

---

## **APPLICATION DU PRINCIPE DE CONTROLE DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES SUR LE PERIMETRE D'IVATO**

---

Pour servir d'application et d'exemples sur le contrôle de dimensionnement des ouvrages d'aménagements hydroagricoles, le périmètre d'Ivato a été choisi du fait qu'il contient plusieurs types d'ouvrages sur canaux. Cela nous permettra de faire des applications concrètes sur les différents ouvrages hydrauliques cités dans les parties précédentes. Ce périmètre fait partie des périmètres irrigués dans la zone d'Ambositra et d'Antsirabe dont les études ont été confiées à la société d'études SOMEAH.

### **III .1. PRESENTATION DU PERIMETRE**

#### **III.1.1 Localisation :**

Situé dans la région d'Amoron'i Mania, Commune d'Ivato, dans la Provence de Fianarantsoa, le périmètre hydroagricole d'Ivato est accessible par la route nationale N°7 jusqu'à Ivato Centre et par une route secondaire de 5Km jusqu'à Antoetra où se trouve le périmètre. Il se situe à 5Km à l'Est d'Ivato Centre (Fig 19).

Géographiquement, le périmètre peut être repéré par les coordonnées géographiques suivantes :

X = 603 750 m et Y = 492 200 m

L'altitude du périmètre est comprise entre 1464 m et 1448 m NGM

La plaine qui constitue le périmètre est traversée par la rivière Ivato et ses trois principaux affluents (Ankaterena, Kelimanatody, et Anotsy)

Le périmètre est subdivisé en 5 zones hydrauliques (Fig 20) :

- Zone I : Irriguée par le barrage d'Ampopohana sur la rivière Ivato ;
- Zone II : Irriguée par les barrages d'Ankaterena Ambony et d'Ankaterena Ambany situés sur le ruisseau Ankaterena ;
- Zone III : Traversée par le ruisseau Kelimanatody, irriguée en rive gauche par le barrage d'Analanigaigy et en rive droite par le barrage de Kelimanatody. Ces barrages se trouvent tous sur le ruisseau Kelimanatody ;
- Zone IV : Irriguée par le bief aval du canal Ampopohana, située sur la rive droite de la rivière Ivato ;
- Zone V : Irriguée par le canal secondaire d'Ampopohana. Elle se situe entre la rive gauche de la rivière Ivato et la piste Antoetra –Ivato.

#### **III .1 .2 Climat :**

D'après le traitement des données pluviométriques et les données sur les températures observées durant 30 années (1931-1980) à la station météorologique d'Ambositra, il en résulte que la pluviométrie moyenne de la zone est de 1449mm dont 85% tombent durant la saison pluvieuse qui s'étale du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril.

La répartition de la pluviométrie correspondant aux périodes de retour de 10 ans et de 5 ans pour les années sèches et les années humides est présentée dans le tableau 13 :

Fig 19. PLAN DE LOCALISATION DU PERIMETRE IVATO

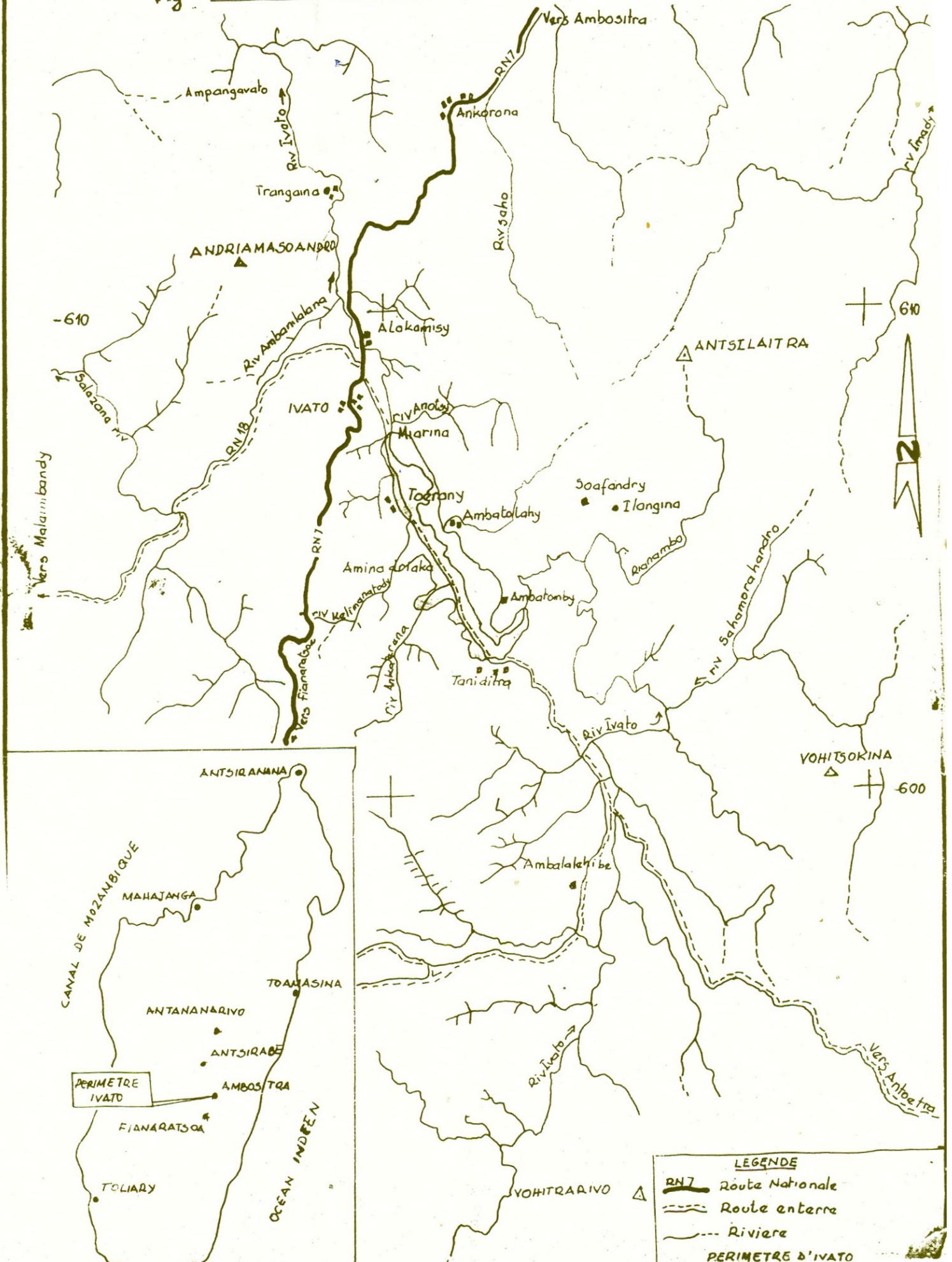




Tableau 13 : Répartition mensuelle de la pluviométrie de la zone d'Ambositra (en mm)

ANNEES	Période de retour	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
SECHES	5 ans	151	126	116	38	17	15	13	12	6	28	106	74	1186
	10 ans	80	87	75	18	8	10	3	5	0	12	71	116	1048
HUMIDES	5 ans	421	278	274	114	51	31	51	38	50	88	240	396	1712
	10 ans	492	317	315	134	60	36	61	45	61	104	275	454	1850

Source : SOMEAH, APS IVATO 1990

L'ETP annuelle est de 1415mm. Les valeurs des températures moyennes et des ETP calculées avec la formule de PENNMANN modifiée sont données dans le tableau ci-dessus :

Tableau 14: Valeur de la température et de l'ETP du périmètre d'Ivato

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Température moyenne (°C)	18,9	18,8	18,7	17,7	16,1	13,8	13,5	13,8	15,8	17,6	18,3	18,2
ETP Penman (mm)	146	124	119	101	85	70	76	100	133	163	156	142

Source : SOMEAH, APS IVATO 1990

### III .1 .3 Besoin en eau :

Outre la riziculture qui est la spéculation souhaitée par les paysans, les cultures de contre saison comme le blé, les pommes de terre et les haricots font l'objet de l'irrigation et doivent être considérés aux calculs des besoins en eau.

Afin d'obtenir le meilleur rendement, le repiquage a lieu au mois de novembre et de décembre et c'est cette période de repiquage qui a été utilisée pour le calcul des besoins en eau. Il est étalé sur ces deux mois pour ne pas concentrer la pointe de l'irrigation.

Les calculs ont été faits avec la considération de la pluviométrie quinquennale sèche. Le débit fictif continu est de 1,19l/s/ha et la pointe est observée au mois de novembre avec un besoin en eau de 417l/s.

### III .1 .4 Ressource en eau :

Le réseau hydrographique alimentant le périmètre est constitué par la rivière Ivato et par ses deux affluents (Kelimanatody et Ankaterena).

Les apports sont calculés avec la considération de la pluviométrie observée sur la station pluviométrique d'Ambositra et la superficie des bassins versants relatifs à chaque barrage de dérivation Les modules moyens inter annuel sont les suivantes :

Tableau 15 : Modules moyennes inter-annuels au droit de chaque barrage du périmètre d'Ivato :

Barrage ou ouvrage de prise	Superficie du BV (Km <sup>2</sup> )	Module en l/s		
		Moyen	1/5	1/10
Ampopohana	172	4128	3268	2924
Ankaterena Ambony	4,8	115	91	82
Ankaterena Ambany	5,6	134	106	95
Kelimanatody	3	72	57	51
Analanigaigy	3	72	57	51

Source :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

Le bilan représenté sur le tableau suivant est une comparaison entre les apports en années quinquennales sèches et les besoins en eau de chaque zone. Il ressort de ce bilan que des déficits sont observés sur les zones II et III durant la période de repiquage. Dans les autres zones, les ressources sont largement excédentaires.

Tableau 16 - Bilan ressources –besoin en eau du périmètre d'Ivato

	Superficie BV	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Module Q5 (l/s/km <sup>2</sup> )		5,93	5,47	10,94	19,18	38,53	37,39	38,76	22,12	13,00	9,35	8,44	7,75
<b>Zone hydraulique I :</b>													
Débit Ampopohana (l/s)	172	1020	941	1825	020	6628	6431	6667	38042	235	1608	1451	1333
Prélèvement amont (960 ha)		55	80	1207	056	536	257	254	499	76	0	0	0
Besoin en eau (l/s)		67	33	164	142	71	34	33	66	19	22	31	47
Débit restant (l/s)		898	828	511	3422	6021	6140	6380	32392	140	1586	1420	1286
<b>Zone hydraulique II :</b>													
Débit Ankaterena (l/s)	5,6	33	31	61	163	216	209	217	124	73	52	47	43
Prélèvement amont(15 ha)		1	1	19	17	8	4	4	8	1	0	0	0
Besoin en eau (l/s)		45	22	99	87	44	21	21	41	12	15	21	33
Débit restant (l/s)		-13	7	-57	59	164	185	193	75	59	37	26	11
<b>Zone hydraulique III :</b>													
Débit Kelimanatody (l/s)	3	18	16	33	88	116	112	116	66	39	28	25	23
Prélèvement amont (18 ha)		1	1	23	20	10	5	5	9	1	0	0	0
Besoin en eau (l/s)		18	9	47	41	21	10	10	20	5	6	8	13
Débit restant (l/s)		-1	6	-33	26	85	97	102	38	32	22	17	11
<b>Zone hydraulique IV :</b>													
Débit BV complémentaire (l/s)	6,5	39	36	71	190	250	243	252	144	8	61	55	50
Débit restant zone I (l/s)		897	828	511	3822	60	140	6380	63392	140	1586	1420	1286
Besoin en eau (l/s)		6	5	54	48	25	12	12	23	4	1	2	3
Débit restant (l/s)		930	859	528	3964	6246	6371	6620	33602	220	1646	1473	1334
<b>Zone hydraulique V :</b>													
Débit restant zone IV (l/s)		930	859	528	3964	6264	6371	6620	33602	220	1646	1473	1334
Besoin en eau (l/s)		18	9	53	47	24	11	11	22	6	6	8	12
Débit restant (l/s)		912	850	475	3917	222	6360	6609	33382	214	1640	1465	1321

Source :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

### **III .2 ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE DU PERIMETRE**

#### **III .2 .1 Historique du périmètre :**

Avant 1991, le périmètre hydroagricole d'Ivato a été irrigué à partir des cinq ouvrages de dérivation construit par le Génie Rural.

- Le seuil d'Ampopohana était constitué par une prise au fil de l'eau équipée d'une vanne en bois sans cric ;
- Le seuil de Kelimanatody était un ouvrage en maçonnerie implanté sur un site rocheux de la rivière Ankaterena, équipé de deux passes battardables. Ceci alimentait une prise sur la rive droite ;
- Le seuil Ankaterena Ambany était constitué par un guideau en maçonnerie de moellons et alimentait une prise en orifice sur la rive gauche ;
- Le seuil traditionnel de Kelimanatody implanté sur le ruisseau Kelimanatody était un ouvrage en mottes de terre renforcées par des fascines associées ;
- Le seuil d'Analanigaigy , implanté à 300m à l'aval du barrage Kelimanatody était un guideau en maçonnerie de moellons.

Compte tenu de l'inexistence des ouvrages dans les réseaux d'irrigation et de l'insuffisance des sections des canaux, le périmètre connaissait une mauvaise maîtrise de l'eau. De plus, les ouvrages de dérivations ainsi que les prises d'eau subissaient des dégradations.

Pour ces raisons, des études d'APS et d'APD ont été établies par le bureau d'études SOMEAH en 1990 et 1991 en vue de réhabiliter le périmètre pour satisfaire son irrigation.

Compte tenu de l'insuffisance des crédits pour le financement des travaux, certains travaux jugés prioritaires définis en accord avec les paysans seulement sont exécutés de fin septembre à fin décembre de l'année 1995. Ces travaux prioritaires ne concernaient que la zone d'Ampopohana (Zone I ) et étaient financés par le fond de contre valeur FCV/CFD.

Après une visite sur terrain en juin 1997, des travaux supplémentaires sont envisagés selon les demandes des usagers et les dégradations constatées.

Vis à vis de ces changements entre 1991 et 1997, le SOMEAH a fait une actualisation de l'APD en 1997 en vue de réaliser la réhabilitation qui a été exécutée en 1998 et 1999.

#### **III .2 .2 Les travaux et ouvrages définis dans l'APD :**

##### **III .2 .2 .1 Nature et objectifs des travaux :**

Vis à vis des dégradations constatées sur les ouvrages de dérivation et sur les réseaux d'irrigation ainsi que l'insuffisance des dimensions des canaux et l'insuffisance des ouvrages sur canaux, un projet de réhabilitation est établi par le bureau d'étude SOMEAH en 1990 et 1991 pour instaurer et assurer la maîtrise de l'irrigation du périmètre d'Ivato. Les principales dégradations constatées étaient :

- Pour les seuils de dérivation :
  - détérioration des appareillages hydrauliques ou des batardeaux ;
  - sous-cavages des radiers ;
  - lessivages des mortiers sur les parements des ouvrages ;
  - prise d'eau sous-dimensionnée (Ampopohana) ;
- Pour les réseaux d'irrigation :
  - les prises entonnent du sable qui est déposé sur les premiers tronçons des canaux ;

- dans un souci d'étendre leurs rizières, certains usagers ont taillé à l'angady les talus du canal d'Ampopohana ;
- les sections des canaux sont souvent insuffisantes ;
- des brèches se sont formées au droit des passages à zébus ;
- sur les tronçons où les roches affleurent, le canal n'a pu être creusé au gabarit du projet faute de moyens adaptés ;
- certains passages rocheux du canal n'ont pas pu être déroctés si bien que le canal n'est pas fonctionnel (Ankaterena Ambony) ;
- les eaux de ruissellement provoquent des éboulements des terrains et dégradent les cavaliers des canaux ;
- sur certains tronçons, les canaux traversent des zones imperméables entraînant des pertes d'eau importantes ;
- l'absence des ouvrages de distribution et de régulation contribue au mauvais fonctionnement du réseau ;
- un lavaka d'une cinquantaine de mètre a provoqué également la mise hors service du canal Ankaterena ambony.

Les principaux travaux à réaliser pour la réhabilitation sont :

- réhabilitation des cinq seuils de dérivation (Ampopohana, Kelimanatody, Ankaterena ambony, Ankaterena ambany, Analanigaigy)
- Construction des ouvrages sur canal :
  - Ouvrages de franchissement d'obstacle : dalots, bâches ;
  - Ouvrages de distribution et de répartition : prises, partiteurs ;
  - Ouvrages de régulation : régulateurs, coursiers et bassins de dissipation ;
  - Ouvrages d'évacuation des eaux de ruissellement : passages en buse sous canal et ouvrages de transfert ;
  - Ouvrages de sécurité : ouvrages de décharge ;
  - Des ouvrages particuliers : ponts, passerelles pour piéton, abreuvoirs ou passages à bœufs ;
- recalibrage du lit de la rivière Ivato ;
- réhabilitation des réseaux de circulation.

### III .2 .2 .2 Réhabilitation des cinq seuils de dérivation :

Pour les cinq ouvrages de dérivation, des réhabilitations et des confortations des seuils sont prévues ainsi que des constructions et réhabilitation de quelques ouvrages annexes (décharges latérales, bassins de dissipation, déversoirs de réglage, prises d'eau,... )

### III .2 .2 .3 Recalibrages des canaux d'irrigation :

L'insuffisance des dimensions des canaux d'irrigation, la formation des brèches au droit des passages des troupeaux, l'infiltration au niveau des zones imperméables sont des causes de l'insuffisance de débit arrivé aux parcelles.

Le recalibrage de ces canaux et leurs protections font partie du projet de réhabilitation du périmètre d'Ivato. Pour cela, 5 canaux principaux (un canal principal relatif à chaque barrage de dérivation), et 5

canaux secondaires (4 canaux secondaires relatifs au CP Ampopohana et un CS relatif au CP Ankaterena ambony) sont projetés.

Les tableaux suivants indiquent la longueur des canaux, leurs débits nominaux et la superficie dominée par chaque canal.

Tableau 17 : Les canaux principaux sur le périmètre d'Ivato selon l'APD

Emplacement	Débit en tête (l/s)	Longueur totale (m)	Superficie dominée (ha)
CP Ampopohana	525	7265	250
CP Ankaterena Ambony	100	3450	47
CP Ankaterena Ambany	65	1725	26
CP Kelimanatody	100	1085	14
CPAnalanigaigy	55	1585	23

Source :SOMEAH, APD Ivato,1991.

Puisque le calcul des besoins en eau a donné un débit fictif continu de 1,19 l/s/ha, la SOMEAH a utilisé un débit d'équipement égal à 2 l/s/ha pour dimensionner les canaux afin d'avoir une certaine marge de sécurité. Le débit en tête de chaque prise est calculé en multipliant le débit d'équipement de 2 l/s/ha par la superficie à desservir. La somme des débits en tête de l'aval vers l'amont correspond au débit nécessaire en tête de chaque canal.

Le coefficient de STRICKLER utilisé pour le dimensionnement des canaux est égal à 30. Le fruit des berges choisi est 1 pour les canaux en terre.

Le résultat de calage des canaux principaux est donné dans l'annexe N° 3 (tableau A3-1 à A3-5)

### III .2 .2 .4 Construction des ouvrages sur canaux :

#### III .2 .2 .4 .1 Les ouvrages de franchissement

##### ***a – Les bâches :***

Ce sont des ouvrages de canalisation à écoulement libre construits en béton armé. Les dimensions dépendent des débits à transiter. Pour le périmètre d'Ivato, 12 bâches sont projetées dont 1 sur le CP Ampopohana, 4 sur le CP Ankaterena Ambony et 7 sur les canaux secondaires d'Ampopohana.

##### ***b – Les dalots :***

Ce sont aussi des ouvrages à écoulement libre de section rectangulaire. Ils sont créés pour franchir des pistes, des passages à bœuf ou quelquefois des drains.

Construits en béton armé sous forme d'un cadre, leurs dimensions sont variables selon le débit à transiter. Pour ce projet, 11 dalots sont à créer dont 5 sur le CP Ampopohana, 1 sur le CP Ankaterena ambony, 3 sur le CP Kelimenatody et 2 sur les CS d'Ampopohana.

#### III .2 .2 .4 .2 Les ouvrages de distribution :

Les ouvrages de distribution répartissent les débits des CP vers les CS. Deux types d'ouvrage de répartition sont projetés sur le périmètre d'Ivato.

##### ***a- Les pertuis de fond :***

Ce sont des ouvrages ayant une forme de prise qui sont destinés à délivrer une quantité d'eau vers les canaux secondaires. Ils sont formés par :

- une tête amont construite par une plaque mince en béton, revêtant les talus intérieurs du canal et muni d'un orifice de prise circulaire ;
- une buse en ciment comprimé formant l'orifice de la prise ;
- un bassin de restitution en béton.

***b- Les déversoirs de prise :***

Ce sont des ouvrages de répartition formés par un seuil déversant placé sur l'une des berges du CP et contrôlés par un ouvrage régulateur qui se situe un peu en aval. La longueur du seuil est variable selon le débit à dériver. Le seuil de l'ouvrage même est calé à la même cote que celui du régulateur qui le contrôle.

Quatre ouvrages de ce type, dont 2 sur le CP Ampopohana, 1 sur le CP Ankaterena Ambony et 1 sur le CP Kelimanatody, sont projetés. Celui qui se trouve sur le CP Kelimanatody dérive un débit vers le CP Analanigaigy pour renforcer le débit de ce dernier.

III.2.2.4.3 Les ouvrages de régulation :

a- Les régulateurs :

Les régulateurs sont formés par des seuils placés dans le canal d'irrigation. Pour le périmètre d'Ivato, les régulateurs sont tous de type transversal. Ils sont disposés perpendiculairement à l'axe du canal. Ils sont construits pour maintenir le plan d'eau amont afin de limiter les variations de la charge de fonctionnement des prises situées en amont de l'ouvrage. Ils jouent quelques fois le rôle de l'ouvrage de chute qui adapte le profil en long du canal tout en évitant une pente importante pouvant engendrer une vitesse d'eau excessive.

La longueur du seuil est fixée en fonction du gabarit du canal et du débit à transiter vers l'aval.

Ils sont munis d'un trou de 50 mm de diamètre pour la vidange du bief amont et pour empêcher la formation de dépôts au pied de l'ouvrage.

Leurs caractéristiques sont données en annexes N° 5

b -Le bassin de dissipation :

Au droit du CP Kelimanatody, deux tronçons consécutifs du canal ont une forte pente. A l'aval de ces tronçons, pour dissiper l'énergie de l'eau, il est placé un bassin de dissipation au PK 0.400 avant l'entrée du bief suivant dont la pente redevient assez faible.

III .2 .2 .4 .4 Les ouvrages d'évacuation des eaux de ruissellement :

***a- Les passages en buse sous canal :***

L'ouvrage est précédé d'une tête amont formant un bassin de réception de section carrée. Des buses dont le diamètre est de 500 mm ou de 800 mm selon l'importance du débit, passent sous le canal d'irrigation pour évacuer le débit de ruissellement collecté par le bassin de réception. En aval, l'ouvrage est protégé en perré maçonné reposé sur couche filtrante.

***b- Les ouvrages de transfert et de décharge :***

Pour collecter les eaux de ruissellement provenant des thalwegs et pour servir de réalimentation du canal en même temps, des ouvrages de transfert sont projetés. Ils déversent les eaux de ruissellement vers les canaux. La sécurité du canal est assurée par un ouvrage de décharge implanté sur son autre berge.

Cet ouvrage évacue tout excès de débit susceptible d'apporter de mauvaises conséquences pour le canal. C'est un ouvrage en perré maçonné dont la cote de la crête est arasée au-dessus du plan d'eau nominal du canal.

#### III.2.2.4.5 Les ouvrages particuliers :

Ce sont des ouvrages qui sont nécessaires pour la circulation à l'intérieur du périmètre

##### ***a- Le pont :***

Deux ponts sont conçus pour ce projet :

- Un pont au PK 3,573 du CP Ampopohana qui permet le franchissement du thalweg de la vallée de Soafandry par la piste Toereny Ambany-Tanimainty Atsinanana et par le CP Ampopohana ;
- Un nouveau pont sur la rivière Ivato pour le franchissement de cette rivière par la piste Toereny Ambany- Tanimainty Atsinanana et pour la traversée du CS4 Ampopohana sur la rivière Ivato.

##### ***b- Les abreuvoirs ou passages à bœuf :***

Ces ouvrages servent pour le passage des troupeaux à travers les canaux d'irrigation sans former des brèches et évitant la destruction des berges du canal.

##### ***c- Les passages pour piéton :***

Implantés sur les canaux d'irrigation et sur la rivière Ivato, ils servent à traverser les canaux ou la rivière.

#### III .2 .2 .5 Recalibrage du lit de la rivière Ivato :

Pour minimiser le temps de submersion des rizières pendant les crues, il est jugé nécessaire de recalibrer le lit de la rivière Ivato ainsi que les réseaux de drainage.

#### III .2 .2 .6 Réhabilitation des réseaux de circulation :

Le projet de réhabilitation du périmètre d'Ivato comprend aussi la réhabilitation des pistes d'entretien et de liaison du périmètre.

### **III .2 .3 Les travaux et ouvrages exécutés lors des travaux prioritaires en 1995 :**

Les travaux prioritaires concernaient seulement le réseau d'Ampopohana sur une longueur de 1.900 Km. Les travaux exécutés sont :

- L'aménagement du seuil d'Ampopohana comprenant la construction du seuil de dérivation et des deux prises sur sa rive gauche et sa rive droite, la réparation de l'avant canal maçonné et la construction d'un déversoir latéral de sécurité et d'un seuil de contrôle de débit ;
- Le recalibrage du CP Ampopohana à partir du PK 0.000 jusqu'au PK 1.980 ;
- Le traitement du glissement du terrain sur le CP Ampopohana au PK 1.500 jusqu'au PK 1.598 ;
- La confortation de certains tronçons de cavalier rive gauche du CP Ampopohana par des murettes en maçonnerie de moellons entre le PK 0.050 et 0.950 ;
- La construction des ouvrages sur les deux premiers Kilomètres du CP Ampopohana, comprenant :
  - 14 prises
  - 4 régulateurs
  - 1 dalot sous canal
  - 1 dalot cadre sous piste pour passage à bœuf

- 1 abreuvoir au PK 1.942
- 1 passerelle pour piéton au PK 1.949
- 1 ouvrage de répartition au PK 1.960

### **III .2 .4 Les ouvrages additifs définis dans les travaux supplémentaires :**

Les travaux supplémentaires sont définis après une descente sur terrain en juin 1997 compte tenu des changements entre 1991 et 1997 et des demandes des usagers

Les consistances des travaux sont :

#### ***a- Sur le CP Ampopohana :***

- construction d'un passage à zébus au PK 0.300
- colmatage du plafond du canal avec du béton ordinaire sur les PK 0.420, 0.725, 0.85 totalisant une longueur de 200m environ
- construction d'une prise en rive gauche au PK 1.670.

#### ***b- Sur le CP Ankaterena ambony :***

- construction d'un mur de soutènement en gabion au pied du canal, qui sera maçonné, au PK 0.380 sur une longueur de 70m (Passage difficile dû à un glissement de terrain)
- Prolongement de la bache au PK 1.020 pour une longueur totale de 56m.
- Reconstruction de la bache au PK 1.810

#### ***c- Sur le CP Ankaterena ambony :***

- construction d'un canal maçonné sur une longueur de 40m aux PK 0.965, 0.975, 1.030.

#### ***d- Sur le seuil Kelimanatody :***

- Prolongement de la portée du barrage sur 3m vers la rive gauche et construction d'un mur d'ancrage en maçonnerie de moellons.

### **II .2 .5 Les travaux et ouvrages retenus selon l'actualisation de l'APD :**

#### **II .2 .5 .1 Réhabilitation des seuils de dérivation :**

La réhabilitation des seuils de dérivation définie dans l'APD est retenue sauf pour le seuil d'Ampopohana qui était déjà réalisé lors des travaux prioritaires.

#### **II .2 .5 .2 Réhabilitation du réseau d'irrigation :**

La réhabilitation des canaux d'irrigation définie dans l'APD ne connaît aucune modification. Il s'agit de recalculer les canaux suivants :

- Le CP Ampopohana sur une longueur de 5.265 Km à partir du PK 1.980 , limite des travaux prioritaires ;
- Le CP Ankaterena Ambony d'une longueur de 3.450 Km ;
- Le CP Ankaterena Ambony d'une longueur de 1.725Km ;
- Le CP Kelimanatody d'une longueur de 1.085Km ;
- Le CP Analanigaigy d'une longueur de 1.085Km ;
- Les canaux secondaires : Quatre CS sur Ampopohana (CS1, CS2, CS3, CS4) et un CS sur Ankaterena Ambony de longueur totale de 7.281 Km.

Les autres interventions à l'intérieur sont à retenir.

II .2 .5 .3 Construction d'ouvrages sur canaux :

II .2 .5 .3 .1 Les ouvrages de franchissement d'obstacle :

**a- Les baches :**

Les baches projetées dans l'APD sont retenues. Au total le projet comporte 12 baches dont 10 en béton armé et 2 en conduite semi-circulaire métallique.

Pour les baches en béton armé, l'emplacement et les dimensions sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Emplacement et dimensions des baches en béton armé :

<b>Emplacement</b>	<b>PK</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>Base (m)</b>	<b>Hauteur (m)</b>	<b>Pente (m/m)</b>	<b>Débit (l/s)</b>
CP Ampopohana	4,564	43,30	0,35	0,80	0,0083	310
CP Ankaterena Ambony	1,020	56,00	0,37	0,60	0,0034	100
	1,818	10,00	0,35	0,60	0,0187	100
CS1 Ampopohana	0,020	37,00	0,20	0,20	0,0414	40
	0,140	5,00	0,30	0,50		40
CS2 Ampopohana	0,710	5,00	0,30	0,70		100
	1,160	-	0,20	0,40		100
CS3 Ampopohana	0,460	4,00	0,20	0,50	-	40
CS4 Ampopohana	1,980	11,00	0,50	1,00		75

*Source* :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

Les deux baches en conduite semi-circulaire se trouvent sur le CP Ankaterena Ambony.

Tableau 19 : Emplacement et dimensions des baches en conduite semi-circulaire sur le CP Ankaterena Ambony

<b>PK</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>Diamètre (m)</b>	<b>Pente (m/m)</b>	<b>Débit (l/s)</b>
0.081	5	0.45	0.194	100
1.760	8	0.80	0.0045	100

*Source* :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

**b- Les dalots :**

Neuf (9) dalots sont projetés sur les CP et 2 sur les CS. La section transversale est rectangulaire :

Tableau 20 :Emplacement et dimensions des dalots :

Canal	PK	Base (m)	Hauteur (m)	Pente (m/m)	Débit (l/s)
CP Ampopohana	0,300	1,20	1,10	0,00032	525
	2,765	1,00	0,70	0,0007	400
	4,940	1,00	0,70	0,0007	400
	5,590	1,00	0,70	0,0004	150
	7,265	1,00	0,70	0,0004	150
CP Ankaterena Ambony	2,610	0,50	0,50	0,0043	100
CP Kelimanatody	0,065	0,50	0,50	0,0045	100
	0,535	0,50	0,50	0,0045	100
	1,035	0,50	0,50	0,0045	100

Source :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

II .2 .5 .3 .2 Les ouvrages de répartition :

Quatre (4) ouvrages de répartition sont projetés :

- un déversoir de prise sur le CP Kelimanatody au PK0, 300 qui débite 65 l/s vers le CP Analanigaigy ;
- deux déversoirs de prise sur le CP Ampopohana qui dérivent respectivement un débit de 100l/s vers le CS2 Ampopohana et un débit de 75l/s vers le CS4 Ampopohana ;
- un déversoir de prise sur le CP Ankaterena Ambony qui dérive un débit de 75l/s vers le CS Ankaifirana.

Tableau 21 :Caractéristiques des déversoirs de prise sur le périmètre d'Ivato :

Canal	PK	Canal dérivé	Régulateur		Seuil		Débit (l/s)
			Longueur (m)	Hauteur (m)	Longueur (m)	Hauteur (m)	
CP Kelimanatody	0,30	CP Analanigaigy	0,25	0,50	0,50	0,50	65
CP Ampopohana	1,936	CS2 Ampopohana	1,50	0,42	0,45	0,42	100
	5,275	CS4 Ampopohana	0,50	0,33	0,43	0,33	75
CP Ankaterena Ambony	0,545	CS Ankaifirana	0,30	0,15	0,30	0,15	30

Source :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

II .2 .5 .3 .3 Les ouvrages de régulation :

**a- Les régulateurs :**

Les régulateurs projetés dans l'APD sont retenus. L'actualisation de l'APD définit alors la construction des régulateurs sur les 5 canaux principaux et les 5 canaux secondaires sauf les 4 régulateurs qui sont déjà construits lors des travaux supplémentaires. Ces régulateurs ont pour rôle de maintenir le plan d'eau au droit d'une prise, d'un partiteur ou d'un ouvrage de décharge afin de garder constante la charge de ces derniers.

**b- Le bassin de dissipation :**

Le bassin de dissipation conçu au droit du CP Kelimanatody au PK 0.400 est encore retenu.

II .2 .5 .3 .4 Les ouvrages d'évacuation des eaux de ruissellement :

**a- Les passages en buses sous canal :**

Ils sont formés par des buses dont le diamètre dépend de l'importance du débit de ruissellement pour lequel les ouvrages sont dimensionnés. En amont de la buse, un bassin de réception récoltera les eaux de ruissellement provenant des thalwegs. (Annexe XI, Schéma A11- 3)

Huit (8) ouvrages de ce type sont conçus dans le périmètre d'IVATO dont les caractéristiques sont les suivants :

Tableau 22 :Caractéristiques des passages en buse sous canal dans le périmètre d'Ivato

Emplacement	PK	Côte fond canal	Buses	
			Diamètre (m)	Longueur (m)
CP Ampopohana	0,270	529,71	0,80	4,00
	4,564	524,90	0,8	4,00
CP Ankaterena Ambony	1,290	570,13	0,50	4,50
	2,520	564,43	0,50	4,00
CP Kelimanotody	0,110	566,81	0,50	4,00
	0,160	566,02	0,50	4,00
CP Analanigaigy	0,720	537,29	0,50	3,50
	1,290	535,50	0,80	4,00

Source :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

**b- Les ouvrages de transfert et de décharge :**

Les ouvrages de transfert sont ce qui étaient prévus dans l'APD

Tableau 23 :Caractéristiques et dimensions des ouvrages de transfert et de décharge

Emplacement	PK	Transfert		Décharge		Régulateur	
		Longueur (m)	Côte (m)	Longueur (m)	Côte (m)	Longueur (m)	Côte (m)
CP Analanigaigy	0.900	0.50	537,32	0,50	537,22	0,30	536,97
CP Ampopohana	1,550	1,00	529,41	1,00	529,18	2,00	528,83
	2,600	0,50	528,52	0,50	528,36	1,50	527,95
	2,900	1,00	528,04	-	-	1,50	527,43
	2,930	1,00	528,04	1,00	527,98	1,50	527,43
	4,675	1,00	525,29	1,00	525,03	0,75	524,59

Source :SOMEAH, APD Ivato, 1991.

II .2 .5 .3 .5 Les ouvrages particuliers :

Les ouvrages particuliers prévus dans l'APD sont maintenus dans cette actualisation, notamment :

- deux ponts ;
- des abreuvoirs ou passages à bœuf ;
- des passages pour piéton.

### **III .3. CONTROLE DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES :**

En ce qui concerne le contrôle de dimensionnement des ouvrages dans le périmètre d'Ivato, nous avons choisi les ouvrages projetés dans les cinq canaux principaux pour faire l'application. Parmi ces ouvrages, certains sont déjà réalisés et d'autres restent encore en projet

#### **III .3 .1 Le canal d'irrigation :**

##### **II .3 .1 .1 Contrôle des fruits des talus :**

Le fruit des talus choisi pour les canaux en terre est égal à 1. Ce qui correspond exactement au fruit des talus exigé pour les canaux en déblais ordinaires. Cette valeur est jugée suffisante pour éviter l'éboulement des berges.

En ce qui concerne les passages à des zones sableuses, les canaux sont revêtus et la section transversale est rectangulaire.

##### **II .3 .1 .2 Contrôle de la section :**

###### ***a – Calcul :***

Puisque ce contrôle a pour but de vérifier si la section conçue par le projeteur est économique ou non, il faut calculer tout d'abord la hauteur d'eau ainsi que le rayon hydraulique correspondant à chaque canal. Ensuite pour les contrôler, une comparaison entre la demi-hauteur d'eau et le rayon hydraulique permettra de conclure si le canal est économique ou non.

Pour les calculs de la hauteur d'eau et du rayon hydraulique, la formule utilisée est celle de STRICKLER (formule 1. 1. 6).

Le résultat des calculs est donné en Annexe 3

###### ***b – Observations :***

On constate une faible différence entre le rayon hydraulique et la demi-hauteur d'eau relatifs à chaque bief des canaux. Cette différence reste inférieure à 1cm sauf pour les premiers tronçons des CP. Ce qui vérifie que la section transversale des canaux est économique. Ce qui apporte donc une conséquence favorable sur le plan économique du projet.

##### **II .3 .1 .3 Contrôle de la vitesse :**

###### ***a – Calcul :***

La vitesse d'écoulement se calcule aussi par la formule de STRICKLER (formule 1. 1. 6). Le coefficient de Strickler utilisé est de 30 pour les canaux en terre. Les résultats des calculs sont donnés sous forme de tableau en annexe 3.

###### ***b – Observations :***

Pour les premiers biefs du CP Ampopohana et du CP Ankaterena Ambany ainsi que pour certains biefs du CP Ankaterena Ambony, on observe une vitesse inférieure à la vitesse minimale exigée (0,51/s). Ce qui pourra provoquer un risque d'ensablement de ces biefs.

Pour les autres biefs du CP Ankaterena Ambony et tous les biefs du CP Kelimanatody et du CP Analanigaigy, les vitesses sont supérieures à cette vitesse minimale.

Les valeurs de la vitesse maximale (1,5 m/s pour les canaux en terre et 2,5m/s pour les canaux revêtus) ne sont pas atteintes pour tous les tronçons des canaux principaux. La détérioration des canaux par charriage des matériaux n'est pas à craindre.

Des précautions doivent être alors prises au droit des tronçons où la vitesse est faible afin de minimiser le phénomène d'ensablement. Puisqu'il n'est plus possible d'apporter un changement de la pente du fond canal, on peut envisager la mise en place de quelques dessableurs au niveau des canaux ou le revêtement de certains biefs dans le but d'augmenter la valeur du coefficient de STRICKLER.

II .3 .1 .4 Contrôle de la profondeur du canal :

**a – Calcul :**

La profondeur du canal d'irrigation doit être suffisante pour qu'il n'y ait aucun débordement. Elle doit être au moins égale à la hauteur d'eau normale dans le canal ajoutée d'une revanche suffisante. Cette hauteur d'eau normale se calcule avec la formule de STRICKLER. La différence entre la hauteur du canal et la hauteur d'eau normale donne la revanche. Cette revanche doit être suffisante pour supporter les fluctuations éventuelles du plan d'eau dans le canal.

Pour les calculs des hauteurs d'eau et des revanches relatives aux canaux principaux du périmètre d'Ivato, les résultats sont trouvés en Annexes 3 (tableaux A3-6 à A3-10).

**b – Observations :**

Les revanches calculées se trouvent généralement supérieures à 10cm. Pour le CP Ampopohana, les valeurs de la revanche sont toutes supérieures à 20cm sauf pour les premiers biefs du canal. Pour les autres canaux, les valeurs de la revanche sont comprises entre 10cm et 20cm sauf pour les premiers biefs du CP Ankaterena Ambony et du CP Analanigaigy.

Puisque le débit du CP Ampopohana est assez important, une variation considérable du débit est à craindre. Ce qui nécessite alors une revanche plus grande.

La valeur de la revanche pour les autres canaux (10cm à 20cm) suffit pour prévenir aux éventuels changements du plan d'eau par fluctuation du débit.

**III .3 .2 Les ouvrages de franchissement d'obstacle :**

III. 3 .2 .1 Les bâches :

III .3 .2 .1 .1 Contrôle de la section :

**a – Calculs :**

Le contrôle de la section des bâches s'appuie sur la vérification de la hauteur de la section transversale. Cette hauteur doit être au moins égale à la hauteur d'eau normale ajoutée d'une revanche suffisante.

On résume dans le tableau suivant les dimensions et les caractéristiques des bâches projetées sur le périmètre d'Ivato ainsi que les résultats des calculs de la hauteur d'eau normale et de la revanche.

Tableau 24 : Résultats des calculs de la hauteur d'eau normale et de la revanche dans les bâches

Emplacement	PK	Longueur (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Pente (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	Hauteur d'eau (m)	Revanche (m)
CP AMPOPOHANA	4,654	43,3	0,3	0,008	0,35	0,8	0,53	0,27
CP ANKATERENA	1,020	40	0,1	0,003	0,37	0,6	0,30	0,30
AMBONY	1,810	8	0,1	0,028	0,3	0,6	0,16	0,44

***b – Observations :***

Pour le CP Ampopohana, du fait de l'importance du débit, la valeur de la revanche peut être acceptée.

Les revanches correspondantes aux bâches du CP Ankaterena Ambony se trouvent assez élevées puisqu'elles dépassent énormément la valeur de 20cm.

**III .3 .2 .1 .2 Contrôle de la vitesse d'écoulement dans les bâches :**

***a – Calculs :***

Le calcul des vitesses d'écoulement dans les bâches se fait en appliquant la formule de STRICKLER (Formule 1. 1. 5). La valeur du coefficient du STRICKLER a été prise égale à 70 du fait que l'ouvrage est en béton armé.

Tableau 25 : Résultats des calculs de la vitesse de l'eau dans les bâches

Canal	PK	Longueur (m)	Débit (m3/s)	Pente (m/m)	Base (m)	Vitesse (m/s)
CP AMPOPOHANA	4,654	43,3	0,3	0,008	0,35	1,62
CP ANKAT AMBONY	1,020	40	0,1	0,003	0,37	0,94
	1,810	8	0,1	0,028	0,3	2,11

***b – Observations :***

Les valeurs de la vitesse trouvées se situent toutes entre 0,5m/s et 2.5m/s, valeurs limites maximale et minimale exigées pour éviter tout risque d'ensablement et d'obstruction de l'ouvrage pour les canalisations revêtues. Les vitesses d'écoulement dans les bâches sont alors admissibles.

**II .3 .2 .1 .3 Contrôle de l'implantation altimétrique :**

***a – Calculs :***

Ce contrôle repose sur la vérification des côtes d'implantation du radier de l'ouvrage par rapport à ceux du fond du canal dans lequel l'ouvrage se trouve, avec la considération des pertes de charges et des vitesses d'écoulement dans le canal et dans l'ouvrage. Une comparaison entre les côtes réelles imposées par le concepteur et les côtes théoriques calculées, en considérant les pertes de charge et les vitesses, permettra d'apporter des observations sur les côtes d'implantation choisies dans le projet.

Tableau 26: Vérification des côtes d'implantation des bâches par comparaison avec les côtes théoriques

Emplacement	PK	Canal amont		Bâches		Canal aval		Côtes réelles				Côtes théoriques			
		hn1	V1	hn2	V2	hn3	V3	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
CP AMPOPOHANA	4,654	0,74	0,41	0,53	1,62	0,74	0,41	524,90	524,86	524,50	524,28	524,90	524,96	524,61	524,75
CP ANKATERENA	1,020	0,39	0,38	0,30	0,94	0,40	0,35	570,69	570,69	570,56	570,56	570,69	570,73	570,60	570,68
AMBONY	1,810	0,29	0,58	0,16	2,11	0,29	0,45	567,70	567,70	567,55	567,55	567,70	567,58	567,36	567,36

Où :

- Z1 = Côte fond canal à l'entrée de la bêche
- Z2 = Côte du début bêche
- Z3 = Côte de la fin bêche
- Z4 = Côte fond canal à la sortie de la bêche
- hn1 = Hauteur d'eau dans le canal amont
- hn2 = Hauteur d'eau dans la bêche
- hn3 = Hauteur d'eau dans le canal aval
- V1 = Vitesse d'écoulement dans le canal amont
- V2 = Vitesse d'écoulement dans la bêche
- V3 = Vitesse d'écoulement dans le canal aval.

**b – Observations :**

D'après le tableau ci-dessus, les valeurs théoriques des côtes Z2 et Z4 sont respectivement supérieures aux côtes théoriques Z1 et Z3 alors que les côtes réelles de Z2 et de Z4 se trouvent inférieures. En ce qui concerne l'écoulement, ce fait n'apporte aucune perturbation. Par contre, une perte de dénivellation pouvant engendrer ainsi une perte de superficie dominée est produite.

Pour la bêche du CP Ankaterena Ambony au PK 1.810, la côte Z2 théorique est inférieure à Z1 alors que Z2 réelle est supérieure. Cela perturbera l'écoulement. La base de la section de la bêche doit être augmentée pour diminuer ainsi la hauteur d'eau et ramener la côte théorique Z2 à celle de Z1.

III .3 .2 .2 Les dalots :

III .3 .2 .2 .1 Contrôle de la section :

**a – Calculs :**

Le but de ce contrôle est de vérifier si la section transversale du dalot est suffisante pour évacuer le débit du canal avec une marge de sécurité réservée aux fluctuations éventuelles du débit. Le calcul de la hauteur d'eau dans le dalot sera alors nécessaire pour pouvoir comparer cette hauteur d'eau avec la hauteur totale du canal. Le calcul se fait en utilisant la formule de STRICKLER et en choisissant un coefficient de STRICKLER égal à 70 pour les parois revêtues.

Tableau 27 : Résultats des calculs de la hauteur d'eau normale et de la revanche dans les dalots

Emplacement	PK	Débit (m3/s)	Pente (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	Hauteur d'eau (m)	Revanche (m)
CP AMPOPOHANA	0,300	0,525	0,00032	1,2	1,1	0,73	0,37
	2,765	0,400	0,0007	1,0	0,7	0,54	0,16
	4,940	0,260	0,0007	1,0	0,7	0,39	0,31
	5,590	0,150	0,0004	1,0	0,7	0,32	0,38
	7,265	0,150	0,0004	1,0	0,7	0,32	0,38
CP ANKATERENA AMBONY	2,610	0,100	0,0043	0,5	0,5	0,21	0,29
CP KELIMANATODY	0,065	0,100	0,0045	0,5	0,5	0,19	0,31
	0,535	0,100	0,0045	0,5	0,5	0,19	0,31
	1,035	0,100	0,0045	0,5	0,5	0,19	0,31

**b – Observations :**

On constate ici que les revanches sont importantes. Ses valeurs seront acceptables entre 10cm et 20cm. Pour ce projet, les valeurs de la revanche au niveau de la section des dalots sont généralement

supérieures à 20cm. Cela entraîne un gaspillage des matériaux puisque les ouvrages sont surdimensionnés.

Du côté de l'écoulement à l'intérieur du dalot, le fait de donner une section transversale de dimension importante n'affecte pas une perturbation. Au contraire ces sections éviteront de détruire l'ouvrage par l'augmentation accidentelle et éventuelle du débit causée par les crues ou la fermeture des ouvrages de distribution et de répartition. Puisqu'on n'a pas prévu des ouvrages de sécurité en amont des dalots, les revanches importantes seront nécessaires pour pallier cette augmentation du débit.

III .3 .2 .2 Contrôle de la vitesse :

**a – Calculs :**

La vitesse d'écoulement à l'intérieur du dalot se calcule alors avec la formule de STRICKLER en utilisant un coefficient de STRICKLER égale à 70.

Tableau 28 :Résultats de calcul des vitesses d'écoulement à travers les dalots du périmètre d'Ivato

Emplacement	PK	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Pente (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	Vitesse (m/s)
CP AMPOPOHANA	0,300	0,525	0,00032	1,2	1,1	0,60
	2,765	0,400	0,0007	1,0	0,7	0,75
	4,940	0,260	0,0007	1,0	0,7	0,67
	5,590	0,150	0,0004	1,0	0,7	0,47
	7,265	0,150	0,0004	1,0	0,7	0,47
CP ANKATERENA AMBONY	2,610	0,100	0,0043	0,5	0,5	1,08
CP KELIMANATODY	0,065	0,100	0,0045	0,5	0,5	1,06
	0,535	0,1	0,0045	0,5	0,5	1,06
	0,535	0,1	0,0045	0,5	0,5	1,06
	1,035	0,1	0,0045	0,5	0,5	1,06

**b – Observations :**

Les valeurs de la vitesse ainsi calculées se trouvent généralement entre les valeurs limites imposées auparavant pour le fonctionnement normal du dalot (0,5m/s et 2,5m/s). Parmi les dalots du périmètre d'Ivato, deux seulement possèdent une vitesse égale à 0,47m/s légèrement inférieure à 0,5m/s, limite inférieure admise pour éviter l'ensablement de l'ouvrage.

**III .3 .3 Les ouvrages de répartition :**

Les ouvrages de répartition sont ceux qui distribuent un certain débit vers les canaux secondaires. Cinq canaux secondaires sont observés dans le périmètre d'Ivato. Ce qui nécessite alors cinq (5) ouvrages de distribution. Ajouté à ces 5 ouvrages, un autre ouvrage de distribution est conçu sur le CP Ampopohana pour dériver un débit de 65 l/s vers le CP Analanigaigy dans le but de renforcer le débit de ce dernier.

Tous ces ouvrages de répartition fonctionnent comme les déversoirs de prise. Un seuil déversant se place sur l'une des berges du canal principal et un ouvrage régulateur calé à la même côte que celle du seuil déversant est placé un peu en aval. Ce régulateur règle le plan d'eau qui dicte la charge de fonctionnement du seuil déversant. (Annexe XI, Schéma A11- 1)

En ce qui concerne le contrôle de dimensionnement, le processus utilisé sera alors celui du déversoir de prise.

III .3 .3 .1 .1 Contrôle de la charge :

**a – Calculs :**

La charge de fonctionnement de l'ouvrage est la différence entre le plan d'eau réglé par le régulateur et la côte du seuil déversant. Elle est alors égale à la charge de fonctionnement du régulateur.

Les valeurs de cette charge sont données dans le tableau suivant.

Tableau 29 : Résultats de calcul des charges des déversoirs de prise du périmètre d'Ivato :

Emplacement	P.K.	Déversoir de prise			
		Charge (cm)	Débit (l/s)	Longueur (cm)	Charge (cm)
CP AMPOPOHANA	1,936	0,25	100	45	0,25
	5,275	0,23	75	43	0,23
CP KELIMANATODY	0,300	0,18	60	50	0,18

**b – Observations :**

Pour les déversoirs de prise du CP Ampopohana, les charges sont légèrement supérieures à 20cm. Les débits des tronçons de ce canal étant importants, on peut accepter les charges du déversoir de prise.

III .3 .3 .1 .2 Contrôle de la longueur du seuil déversant :

**a – Calculs :**

Pour le contrôle de la longueur du seuil déversant, il suffit de calculer le débit dérivé de ce seuil et de vérifier la correspondance au débit à dériver effectivement.

Tableau 30: Résultats de calcul des débits théoriques des déversoirs de prise du Périmètre d'Ivato :

Emplacement	P.K.	Déversoir de prise			Débit calculé (l/s)
		Débit nécessaire (l/s)	Longueur (cm)	Charge (cm)	
CP AMPOPOHANA	1,936	100	45	25	100
	5,275	75	43	23	84
CP KELIMANATODY	0,300	60	50	18	68

**b – Observations :**

Bien que les valeurs des débits calculés s'approchent de celles nécessaires, les longueurs des seuils des deux derniers ouvrages doivent être corrigées afin de ramener les deux débits à une même valeur.

### **III .3 .4 Les ouvrages de régulation :**

#### **III .3 .4 .1 Les régulateurs :**

##### **III .3 .4 .1 .1 Contrôle de la charge :**

###### **a – Calculs :**

La charge de fonctionnement du régulateur dépend du débit et de la longueur du seuil du régulateur. Elle se calcule par la formule du déversoir. Puisque tous les régulateurs sont transversaux (seuils droits perpendiculaires à l'axe du canal), le coefficient du débit utilisé pour le contrôle est de 0,32. Les valeurs de la charge au-dessus du seuil des régulateurs trouvés sont données en Annexe 5.

###### **b – Observations :**

En ce qui concerne le CP Ampopohana, les charges au-dessus des régulateurs sont assez élevées. Elles sont comprises entre 8cm et 30cm. Ce qui peut être tolérable compte tenu de la grande valeur du débit d'écoulement. Pour les autres canaux, les charges des régulateurs sont toutes inférieures à 20cm. Elles sont donc admissibles.

##### **III .3 .4 .1 .2 Contrôle de la longueur du seuil :**

Compte tenu de la dite disposition du régulateur dans le canal, il suffit de contrôler la longueur du seuil qui ne doit pas être supérieure à la longueur disponible au niveau du canal

Le calcul des longueurs disponibles ainsi que la comparaison entre ces longueurs disponibles et les longueurs réelles des seuils des régulateurs sont résumés en annexe 5

En général, les longueurs du seuil des régulateurs choisies par le bureau d'étude restent inférieures aux longueurs disponibles au niveau du canal. L'emplacement du régulateur ainsi que le type transversal choisi conviennent alors à ce projet. Néanmoins, quelques régulateurs du CP Ampopohana ont des longueurs du seuil légèrement inférieures à la longueur disponible. Ils devront être disposés en oblique pour éviter l'élargissement du canal au droit de l'emplacement de ces régulateurs.

##### **III .3 .4 .1 .3 Contrôle de la nature de l'écoulement :**

Pour que les phénomènes qui peuvent se produire en aval n'influencent pas le débit en amont, il faut que l'écoulement soit dénoyé au niveau du déversoir. Pour cela, la différence entre le plan d'eau amont et le plan d'eau aval du régulateur doit être au moins égale à 0,4 fois la charge de celui-ci.

Le plan d'eau en amont est calé par le régulateur lui-même. Le plan d'eau en aval est fonction de la côte du fond du canal aval et de la hauteur d'eau du canal.

D'après les valeurs données en Annexes 5, la différence entre le plan d'eau en amont et en aval du régulateur reste toujours inférieure à 0,4 fois la charge. L'écoulement à travers le seuil est alors dénoyé.

#### **III .3 .4 .2 Le bassin de dissipation**

Le bassin de dissipation a pour rôle d'amortir l'énergie de l'eau provenant d'un tronçon du CP Kelimanatody ayant une pente élevée et une dénivellation totale entre l'extrémité amont et l'extrémité avale égale à 10,32 m. Le canal transite un débit de 35 l/s.

III .3 .4 .2 .1 Contrôle du volume de dissipation

Le bassin de dissipation conçu au niveau du CP Kelimanatody a les dimensions suivantes (Annexe XI, Schéma A11- 4):

Largeur = 1 m,

Longueur = 1,30 m,

Profondeur = 0,42 m.

Le volume nécessaire calculé est de 0,481 m<sup>3</sup> en admettant que 1 m<sup>3</sup> de bassin peut dissiper une énergie d'eau de 10 CV. Effectivement, le volume du bassin projeté est égal à 0,546 m<sup>3</sup>. Ce qui est déjà supérieur au volume nécessaire pour la dissipation de l'énergie.

**III .3 .5 Les ouvrages de sécurité :**

III. 3. 5. 1 Les ouvrages de décharge

Pour faire contrôler l'ouvrage de décharge, il faut connaître la côte du seuil de la décharge. Cette côte doit être légèrement supérieure au niveau d'eau normale dans le canal. La décharge fonctionnera alors dès que le niveau d'eau dépasse le plan d'eau normal.

Après la vérification de la côte du seuil, il faut s'assurer que l'ouvrage est capable de déverser l'excès de débit que l'on doit connaître auparavant. On calcule alors le débit maximal qui pourra être évacué par l'ouvrage de décharge.

III .3 .5 .1. 1 Contrôle de la côte du seuil :

Il repose sur la comparaison entre la côte du seuil de la décharge et le niveau d'eau normal dans le canal.

Puisque les ouvrages de décharge sont contrôlés par des régulateurs placés à l'aval, le plan d'eau dans le canal est obtenu en additionnant la côte du seuil et la charge au-dessus du régulateur.

Tableau 31 : Vérification de la côte du seuil des ouvrages de décharge

Emplacement	PK	Côte du seuil de décharge (m)	régulateur			Différence (m)
			Côte seuil (m)	Charge (m)	Côte du plan d'eau (m)	
CP Ampopohana	1,550	529,18	528,83	0,31	529,14	0,04
	2,600	528,36	527,95	0,25	528,20	0,16
	2,930	527,78	527,43	0,31	527,74	0,04
	4,675	525,03	254,59	0,29	224,88	0,15
CP Analanigaigy	0,900	537,22	536,97	0,17	537,14	0,08

La côte du seuil des décharges se trouve toujours au-dessus de celle du plan d'eau normal. Néanmoins la différence entre ces deux côtes est assez importante pour chaque ouvrage. L'ouvrage de décharge fonctionnera quand le plan d'eau monte à un niveau supérieur. Cette élévation du plan d'eau est due à l'augmentation brusque du débit qui pourra être causée par l'arrivée des eaux sauvages ou la fermeture de certaines prises.

Or la décharge a pour rôle d'évacuer tout excès de débit. Il doit alors fonctionner dès que le plan d'eau dépasse le niveau normal. En pratique, la côte du seuil de la décharge doit être à 1cm au-dessus du plan

d'eau normal pour éviter le fonctionnement prématuré de l'ouvrage sous l'effet des vagues. Des corrections doivent être alors apportées aux côtes du seuil des ouvrages de décharge. Les côtes recommandées sont données par le tableau suivant :

Tableau 32 : Côtes corrigées du seuil des ouvrages de décharge

Emplacement	PK	Régulateur			Côte du seuil de décharge corrigée (m)
		Côte seuil (m)	Charge (m)	Côte plan d'eau (m)	
CP Ampopohana	1,550	528,83	0,31	529,14	529,15
	2,600	527,95	0,25	528,20	528,21
	2,930	527,43	0,31	527,74	527,75
	4,675	254,59	0,29	224,88	524,89
CP Analanigaigy	0,900	536,97	0,17	537,14	537,15

### III .3 .5 .2 Contrôle du débit :

La formule donnant le débit que peut évacuer un ouvrage de décharge est celle du déversoir dénoyé. La charge utilisée est la différence de côtes entre la berge du canal et le seuil de l'ouvrage de décharge. Cette charge est égale à 20 cm pour tous les ouvrages.

Le tableau suivant donne les débits maximaux dégagés :

Tableau 33: Débits maximaux évacués par les ouvrages de décharge

Emplacement	PK	Décharge		Débit max (l/s)
		Longueur du seuil (m)	Charge (m)	
CP Ampopohana	1,550	1,0	0,20	158
	2,600	0,5	0,20	79
	2,930	1,0	0,20	158
	4,675	1,0	0,20	158
CP Analanigaigy	0,900	1,0	0,20	158

### III .3 .6 Les ouvrages d'évacuation des eaux de ruissellement :

#### III .3 .6 .1 Les passages en buse sous canal :

Comme l'ouvrage est destiné à évacuer le débit de ruissellement susceptible d'apporter des dégâts au niveau des canaux d'irrigation, son contrôle de dimensionnement sera basé sur la vérification de son état de fonctionnement et sa capacité de faire passer le débit à évacuer. L'ouvrage est formé d'une buse en charge précédée d'un bassin de réception en amont (Annexe XI, Schéma A11- 3)

II .3 .6 .1 .1 Contrôle de la vitesse d'eau dans les buses :

**a – Calculs :**

Lors du passage des eaux de ruissellement à travers les buses, la vitesse d'écoulement dépend du débit à transiter et de la charge au-dessus de la buse.

La vitesse d'écoulement dans les passages en buse sous canal se détermine en appliquant le théorème de BERNOUILLI entre le plan d'eau dans le bassin de réception et la sortie de la buse. La charge est supposée égale à la différence entre la côte du bord supérieur du bassin de réception et la côte de l'axe de la buse.

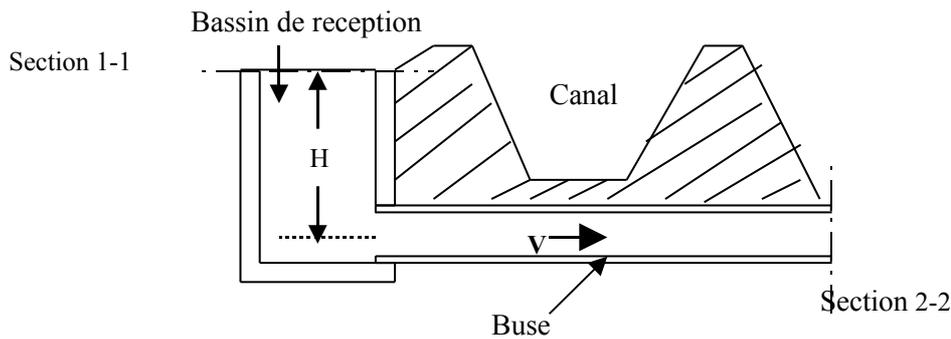


Fig 21 Schéma théorique d'un passage en buse sous canal

Le théorème de BERNOUILLI donne l'équation suivante :

$$H = \frac{V^2}{2g} + \Delta E$$

$\Delta E$  étant la somme de toute les pertes de charge suivantes :

- Perte de charge singulière due au rétrécissement brusque à l'entrée de la buse égale à  $0,5V^2/2g$
- Perte de charge linéaire le long de la buse de la forme  $(\lambda l/d) V^2/2g$  où  $\lambda$  est un coefficient de perte de charge qui pourra être obtenu à partir de la formule de COLEBROOK (Formule 1. 3. 5):

En prenant la viscosité cinématique  $\nu$  égale à  $1,15 \cdot 10^{-6}$  pour l'eau à 15°C et un coefficient  $k$  égale à 0,1 mm, les valeurs de la vitesse suivantes sont trouvées :

Tableau 34 : Vitesses d'écoulement dans les ouvrages de passage en buse sous canal

Emplacement	PK	Diamètre des buses (mm)	Longueur des buses (mm)	Charge H (m)	Vitesse de l'eau (m/s)
CP AMPOPOHANA	0,270	800	4	1,20	3,9
	4,564	800	4	1,20	3,9
CP ANKATERENA AMBONY	1,290	500	4,5	1,35	4,1
	2,520	500	4,0	1,35	4,1
CP KELIMANATODY	0,110	500	4,0	1,35	4,1
	0,160	500	4,0	1,35	4,1
CP ANALANIGAIGY	0,720	500	3,5	1,35	4,0
	1,260	800	4,0	1,20	3,9

**b – Observations :**

Les vitesses trouvées sont supérieures à 2,5m/s. A cet effet, la formation de dépôts à l'intérieure des buses n'est pas à craindre. Par contre, cette vitesse élevée qui sera atteinte lorsque les débits maximaux passent à travers l'ouvrage pourra apporter des conséquences néfastes à l'intérieur de l'ouvrage. Pour l'éviter, les diamètres des buses devront être augmentés.

III .3 .6 .1 .2 Contrôle du débit évacué :

Le débit maximal que pourra être évacué l'ouvrage de passage en buse sous canal est obtenu en multipliant par la valeur de la section transversale la vitesse d'écoulement calculée auparavant.

Tableau 35 : Débits maximaux évacués par les passages en buses sous canal du périmètre d'Ivato

Emplacement	PK	Débits maximaux (l/s)
CP AMPOPOHANA	0,270 4,564	1948 1948
CP ANKATERENA	1,290	791
AMBONY	2.520	795
CP KELIMANATODY	0,110 0,160	795 795
CP ANALANIGAIGY	0,720 1,260	798 1948

Ce sont ces débits que l'on doit comparer avec celui de ruissellement utilisé pour le dimensionnement de l'ouvrage.

**III .3 .7 Les ouvrages de distribution :**

Les ouvrages de distribution projetés dans le périmètre d'Ivato sont formés par des buses implantées sur l'une des berges du canal pour distribuer l'eau aux parcelles. Certains prises sont contrôlées par des régulateurs qui se situent à leurs proximités en aval.

Puisque la détermination de la charge au-dessus de l'orifice (buse) d'une prise contrôlée par un régulateur est différente de celle d'une prise sans régulateur, il sera mieux d'entamer séparément le contrôle de dimensionnement de ces ouvrages.

III .3 .7 .1 Prises avec régulateur :

III .3 .7 .1 .1 Contrôle du débit :

Le contrôle de dimensionnement des prises avec des buses est axé sur la vérification du débit qu'elles peuvent délivrer aux parcelles avec la considération du diamètre de la buse et de la charge au-dessus de cette buse.

**a - Calcul**

La formule utilisée pour le calcul du débit délivré par une prise avec buse est celle de l'orifice en charge :

$$Q = \mu S \sqrt{2gH}$$

La charge H se calcule en faisant la différence entre le plan d'eau et la cote de l'axe de l'orifice. Ce plan d'eau théorique est calé par le régulateur et est égal à la cote du seuil du régulateur ajoutée de la charge au-dessus du seuil de ce dernier.

**a – Observations :**

Le résultat du calcul donné à l'annexe VIII montre qu'il n'y a qu'une faible différence entre les débits calculés et ceux demandés. Ce qui prouve que les diamètres des buses choisis et la cote d'implantation des buses sont acceptables.

**III .3 .7 .1 .2 Contrôle de la vitesse de l'eau dans les buses :**

D'après le calcul des vitesses de l'eau à l'intérieur des buses selon la formule de l'orifice en charge, les valeurs trouvées sont comprises entre 1 m/s et 2,5 m/s. Ces valeurs sont admissibles et n'apportent aucun risque pour les ouvrages de prises

**III .3 .7 .2 Prises sans régulateur :**

**III .3 .7 .2 .1 Contrôle du débit :**

Comparé aux prises avec régulateur, le contrôle de dimensionnement des prises sans régulateur est aussi basé sur la comparaison des débits calculés, en considérant le diamètre des buses et la charge au-dessus de l'orifice, avec le débit demandé par les parcelles.

**a- Calcul :**

La formule utilisée pour le calcul de débit est toujours celle de l'orifice en charge. Ici, la charge est égale à la différence entre la cote du plan d'eau normal dans le canal et celle de l'axe de l'orifice. La cote du plan d'eau dans le canal est égale à celle du fond du canal augmentée de la hauteur d'eau normale dans ce dernier.

**b- Observations :**

D'après le résultat de calcul, la différence entre les débits calculés et les débits demandés est importante. Les débits calculés sont toujours supérieurs à ceux demandés.

Lors de dimensionnement, la cote du plan d'eau théorique choisie par le projeteur pour le calcul de la charge de la prise est égale à celle du seuil du premier régulateur qui se trouve en aval à laquelle on ajoute la charge de ce dernier. Or, dans la plupart des cas la prise se trouve à une distance assez grande du régulateur. Le plan d'eau n'est plus influencé par ce dernier mais dépend seulement de la hauteur d'eau dans le canal.

Une rectification de la cote d'implantation des prises sans régulateur est alors nécessaire pour ramener le débit à celui demandé par les parcelles.

**III .3 .7 .2 .2 Contrôle des vitesses de l'eau dans les buses :**

Les valeurs de la vitesse de l'eau à l'intérieur des buses ainsi trouvées sont généralement admissibles. Elles se trouvent entre 1 m/s et 2,5 m/s sauf pour certaines prises du CP Ampopohana qui ont des vitesses légèrement supérieures à 2,5 m/s. Ces derniers nécessitent alors des rectifications des côtes de calage des buses.

#### **II .4 RECAPITULATION DES RESULTATS DE CONTROLE DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DU PERIMETRE D'IVATO :**

Après avoir appliqué les processus de contrôle de dimensionnement ainsi établi sur les ouvrages qui se trouvent dans les canaux principaux du périmètre d'Ivato, les constatations suivantes sont à dégager :

- La plupart des ouvrages respectent les règles établies pour le fondement du processus de contrôle de dimensionnement des ouvrages.
- Des suggestions sont données dans le cas où l'on observerait des anomalies.

Les résultats du contrôle accompagnés de certaines observations et recommandations sont résumés dans les tableaux de l'Annexe X