 300 \$	1 022 100 \$	51 100 \$	377 100 \$



8.3 Conclusion

Le coût des aménagements pour un fonctionnement optimal du secteur pilote rend difficile l'acceptation du projet.

Le montant actualisé de l'étude TECSULT (solution optimale) sur le site pilote s'élève à 11 millions de dollars ce qui est beaucoup trop élevé.

En effet, ce coût rend difficile l'acceptation des travaux d'autant que le retour d'expérience montre que les efforts doivent être axés en priorité sur la réforme institutionnel afin de déclencher une dynamique locale et ainsi garantir une pérennité des ouvrages et un meilleur fonctionnement hydraulique sur le long terme.

De plus en termes d'organisation et de suivi, il n'est pas souhaitable de retenir cette solution (trop contraignant à court terme). Il semble au contraire préférable de laisser un laps de temps aux associations d'irrigants pour mettre en œuvre une organisation permettant de s'adapter et répondre aux besoins actuels (maîtrise de l'eau au niveau secondaire).

Lorsque les problèmes majeurs seront traités et que l'organisation sera structurée, il pourra alors être envisagé de réaliser un projet plus ambitieux.

Ainsi, la solution opérationnelle proposée paraît être la solution la plus adaptée. Elle répond aux attentes actuelles et a été étudiée pour faciliter la mise en œuvre à terme d'un système plus optimisé (solution s'appuyant sur la solution optimale, solution opérationnelle non figée). Cette solution opérationnelle s'adapte à la configuration actuelle et est également souple pour évoluer dans le temps.