

CHAPITRE 3 CONDITIONS SOCIO-ECONOMIQUES ET PROBLEMATIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

3.1 Conditions socio-économiques actuelles

3.1.1 Système administratif, zone de démarcation et population

La zone de l'étude, à savoir les 2 districts, 9 communes et 52 villages, comme indiqué dans le tableau suivant, est administrativement sous la juridiction de la région d'Alaotra-Mangoro. Géographiquement, la zone de l'étude comprend le bassin versant de la rivière Sahabe, le bassin versant de la rivière Sahamilahy, les bassins de 4 petits et moyens cours d'eau, et la zone du PC 23. La délimitation administrative est illustrée à la Fig. 3.1.

Tableau 3.1.1 Unités et zones administratives dans la zone de l'étude

Région	District	Commune	Nombre de villages	Zone
Alaotra-Mangoro	Amparafaravola	Ampasikely	4	4 petits et moyens bassins fluviaux
		Andrebakely Sud	6	4 petits et moyens bassins fluviaux
		Ambatomainty	9	4 petits et moyens bassins fluviaux, zone du PC 23
		Morarano Chrome	27	Bassin de la rivière Sahamilahy, bassin de la rivière Sahabe, 4 petits et moyens bassins fluviaux, zone du PC23
		Ranomainty	6	Bassin de la rivière Sahabe
	Ambatondrazaka	Bejofo	2	Bassin de la rivière Sahabe
		Soalazaina	5	Bassin de la rivière Sahabe
		Tanambao Besakay	6	Bassin de la rivière Sahabe
		Andilanatoby	6	Bassin de la rivière Sahabe

Source: Bureau régional d'Alaotra-Mangoro

D'après une étude supplémentaire par le biais d'interviews menée en 2006, le total de la population dans tous les villages de la zone de l'étude est de 118.194 personnes, le nombre de foyers de 20.631, et la taille d'une famille moyenne de 5,7 personnes. Les détails sont indiqués au Tableau 3.1. De grandes tribues telles que les Shihanaka, les Merina, les Betsimisaraka et les Betsileo, sont présentes dans la zone de l'étude. Au niveau de l'éducation, environ la moitié des populations ont achevé le programme de l'enseignement primaire, et le taux d'alphabétisation est de 69% environ.

3.1.2 Etude détaillée des villages

La mission d'étude de la JICA a mené une étude détaillée des villages en décembre 2003 afin de comprendre les conditions socio-culturelles actuelles des villages par des contacts avec des ONG locales. L'étude détaillée des villages a été réalisée à l'aide d'un questionnaire, et d'une enquête par interviews pour les informateurs clés (les chefs de village, les chefs de

fokonolona). L'étude par questionnaire a été effectuée par un personnel formé par les ONG. La mission d'étude de la JICA supervisait les ONG en question pendant la période de l'étude détaillée des villages. Les 10 villages cibles et l'échantillon des 500 foyers ont été sélectionnés comme suit :

Tableau 3.1.2 Villages cibles de l'étude

Zone	Commune	Village	Nombre de foyers
Bassin de la rivière Sahamilahy	Morarano Chrome	1. Antanimafy	40
		2. Maheriara	40
		3. Morarano Chrome	60
4 petits et moyens bassins fluviaux	Morarano Chrome	4. Manakambahinikely	40
Bassin de la rivière Sababe	Ranomainty	5. Ranofotsy	50
	Soalazaina	6. Soalazaina	60
	Tanambao Besakay	7. Besakay	60
	Andilantoby	8. Sahanidingana	50
Zone du PC23	Ambatomainty	9. Mahakary	50
	Morarano Chrome	10. Ambohidrony	50

Source: l'étude détaillée des village, la mission d'étude de la JICA, 2004

3.1.3 Régime de possession des terres

(1) Généralités

En principe, toutes les terres à Madagascar appartiennent à l'Etat. Le gouvernement reconnaît la propriété des terres des personnes. Il y a deux systèmes de propriété, le système de propriété traditionnel des terres et le système de propriété moderne des terres. Le premier, traditionnellement reconnu, est celui du transfert du droit de propriété des parents aux enfants. Le second est le droit des terres qui est légalement reconnu sur la base des procédures légales effectuées auprès du bureau gouvernemental d'enregistrement des terres. Dans la zone de l'étude, la succursale du bureau d'enregistrement des terres de la DRDR effectue une procédure légale qui reconnaît le droit des terres traditionnel en tant que droit légal pour les terres. Il y a deux enregistrements des terres, l'enregistrement des terres de grande étendue (le cadastre) et l'enregistrement des terres privées (immatriculation). Le premier sert à enregistrer les terres des municipalités locales, telles que les villages et les délimitations de leurs terres. Le second sert à enregistrer les terres privées en tant que propriété traditionnelle des terres.

(2) Taille moyenne des terres possédées dans la zone de l'étude

L'étude détaillée des villages menée par la mission d'étude de la JICA indique la taille moyenne des terre possédées dans la zone de l'étude comme suit :

Tableau 3.1.3 Taille moyenne des terres possédées

Zone	Village	Taille moyenne des terres possédées (ha)
Bassin de la rivière Sahamilahy	Antanimafy	9.9
	Morarano Chrome	2.4
	Manakambahinikely	6.2
4 petits et moyens bassins fluviaux	Manakambahinikely	3.2
Bassins de la rivière Sahabe	Ranofotsy	1.5
	Sahanidingana	3.8
	Soalazaina	2.3
	T. Besakay	2.4
Zone du PC23	Ambohidrony	2.3
	Mahakary	7.6

Source: l'étude détaillée des village, la mission d'étude de la JICA, 2004

(3) Enregistrement actuel des terres

Le taux d'enregistrement actuel des terres est le suivant :

Tableau 3.1.4 Taux d'enregistrement actuel des terres

Zone	Village	Taux d'enregistrement actuel des terres (%)	Taux de non enregistrmnt des terres (%)
Bassin de la rivière Sahamilahy	Antanimafy	10.8	89.2
	Maheriara	3.3	96.7
	Manakambahinikely	63.1	36.9
4 petits et moyens bassins fluviaux	Manakambahinikely	47.5	52.5
Bassin de la rivière Sahabe	Ranofotsy	17.9	82.1
	Sahanidingana	75.0	25.0
	Soalazaina	13.5	86.5
	T. Besakay	72.5	27.5
Zone du PC23	Ambohidrony	51.5	48.5
	Mahakary	99.9	0.1

Source: l'étude détaillée des village, la mission d'étude de la JICA, 2004

Le taux d'enregistrement des terres varie selon leur emplacement. Celui-ci a tendance à augmenter dans le PC23 et en aval des bassins fluviaux, et à diminuer plus le village se trouve en amont. Les raisons pour lesquelles les populations locales n'enregistrent pas leurs terres sont : la faible capacité des municipalités locales en matière des procédures d'enregistrement des terres, le paiement des taxes foncières après l'enregistrement des terres, les procédures compliquées et floues de l'enregistrement des terres, le coût nécessaire à l'enregistrement des terres, le manque de compréhension vis-à-vis de cette procédure. A présent, l'enregistrement des terres n'est pas encore effectué correctement.

(4) Propriétaires absents et fractionnement des terres

La plupart des agriculteurs dans la zone en amont des rivières Sahabe et Sahamilahy et des 4

petits et moyens bassins fluviaux ont des terres près de leur village. Il est reconnu que le fractionnement des terres et l'éparpillement de celles-ci ont lieu dans tous les villages en raison du fait que les enfants héritent les terres de leurs parents.

D'autre part, environ 40 % des propriétaires terriens vivent dans des zones en dehors des périmètres du PC23 selon le registre des terres pour Vanona P1, une des associations des usagers de l'eau dans la zone du PC23. La plupart des propriétaires terriens vivent dans le bassin de la rivière Sahamilahy, les villes d'Amparafaravola et d'Ambatondrazaka. Il est supposé que les propriétaires absents possèdent une surface considérable de terres dans la zone du PC23. Certains des propriétaires vivent à Antananarivo et Antirave. Il est également reconnu que le fractionnement et l'éparpillement des terres se produisent dans la zone de PC23.

3.1.4 Occupation principale et structure des revenus et revenus et pauvreté des agriculteurs.

(1) Occupation principale et structure des revenus

La principale occupation et la part des sources des revenus sont résumés, sur la base des résultats de l'étude détaillée des villages menée par la mission d'étude de la JICA, dans le tableau suivant.

Tableau 3.1.5 Occupation principale et structure des revenus des chefs de famille

Structure	Occupation	Zone village *	Zone du PC23		Bassin de la rivière Sahamilahy/4 petits et moyens bassins fluviaux				Bassin de la rivière Sahabe			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Occupation du chef de famille	1) agriculture		82.0	80.0	87.2	50.0	95.0	71.7	91.8	88.0	57.6	76.7
	2) fonctionnaire		0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	10.0	2.0	2.0	6.8	1.7
	3) secteur privé		2.0	2.0	12.8	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	23.7	1.7
	4) commerçant		0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	6.7	0.0	2.0	1.7	6.7
	5) agriculture avec un emploi permanent		0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6) agriculture avec un emploi saisonnier		4.0	4.0	0.0	25.0	2.5	1.7	4.1	4.0	6.8	6.7
	7) sans emploi		4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	2.0	4.0	0.0	0.0
	8) autre		8.0	14.0	0.0	7.5	0.0	1.7	0.0	0.0	3.4	6.7
Structure des revenus	1) agriculture		41.4	28.2	55.6	39.5	68.9	38.1	59.1	64.9	19.1	42.8
	2) Elevage		6.4	11.8	8.2	3.8	1.9	5.6	3.8	2.8	8.3	6.1
	3) Pêche		11.3	21.3	6.7	11.3	11.1	16.2	9.2	10.6	9.0	12.6
	4) Commerce de bois de chauffage		9.8	14.8	11.0	14.7	8.2	10.3	7.4	9.7	11.2	6.6
	6) versements d'allocations		5.6	5.0	3.3	3.5	1.0	1.3	2.9	1.7	8.9	7.0
	7) autre		13.0	9.0	10.9	13.0	5.0	22.0	9.0	6.1	35.0	17.1

*: 1.Mahakary, 2. Ambohidrony, 3. Antanimafy, 4. Maheriara, 5.Morarano Chrome, 6.Manakambahinikely, 7.Ranofostsy, 8. Soalazaina, 9.Besakay, 10.Sahanidingana

Source: l'étude détaillée des village, la mission d'étude de la JICA

Bien que l'occupation principale des chefs de famille soit l'agriculture, certains reçoivent des revenus non agricoles en tant que fonctionnaire, enseignant ou commerçant à Morano Chrome, des revenus non agricoles de la Fanalamanga Corporation à Salazina, ou des revenus de travaux fermiers non agricoles dans la zone du PC23 ainsi que de la vente de bois de chauffage à Maheriara. Bien que les chefs de famille dans les villages reçoivent des revenus provenant principalement de la riziculture, ils ont des revenus provenant de la pêche à Mahakary, lorsqu'ils sont près du Lac Alaotra, eou des revenus provenant de travaux saisonniers dans les alentours de leur village à Manakambahinikely et Besakay, lorsqu'ils se trouvent dans la région qui héberge des fermes de petite taille.

(2) Budgets fermiers

Le budget fermier moyen dans la zone de l'étude estimé sur la base de l'étude détaillée des villages est indiqué au tableau suivant, et les détails figurent au Tableau 3-2.

Tableau 3.1.6 Budget fermier dans les fermes dans la zone du projet

(1.000 MGA/foyer/an)

Zone	Village	Revenus	Dépenses	Revenus nets
Zone du PC 23	1. Mahakary	8,187	3,571	4,616
	2. Ambohidrony	11,046	5,616	5,430
Bassin de la rivière Sahamilahy	3. Antanimafy	8,545	5,058	3,487
	4. Maheriara	4,450	2,191	2,258
	5. Morarano Chrome	9,588	6,726	2,862
4 petits et moyens bassins fluviaux	6. Manakambahinikely	5,900	3,257	2,643
Bassin de la rivière Sahabe	7. Ranofotsy	3,691	2,065	1,626
	8. Soalazaina	5,375	2,492	2,884
	9. Besakay	5,918	3,067	2,851
	10. Sahanidingana	5,230	2,380	2,850

Source: l'étude détaillée des village, la mission d'étude de la JICA, 2004

(3) Pauvreté

La Banque Mondiale a préparé une carte d'aide sociale de Madagascar s'appuyant sur les données d'un recensement datant de 1993. Les résultats révèlent que 75% de la population dans les zones rurales sans égard à la province vivent sous le seuil de pauvreté, à l'exception de Mahajunga et d'Antsiranana. Le taux de pauvreté à Ambatondraza et Amparafaravola était estimé comme suit :

Tableau 3.1.7 Taux de pauvreté (%)

province/région*	Tout le pays	Zone urbaine	Zone rurale
Province de Toamasina	74.6	59.9	78.5
Amparafaravola	70.5	43.7	75.0
Ambatondrazaka	79.3	75.3	80.3

Source : la Banque Mondiale, 2002 *: organisation en 2002

Le gouvernement malgasy analyse également la situation de la pauvreté dans le cadre stratégique de lutte contre la pauvreté (CSLP) qui a été préparé en 2003. Dans ce cadre stratégique, la pauvreté est définie comme étant « la condition d'une personne dans l'incapacité d'assurer une prise alimentaire de 2.133 calories par jour, ce qui est la quantité minimale pour une vie et des activités quotidiennes normales ». S'appuyant sur cette définition, la référence pour mesurer la pauvreté est fixée à 988.600 FMG/an/personne au niveau des prix de 2001, et il est estimé qu'environ 69,6% de la population vivent au-dessous du seuil de pauvreté ainsi défini à Madagascar.

Appliquant cette définition et le niveau de revenus de référence utilisé dans le CSLP, en ayant recours aux données de l'étude détaillée des villages, la situation de la pauvreté dans la zone de l'étude peut être grosso modo estimée. Les résultats de cette estimation sont indiqués dans le tableau ci-après.

Tableau 3.1.8 Taux de pauvreté dans la zone de l'étude

Zone	Village	Taille moyenne de la famille (personne/foyer)	Revenu de référence de pauvreté*1 (FMG/foyer/an)	Taux de pauvreté *2
Bassin de la rivière Sahamilahy	Antanimafy	6.95	8,826,000	35.1%
	Maheriara	5.38	6,832,000	72.5%
	Morarano Chrome	5.37	6,819,000	26.7%
4 petits et moyens bassins fluviaux	Manakambahinikely	5.53	7,023,000	45.0%
Bassin de la rivière Sahabe	Ranofotsy	4.95	6,286,500	63.3%
	Sahanidingana	6.14	7,797,800	70.0%
	Soalazaina	5.55	7,048,500	71.7%
	Besakay	5.87	7,454,900	60.0%
Zone du PC23	Aambohidrony	6.62	8,407,000	30.0%
	Mahakary	6.80	8,636,000	50.0%
	Moyenne			52.4%

*1: Revenu de référence de pauvreté (988.600 FMG/ personne/an) défini dans le CSLP a été converti au revenu de référence de pauvreté (1.270.000 FMG/ personne/an) en 2004 en appliquant un taux d'inflation moyen (8,9% FMG/ an : 2001 ~ 2003). Par ailleurs, le revenu de référence de pauvreté a été calculé en appliquant la taille moyenne d'une famille / foyer.

*2: Les revenus de chaque fermier ont été révisés prenant en considération l'auto-consommation de la production agricole. Les revenus révisés sont estimés en appliquant la formule suivante

Revenus révisés = revenus agricoles $\times 1/0.404 \times (0.404 + 0.472)$ + autres revenus

Source: L'étude détaillée des villages, la mission d'étude de la JICA

Toutefois, il est important de noter que le taux de pauvreté calculé ici pourrait être légèrement surestimé du fait que les fermiers assurent en général une partie de leur nourriture directement de leur propre production. Cependant, le taux de pauvreté indiqué dans le CSLP est similaire à celui figurant sur la carte de pauvreté de la Banque Mondiale, et il est considéré que ces chiffres ne sont probablement pas très loin de la réalité. Même si ces chiffres sont surestimés, plus de 50% des fermiers vivent toutefois dans la pauvreté, à l'exception de quelques uns dans les Fokontany tels que Ambohidrony, Antonimafu et

Morarano Chrome.

Comparant la taille des rizières possédées et le niveau de revenus moyens par foyer, il ressort que dans les Fokontany dans lesquels les rizières possédées sont de petite taille, les résidents ont tendance à avoir moins de revenus, et par conséquent, le taux de pauvreté y est plus élevé.

Tableau 3.1.9 Taux de pauvreté et taille des rizières possédées par foyer

Zone	Village	% de foyers sous le seuil de pauvreté	Moyenne de la taille des rizières possédées * (ha/foyer)	Niveau moyen de revenus annuels (FMG/foyer/an)
Bassin de la rivière Sahamilahy	Antanimafy	35.1%	1.91	8,545,000
	Maheriara	72.5%	1.62	4,450,000
	Morarano Chrome	26.7%	1.78	9,588,000
4 petits et moyens bassins fluviaux	Manakambahinikely	45.0%	1.47	5,900,000
Bassin de la rivière Sahabe	Ranofotsy	63.3%	0.96	3,691,000
	Sahanidingana	70.0%	1.95	5,230,000
	Soalazaina	71.7%	1.10	5,375,000
	Besakay	60.0%	1.73	5,918,000
Zone du PC23	Ambohidrony	30.0%	2.86	11,046,000
	Mahakary	50.0%	4.50	8,187,000

*: La taille des rizières possédées est calculée sur les resultants de l'étude détaillée des villages. Pour le calcul, les chiffres extrêmes qui peuvent considérablement influencer les valeurs moyennes ont été exclus.

Source: L'étude détaillée des village, la mission d'étude de la JICA

Puisque les causes de la pauvreté sont plus compliquées dans la réalité, il n'est pas possible de conclure que la taille des rizières possédées est LA cause de la pauvreté. Cependant, la taille des rizières est considérée comme étant l'un des facteurs importants influençant le niveau des revenus.

D'autre part, Ambohidrony et Morarano Chrome ont des taux de pauvreté plus bas, bien que la taille des rizières possédées ne soit pas tellement large. L'une des raisons principales est l'emplacement de leur résidence. Le Fokontany est situé près de la route nationale, et Ambaiboia est une ville importante pour les activités liées au transport et au commerce. Ces faits signifient qu'il y a plus de possibilités d'emplois non agricoles, des sources de revenus plus élevés sans égard à la taille des rizières possédées. Une autre raison pourrait être liée à l'emplacement des rizières. Morarano Chrome et Ambohidrony sont près du canal primaire du PC 23, et, par conséquent, la productivité pourrait être plus élevée en raison de la disponibilité aisée de l'eau d'irrigation. Ils ont également l'avantage de vendre leurs produits puisque l'accès à leurs terres est plus facile par rapport à d'autres villages.

Bien que la taille des rizières possédées à Mahakary soit la plus large, les revenus n'y sont pas aussi élevés qu'anticipé. Les rizières dans les alentours de Mahakary souffrent d'un système d'irrigation défaillant et d'inondations. Par ailleurs, une large zone est toujours en

cultures pluviales en raison du manque d'équipements d'irrigation. Par conséquent, la productivité agricole y est faible et cela explique pourquoi la taille des terres possédées contribue peu aux revenus dans ces Fokontany.

Dans le cas du bassin de la rivière Sahabe, le taux de pauvreté est plus élevé que dans les autres zones. A Sahanidingana, le niveau des revenus est quasiment la moitié de celui d'Antanimafy, bien que la taille des terres y soit supérieure. L'une des raisons principales de cette situation est l'accès médiocre aux marchés à cause de la mauvaise condition des routes et la plus faible disponibilité des transports publics. Le mauvais accès mène à des inconvénients d'ordre commercial et de possibilités d'emploi.

Sur la base de ces observations, les principales causes de pauvreté eu égard au niveau des revenus sont considérées comme étant l'insuffisance de revenus agricoles, en raison de la faible productivité, les conditions commerciales médiocres, la taille réduite des terres possédées, et la limitation des possibilités d'emploi dans les secteurs autres que le secteur agricole.

3.1.5 Questions liées au genre et pratiques sociales

(1) Questions liées au genre

La vie quotidienne dans l'habitat a comme base l'agriculture. Le calendrier de base de la vie quotidienne de l'habitat par sexe est indiqué en Fig. 3.1.1. Les fermiers habitant dans la zone du PC23 et allant pêcher dans le Lac Alaotra pêchent et transforment les produits de la pêche alors que les agriculteurs à plein temps travaillent dans les rizières et dans les champs en hautes terres.

Saison agricole	04:00		08:00	12:00	14:00	16:00	17:00	19:00
	<i>Maraina</i>		<i>Antoandro</i>		<i>Tolakandro</i>	<i>Hariva</i>	<i>Alina</i>	
Homme	Réveil		Travail dans les rizières	Repos déjeuner	Travaux dans les rizières		Dîner	Coucher
Femme	Réveil	Préparation du petit déjeuner	Préparation du déjeuner Corvées ménagères	Repos déjeuner	Corvées ménagères	Préparation du dîner	Dîner	Coucher

Hors saison agricole	04:00		08:00	12:00	14:00	16:00	17:00	19:00
	<i>Maraina</i>		<i>Antoandro</i>		<i>Tolakandro</i>	<i>Hariva</i>	<i>Alina</i>	
Homme	Réveil		Work in upland field/Fishing	Repos déjeuner	Travaux dans les champs des ahutes terres / pêche	Repos / Transformation du poisson	Dîner	Coucher
Femme	Réveil	Préparation du petit déjeuner	Préparation du déjeuner Corvées ménagères	Repos déjeuner	Corvées ménagères	Préparation du dîner	Dîner	Coucher

Source: la mission d'étude de la JICA

Figure 3.1.1 Calendrier de base de la vie quotidienne

Ainsi, la vie quotidienne pour les hommes et les femmes est respectivement axée sur travaux agricoles et la préparation des repas. Pour la classe aisée et la classe moyenne, la tendance de base de la vie quotidienne est universelle. Cependant, des temps sans activités sont inclus dans la tendance de la vie quotidienne des classes pauvres. Le calendrier agricole annuel est indiqué en Fig. 3.1.2, le calendrier annuel de la riziculture en particulier est commun à toutes les classes.

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Homme	Gestion de l'eau d'irrigation				Récoltes	Battage		Labour			Pépinière	Transplantation
	sarclage											
Femme	Cultures maraîchères				Aide à la riziculture et préparation des repas							Transplantation
					Travaux artisanaux (personnes pauvres)							

Source: JICA Study Team

Figure 3.1.2 Calendrier agricole annuel

Dans l'habitat des zones collinaires et montagneuses, des cultures de hautes terres sont également entreprises sur les pentes de janvier à avril. Pour la riziculture les hommes sont responsables des travaux physiques pénibles tels que le labour, et les femmes des travaux

physiques moins exigeants tels que la transplantation. En outre, les femmes s'occupent des cultures des hautes terres, telles que les haricots, les plantes racines et les légumes. Pour la préparation des repas, les femmes sont responsables de la cuisine, et les enfants et/ou les femmes sont responsables de la collecte du bois de chauffage et de l'eau des puits, des sources fluviales, des fontaines publiques, etc. pour la cuisine. Les hommes sont eux responsables de produire du charbon de bois à des fins commerciales. La fabrication de produits artisanaux en roseaux et herbes aqueuses, tels que des tapis, des paniers, des chapeaux, etc. est limitée aux femmes. Les femmes s'occupent de la gestion du budget familial sans égard à la condition économique. Le mari remet l'intégralité de ses revenus à la femme. La décision sur la manière de dépenser l'argent des revenus obtenus est prise en discutant entre eux, et les revenus sont dépensés en commun accord. Les produits ménagers les plus courants sont les radio-cassettes et les vélos d'un point de vue pratique.

(2) Pratiques sociales

L'avis des résidents au niveau du village est examiné lors d'une réunion, appelée Fivoriam-Pokolona, à laquelle tous les hommes et femmes de plus de 18 ans peuvent participer, et les décisions sont prises à la majorité des mains levées. La plupart des villages pénalise l'absentéisme à ces réunions. Dans certains villages, toutefois, la pénalité n'est pas appliquée.

Les pratiques sociales dans la zone de l'études sont « Dina » (la référence du groupe traditionnel du village), la circoncision, l'invitation aux mariages et le deuxième enterrement, « Manala-Voady » (l'offrande de repas lorsqu'une promesse annoncée auparavant est tenue), et « Fady » (le tabou de ne pas travailler dans les rizières un certain jour de la semaine).

3.2 Conditions naturelles

3.2.1 Topographie, géologie et sols

(1) Topographie et géologie

La région du lac Alaotra présente une géomorphologie résultant de la dépression causée par les failles. La partie orientale du lac est bordée d'un escarpement d'environ 1.000 m d'altitude, avec une région montagneuse caractérisée par l'existence de lavaka. De l'autre côté, de la partie australe à la partie occidentale du lac, de vaste plaine alluviale s'étend sur les grandes et petites rivières comme Sahabe et Sahamilahy. La région sud-ouest du lac est notamment constituée par la vaste plaine marécageuse qui s'est formée par la sédimentation du sol et du sable alimenté par les rivières. La topographie de la région montagneuse de la partie occidentale du lac est caractérisée par des pentes moins fortes en comparaison avec celles de la partie orientale. Les rivières de cette région suivent un cours de direction initiale Est, cependant dû au phénomène de failles leur direction change d'Est-ouest en Nord-sud, à une altitude d'environ 900m au-dessus du niveau de la mer. La chaîne de collines de la partie Ouest d'une altitude de plus de 900 m est également influencée par les failles. Par

conséquent, la direction du cours empruntée par les rivières est de Nord-sud à environ 900 m d'altitude ou plus. Ce changement de direction du cours des rivières suppose l'existence d'une grande faille qui traverse la région suivant la direction Nord-sud à environ 900 m d'altitude. Il est également supposé que le lac Alaotra s'est formé suite à un affaissement de terrain enclenché par cette grande faille. Des affluents du lac Alaotra forment le fleuve Maningory qui commence son parcours au Nord-ouest et s'écoule vers l'océan Indien.

La structure géologique de la région d'Alaotra est constituée essentiellement de gneiss et de micaschistes et de l'intrusion granitique. Les migmatites qui s'étendent dans la région ont été formées par le gneiss métamorphique par l'intrusion du granite. Les sols latéritiques de formation mica ou granite sont répandus dans toute la région comme le sol en général. Les sols latéritiques apparaissent au niveau des terrains dénudés ayant subi un phénomène intense de lessivage de base, ils durcissent pendant la saison sèche, mais en revanche l'eau les altère facilement. On présume donc que l'érosion est agressive dans cette région pendant la saison des pluies. Le feldspath alcalin, un des principaux minéraux laves du granite ou minéraux granitoïdes, génère l'argile de kaolin qui est considérée comme l'une des principales causes d'apparition de lavaka.

(2) Sols

Les sols latéritiques issus du granite et du gneiss existent partout dans la zone d'étude. Les sols latéritiques dénudés sont en état très avancé de lessivage basique. En résumé, les sols de la zone d'étude sont catégorisés topographiquement et géologiquement comme suit: Sol latéritique sur granite au niveau des zones de montagnes; Sol latéritique sur migmatite et gneiss au niveau des collines; Sol alluvial ancien sur les terrasses; et Nouveau sol alluvial caractérisant les bas-fonds et les terrains bas et dans les couloirs des vallées.

Les échantillons pédologiques prélevés dans les rizières et les tanety selon la catégorisation ci-dessus du sol ont été l'objet d'une analyse physique et chimique au sein de la FOFIFA. L'Annexe 3.3 montrant les résultats d'analyse,

- (a) représente nettement l'état très avancé de lessivage basique des sols prélevés sur les collines et les terrasses avec des chiffres faibles de Capacité d'Echange de Base (CEB) et du taux de saturation basique.
- (b) Les sols des bas-fonds des vallées sont catégorisés en deux (2) types : Le sol prélevé à un endroit où les eaux s'évacuent difficilement s'est vu être très fertile avec une forte teneur en matières organiques, tandis que le sol, prélevé à un endroit où il y a des influences notables de lavaka à proximité, s'est avéré sableux et pauvre.
- (c) Quant aux échantillons alluviaux du PC 23, il s'est avéré que la fertilité et la composition physique ne sont pas toujours homogènes selon les substances affluées et la durée de culture. Parallèlement, les conditions d'irrigation différencient aussi les

couches existantes des sols ainsi que leur composition chimique.

3.2.2 Climat Agricole

La Zone d'étude est influencée par un climat semi-aride tropical. Elle est caractérisée par un régime de mousson. Les données de précipitations des 14 dernières années comme présentées dans le Tableau 3.2.1, issues de la station d'Ambohitsilaozana (Alaoatra) situé près de la zone d'étude, sont présentées ci-dessous. Le taux de précipitations annuelles est de 1.078 mm. Environ 90% des précipitations sont concentrées durant les quatre mois de saison pluvieuse, c'est-à-dire de décembre à mars. Les huit mois restants sont caractérisés par la saison sèche. De plus, d'année en année, il existe une variation au niveau des précipitations annuelles, allant de 644 mm à 1.452 mm. La répartition et le volume des précipitations constituent les principaux facteurs de production agricole dans la zone d'étude. Généralement, des ouragans accompagnés de grosses pluies s'abattent sur la région du Lac Alaotra de fin janvier à mars.

Tableau 3.2.1 Précipitation mensuelle enregistrée au sein du CALA

Année	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar	Av.	Mai	Juin	Jui.	Août.	Sep.	Total	Pluviosité (i)
93/94	66	33	132	433	266	190	5	21	8	23	7	4	1,189	145
94/95	169	4	110	461	218	78	48	29	10	4	3	1	1,134	122
95/96	4	3	510	486	129	227	19	4	3	5	2	1	1,392	133
96/97	0	4	409	481	254	19	42	4	2	10	6	17	1,248	109
97/98	24	85	149	294	452	17	3	12	5	3	8	36	1,088	116
98/99	0	1	211	226	35	103	12	39	9	15	6	2	659	100
99/00	1	7	99	110	185	188	13	3	11	16	7	4	645	112
00/01	1	19	196	666	106	24	29	3	7	2	11	1	1,065	102
01/02	16	0	209	103	482	59	14	120	6	6	2	9	1,024	101
02/03	1	46	390	486	311	136	3	9	4	4	2	8	1,400	128
03/04	31	76	162	221	130	128	16	5	8	3	3	5	788	125
04/05	0	7	373	143	485	342	47	7	5	34	8	7	1,452	138
05/06	0	57	222	139	86	107	13	5	9	7	15	1	661	120
06/07	1	85	61	514	446	156	50	8	3	14	-	-	1,338	116
Average	22	30	231	340	256	127	22	19	8	10	6	7	1,078	119
(%)	2,0	2,8	21,4	31,5	23,8	11,8	2,0	1,8	0,7	0,9	0,6	0,7		

Source : CALA

Actuellement, la variété de riz MK34 prédomine au niveau de la zone d'étude. C'est une variété qui pousse pendant une période de 180 à 190 jours et possède des caractères photosensibles. La période d'épiaison du MK34 se déroule en mi-avril. La formation de la panicule apparaît vers la fin du mois de mars. Considérant les différentes caractéristiques du MK34, la période de semis doit s'effectuer au début du mois de décembre. En outre, durant la formation de la panicule, le MK34 a besoin d'une grande quantité d'eau pour un bon rendement.

La répartition et le volume des précipitations dans la zone d'étude sont très irréguliers et peu fiables. Particulièrement durant les deux années de sécheresse qui ont sévi de 1998 à 2000 et qui ont affecté sérieusement la culture de paddy dans la zone d'étude. Par ailleurs,

l'insuffisance des précipitations et d'eau d'irrigation à la fin du mois de mars peut entraîner de sérieux impacts sur la culture du riz. Les moyennes de précipitations durant les mois de janvier et février dépassent les 600 mm. Ce qui provoque de très faibles conditions de drainage dans la zone d'étude et affecte sérieusement le rendement de paddy, surtout dans la zone du PC23.

Tableau 3.2.2 Température et évaporation au CMS

Year		Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Jul.	Août.	Sep.
Température mensuelle moyenne (°C)													
1991	Min.				18.6	19.4	19.3	17.8	15.9	12.6	10.8	11.2	11.7
	Max.				27.7	27.7	27.8	26.4	25.6	23.5	22.5	23.5	26.8
	Moy.				23.2	23.6	23.6	22.1	20.8	18.1	16.7	17.4	19.3
91/92	Min.	15.1	16.9	18.3	19.8	14.5	8.8	17.0	14.2	13.4	9.8	10.9	11.1
	Max.	28.6	29.2	28.9	28.4	27.8	28.5	26.5	26.2	22.6	23.1	23.0	25.3
	Moy.	21.9	23.1	23.6	24.1	21.2	18.7	21.8	20.2	18.0	16.5	17.0	18.2
92/93	Min.	12.9	16.6	20.7	18.6	19.1	18.1	17.2	15.6	11.6	19.3	10.4	12.3
	Max.	26.9	28.1	29.1	28.2	27.9	26.9	26.8	25.3	24.0	22.7	23.7	25.2
	Moy.	19.9	22.4	24.9	23.4	23.5	22.5	22.0	20.5	17.8	21.0	17.1	18.8
93/94	Min.	13.0	17.5	14.7									
	Max.	27.0	28.6	29.5									
	Moy.	20.2	23.1	22.1									
Moy.	Min.	13.7	17.0	17.9	19.0	17.7	15.4	17.3	15.2	12.5	13.3	10.8	1.7
	Max.	27.6	28.6	29.2	28.1	27.8	27.7	26.6	25.7	23.4	22.8	23.4	25.8
	Moy.	20.7	22.8	23.5	23.6	22.7	21.6	22.0	20.5	18.0	18.0	17.1	18.7
Pluviométrie mensuelle (mm)													
Moy.		28.0	20.0	241.0	375.0	244.0	104.0	19.0	24.0	7.0	9.0	5.0	8.0
	(%)	3.0	2.0	22.0	34.0	22.0	10.0	2.0	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0
Evaporation mensuelle (mm)													
1991					133.7	100.6	106.3	87.0	71.0	66.7	59.5	81.4	133.3
91/92		120.5	146.5	160.0	140.8	90.3	121.5	68.0	65.2	61.3	74.3	116.9	116.7
92/93		147.3	98.7	-	160.3	116.0	106.6	100.5	118.3	72.7	64.3	82.9	112.4
93/94		153.0	107.4	150.2									
Avg.		140.3	117.5	155.1	144.9	102.3	111.5	85.2	84.8	66.9	66.0	93.7	120.8

Source: CMS

La température dépend de l'altitude, et descend à mesure que l'altitude diminue. La température mensuelle du Centre Semencier d'Anosiboribory situé sur une altitude de 769 mètres est présentée dans le Tableau 3.2.2. La température moyenne mensuelle varie de 17.1°C en août à 23.6°C en janvier. La température moyenne mensuelle de juin à septembre est moins de 20°C. La température minimale mensuelle varie de 10.8°C en août à 19°C en janvier.

3.2.3 Rivières et ressources en eau

(1) Analyse des Précipitations

(a) Caractère de la précipitation à l'intérieur et autour de la zone d'étude

La précipitation moyenne annuelle dans la cuvette du lac Alaotra varie entre 1.000 et 1.800 mm. La moindre précipitation d'environ 1.000 mm se trouve au Lac et son rivage. Par contre, en zones montagneuses de l'est et l'ouest du lac, une précipitation abondante est observée,

soit d'environ 1,600 à 1,800 mm. Il y a une forte relation entre le volume de précipitations et l'altitude dans le bassin du lac Alaotra.

(b) Analyse de probabilité de la précipitation annuelle

La distribution de probabilité de la précipitation annuelle des bassins versants du lac Alaotra a été analysée, en utilisant des données de précipitation mensuelle pour quarante-trois ans enregistrés à l'observatoire d'Ambohitsizana comme présentée dans le Tableau 3.2.3.

Tableau 3.2.3 Probabilité de sécheresse et d'humidité

Probabilité de sécheresse annuelle			Probabilité d'humidité annuelle		
Périodicité	Probabilité de ne pas dépasser	Pluie annuelle	Périodicité	Probabilité de ne pas dépasser	Pluie annuelle
2-year	0.5	1,068	2-year	0.5	1,072
5-year	0.2	898	5-year	0.2	1,281
10-year	0.1	828	10-year	0.1	1,418
20-year	0.05	778	20-year	0.05	1,518
50-year	0.02	729	50-year	0.02	1,655

Remarques: Le log de Pearson de type III a été appliqué sur le modèle de distribution.

Source: Equipe d'étude de la JICA

(2) Situations des Rivières dans la zone d'étude

(a) Caractéristiques générales de chaque rivière

Il existe deux (2) grandes rivières, la Sahabe et la Sahamilahy, et quatre (4) petits cours d'eau, l'Asahamena, l'Amipasimena, la Behengitra et la Bemarenina dans la zone d'étude, qui coulent vers le PC23. La superficie du bassin versant, la longueur, et la déclivité de chaque rivière concernée sont résumées dans le Tableau 3.2.4.

Tableau 3.2.4 Résumé des rivières dans la zone d'étude

No	Nom de rivière	Superficie de bassin versant (km ²)	Longueur (km ²)	Déclivité globale
1	Sahabe	903 km ²	103 250 m ^(*2)	0,0026 (1/384)
2	Sahamilay	249 km ² (*3)	37 750 m ^(*1)	0,0136 (1/73)
3	Amipasimena	27 km ²	14 750 m ^(*1)	0,0215 (1/46)
4	Asahamena	119 km ²	34 000 m ^(*1)	0,0107 (1/93)
5	Behengitra	27 km ²	14 750 m ^(*1)	0,0129 (1/77)
6	Bemarenina	45 km ²	15 750 m ^(*1)	0,0121 (1/82)

Notes: (*1) A partir l'amont de l'extrémité jusqu'au point traversant la RN A.P.3a

(*2) A partir l'amont de l'extrémité jusqu'au rivage du lac Alaotra

(*3) Y inclut le bassin qui reste au sud (bassin de la Ampondra)

Source : Equipe d'Etude JICA

Toutes les rivières sont des courants rapides dont la déclivité plus de 1/100, à l'exception de la Sahabe. Ces rivières ayant leurs sources au Sahamilahy et aux 4 petits et moyens affluents coulent directement de la zone montagneuse vers la zone d'irrigation de la PC 23. Sur le chemin, il y a un point (section de forte déclivité) à l'altitude autour de 800-900 m, où la déclivité change brusquement, mais l'amont et l'aval de ce point chacun ont presque même

déclivité respectivement. La terre en aval du point avec la déclivité relativement douce, où des sédiments tendent à déborder et à s'amonceler, configure la topographie d'éventail.

En amont des chutes d'eau des rivières Sahabe, Sahamilahy et Sahamena, il y a une section à pente douce où la déclivité est 1/300 environ. Des rizières de petite taille et des terrains marécageux se trouvent un peu partout sur cette section. Il est donc présumé que la section possède une fonction de contrôler l'inondation et l'écoulement des sédiments vers l'aval.

(b) Situation de ruissellement des rivières

En tant qu'une partie de la présente étude, le débit a été observé sur quinze points en tout le long des rivières concernées. L'observation du débit a été exécutée une fois pour chaque point en octobre 2003, soit à la fin de la saison sèche de l'année hydrologique 2002/2003, étant donné que les activités d'irrigation ne commencent encore durant cette période, et qu'aucune dérivation d'eau à partir des rivières n'a été exécutée. En plus, comme le point d'observation a été installé en amont de la zone d'irrigation, la dérivation d'eau n'influence guère sur le débit mesuré. Le résultat de l'observation du débit est résumé dans le Tableau 3.2.5.

Tableau 3.2.5 Résumé des résultats des mesures du débit

Nom de la Rivière	Lieu	Superficie de bassin versant (k m ²)	Date de mesure	Debit (m ³ /s)	Débit spécifique (m ³ /s/100km ²)
Sahabe	Ambohimitsotra	427	8/10/2003	2,25	0,52
Sahamilay	Maheriara	152	9/10/2003	2,52	1,65
Ampasimena	Ambohidray	27	9/10/2003	0,59	2,18
Asahamena	Ambohimanjaka	119	9/10/2003	1,84	1,26
Behengitra	AP3a bridge	27	10/10/2003	0,39	1,44
Bemarenina	Bismangana	45	15/10/2003	0,47	1,04
Average		823		8,06	0,98

Source : Equipe d'Etude de la JICA

Toutes les cinq rivières à l'exception de Sahabe ont un débit spécifique abondant, soit 1.5 m³/s/100km² en moyenne, à la fin de la saison sèche. Il en résulte que la capacité de régler l'écoulement saisonnier possédée par des bassins versants est plutôt haute. La moyenne de débit spécifique des six rivières dans la zone d'étude incluant la Sahabe est estimée à 0.98 m³/s/100 km² en 2003.

La différence de débit spécifique (volume d'écoulement par la surface unitaire) est distincte entre les bassins versants à l'exception de la Sahabe. D'un autre côté, il n'y a pas de grande différence de précipitation entre les bassins versants à l'exception de la Sahabe. Il est donc présumé qu'il s'agit de la différence de l'affleurement des eaux de la couche aquifère d'infiltration des eaux de pluies.

L'insuffisance d'eau de la zone d'irrigation du PC 23 est l'une des principaux soucis dans la Zone d'étude. La disponibilité de l'eau pour le PC23 a été établie sur la base des résultats des

mesures de débit.

On estime à $4.62 \text{ m}^3/\text{s}$ le débit qui entre dans la zone d'irrigation du PC 23 en 2003. Par contre le débit d'eau qui contourne la zone d'irrigation et s'écoule directement vers le Lac Alaotra est estimé à $3.74 \text{ m}^3/\text{s}$. Devant cette situation, la réhabilitation des structures de prise est fortement requise pour une distribution durable de l'eau dans la zone irriguée du PC23.

(c) Inondation et sédiment

Le dépôt de vase le long du chenal aval de la rivière est remarquable. Plus particulièrement pour les rivières Bemarenina et Behengitra dans le Nord de la zone d'étude, le lit des rivières dans les étendues en aval est complètement enseveli sous des dépôts de vase et les cours d'eau se développent d'une manière réticulaire chaque fois lors de l'inondation de telle façon que l'ensemble de l'éventail alluvial est inondé. Par contre, on n'observe pas de sérieux sédiments charriés par les quatre autres rivières : Sahabe, Sahamilahy, Ampasimena et Asahamena au point de vue de la formation de chenal de rivière dans les étendues en aval. Le chenal de la rivière est maintenu dans la terrasse du lit primaire.

Les zones inondées s'étendent particulièrement en aval des cuvettes des rivières Sahabe et Sahamilahy. Les rizières sont développées dans toutes les zones inondées et subis d'importants dégâts par et lors du cyclone.

(3) Analyse d'inondations

(a) Zones à risque d'inondation

A en juger par les particularités topographiques de la zone d'étude et par les informations obtenues auprès de la DRDR, les zones à risque d'inondation se développent plus particulièrement dans les parties basses le long des bassins versants de la Sahabe et de la Sahamilahy. Pour les autres rivières aussi, on assume que les zones d'éventails situés juste en aval de la RN.3a sont sujettes à être endommagées par les inondations à cause d'une capacité de chenal de rivière insuffisante comparée à l'importance de l'inondation. De plus, presque aucunes mesures de contrôle d'inondation telle que digues et ouvrages de

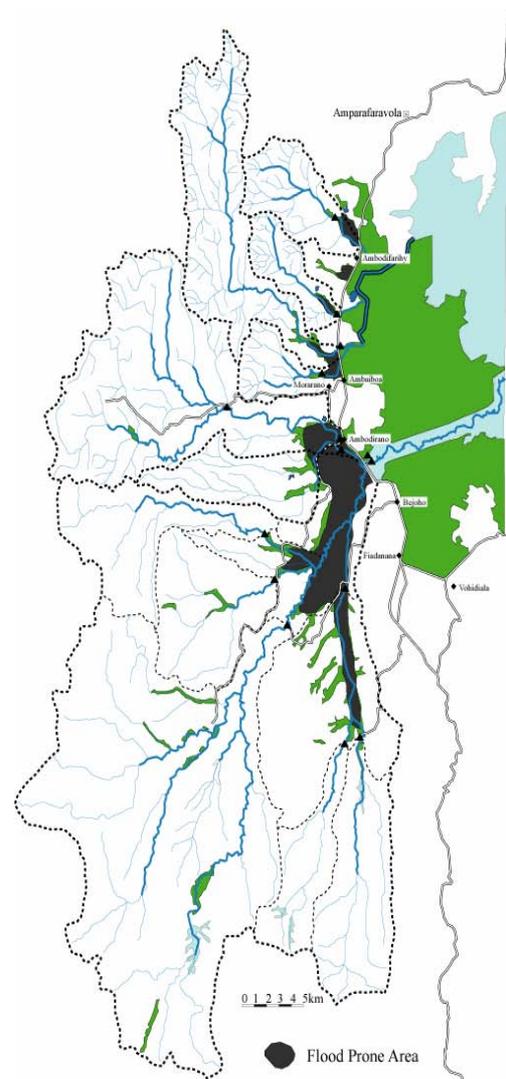


Figure 3.2.1 Zones d'inondation dans la Zone d'Etude

dérivation ne sont apportées.

Parmi les terrains bas plats au long de la rivière Sahabe, en aval du pont Sahabe sur la route nationale, il existe des digues à deux rives. On peut constater qu'il n'y a en général pas de souci des dégâts par les inondations dans les zones protégées par ces digues.

Concernant cinq rivières sauf Sahabe, il semble que les plaines en aval de la route nationale 3a pourrait être moins endommagées par les inondations. Car la route nationale existante est élevée de quelques mètres par remblayage par rapport aux zones adjacentes. D'autre part le pont enjambant la rivière fait une petite section de rivière au-dessous du pont et ceci faisant un goulot d'étranglement. C'est ainsi que l'écoulement des inondations serait bloqué et réglé par un goulot d'étranglement au niveau du pont pour l'aval comme présenté dans la Figure 3.2.1. Il en résulte que les dégâts de la zone de PC23 par les inondations pourraient être beaucoup moins sérieuses par rapport à ceux des zones d'irrigation en amont.

(b) Analyse de probabilité de pluies orageuses

Le Tableau 3.1.3.26 montre l'enregistrement des précipitations maximales journalières pendant 24 ans, de 1979 à 2002, à la station d'Ambohitsilaozana. En se basant sur cela, l'analyse de la probabilité de pluies orageuses est faite. Les résultats sont joints dans le Tableau 3.2.6 et résumés comme suit.

(c) Estimation du mode probable d'inondation

Dans cette étude, on a estimé l'apogée probable des inondations basées sur la probabilité de précipitation journalière de la Station météorologique d'Ambohitsilaozana, par lesquelles précipitations journalières, les précipitations probables des respectifs bassins versants sont estimées à partir des facteurs d'ajustements. Les procédures détaillées et les résultats des calculs de l'apogée probable de débit sont collationnés dans le Tableau 3.2.7. et résumé ci-dessous

Tableau 3.2.6 Résultat d'analyse de probabilité de précipitations max. CALA FOFIFA

Périodicité	Probabilité de dépassement	Probabilité de précipitation journalière (mm)
2-year	0,500	95,2
5-year	0,200	124,9
10-year	0,100	144,0
20-year	0,050	161,9
50-year	0,020	184,0
100-year	0,010	201,7

Remarque: Log Pearson, type III est appliqué pour la distribution

Source : Equipe d'Etude de la JICA

Tableau 3.2.7 Résumé de l'apogée probable de débit dans la zone d'étude

Nom de la rivière	Unité	Sahabe	Sahamilay	Ampasimena	Asahamena	Behengitra	Bemarenina
Bassin versant	km ²	903	249	27	119	27	45
2-year	m ³ /s	1,875	1,071	194	528	192	314
5-year	m ³ /s	2,460	1,460	254	692	252	311
10-year	m ³ /s	2,837	1,621	293	798	290	474
20-year	m ³ /s	3,100	1,771	320	872	317	518

Source : Equipe d'Etude de la JICA

On note que les chiffres ci-dessus doivent être appliqués juste comme base d'essai. Pour planifier et exécuter les mesures contre les inondations, il est important d'établir le modèle du débit de crue à la base du débit mesuré, après avoir fait les observations du débit de crue, pour revoir le débit de crue de probabilité écrit ci-dessus.

(4) Evaluation du taux d'envasement dans la zone d'étude

(a) Méthodologie

En général, l'analyse de l'étiage est menée au moyen de séries de données de débit de rivière. Pour cela, il faut faire des mesures de débit au moins une fois par mois pendant 30 ans afin d'accumuler des données de débit de rivières. Des mesures quotidiennes du débit des rivières avec des mesures de précipitations sont préférables pour mener une analyse détaillée et sûre. L'équipe d'étude a mené des mesures de débit lors du commencement. Les mêmes activités doivent être menées à long terme.

Malheureusement, il n'existe aucune donnée disponible sur le débit des rivières à part les notes de mesures menées par l'équipe d'étude. Bien entendu, une seule mesure de données est insuffisante pour l'analyse de l'étiage. Dans ce cas, les données de précipitations doivent être utilisées pour l'analyse de l'étiage. Pour mener une analyse précipitation-ruissellement, quelques modèles de conversion de précipitation en débit de rivière sont requises. Dans cette étude, le modèle de réservoir développé par le Docteur Sugawara au Japon est appliqué au modèle de précipitation-ruissellement. Les détails sont présentés dans la fiche « analyse de l'étiage » ci-jointe.

(b) Dessin de précipitation et de ruissellement durant 5 années de sécheresse et 5 années d'humidité

Les résultats de l'analyse de probabilité de la précipitation annuelle sont présentés dans la section 3.2.1 (1). Le débit disponible saisonnier doit être analysé sur la base de la théorie stochastique autorisée. Dans cette étude, des séries décennales de débits annuels sont estimées au moyen de modèle de réservoir développé pour les 5 années humides, l'année moyenne et les 5 années sèches. Les détails sont présentés dans la fiche 3-1 "analyse de l'étiage" ci-jointe.

3.3 Occupation du sol

L'occupation du sol dans la zone d'étude est répartie en forêt (naturelle et artificielle), terrain herbeux ou broussailleux, terrain cultural (tanety et rizière), marécage, espace aquatique, etc. Le Tableau 3.3.1 représente la superficie de chaque catégorie d'occupation du sol par zone, obtenue de l'analyse des images LANDSAT photographiés en avril 2001. L'image de l'état d'occupation du sol extraite du résultat élaboré par le MINENVEF, à travers les mêmes images LANDSAT, en collaboration avec les bailleurs de fonds chargés de la protection des sites enregistrés dans le cadre du traité de RAMSAR est présenté en annexe. La carte d'occupation du sol de la zone d'étude est présentée dans la Figure. 3.3.

Tableau 3.3.1 Occupation du sol et répartition végétale

Occupation du sol	BV de Sahamilahy		BV de Sahabe		PC23		Total	
	superficie (ha)	(%)	superficie (ha)	(%)	superficie (ha)	(%)	superficie (ha)	(%)
Forêt naturelle	1.194	3,1	4.140	4,2	0	0,0	5.334	3,5
Forêt artificielle (pin)	157	0,4	9.117	9,3	0	0,0	9.274	6,0
Forêt artificielle (Eucalyptus/pins)	1.526	4,0	4.871	5,0	0	0,0	6.397	4,2
Terrain herbeux/ broussailleux	28.943	75,0	53.787	55,1	1.020	5,8	83.750	54,4
Végétation au bord de la rivière	4.165	10,8	11.552	11,8	172	1,0	15.889	10,3
Rizières	1.556	4,0	7.459	7,6	15.591	88,8	24.606	16,0
Bas terrain (herbeux/ tanety)	983	2,5	4.790	4,9	710	4,1	6.483	4,2
Marécage	0	0,0	784	0,8	0	0,0	784	0,5
Espace aquatique	65	0,2	1.217	1,3	60	0,3	1.342	0,9
Total	38.589	100,0	97.717	100,0	17.553	100,0	153.859	100,0

Source : Equipe d'Etude JICA

Les terrains forestiers comprennent les forêts naturelles et les forêts artificielles (pins et Eucalyptus). La superficie totale est d'environ 21.000ha ou 13.3% de la zone d'étude. Les terrains forestiers des bassins versants de la Sahamilahy et des 4 petits et moyens affluents sont très limités ne représentant respectivement que 8 et 5% de sa superficie. Sur la base des cartes topographiques préparées à travers des photos aériennes de 1957, les bassins versants situés dans la partie ouest de la zone d'étude ont été couverts par les forêts naturelles. Cependant, la plupart de ces forêts ont disparus en 50 ans. Actuellement, les vestiges des forêts naturelles se situent seulement au niveau des terrains escarpés des bassins versants à l'extrême ouest et sud-ouest de la zone d'étude. La zone de forêt naturelle couvre seulement 5.300 ha ou 3% de la zone d'étude. La disparition des forêts naturelles est due aux coupes illégales et aux feux de forêts qui ont sévit durant 50 années.

Les forêts artificielles de pins ont été plantés à grande échelle sur des zones relativement plates des collines par la Société Fanalamanga dans les années 70, et jouent un rôle très

important quant à la conservation du sol dans la zone d'étude. L'Eucalyptus est cependant souvent planté par la population locale sur les collines entourant les villages.

La superficie totale des terrains herbeux et broussailleux est d'environ 87.400 ha et 55% de la zone d'étude. La plupart des terrains sont réparties dans les zones éloignées des villages. Les terrains herbeux et broussailleux ont été victimes des feux qui sévissent annuellement et de la pratique des 'tavy' et des 'kijana'. Quoiqu'une partie des terrains herbeux et broussailleux est utilisée comme 'kijana', la végétation y est endommagée par les 'tavy' répétés et une grande évaporation en saison sèche. La végétation des collines escarpées est aussi endommagée par les activités d'élevage que des zones dénudées sont quelques fois observées, devenues une des causes principales de l'érosion des sols. Plusieurs lavaka existent sur les terrains herbeux et broussailleux des zones formées principalement par des migmatites. Lorsque les terrains herbeux et broussailleux du PC23 sont plus élevés que le niveau du canal d'irrigation, ceux-ci sont utilisés comme zones de pâturage.

La superficie totale des terrains de végétation des rivières est d'environ 15.900 ha ou 10% de la zone d'étude. Celle-ci est répartie sur les terrains longeant les rivières. Cette zone est couverte d'herbes et d'arbres à fort contenu de moisissure, et joue un rôle important dans la conservation des lits de rivières.

Le terrain cultural comprend les rizières et les tanety. La superficie totale des rizières et des tanety est respectivement d'environ 25.400 ha (ou 16% de la zone d'étude) et 6,500 ha (4% de la zone d'étude). Les rizières sont réparties sur les plaines alluviales de l'aval de tous les bassins versants ainsi que dans les bas-fonds des 6 rivières tributaires principales. Le tanety est réparti sur les terrains en pente à côté des villages et des terrasses des rivières en aval des rivières principales. La culture sur brûlis pratiquée sur les terrains en pente n'est pas une coutume de la zone. Il a été constaté que les feux sont usuellement utilisés pour lutter contre les mauvaises herbes dans les rizières durant la fin de la saison sèche.

3.4 Agriculture

3.4.1 Généralités

Le principal produit agricole de la zone d'étude est le riz, la plus importante source de revenu pour les paysans. La superficie totale des rizières de la zone d'étude est de 25.400 ha, ce qui représente environ 27% de celle de la région d'alentour du Lac Alaotra qui est de 92.700 ha et joue de ce fait un rôle important dans l'approvisionnement en riz à Madagascar.

Les principales cultures sur tanety sont : le riz pluvial, le maïs, le manioc, la patate douce, le haricot, la canne à sucre, la tomate, etc. Les produits fruitiers comme la mangue, les agrumes, le litchi, l'ananas, etc. sont bien introduits près des hameaux.

C'est la monoculture rizicole irriguée qui domine dans le PC23, et très peu de paysans enchaînent la culture du haricot après la récolte du riz. Un ménage paysan possède les

cultures d'environ trois (3) ha. De plus, les paysans habitent sur les plateaux environnants et le parcours du trajet quotidien leur prend beaucoup plus de temps. Alors les paysans sont obligés de combler l'insuffisance de main d'œuvre pendant la saison des travaux agricoles des saisonniers en provenance de l'extérieur. Les nombreux zébus élevés chez eux sont signe d'importante fortune. Ils sont d'une grande utilité pour les paysans en matière de main d'œuvre pour les travaux de labour, de production et de transport de fumier, de pépinières, de balles et de pailles.

Les villageois habitant dans les bassins versants de la Sahamilahy et de la Sahabe, à l'exception des périmètres rizicoles en amont central de la Sahabe, ont une vie principalement axée sur la riziculture. Ils pratiquent aussi l'élevage de grands et petits bétails, la culture sur tanety, la production de fruits, et/ou la pisciculture selon la localisation et les conditions topographiques pour combler l'insuffisance de l'économie domestique, sans oublier la production de charbons de bois d'eucalyptus. Etant donné que la taille des activités culturelles est comparativement petite avec moins de deux (2) ha de terrains cultivés, la récolte du riz est donc inférieure à la moyenne annuelle, par conséquent afin de pallier à ce manque de riz la population consomme du manioc en substitut.. Quelque fois, l'accès dans les rizières est difficile limitant le débouché commercial à cause du pauvre moyen de transport.

3.4.2 Cropping patter and farming practice

Le début de la culture du riz dure 3 mois de janvier à la fin février, pour être récolté en mai ou en juin dans le PC23, et durant la fin octobre au fin novembre. La culture en contre saison comme le haricot est pratiquée à petite échelle après le riz. Les variétés principales utilisées dans la zone d'étude sont le MK 34 (au PC23 et aux rizières irriguées en amont central de la Sahabe) et le Tsemaka (dans les bas-fonds des bassins versants de Sahamilahy et Sahabe) dont la durée de culture est respectivement de 180 jours et de 170 jours. Des paysans utilisent aussi des variétés telles que les 2787 et 2798, qui sont plus photosensibles et la durée de culture est de 165 jours. Ces deux (2) variétés ont des caractères spécifiques : l'épiaison commence au début du mois de mars, quelque soit le mois de repiquage, et la floraison au mois d'avril, alors que l'épiaison pour le MK34 ne commence qu'au mi-avril. Ces variétés sont utilisées à long terme à cause de leur bon gout, la longueur de la paille pour l'élevage et le prix élevé. Une variété appartenant à la famille de Sebota, du riz pluvial, est utilisée par un certain nombre de paysans et cultivée dans les rizières à forte humidité ces dernières années.

Quant aux méthodes de labour, les paysans utilisent généralement les bœufs bien que l'on observe de temps en temps des paysans utilisant le tracteur ou le motoculteur. A cause de la pénurie en force animale à mentionner dans le Chapitre 3.5.1, les paysans font face à des problèmes de gaspillages de temps dans la préparation du sol. Trois méthodes de repiquage sont pratiquées dans la zone d'étude, à savoir, le repiquage en foule (70 %), le repiquage en

ligne (20%), et le Système de Riziculture Amélioré (SRA) (10 %). Concernant les deux (2) premières méthodes traditionnelles, le travail de sarclage n'est réalisé que très rarement. Les paysans ont coutume d'utiliser le fumier, environ deux (2) tonnes par hectare, lors du labour et la plupart des paysans n'emploient pas d'engrais chimiques qui sont très coûteux. Le sarclage est pratiqué rarement lors du repiquage en foule et le semis direct. Environ 2 t/ha sont appliqués. Les engrais chimiques ne sont généralement approvisionnés à cause du coût élevé. Le 24-D pour le sarclage est largement répandu dans la zone d'étude selon la dose de 1 litre/ha. Bien qu'il y a des dégâts causés par la piriculariose et les insectes, les pesticides chimiques sont rarement utilisés à cause toujours du coût élevé, de l'indisponibilité des produits, et de l'insuffisance de connaissance sur l'utilisation. La récolte se fait souvent avec le couteau de riz. Les moissonneuses mécaniques sont aussi rarement utilisées. Après la récolte, l'usage du tonta est fréquent. Les pailles sont ensuite utilisées pour le bétail.

Bien que la culture sur tanety soit praticable en saison des pluies, seule la culture de tomates est pratiquée principalement en saison sèche, où il n'y a pas de souci contre les maladies ou les insectes nuisibles.

3.4.3 Rendement et Production

Les données des cinq (5) dernières années concernant les superficies des cultures, la rentabilité et le rendement total des produits principaux introduits dans les neuf (9) communes concernées sont présentés dans le Tableau 3.1.5.

Tableau 3.4.1 Superficies, rentabilité et rendement des principaux produits

		Riz irrigué	Riz pluvial	Maïs	Manioc	Haricot
2001/02	Superficie (ha)	66.832	2.158	2.524	4.958	2.122
	Rentabilité (t/ha)	2,95	1,63	1,59	10,42	1,11
	Rendement total (t)	196.842	3.512	4.010	51.944	2.351
2002/03	Superficie (ha)	66.320	2.533	3.360	4.918	2.811
	Rentabilité (t/ha)	2,69	1,81	1,71	11,84	0,98
	Rendement total (t)	178.460	4.577	5.746	58.226	2.749
2003/04	Superficie (ha)	80.169	2.800	4.453	4.884	2.198
	Rentabilité (t/ha)	3,18	2,02	1,83	10,90	1,12
	Rendement total (t)	255.023	5.656	8.128	53.230	2.458
2004/05	Superficie (ha)	84.272	4.427	4.801	3.931	1.226
	Rentabilité (t/ha)	3,37	2,56	1,86	12,22	3,85
	Rendement total (t)	283.659	11.344	8.922	48.054	4.757
2005/06	Superficie (ha)	78.510	4.995	4.602	3.944	3.809
	Rentabilité (t/ha)	3,90	2,60	1,91	12,28	1,40
	Rendement total (t)	306.115	12.988	8.787	48.456	5.323

Source : DRDR, Région Alaotra – Mangoro

Bien que le rendement rizicole a sensiblement augmenté de 2,96 t/ha en 2001/02 à 3,9 t/ha en 2005/6, ceci reste faible. Comme mentionné auparavant, la variété MK est la plus répandue dans la zone d'étude avec une potentialité de rendement de 9 t/ha. Les possibles causes de ce faible rendement sont résumés ci-dessous.

Parmi les causes, la plus sérieuse est le retard du semis dans les pépinières vu que le labour et le nivelage ne peuvent être pratiqués avant décembre par manque d'eau. Comme c'est une variété photosensible, la meilleure date de semis est début décembre. Cependant, le semis sur pépinière se fait pendant 3 mois du début décembre à la fin février en ce moment. De ce fait, la période végétative devient très courte, et entraîne un faible rendement. Les principales causes de l'insuffisance en eau au mois de décembre et janvier sont considérées comme : a) Récemment, le début des saisons des pluies est retardé de demi à un mois comparé à avant à cause du changement climatique qui sévit depuis les années 90 b) Une insuffisance en eau d'irrigation étant donné que les eaux des rivières sont exploitées en amont du PC23, c) Insuffisance de l'eau d'irrigation à cause de la détérioration des infrastructures, d) Retard des travaux de labour et de nivelage par manque de puissance animale et mécanique. En plus du retard du semis, les autres causes de ce faible rendement sont (i) la détérioration des semences, (ii) problème de nivelage, (iii) les maladies et insectes, (iv) faible système de drainage, (v) faible gestion par manque de moyen, (vi) manque de mains d'œuvres (vii) faible services agricoles.

3.4.4 Services d'appui agricoles

(1) Services agricoles de l'Etat

La structure de la DRDR Alaotra-Mangoro est présentée dans la Figure 3.4. Elle est composée de neuf (9) services s'occupant respectivement de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et des ressources halieutiques, du génie rural, de la santé animale, des domaines et services fonciers, et d'appui à la professionnalisation des agriculteurs, ainsi que de trois (3) circonscriptions du développement rural (CIRDR) à savoir à Andilamena, Amparafaravola et Moramanga, et deux (2) circonscription de la topographie et foncier à Moramanga et Ambatondrazaka. Au sein de la DRDR Alaotra-Mangoro, il devrait y avoir au moins 210 personnels dont 27 ingénieurs s'il n'y en a actuellement que 13, 108 techniciens au lieu de 40, et ainsi que 85 personnels administratifs. Dans la politique de décentralisation du MAEP, la DRDR a été réorganisée. Parallèlement, le MAEP a révisé le système de vulgarisation agricole existant et introduit le système d'appui technique. Comme résultat, les procédures d'enregistrement foncier qui nécessitaient beaucoup de temps auparavant ont été simplifiées avec l'appui des bailleurs de fonds.

(2) Services de recherches agricoles

Le Centre Régional de Recherches CALA situé au sud-est du Lac Alaotra, est un des 7 centres régionaux de recherches de FOFIFA créés sur la base du zonage agro-écologique durant la période de la colonisation française. Le CALA s'est axé sur les recherches en culture vivrière, en riziculture de bas-fonds, et de système de culture mixte avec le cheptel sur les tanety. L'effectif se compose de six (6) chercheurs, qui se spécialisent en sciences sociales, en systèmes de ferme, d'insectes, de produits et de semences, et de 25 assistants et

employés. Cet organisme possède un terrain d'une superficie de 342 ha, et un système d'irrigation est aménagé dans les parcelles d'essai.

(3) Service de multiplication de semences

Le Centre Multiplicateur de Semences d'Anosiboribory, créé en juillet 1982, est un des plus grands CMS de Madagascar, sous le service de la Direction Générale du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). Cet organisme possède des terrains d'une superficie totale de 544 ha, dont les mailles 2 et 3 du PC23, destinés aux travaux de multiplication de semences, des bassins piscicoles pour la production d'alevins, des jardins de pépinières d'arbres fruitiers et de fleurs. Bien que le système d'autonomie financière soit introduit au sein du CMS depuis 1987, cet organisme connaît un déficit chronique à cause du fait que le revenu principal issu de la vente des semences garanties de riz irrigué est inférieur aux fonds de roulement de l'organisme. De ce fait, la cession pour une société privée a été discutée en 2005, ce qui n'a pas été finalement mise à exécution. Actuellement, l'organisme continue de fonctionner sous la tutelle du MAEP comme il l'est depuis son inauguration.

(4) Service de formation agricole

Créé dans les années 1930, avoisinant le CALA, le Centre Agricole de Formation (CAF) fonctionne comme un organisme indépendant chargé des formations relatives à l'agriculture et à l'élevage, sous la tutelle du MAEP. Les programmes de formation sont basés sur l'élevage porcin, l'élevage de poule pondeuse, l'apiculture, le maraîchage, les produits généraux. Ces programmes sont mis à la disposition des paysans, et ce suivant leur requête de formation ou de modification du contenu. Toutes les formations sont gratuites à l'exception du repas, et le centre est équipé de logements.

(5) Services de crédit rural

En matière de crédit rural, la Région d'Alaoatra-Mangoro bénéficie des prestations financières de deux (2) banques commerciales, à savoir la Banque Nationale pour l'Industrie – Crédit Agricole (BNI - CA) et la Bank of Africa (BOA), ainsi que de deux (2) organismes de crédits ruraux, « OTIV » et « CECAM » qui accordent aux paysans locaux des prêts limités à de petite somme. Par ailleurs, les banques constituent également une source de financement aux organismes de crédit susmentionnés.

L'« OTIV » a entrepris son service dans la Région d'Alaoatra-Mangoro depuis 1994, avec un réseau de 11 succursales et agences dans la région, et jouissant d'une autonomie financière. Quant à la zone d'étude, elle bénéficie des services de trois agences, au niveau des communes de Bejofo, de Morarano Chrome et d'Ambohimandroso. Les prestations de ces agences s'avèrent en effet être très connues par les paysans des environs. L'« OTIV » fournit un service de micro-crédit pour les six (6) volets suivants : l'agriculture, les matériels agricoles, les greniers communautaires villageois, le commerce, la gestion et maintenance

des ouvrages et des équipements, et les produits artisanaux. Le nombre de clients a augmenté de 50% pendant les cinq dernières années, et actuellement cet organisme compte une clientèle de 14.000. La dernière situation financière de l'« OTIV » est récapitulée comme suit : capital: 4,5 milliards d'Ariary, somme en dépôt: 14,7 milliards d'Ariary, nombre de prêt annuel: 4.641, montant de prêt annuel: 16,3 milliards d'Ariary, nombre de remboursement annuel: 2.654, montant de remboursement annuel: 13,3 milliards d'Ariary, excédent de financement par rapport à la source: 1,6 milliards d'Ariary, nombre de remboursement en retard: 186, montant de remboursement en retard: 0,72 milliard d'Ariary, et pourcentage de remboursement en retard: 5%. Le nombre de délinquance financière a atteint 1.600 cas, dont la somme totale était de 18,6 milliards d'Ariary. Cependant ce problème a été complètement résolu durant les cinq dernières années. Le taux d'intérêt annuel pour les déposants est de 5%, tandis que l'augmentation de plus 1% et 2% est appliquée pour les gros déposants avec, respectivement, plus de 500 000 Ariary et plus de 1 million d'Ariary. Le taux d'intérêt mensuel pour les créanciers est de 3%, alors que l'abaissement de 1% est appliqué pour les clients qui ont un compte auprès de l'organisme. Depuis 2006, l'OTIV a bénéficié d'un programme OACI à travers le Fonds de Contre Valeur (FCV) de l'état qui a permis de réduire le taux d'intérêt à 0,5% pour permettre d'augmenter le nombre de bénéficiaires.

La « CECAM » a inauguré, en mai 2003, six (6) agences dans la région du Lac Alaotra, à savoir, à Ambatondrazaka, au PC15, à Morarano Chrome, à Amparafaravola, à Tanambe, et à Ambohitrarivo, en limitant leurs services au domaine de l'agriculture tel que le micro-crédit pour machines agricoles, grenier de paddy commun et riziculture. Les conditions de prêt sont les suivantes : crédit de riziculture à court terme: 60 % du coût de production au maximum avec le taux d'intérêt mensuel de 3 %, crédit de machines agricoles à long terme: 80% du prix d'achat au maximum avec le taux d'intérêt mensuel de 2,5%, et banque de paddy commune (pour ceux qui créent un groupe de trois personnes ou plus): 75% du prix de paddy au marché au maximum avec le taux d'intérêt mensuel de 3,3%. Jusqu'en 2006, le nombre de dépôt a atteint 3.729 avec un volume de 91.980.000 Ariary, c'est-à-dire augmenté de dix (10) fois en trois ans. La CECAM a aussi bénéficié du crédit OACI de l'état en 2006 avec toujours le même taux d'intérêt de 0,5%. Concernant les crédits octroyés, en total 2.836 crédits ont été octroyés jusqu'en 2006 avec un montant de 2,5 milliards d'Ariary soit respectivement deux (2) fois et 1,7 fois de l'année précédente. La majorité des transactions concerne les équipements agricoles, soit 53% des crédits octroyés et 41% des dépôts.

La « Bank of Africa », créée par la fusion de deux banques étatiques suivant la politique de privatisation de l'Etat, a trois (3) agences dans la région du Lac Alaotra, à savoir, à Ambatondrazaka, à Amparafaravola, et à Tanambe. Bien qu'elle fournisse un service de micro-crédit dans le domaine de l'agriculture (agriculture, machines agricoles, et greniers communautaires), elle ne finance que les clients ayant fait preuve de bons résultats par le

passé et l'octroi de crédit aux nouveaux clients est conditionné préalablement par un examen rigoureux. Le prêt relatif à chaque volet dépend strictement des résultats de l'examen succinctement décrit comme suit : agriculture (pour un individu, ou pour ceux qui créent un groupe de sept (7) personnes ou plus, et dans un but de ravitaillement des outils agricoles et de l'emploi de main-d'œuvre) : fixation du montant de prêt et du taux d'intérêt sur la base d'évaluation de crédit, machines agricoles : 80% de la demande doit être inférieure du prix évalué du nantissement au maximum, dont le taux d'intérêt est de 20 – 22 %, et la durée de remboursement est de moins de cinq (5) ans, greniers communautaires (pour ceux qui stockent du paddy dans les greniers communautaires) : montant estimé de la quantité totale du paddy stockée dans le cas où le prix unitaire serait de 200 Ariary/kg. Le résultat récent est résumé comme suit : nombre de prêt : 99, montant de prêt 280 millions Ariary.

La « BNI-CA » est une banque commerciale créée sur la base de la succursale d'une société privée française à laquelle a co-financé le Gouvernement Malagasy. En 2006, elle a commencé à fournir un service de prêt limité à de petite somme dans le domaine de l'agriculture. Au niveau de la zone d'étude, une agence est installée à Ambatondrazaka, et le service de Crédit Agricole vient tout juste de démarrer.

Outre les services de prêt à montant restreint en faveur des paysans, il existe des fonds de développement pour tout Madagascar, dont un est utilisé dans la zone d'étude par le biais du Programme de Soutien au Développement Rural (PSDR). C'est un fonds de développement établi en juin 2001 en ayant comme source de financement la Banque Mondiale pour un montant de 89 millions USD. Les objectifs dudit fonds sont les suivants :

- a. Augmentation du revenu des paysans par le moyen de l'amélioration de productivité
- b. Promotion de l'organisation des producteurs en tant que bénéficiaires, en l'occurrence du groupe communautaire au niveau de la commune
- c. Conservation des ressources naturelles et réduction de la pauvreté en milieu rural

Les activités relatives au domaine du développement rural satisfaisant les conditions ci-dessous font l'objet de financement sans intérêt par le PSDR.

- a. Renforcement des activités de production agricole
- b. Appui aux services de vulgarisation et de formation agricole dans un but de transfert de techniques
- c. Appui au programme de recherches approfondies ayant de la compétitivité, fourniture de bourses pour le programme de recherche de mémoires de maîtrise de FOFIFA et de FIFAMANOR, appui au renforcement des organisations telles que les communautés rurales et les associations paysannes.

La demande d'un financement auprès du PSDR doit satisfaire les conditions ci-après. C'est

le GTDR, qui est lié à la DRDR d'Alaotra-Mangoro, qui est chargé de l'étude des demandes de financement.

- a. Les demandeurs doivent avoir versé 10% de son revenu annuel dans son compte bancaire durant les cinq dernières années.
- b. Les groupes qui font une demande doivent être composés au moins de 10 ménages et avoir un titre d'organisme constitué
- c. Les demandeurs doivent cotiser 15% du montant total de demande de financement auprès du PSDR

Le FID (Fonds d'Intervention pour le Développement) est également financé par la Banque Mondiale. Au début, le financement se limitait aux services sociaux tels que la construction de dispensaires et d'écoles, etc. Actuellement, la construction de bassins d'irrigation et de pistes rurales fait l'objet du financement, sous la supervision de la Région à Alaotra-Mangoro. Les groupes légalisés de 12 personnes et plus peuvent prétendre à ce financement.

3.4.5 Les problèmes et les causes dans l'agriculture

Les problèmes et leurs causes dans l'agriculture sont présentés dans le Tableau 3.4.2.

Tableau 3.4.2 Problèmes et causes concernant l'agriculture générale

zone	problèmes	Causes
Zone irriguée du PC23	Retard du labour et de la mise en boue	Insuffisance d'animaux de trait
	Retard du repiquage	Variation du début de la saison des pluies et insuffisance d'eau d'irrigation lors du labour et de la préparation du repiquage
	Dégradation de la qualité des semences de riz irrigué	Retard du renouvellement des semences dû aux difficultés d'accès aux ressources en semences
	Pratiques rizicoles non-uniformisées dû aux différentes conditions des mailles	Manque de nivellement des rizières qui provoque une mauvaise condition d'évacuation des eaux
	Difficultés de la lutte contre les maladies et les insectes, du sarclage	Difficultés d'accès aux rizières en saison des pluies et très peu d'écartement appliqué pour la culture du riz
	Vulnérabilité de l'appui aux activités agricoles	Absence de services publics de vulgarisation
	Insuffisance de financement agricole	Très faible crédit chez les paysans et difficultés d'accès aux services financiers ruraux
Zone pluviale du PC23)	Insuffisance de source d'eau d'irrigation	Faible développement des infrastructures d'irrigation
	Sérieux risque à la culture pluviale	Pas de sélection de variété propre
BV de Sahamilahy, Sahabe et des 4 petits et moyens affluents	Retard du labour	Insuffisance d'outils agricoles
	Accès difficile aux rizières	Faible système de développement des pistes rurales)
	Détérioration de la qualité des semences	Retard du renouvellement des semences dû à l'accès difficile aux ressources en semences
	Faible niveau technique de la culture sur tanety, de la culture maraîchère et de la plantation d'arbres fruitiers	Manque de services publics de vulgarisation s
	Insuffisance de financement agricole	Très faibles crédits chez les paysans et difficultés d'accès aux services financiers ruraux
	Accès difficile aux marchés	Manque de moyen de transport et hausse des frais de transport
Ensemble de la zone	Retard du développement de semences à court et moyen cycle et des variétés pluviales résistantes	Manque de services publics de vulgarisation

Source: Equipe d'étude de la JICA

3.5 L'élevage

3.5.1 Généralités

Les principaux animaux d'élevage dans la zone de l'étude sont le bétail. En outre, l'élevage de cochons, de moutons, de chevaux, de poules, d'oies, de canards, de dindes et de lapins est pratiqué à petite échelle. Le nombre total de têtes de bétail s'élève à environ 37.000 têtes et ne progresse pas.

D'après l'étude détaillée des villages menée par la mission d'étude de la JICA, le nombre de tête de bétail par foyer va de 0 à 60, mais celui-ci est en moyenne de 4,4 têtes. Toutefois, il

est estimé que 42% des fermiers dans la zone de l'étude n'ont pas de bétail, et que 55% des fermiers ont moins que 2 têtes de bétail. Cette situation mène à une pénurie d'animal de trait, ce qui fait que les préparations des terrains pour la culture des rizières prennent du temps. Par conséquent, la transplantation des rizières ne peut pas être effectuée dans des délais optimaux, et cela est l'une des causes importantes de la diminution de la productivité des rizières. Les agriculteurs dans la zone de l'étude considèrent traditionnellement que les bovins sont élevés tout d'abord pour leur puissance en tant qu'animal de trait et en tant que moyen de transport, puis en tant que statut social. Ils ne sont pas intéressés par l'élevage pour la production laitière. Dans ces circonstances, le bétail joue un rôle important dans l'approvisionnement de viande auprès des populations dans la zone de l'étude. D'autre part, il est estimé que la population augmente annuellement à un taux de croissance de 3%, et la demande en viande bovine augmentera.

La diminution du nombre de têtes de bétail est le résultat de vols de bétail et de sacrifices traditionnels lors de cérémonies funèbres et de mariage. Le faible taux de reproduction des bovins, qui s'explique par fait que l'herbage dans les terrains de pâture est nutritivement pauvre, influence sans doute également le taux de reproduction en constante diminution, puisque les intervalles de vêlage se prolongent.

Le nombre d'animaux d'élevage, à l'exception du bétail, est estimé à environ 6.000 cochons et 0,9 million de volailles dans les deux districts d'Ambatondrazaka et Amparafaravola pertinents pour l'étude.

L'épidémie de la peste porcine africaine (PPA) en 1999 s'est rapidement répandue et a entraîné des pertes économiques désastreuses dans l'industrie porcine. Le nombre de cochons a considérablement diminué et reste stable à ce niveau.

Les ovins n'ont été introduits que ces dernières années dans la zone de l'étude. Etant donné que l'industrie porcine a été sérieusement touchée par la PPA, les fermiers ont commencé à élever des moutons au lieu des cochons en raison de leur taux de mortalité plus faible. Il n'y a pas dans la zone de l'étude de grandes exploitations avicoles. En raison des conditions d'élevage dans les villages, le rendement de la production de viande et d'oeufs de poules, d'oies et de canards est faible. Les revenus provenant de l'aviculture sont minimes.

Etant donné qu'à l'heure actuelle il y a peu de projets axés sur le bétail en mesure de produire des profits adéquats, les revenus agricoles des fermiers qui ont une petite surface de rizières et/ou qui ne sont pas en mesure d'utiliser correctement leur terrain sont bas. Afin d'accroître les revenus, il est nécessaire de considérer la diversification de leurs sources.

3.5.2 Système de pâturage

Le pâturage dans la zone de l'étude est une méthode généralisée. L'élevage lucratif des bovins est rarement exercé. Le pâturage se fait autour des zones résidentielles, dans des

endroits ayant un herbage approprié tels que les rizières après les récoltes jusqu'à la plantation, sur le bord des routes, sur les crêtes des montagnes, dans les lits fluviaux, et il n'est pas pratiqué dans les zones de cultures ou les zones privées. Les pâturages s'étendent sur une distance qui est couverte en une journée, les animaux partent le matin et reviennent le soir. La distance des pâturages est de 10km environ. Du mois de février au mois de mai, le pâturage se fait dans les zones de Kizana (terrains de pâturage) qui appartiennent à des particuliers ou des groupes de personnes liées par le sang.

3.5.3 Terres de pâturage et charge de bétail des zones de pâturage

Sur le continent africain, le TAU est utilisé pour la gestion alimentaire et le principe du TAU est le suivant :

- Poids vif de 250 kg estimé comme un (1) TAU
- 1 TAU exige 8 kg de matière sèche par jour.

Dans la zone de l'étude, la plupart du bétail sont des zébus avec une bosse sur le dos, une faible production de lait de 4 litres par jour maximum, 350 kg – 400 kg de poids vif chez les adultes et un petit corps. Prenant en compte les veaux, les jeunes veaux, les génisses, les vaches, les taureaux, le poids moyen du bétail dans la zone de l'étude est estimé à 300 kg. La méthode de calcul de la demande en fourrage est la suivante :

$(300 \div 250 = 1,2 \text{ TAU})$	Unité d'une tête de bétail
$(1,2 \text{ TAU} \times 8 \text{ kg} = 9,6 \text{ kg})$	Volume exigé pour une tête de bétail / jour
$(9,6 \text{ kg} \times 365 \text{ day} = 4.088 \text{ kg})$	Demande totale de fourrage dans la zone pour une tête de bétail

Etant donné qu'il faut environ 4 tonnes de fourrage pour une tête de bétail par an et que le nombre total de bovins dans la zone est de 1.600 têtes dans les districts d'Ambatondrazaka et d'Amfarafaravola pertinents à l'étude, le volume total nécessaire de fourrage est de 640.000 tonnes. D'autre part, 280.000 tonnes de riz brut et 340.000 tonnes de paille sont produites dans les deux districts. Par conséquent, dans la zone de l'étude, 50% de l'approvisionnement en fourrage nécessaire proviennent de la paille de riz. Et, 40% proviennent des herbages sur les crêtes, les bordures de routes et les lit fluviaux.

3.5.4 Différence entre l'approvisionnement et la consommation en fourrage

A l'heure actuelle, l'approvisionnement en matières sèches semble satisfaisant mais les niveaux essentiels de protéines brutes sont très faibles dans la paille de riz. Il est nécessaire d'ajouter plus de protéines dans le fourrage ou de fournir du fourrage enrichi en protéines.

Les ingrédients de la paille de riz sont 873 g de matières sèches, 32 g de protéines brutes et 395 g d'unités nutritives totales (UNT) pour 1 kg. Etant donné qu'un bovin de 300 kg a besoin de 8 kg de matières sèches, 735 g de protéines brutes, 4,2 kg d'UNT, avec un rapport

de protéine brute / UNT de 0,175. Neuf kilos de paille de riz contiennent 8 kg de matières sèches, 299 g de protéines brutes, 3,6 kg d'UNT avec un rapport de protéine brute / UNT de 0,08. Les exigences d'éléments nutritifs pour l'entretien physique est le suivant :

Tableau 3.5.1 Différence entre l'approvisionnement et la consommation en fourrage

Poids vif de 300 kg	Matières sèches	Protéines brutes	UNT	Rapport protéine brute / UNT
Besoins	8.0 kg	735 g	4.2 kg	0.175
Approvisionnement	7.9 kg	288 g	3.5 kg	0.08
Différence	-0.1 kg	-447 g	-0.7 kg	-0.095

Source: la mission d'étude de la JICA

Le foin d'arachide a une forte concentration de protéines brutes et est disponible dans la zone de l'étude. Toutefois, il s'agit de résidus de culture après la récolte, et, par conséquent, son approvisionnement tout au long de l'année est impossible. Il est donc nécessaire de planter des arbres fourragers et / ou des cultures fourragères.

Les calculs mentionnés ci-dessus permettent uniquement de répondre aux besoins de l'entretien physique, et des volumes excédentaires doivent être ajoutés dans le cas d'activités productives, de travail, de gestation, etc.

3.5.5 Problèmes et causes des problèmes du secteur de l'élevage

Les problèmes et les causes des problèmes concernant le secteur de l'élevage sont indiqués ci-après.

Table 3.5.2 Problèmes et causes des problèmes du secteur de l'élevage

Zone	Problèmes	Causes des problèmes
Zone de l'étude	Le nombre d'animaux d'élevage en particulier du bétail, n'augmente pas	Les herbages pauvres en qualités nutritives, les shires dans les terrains de pâturage, les vols de bétail, les sacrifices de bétail traditionnels lors des cérémonies funèbres et de mariage, la forte maturité des veaux
Zone de l'étude	Les revenus des agriculteurs sont faibles	Parce qu'il n'y a ni services techniques adaptés proposés par le gouvernement ni de crédits, la diversification des revenus, y compris ceux du secteur de l'élevage ne sont pas considérés.

Source: la mission d'étude de la JICA study

3.6 Pêche intérieure

La région autour du Lac Alaotra est la plus grande zone pour la production de la pêche intérieure à Madagascar. Il y a environ 10 000 personnes composés de pêcheurs à temps plein, pêcheurs dans l'agriculture, des hommes dans l'aquaculture, des intermédiaires, des détaillants et des hommes impliqués dans l'activité de transformation. Ils entrent dans les coopératives de pêche mises en place essentiellement sur la base des unités villageoises. Le membre de la coopérative paie 2400 MGA au bureau de la section pêche de l'Alaotra Mangoro DRDR pour obtenir une fiche d'inscription officielle pour exercer l'activité de pêche. En ce moment, le nombre total de coopératives est estimé à 289. Le nombre total des

membres est de 10 263 dont 7 726 pêcheurs, 61 aquaculteurs et 2 476 hommes engagés dans le travail de transformation. Il a été créé une fédération des coopératives de pêche dans le Lac Alaotra qui est affilié à quatre fédérations régionales de pêche. Les fonds pour les activités dépendent de la réalisation des frais de la pêche à un taux de MGA 100/kg pour chaque coopérative et des frais annuels de MGA 4000 de chaque coopérative et un remboursement de 1000 MGA à chaque enregistrement officiel de fédération.

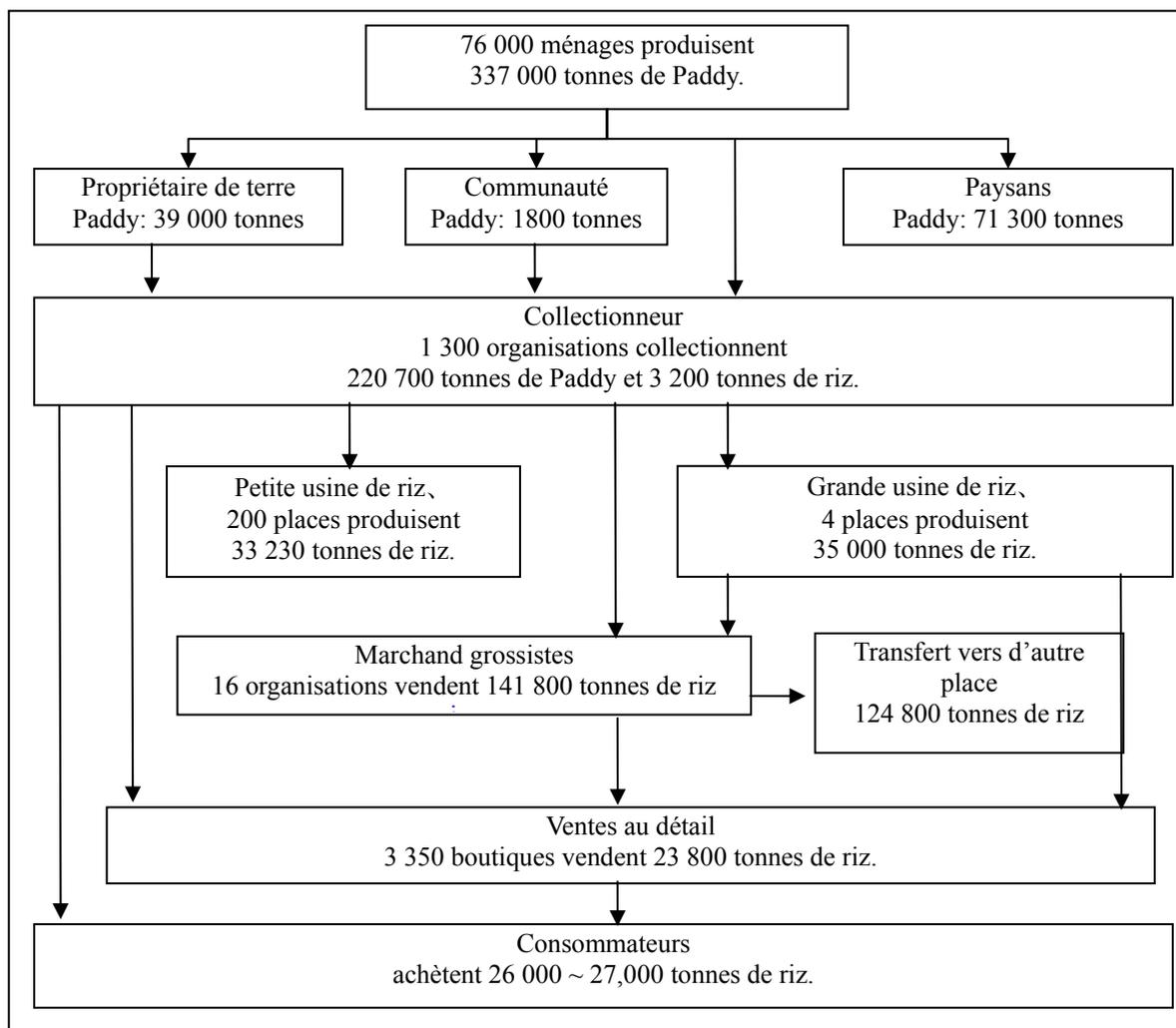
La région du Lac Alaotra change chaque année en raison du niveau de précipitations, ce qui affecte la production annuelle de la pêche. En outre, la production de la pêche a tendance à diminuer en raison de l'activité exercée de manière insouciant pendant une longue période. Ensuite, le gouvernement a officialisé l'interdiction chaque année de la pêche pendant un mois à partir de novembre et a tenté de récupérer les ressources halieutiques. Il est prévu que la pêche dans le Lac Alaotra et de la zone marécageuse située au bord du lac est strictement contrôlée pour la conservation des zones marécageuses inscrite dans la Convention de Ramsar. Cette pêche illégale dans les canaux d'irrigation et de drainage sera contrôlée après remise en état des installations d'irrigation et de drainage. Ainsi, l'aquaculture de tilapia et la carpe royale avaient été introduites. Cependant, le transfert de technologie de la pisciculture, la gestion des étangs de pisciculture et les services de soutien du gouvernement sont insuffisants et environ 70% des hommes engagés dans la pêche aquaculture ont renoncé à cette activité. Il est donc essentiel que les systèmes d'appui technique soient mis en place.

3.7 Post-récolte et commercialisation

3.7.1 Post-récolte

(1) Pratiques post-récolte et manutention

La récolte débute à la mi-mai et se poursuit jusqu'à la fin juillet. Après avoir été récolté, le riz est séché sur la rizière pendant plusieurs jours avant d'être entassé. Ensuite, on procède au battage dans le champ lorsque la main d'œuvre est disponible. Le battage est fait par les bovins à 75% du paddy, par les tracteurs pour 15% du paddy et de coups de main pour les 10% de paddy. Des plastiques en feuille sont disposés dans le cadre du battage manuel et 30% du battage fait par les tracteurs et les bovins pour récupérer les pertes. Les panicules restantes dans les tiges sont arrachées par des outils en forme de peigne. Selon l'étude FAO/UPDR, les pertes post-récoltes sont de 2,1% en moisson, hissage et battage, et de 2,4% pour le transport et le stockage du riz. Le nettoyage est effectué par vent naturel. Il est considéré qu'il n'y a pas de problèmes graves dans les pratiques post-récoltes et de manutention.



Source: Analyse du marché du riz dans la région du Lac Alaotra, Avril 2000, FAO/ UPDR

Figure 3.7.1 Etat du marché du Paddy et du Riz dans la région du Lac Alaotra en 1999

(2) Les conditions de mouture du riz

Les agriculteurs utilisent des mortiers pour la mouture du riz pour la consommation familiale dans la zone d'étude. Il y a 56 moulins à riz dont 88% est situé dans les communes de Morarano Chrome et Abmatomainty. La petite rizerie est exploitée par des groupes électrogènes et la capacité totale de mouture est estimée à 92 000 tonnes par an. Cependant, comme il n'y a pas d'électricité dans les zones éloignées, aucune rizerie n'est disponible. L'usinage du riz par les mortiers est effectué par les femmes dans les zones éloignées ou des agriculteurs dans la région isolée transportant le Paddy par un char à boeufs et/ou un vélo dans les rizeries dans les communes de Morarano Chrome et Abmatomainty. L'usinage du riz exige beaucoup de temps et une très lourde charge de travail. En outre, la vente de riz sous forme de Paddy donne moins de profit que le riz aux agriculteurs.

D'autre part, la rizerie de grande envergure a été construite en Vohidiara situé à 10 km au sud de la zone d'étude. L'exploitation de l'usine a été initiée par la société de produits alimentaires (TIKO) avec le capital privé de Madagascar en juillet 2006. Il a des silos

composés de 10 unités de 2 000 tonnes et de 5 unités de 1 500 tonnes. La capacité de stockage maximum est de 27 500 tonnes. La capacité de mouture est de 4 tonnes/heure. TIKO a son propre domaine de paddy de 5 000 ha près du site de la rizerie et il produit du Paddy. En outre, il recueille du Paddy auprès des agriculteurs dans le bassin du Lac Alaotra et ne rivalise pas avec les petits moulins à riz existants sur la collecte de Paddy.

3.7.2 Marché et prix

(1) Chaîne de commercialisation du riz

La région du Lac Alaotra, qui comprend les départements d'Ambatondrazaka, Amparafaravola, Andilamena et Moramanga, est une sorte d'enclave isolée par les montagnes et les routes d'accès limité. Les routes telles que sur la PC23 sont impraticables pendant la saison des pluies. Même les grands axes routiers tels que le No. 44 ne sont pas des voies d'accès en tout temps et le coût du transport de l'excédent de riz produits dans le bassin du Lac Alaotra vers Moramanga est coûteux.

Sur la base de l'étude sur le marché du riz menée par la FAO en 1999, le marché du riz dans le lac d'Alaotra est illustré à la figure 3.7.1. Ce tableau indique que 20% (71 300 tonnes de paddy) de la production totale de Paddy dans le bassin du Lac Alaotra est consommé par les agriculteurs de la zone et le reste (80% ou 192 500 tonnes de Paddy) est commercialisé. Parmi le Paddy commercialisé, 124800 tonnes de riz (192 500 tonnes de Paddy, soit 57% de la production totale du bassin) sont transportées vers les zones urbaines telles que Antananarivo et Toamasina, le reste étant consommé par les non agriculteurs dans le bassin Alaotra.

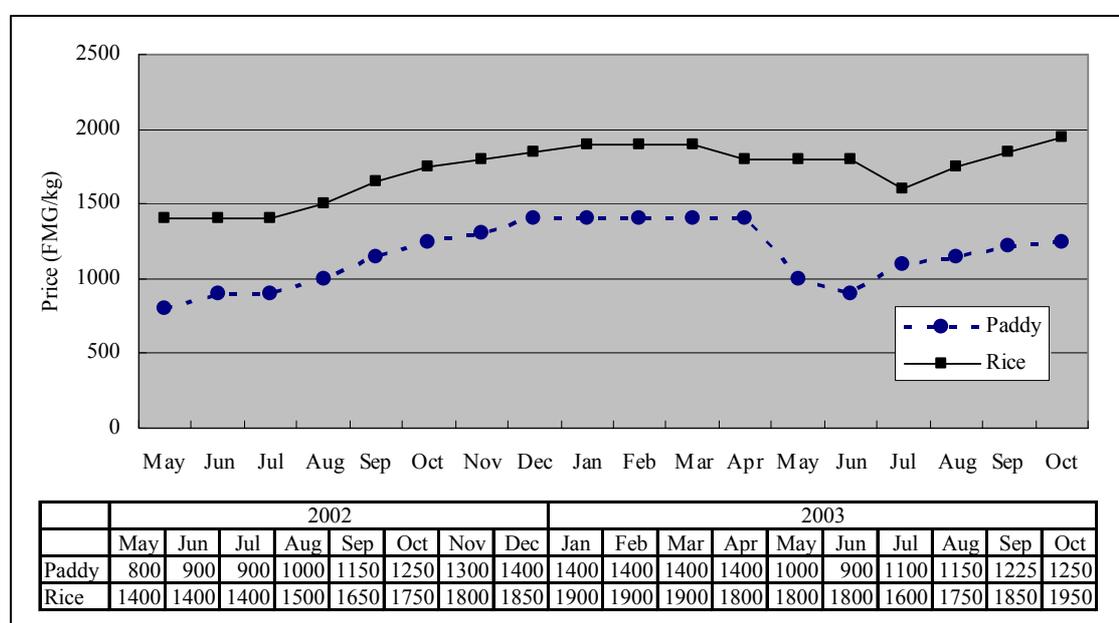
Toutefois, depuis que TIKO s'est occupé du montant du riz de 40000 tonnes en 2006, la chaîne actuelle de commercialisation du riz va devenir à voie double. Pendant que les agriculteurs auront une opportunité grâce à la hausse du prix du riz au producteur et la réduction des frais de transport pour les moulins à riz par l'effet du principe concurrentiel, la vente de Paddy à un prix plus élevé exigera une bonne qualité de riz paddy pour les agriculteurs.

(2) Prix du riz

Les fluctuations mensuelles des prix du paddy/riz données par un collecteur à Ambatondrazaka de mai 2002 à octobre 2003 sont présentées dans la figure 3.7.2. Les prix les montrent avec des variétés mixtes. Dans les marchés locaux, la qualité du riz n'a pas beaucoup d'importance dans la différence de prix. La différence de prix entre le riz entier et les brisures de riz en variété MK34 est de 25FMG/kg seulement. Donc, la plupart des moulins à riz mélange une qualité différente de riz. Ces deux prix sont plus bas dans la saison de récolte du paddy de mai à juillet et sont plus élevés dans la période de soudure de décembre à avril. Le prix du paddy a augmenté de 1400 MGA / kg en janvier 2003 à 800

MGA / kg en mai 2002, ce qui équivaut à 75% de hausse. L'augmentation correspondante des prix de riz blanc était de 36%. Ensuite, le prix du riz blanc dans la période de soudure de janvier est SMG 1000/kg en 2004, MGA 600/kg et MGA 420/kg en 2006. La fluctuation des prix est très élevée.

Le prix du paddy acheté par les petits meuniers de riz à la saison des récoltes en 2006 a été fixé à MGA 380/kg (US \$ 0.20/kg), quelle que soit la qualité du paddy et les variétés du riz, dans les conditions suivantes (i) les producteurs de riz devraient amener le paddy aux meuniers et (ii) le meunier doit payer cash. D'autre part, TIKO a payé MGA 420/kg par chèque aux agriculteurs au bureau TIKO 4 jours après la collection du paddy. TIKO a également payé MGA 400/kg au maximum et a ajusté les prix en tenant compte de la teneur en humidité du paddy et du contenu d'une impureté en espèces au cas où les producteurs de riz apportent le paddy au site de la rizerie TIKO.



Source: groupe d'étude de la JICA

Figure 3.7.2 Marché du Paddy et du riz à Amvatondrazaka

Les paysans pauvres sont obligés de vendre leur Paddy à des prix bas au début de la saison de récolte pour pouvoir rembourser les prêts et obtenir de l'argent pour leur subsistance.

3.7.3 Système d'information du marché

Il n'y a pas de services d'information sur les marchés agricoles pour les agriculteurs. Les stations de radio et télévision diffusent parfois sporadiquement l'information sur le marché de l'agriculture en tant que nouvelles. Les agriculteurs peuvent obtenir des renseignements sur les marchés agricoles dans les marchés locaux. Les services d'information sur le marché produits par des agents de vulgarisation agricole aux agriculteurs par l'intermédiaire du

bimensuel T&V ont cessé en 1999. Tous les bureaux de la DRDR contrôlent le prix du marché des principaux produits agricoles de base chaque semaine sur les principaux marchés et l'envoient au bureau de la statistique au Ministère de l'Agriculture à Antananarivo. Les bureaux régionaux du Ministère de la Santé contrôlent et envoient les prix des produits agricoles au niveau des communes à l'office de la statistique. Toutefois, il est très difficile pour les agriculteurs de la zone d'étude de recevoir des informations sur les prix en raison du manque de moyens de communication et ils sont obligés de faire foi aux prix des intermédiaires.

3.7.4 Problèmes et causes des problèmes liés à la post-récolte et au secteur du marché

Les problèmes et les causes des problèmes pour la post-récolte et au secteur du marché sont indiqués comme suit:

Tableau 3.7.1 Causes des problèmes de post-récolte et du secteur du marché

Zone	Problèmes	Causes des problèmes
Toute la zone d'étude	Manque d'information sur les marchés agricoles	Comme les agriculteurs ne reçoivent aucune information à part quelques renseignements sur le marché agricole dans les marchés locaux, les agriculteurs sont obligés de traiter avec des intermédiaires à des prix qu'ils proposent et ils ne reçoivent pas de bénéfices.
Toute la zone d'étude	Pas de revenu avantageux de paddy en période de soudure	Les agriculteurs sont obligés de vendre la plupart de leur Paddy au début de la saison de récolte pour rembourser les prêts et obtenir de l'argent en période de soudure lorsque le prix du Paddy augmente 1.4 fois le temps de la récolte.
Bassin de la rivière Sahabe	Manque de rizerie	La lourde charge de travail des femmes à travers la mouture du riz par les mortiers, les travaux de transport du paddy à la rizerie de Morarano Chrome et Abmatomainty, la perte de temps, manque de bénéfice dans la vente de paddy.

Source: équipe d'étude de la JICA

3.8 Irrigation

3.8.1 L'irrigation autour de la zone d'irrigation PC23

Il y a 14 réseaux d'irrigation dont la zone PC23 dans le bassin du lac Alaotra comme indiqué dans le Tableau 3.8.1. Le total de ces systèmes d'irrigation est d'environ 40000 ha brut. Parmi eux, 8 systèmes sont installés avec une fonction barrage/réservoir comme sources d'eau d'irrigation. La section d'ingénierie agricole du bureau DRDR de Alaotra Mangoro contrôle tous les systèmes d'irrigation. En ce qui concerne l'exploitation et la maintenance des deux systèmes d'irrigation, la succursale de Ambatondrazaka gère deux bureaux d'irrigation pour Ambatondrazaka et le système PC15 alors que la succursale de Amfarafaravola gère les quatre systèmes d'irrigation de PC23, Sahamaloto, Anony et Anaiabo.

Tableau 3.8.1 Caractéristiques générales des systèmes d'irrigation autour de la zone PC23

Nom du système d'irrigation	Zone d'irrigation (brut, ha)	Type de source d'eau source	Décharge de captage (m ³ /sec.)	Source de la Rivière	Note (V=Capacité de stockage)
Andranobe	(750)	R + G	1.15	Andranobe	V=10.0Mm ³
Morafeno	(450)	R + G	0.7	Morafeno	V=6.4 Mm ³
Anony	7,700	R + G	11.7	Anoy	V=40.0 Mm ³
Sahamaloto	6,403	2 R + G	2.0	Sahame	V(2R)=62.0 Mm ³
Sahamamy	(500)	R + G	0.8	Sahamamy	V=2.3 Mm ³
Ivakaka	2,669	R + G	3.0	Ivakaka	V=39.0 Mm ³
Imamba		G	1.33	Imamba	-
Ranofotsy	(650)	R + G	1.0	Maningoro Ranofotsy Ansahamaroloha	V=54.0 Mm ³
PC15	2,800	R + G	4.0	Sasamangaha	V=22.3 Mm ³
Ambohimasina	(350)	G	0.5	Harabe	-
Andingadingana	(200)	G	0.3	Andranobe	-
Mangalaza	(50)	G	0.1	Analaboahangy	-
Manamontana	(900)	G	1.4	Manamontana	-
Total (13 area)	23,422	R+G; 8 G; 5	27.98		V total=236.0 Mm ³

Source : Lemak' Alaotra, Mai 1994, CIRGR Ambantondrazaka

Remarques: irrigation ares in () are estimated. ' Gravity ' est le flux naturel de la rivière comme la source d'eau, R: reservoir, G: eau de rivière

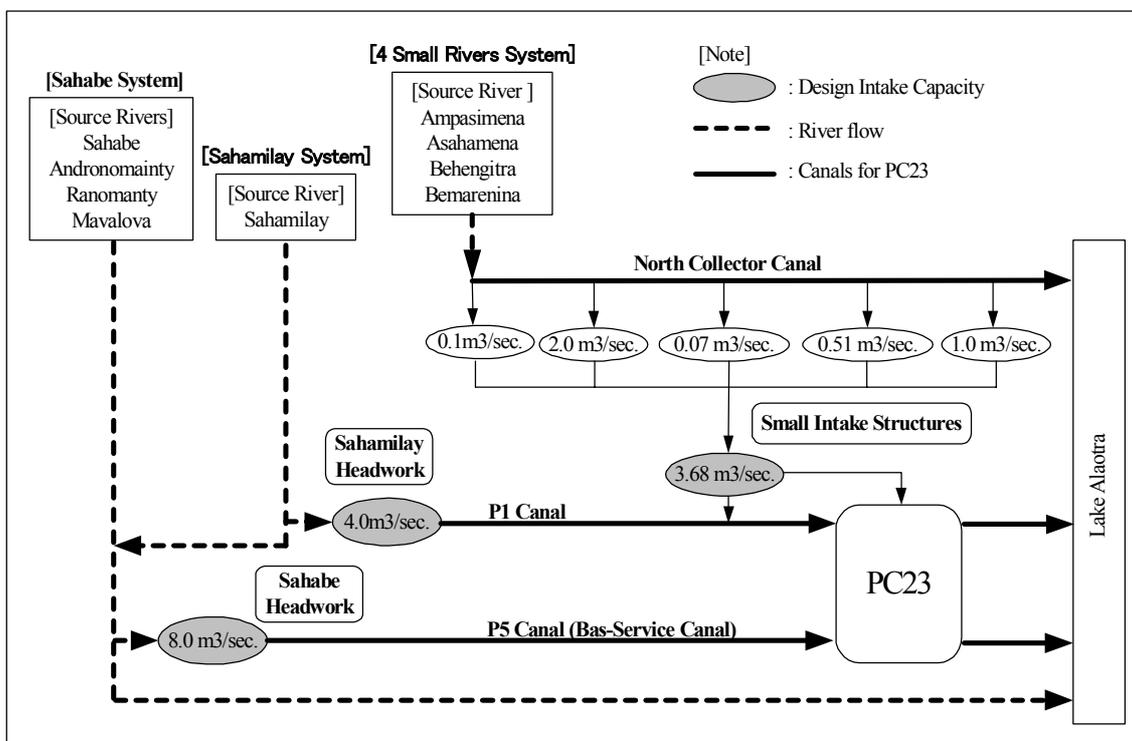
3.8.2 Irrigation et drainage dans la zone PC23

(1) Sources d'eau et système admission

Il existe trois grandes sources d'eau pour l'irrigation dans la zone PC23; (a) la rivière Sahabe et de ses trois principaux affluents (la Andronomainty, le Ranomanty, et le Mavalova), (b) la rivière Sahamilay, et (c) quatre petites rivières se jetant dans le Lac Alaotra à partir des zones vallonnées de l'ouest (Ampasimena, Asahamena, Behengitra et Bemarenina). Comme le système d'irrigation de la PC23 n'a pas de réservoir dans la zone de captage de la source des fleuves de régulation de l'écoulement fluvial, l'eau disponible pour l'irrigation varie selon les caractéristiques hydrologiques de la source rivière. Le système d'admission de la PC23 est composé de (a) ouvrage temporaire Sahabe, (b) ouvrages permanents Sahamilay, et (c) l'apport de petites structures prévues sur le Canal du Nord et P5 Canal.

L'ouvrage temporaire Sahabe est situé à 100 m en aval de la rivière traversant les ponts de la route nationale No. 3 et le chemin de fer. L'ouvrage est une structure temporaire comprenant un barrage en béton avec trois portes et un ouvrage de protection des berges à l'aide de palplanches. Comme aucun ouvrage de prise d'eau n'est fourni, l'eau d'irrigation est prise à la manière de "consommation gratuite" par gravité. L'ouvrage Sahamilay situé à 2,5 km au nord-ouest de l'ouvrage de Sahabe est composé d'un pont déversoir et des ouvrages modernes de prise d'eau pour la régulation de conduit d'évacuation d'eau. L'eau d'irrigation est également prise par gravité dans le système de prise d'eau Sahamilay. En ce qui concerne le système d'admission sur les quatre petites rivières, l'écoulement de la rivière est d'abord collecté par le canal du Nord à l'extérieur du Canal principal P5 Canal. Ensuite, l'eau d'irrigation est prise à travers le P5 ou directement à partir du Canal nord vers la zone PC23.

Un diagramme schématique du système d'admission avec la conception de chaque système d'admission est indiqué ci-dessous.



Source: équipe d'étude de la JICA

Figure 3.8.1 Diagramme schématique du système de prise d'eau pour la zone PC23

(2) Irrigation dans la zone et aux alentours de la PC23

À la suite de l'évaluation, l'étendue du périmètre irrigué nette dans la zone PC23 est de 9870 ha et 3500 ha dans les zones en amont de la source rivière. Sur les 9870 ha de périmètre irrigué net dans la PC23, le terrain de 5300 ha est commandée par le système de captage Sahamilaly combiné avec quatre petites prises d'eau en rivière alors que celui de 4570 ha est commandée par le système de prise d'eau Sahabe.

(3) Irrigation et système de canal de drainage dans la zone PC23

Le système d'irrigation et de drainage dans la zone PC23 est illustré sur la Fig. 3.5. Le système de canal d'irrigation et de drainage du système PC23 (a) comprend deux canaux principaux; Canal P1 et P5 (Canal de service principal), (b) dix groupes de canal secondaire avec des canaux tertiaires secondaires, (c) canaux sur le terrain et petits fossés, (d) cinq principales canalisation avec des canaux tertiaires secondaires, (e) tuyau de drainage, (f) deux saignées fournies à l'extrémité inférieure de la zone C23, canalisation sud et nord, et (g) Canal Nord, passant à l'extérieur du Canal P5. Les canaux sont bien alignés pour séparer les fonctions d'irrigation et de drainage et aucun canal à double usage n'est fourni dans l'établissement du canal original. Les principaux canaux ainsi que le Canal Nord et les

canaux tertiaires sont généralement alignés en parallèle avec les lignes de contour et les canaux secondaires parcourent le long de la pente. Les canalisations principales sont alignées le long de la pente et un canal tertiaire est fourni pour la formulation d'un couple avec le canal d'irrigation tertiaire et pour la connexion avec la canalisation mère. Les canaux/fossés et les tuyaux de drainage sont essentiellement fournis conformément à la topographie, à la manière de fonctions séparées, la fourniture et la réception de canal.

Tous les canaux prévus dans PC 23 sont des canaux de terre ayant une section trapézoïdale comme la conception initiale. Aucun revêtement de maçonnerie de béton ou de pierre n'est fourni. Le tableau suivant indique la durée prévue des canaux et les détails sont présentés au tableau 3.4.

Tableau 3.8.2 Durée des canaux prévue pour la zone PC23

Canal d'irrigation		Canal de drainage	
Catégorie de canal	Longueur (km)	Catégorie de canal	Longueur (km)
P1 canal	23.2	5 canalisations principales	49.8
P5 canal	6.4	Canalisations tertiaires	127.3
10 canaux secondaires	30.1		
Canal tertiaire	90.5		
Sous-total	150.2	Sub-total	177.1
Canal Nord canal	10.5	2 drains collecteurs	6.6
		3 drains tertiaires	14.3
Sous-total	10.5	Sub-total	20.9
Total	160.7	Total	198.0

Source: groupe d'étude de la JICA

En raison de la faiblesse de la densité du canal, l'irrigation a été exécuté à l'heure actuelle et les canaux/fossés et tuyaux de drainage doivent être fournis par les agriculteurs avec un alignement compliqué

(4) Réseau routier dans la zone PC23

Le réseau routier dans la PC23 est formulé principalement par les routes parcourant les canaux d'irrigation principaux et secondaires et les collecteurs principaux. La longueur des routes principales et secondaires est de 29,6 km et 34,9 km, respectivement. Il existe deux grands axes routiers, (a) La route pour le Canal P5 reliant les villages Antanandava - Ambohidrany - Ambatomanga (du sud vers le nord) et (b) la route le long de la canalisation D2 reliant les villages Ambaibo-Ambohidrany - Mahakary - Antsampananafatra (de l'est à l'ouest). Les routes pourraient être connectées avec les autres et reliées aux deux grands axes routiers. L'axe routier (est-ouest) est relié à la route nationale No.3 au village Ambaibo. Les routes ne sont pas pavées sur tous les itinéraires et la largeur effective de la route, à l'exception des deux routes nationales, ne permet pas à deux voitures/tracteurs de se croiser. En raison d'un revêtement non pavé accidenté, la plupart des **routes** sont impraticables pendant la saison des pluies.

(5) Digue de protection contre les inondations

La digue de protection contre les inondations sur la rive gauche de la Sahabe a été construite au début des années 70. La hauteur de la digue est de 2,5 t ~ 3,0 m et la longueur totale est de 13,5 km. Toutefois, une grande inondation s'est produite en raison d'une averse localisée avec un total de 600 mm de précipitations de fin février à début mars 2005, qui a ouvert une brèche dans la digue au méandre au bout de la partie orientale de la PC23. Les eaux de crue ont coulé dans les collecteurs principaux D0 le long de la digue, entraînant de sérieux problèmes de drainage pendant deux mois. A l'heure actuelle, la digue percée a été renforcée par des moyens temporaires.

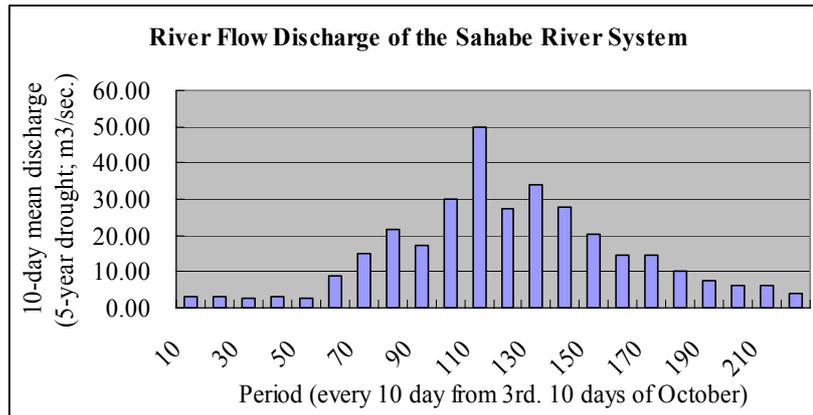
Pour protéger la zone ouest de la PC23 des crues annuelles de quatre petites rivières, l'Ampešimena, l'Asahamena, le Behengitra et le Bemarenina, le remblai de la rive droite du Canal Nord fonctionne comme digue de protection. Le talus est d'environ 13,0 km de long et le haut du talus est impraticable en raison de la largeur des véhicules passants et des ouvrages de prise d'eau prévus sur la rive droite.

3.8.3 Distribution de l'eau

(1) Distribution de l'eau du bassin dans la zone d'étude

Il existe des terres irriguées d'environ 3500 ha dans le captage supérieur des sources rivières. Une zone irriguée de la PC23 d'environ 10000 ha se situe en aval de la partie supérieure de terres irriguées. Les agriculteurs dans les zones supérieures prennent généralement l'eau d'irrigation pour leurs champs de riz plus tôt que ceux dans la zone PC23 avec l'avantage géomorphologique dans la distribution de l'eau du bassin.

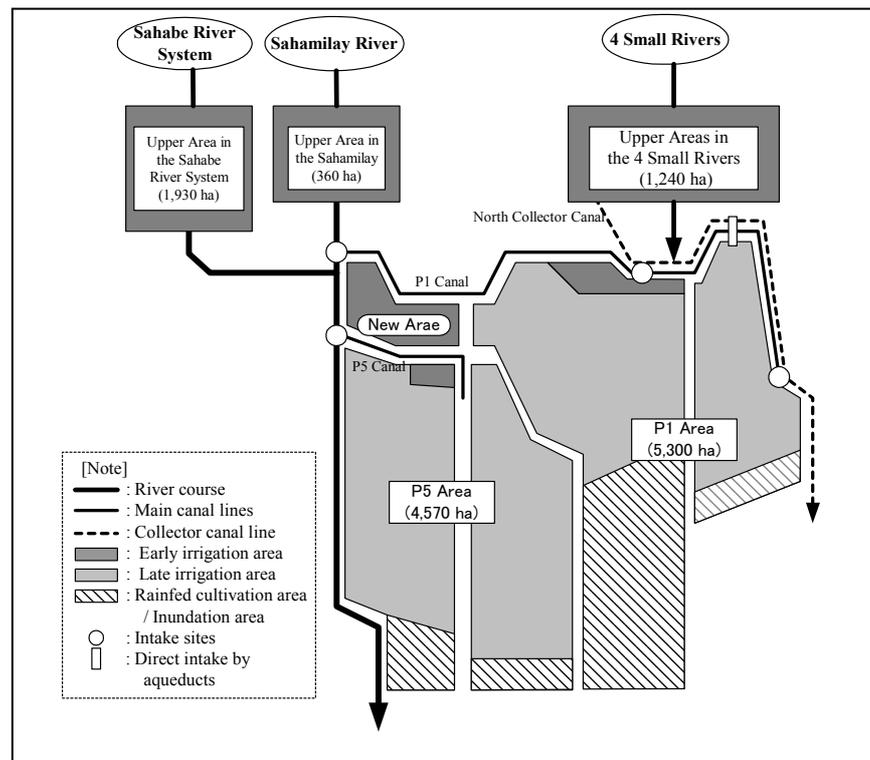
La moyenne de 10 jours de décharge avec 5 ans de sécheresse pour le réseau fluvial 'Sahabe est présentée dans la figure suivante. La décharge au début de l'irrigation, en octobre et novembre, est inférieure à 5m³/sec et elle s'augmente jusqu'à 10.0m³/sec à la fin de décembre.



Source: groupe d'étude de la JICA

Figure 3.8.2 Fluctuation du débit fluvial du réseau hydrographique de Sahabe

Du point de vue du débit fluvial disponible, la rizière dans le ruisseau supérieur du réseau hydrographique de Sahabe peut être lancée d'octobre à début décembre. En conséquence, l'approvisionnement en eau d'irrigation dans la zone PC23 située dans la partie inférieure devra débuter à la fin du mois de décembre. Ensuite, le début de l'approvisionnement en eau d'irrigation dans la zone d'étude est décidé sur la base des conditions de caractéristiques hydrologiques de la rivière et les emplacements géophysiques de la rizière. La classification générale sur le commencement des activités d'irrigation est illustrée dans la figure suivante.



Source: groupe d'étude de la JICA

Figure 3.8.3 Classification générale sur le début des activités d'irrigation

(2) La distribution de l'eau dans le système de canal PC23

Les caractéristiques du système de canal d'irrigation dans la zone PC23 sont résumées

comme suit:

Tableau 3.8.3 Distribution de l'eau d'irrigation dans l'hierarchie de la zone PC23

Item	Canal principal (au secondaire)	Canal secondaire (au tertiaire)	Canal tertiaire (aux subalternes)
Déviations d'un cours d'eau	Distribution mesurée par vanne registre	Distribution mesurée par grille modulaire	Fixe (décharge réglable) (boîte de déviation)
Dimension	Orifice (opération simple et degré de justesse bas)	Grille modulaire (opération compliquée et précision fine)	Pas de dimension
Irrigation de rotation	Grille marche-arrêt seulement (Très dur en période d'étiage)	Possible sur la base d'un bloc tertiaire	Très dur
Alerte à la sécheresse	Distribution égale, Rotation impossible	Rotation possible avec eau détournée au canal principal	Impossible

Source: groupe d'étude de la JICA

Le diagramme de l'eau d'irrigation dans la PC23 est illustré dans la figure suivante.

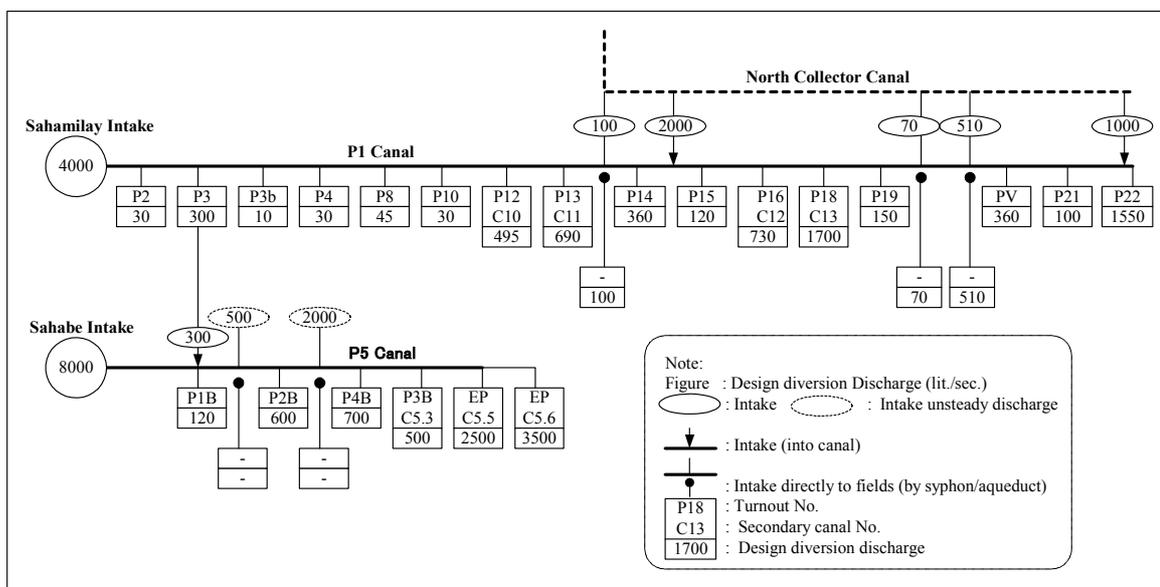


Figure 3.8.4 Distribution de l'eau d'irrigation (diagramme d'irrigation) dans le système de canal PC23

La distribution d'eau d'irrigation aux parcelles des rizières est généralement assurée par les canaux/fossés parcourant le long de la pente du terrain. Les agriculteurs s'associent parfois et creusent les fossés eux-mêmes en fonction de la topographie et l'emplacement de leurs propres parcelles de rizière. Comme le terrain tertiaire est vaste (complot - 280 ha maximum -) et le nivellement de terrain n'est pas aussi bien fait dans le niveau tertiaire, un vaste terrain de rizière est divisé en petits morceaux par des digues. Par conséquent, l'eau d'irrigation aux parcelles est distribuée par un système de parcelle à parcelle.

3.8.4 Sédimentation, tassement de terrain et drainage

(1) Source de sédimentation pour la PC23

Comme dans la section 3.9.4 dans l'érosion en zone PC23, le montant total annuel du sol est estimée à 1422000 tonnes. Les réseaux hydrographiques de Sahabe fournissent annuellement 732000 tonnes, 256000 tonnes pour Sahamilahy, 153000 tonnes pour Asahamena et le reste 281 000 tonnes.

En 2003, le bureau DRDR de Alaotra Mangoro a mené les travaux de dragage dans les parties importantes du canal principal à des conditions fixées d'avance. Les travaux de dragage sont indiqués ci-dessous.

Tableau 3.8.4 Travaux de dragage dans la PC23 menés DRDR Ambatondrazaka en 2003

Canal	Location	Longueur (m) (m)	Volume (m3)
P1	Prise d'eau du North Collector Canal à l'aval de P1	2,570	20,478
P5	BP (Prise d'eau temporaire de Sahabe à l'aval de P5	3,641	28,942
Total		6,211	49,420

Source: Bureau DRDR à Ambatondrazaka

La sédimentation dans les deux parties ci-dessus a été significative pour les transports solides par le Sahabe (P5) et l'Asahamena (Asahamena – Canal Nord-P1). Les deux ouvrages de prise d'eau; la prise d'eau temporaire de Sahabe pour P5 et à la prise d'eau du Canal Nord pour P1 n'ont aucune structure efficace pour la prévention de l'intrusion des sédiments dans les canaux principaux.

Après les travaux de dragage, l'ouvrage de prise d'eau du Sahabe au canal principal P5 augmente de 2,0 ~ 3.0m³/sec à 5 m³/sec à l'heure actuelle. Toutefois, la décharge de prise d'eau de 8.0m³/sec n'a pas encore été récupérée.

(2) Causes de la sédimentation dans les systèmes de canaux

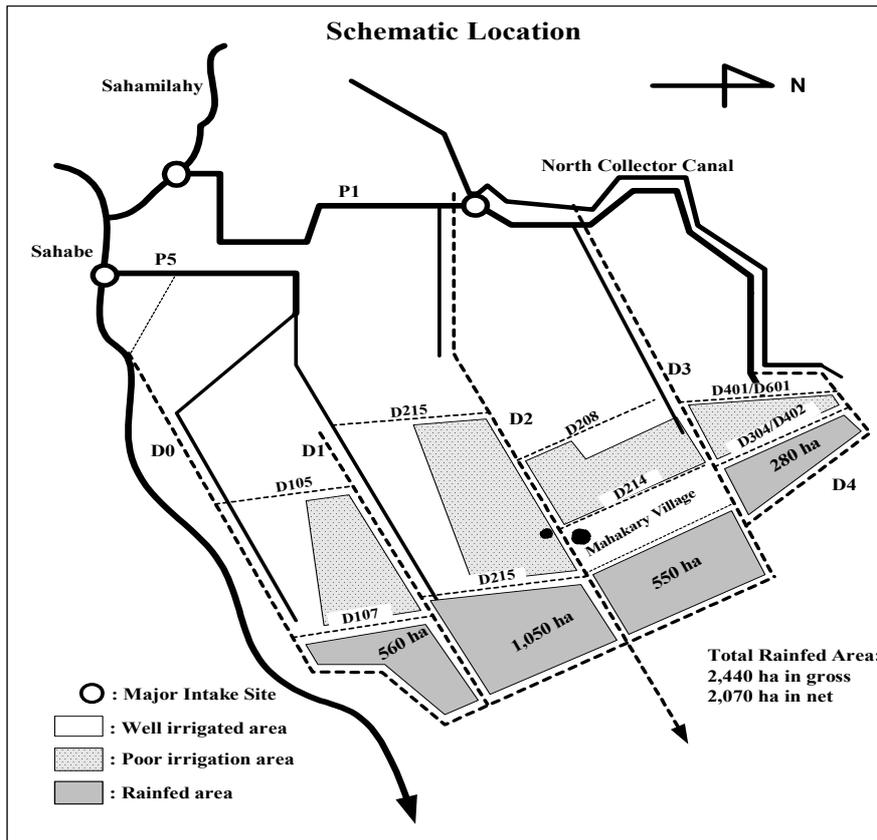
La cause de la lourde sédimentation dans les canaux est essentiellement liée aux charges solides lourdes transmises les Source rivières, le Sahabe, Sahamilahy, et le Asahamena. Deuxièmement, il n'existe aucune structure pour empêcher les charges solides de s'écouler dans les canaux principaux; les vannes de prise d'eau, une écluse à l'ouvrage de prise d'eau, un bassin d'amortissement et un portillon de contrôle automatique (AVIO) dans la PC23. La prise d'eau temporaire Sahabe n'a pas de portillon d'admission et de bassin d'amortissement. Ensuite, les charges solides se jettent librement dans la partie supérieure du canal P5. Troisièmement, le mauvais fonctionnement structurel a été la cause de la sédimentation dans le canal. La prise d'eau du NCC à Andranotsimihotra a un portillon AVIO qui contrôle automatiquement l'évacuation d'eau en fonction du niveau d'eau dans la NCC. Cependant, la porte n'a pas fonctionné efficacement et la charge solide a coulé dans le canal P5. Dans le cas

de la partie supérieure du canal P1 dont la source d'eau est le fleuve Sahamilahy transmettant la charge solide (érosion du bassin estimée à 494000 tonnes/an, la porte AVIO fournie à la prise d'eau ne marche pas, une vanne à glissières est fonctionnelle.

En plus de ces causes, les phénomènes suivants provoquent également une sédimentation.

- 1) La largeur et la section d'écoulement du canal varie pour la même conception de la décharge, même après les travaux de dragage: la capacité de charge solide du débit d'eau change et la sédimentation se produit au tournant.
- 2) le débit d'eau est irrégulier dans la plupart des parties du canal; les réserves du canal en aval affectent la circulation de l'eau dans le canal en amont
- 3) la rugosité du fond du canal et la pente de talus varient en fonction de la végétation sur la pente, l'herbe aqueuse dans le canal, et l'effondrement de la berge; la capacité de chargement du débit d'eau change et le débit d'eau est parfois interrompue par des papyrus grégaires dans le canal
- 4) les structures en déconfiture ou le dysfonctionnement des portes AVIS affectent le débit d'eau dans les canaux; les structures brisées de la plupart des portes AVIS dans les canaux interrompent la circulation de l'eau d'irrigation et la capacité de la charge solide change au niveau des structures.

Dans une telle situation de systèmes de canaux, des pénuries d'eau d'irrigation se produisent dans la zone PC23 en raison de l'absence d'une bonne alimentation en évacuation d'eau du canal tertiaire à la fin de la rizière de la zone PC23, comme indiqué dans la Figure 3.8. 5. En outre, la zone en aval de la PC23 avec 1610 ha où l'eau d'irrigation n'y parvient pas en raison de l'insuffisance prises d'eau de la source rivière est utilisée par (i) la culture pluviale dans la partie de faible altitude, (ii) semailles directes sur les terres arides dans la partie centrale et les pâturages dans la partie supérieure. Dans la zone restante des canaux principaux d'irrigation IP où les travaux de dragage n'ont pas encore été effectuées, le manque d'eau d'irrigation est noté au milieu de la zone et de l'agriculture pluviale, en fin de zone.



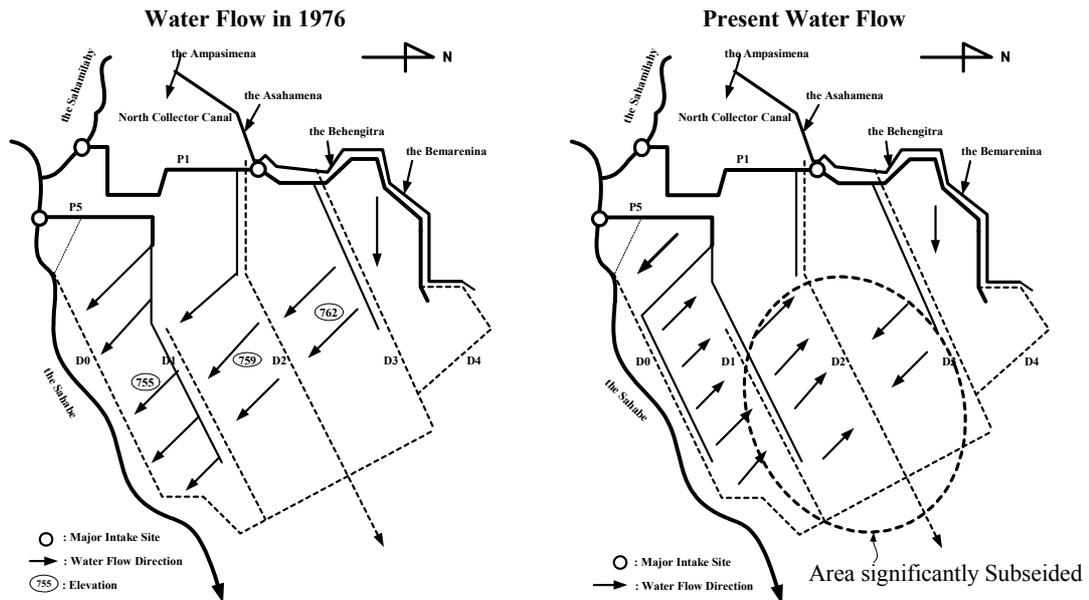
Source: groupe d'étude de la JICA

Figure 3.8.5 Conditions actuelles d'irrigation dans la zone PC23

(2) Affaissement de la zone PC23

Conformément à la Division de l'étude technique et des travaux, DIDDR Ambatondrazaka, la zone PC23 s'est retirée dans la période entre les années 60 et au début des années 80, dont la profondeur de l'affaissement était de 1,2 m au maximum. A la suite d'une étude sur le terrain, réalisée de 1983 à 1985, la SOMALAC, l'agent d'exécution pour la gestion, l'exploitation et l'entretien des réseaux d'irrigation autour du lac Alaotra, a effectué les travaux de réhabilitation des systèmes d'irrigation pour la zone PC23.

L'alignement des canaux ainsi que les structures a été modifiée en fonction des nouvelles conditions géomorphologiques de la zone PC23. Les chiffres ci-après montrent que la direction de l'eau d'irrigation a été renversée dans la moitié sud de la zone de PC23. Ils montrent que la portion en aval du collecteur principal D2 s'est fortement retirée au milieu des années 80.



Source: gauche Carte de Madagascar ay 1/15,000, droite carte d'alignement du canal 1/20000, DRRDR

Figure 3.8.6 Changement de la direction du débit d'eau avant et après les travaux de réhabilitation dans les années 80

Ensuite, le bureau DIDDR a effectué une étude pour vérifier l'affaissement, en décembre 2003, dont les résultats ont montré qu'il n'y avait pas d'affaissement considérable de la zone PC23 le long du collecteur principal D2 qui court d'est en ouest. En ce qui concerne le tassement de terrain dans les zones plus petites (nord-sud), il existe certaines preuves dans le domaine. Dans la partie orientale du village Mahakary, les structures du canal flottant au-dessus du sol. Dans la partie orientale du bassin de drainage D4, les mêmes phénomènes causés par les glissements de terrain sont observés. Les photos suivantes montrent des structures flottantes dans la partie nord-est de la zone PC23.

Selon les résultats des observations de terrain effectuées par le groupe d'étude de la JICA, les glissements de terrain en zone PC23 a progressé suite au travaux de réhabilitation dans le nord-est commandée par les drains D2, D3, D4. Alors que, il n'y a pas de structure flottante grave dans le sud et le sud-est. Les structures de production sur C5.5 (canal secondaire) travaillent à la condition que l'eau d'irrigation soit disponible en C5.5. Les zones d'affaissement dans les parties de l'est et du nord-est de la PC23 sont généralement de culture pluviale ou utilisés comme prairie pour le bétail.

(3) Les zones d'inondation dans la zone PC23

(a) Inondation dans la zone PC23 causée par les hautes eaux du Lac Alaotra

Conformément aux résultats d'une enquête-profil réalisée par DIRDR en décembre 2003, pour contrôler le tassement de terrain dans la zone PC23, l'élévation approximative du sol de l'opération et la digue le long du canal D2/Mahakary sont les suivantes.

Tableau 3.8.5 Elévation approximative du sol le long du drain D2 (revêtement/.dike crest)

Points de l'étude	Distance accumulée (km)	Elevation approx. sol (m)
3A route nationale (Antetampotsy)	0	772.0
Canal P5 Canal (No.2 AVIS gate)	2.3	764.9
Ambohidrony	3.3	763.7
	3,3	763,7
Mahakary	10.6	756.9
	10,6	756,9
EP of D2/ BP de Canal Mahakary	12.6	756.5
Antsampananefatra	14.8	756.4
Bordure east de Antsampananefatra	15.6	755.3
EP de l'enquête-profil	20.0	753.7

Source:DIRDR

Le groupe d'étude de la JICA enquête sur l'inondation passée le long du collecteur principal, D2, et le Canal Mahakary par le biais d'entretiens avec les habitants le long de ces canaux, notamment en ce qui concerne les effets des inondations provoquées par les remous du lac Alaotra. Les hautes eaux annuelles en aval de la PC23 causées par les remous du lac est de EL755 m en février, à l'est de la pointe Antsampananefatra, environ 15,6 km à l'est de la route nationale 3a. Les habitants qui ont des maisons et de biens sur la digue du Canal Mahakary n'ont jamais connu d'inondations des surfaces habitables, mais les cultures de haute terre et des sols herbagers pour le bétail dispersé en dehors de la digue (environ 1,5 m au-dessous du sommet de la digue). Comme le sommet de la digue est de plus de EL.756.5 m de la partie orientale de la PC23 (EP de D2), aucune inondation grave des surfaces habitables et des rizières par les hautes eaux du lac Alaotra dans la PC23 n'a été notée. Toutefois, l'élévation du fond de la D2 au point EP est de plus de 3,0 m au-dessous de l'élévation du sol (EL.753m), la réserve du lac a pour effet de réduire la capacité d'écoulement de D2 et des drains secondaires. La baisse de la capacité d'écoulement de D2 et des drains secondaires peut être observée dans la zone du drain nord longeant le bord de la zone PC23 du nord à EP.

(b) Inondation locale dans la zone PC23 due au mauvais drainage

L'inondation locale causée par un mauvais drainage se produit souvent dans la zone PC23. L'inondation locale des rizières, routes et canaux est principalement observée dans les zones basses des drains tertiaires de la PC23. Les principales causes d'inondation sont:

- a) Le niveau d'eau de drainage est bloqué pour utilisation dans des rizières voisines ou menant l'eau à des canaux d'irrigation pour les zones les plus basses
- b) Le débit d'eau de drainage est interrompu par l'herbe aqueuse, l'effondrement du canal, la sédimentation, et même les rizières qui se sont développées dans les drains.
- c) Les drains sont intentionnellement coupés pour diriger l'eau de drainage vers les rizières/canaux d'irrigation et l'inondation locale se produit.
- d) Les drains sont complètement non façonnés ou ne fonctionnent pas en raison de

l'effondrement, l'érosion et des glissements de terrain.

3.8.5 Operation and maintenance (O/M) irrigation and drainage system in PC23 area

(1) Description générale sur la maintenance de l'opération

Jusqu'en 1990, l'exploitation et la maintenance des installations d'irrigation dans la zone PC23 étaient effectuées par la SOMALAC (Société malgache d'aménagement du lac Alaotra), l'agence d'exécution pour le développement de l'irrigation. La SOMALAC a créé une Association des usagers de l'Eau pour recueillir les droits d'eau des bénéficiaires en 1985 et elle a promu l'opération conjointe pour l'exploitation et la maintenance par les usagers.

En 1990, la SOMALAC a été dissoute dans le cadre de la politique du gouvernement sur la réduction et la privatisation des entreprises gouvernementales. Ensuite, les activités d'exploitation et d'entretien pour la PC23 sont réalisées à la fois par le Gouvernement et les Associations des Usagers de l'Eau (AUEs). A l'heure actuelle, le DRDR est en charge de l'exploitation et de l'entretien. Le rôle du DRD et des AUEs est indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 3.8.6 Description générale sur le rôle de DRDR et AUEs dans O/M

Activités O/M	DIRDR/Bureau d'irrigation	AUEs/Agriculteurs bénéficiaires
Planification de la gestion de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Direction sur la préparation de la planification de l'irrigation planning aux agriculteurs (AUEs) - Approbation du plan d'irrigation préparé par les agriculteurs (AUEs) 	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation de l'irrigation (plan de distribution de l'eau pour la section du périmètre d'irrigation)
Distribution de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Portes d'admission aux ouvrages/barrages/dams - Portes de déviation sur les collecteurs principaux - Approbation de portes de fonctionnement sur les canaux secondaires/tertiaires 	
Maintenance des installations	<ul style="list-style-type: none"> - Demande de for budget pour la maintenance et des travaux sur les installations majeures, - Supervision de la maintenance et des travaux menée par les entrepreneurs Approbation des travaux d'installations mineures exécutés par les agriculteurs (AUEs) 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance des canaux tertiaires et drains, petits fossés/et structures liées
Autres	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion des réunions des agriculteurs sur la planification annuelle de distribution de l'eau et de la maintenance - Médiation des disputes sur la distribution de l'eau entre les AUEs - Contrôle des activités d'irrigation et d'instruction aux agriculteurs, si nécessaire - Assistance technique aux agriculteurs (AUEs) 	

Source: groupe d'étude de la JICA

(2) Association des Usagers de l'Eau (AUE) et problèmes

Les caractéristiques générales de 6-AUE dans la zone PC23 sont présentées ci-dessous. Toutes les AUEs ont entamé des procédures pour assurer le statut juridique des AUE

assistées par DRDR. Le profil général des AUEs est montré ci-dessous:

Tableau 3.8.7 Profil général de l'association des usagers de l'eau

AUE Périmètre irrigué prévu (ha)			Nombre de bénéficiaires	Nombre de périmètre d'irrigation	Nom de la source rivière
1	Amparamanina	1,790	701	8	Sahamena, Behengitra
2	Mahakary	3,460	509	18	Sahamilahy
3	Vohihola	2,790	684	12	Sahabe
4	Vonana P1	780	320	5	Asahamena, Ampasimena
5	Tsaratahimbary	1565	425	12	Sahabe, Sahamilahy
6	Zato P1	250	80	1	Sahamilahy
Total		10,635	2,719	56	

Source: le bureau auxiliaire de l'irrigation à Morarano Chrome (avant la réorganisation) et interview avec le groupe d'étude de la JICA

Afin d'évaluer ces AUEs, une analyse a été faite sur 5 aspects, la base organisationnelle, le niveau de dynamisme, le niveau de participation, la capacité de gestion, et la présentation de la situation financière. On trouvera le détail dans l'annexe 3-2, la note explicative 3-2. En zone PC23 toutes les AUEs ne fonctionnent pas bien. Parmi les 6 AUEs, Amparamanina et Vonona P1 sont relativement actives. D'autre part, presque aucune activité n'est observée à Mahakary, Vohihola-Mandroso et Zato P1. Les AUEs de Tsaratambary effectuent quelques travaux d'entretien des installations d'irrigation, mais pas régulièrement. Bien que le niveau de fonctionnement soit différent d'une AUE à une autre, les facteurs de non fonctionnement peuvent être analysés comme ci-dessous.

- 1) manque d'eau d'irrigation: La plus grande partie de la zone AUE est pluviale en raison d'un système d'irrigation incomplet du à de mauvaises installations d'irrigation. Par conséquent, la plupart des fermiers ne voient pas la nécessité de souscrire à une AUE. Seule une partie des membres qui reçoit l'eau d'irrigation effectue la maintenance et des travaux de réparation dans leur propre rizière.
- 2) Le scepticisme des agriculteurs par rapport à la AUE: Les AUEs ont été initialement créés comme organisations en charge de l'exploitation et la maintenance de systèmes d'irrigation au cours de la période SOMALAC. Toutefois, la gestion de l'AUE n'avait pas été spécifiée en ce qui concerne notamment la gestion des actifs financiers et des biens. En outre, l'AUE a été incapable de gérer le système d'irrigation après la dissolution de la SOMALAC. Les agriculteurs pensent également que l'insuffisance de distribution d'eau d'irrigation est en partie due à la mauvaise gestion de l'AUE et ils ne font pas confiance à leurs activités. Cette tendance empêche les agriculteurs de participer dans les AUEs.
- 3) Absence de base organisationnelle: Aucune AUE n'est légalement inscrite, sauf Amparamanina et Vonona P1. L'inscription légale rend les AUEs accessible au soutien du gouvernement de autres donateurs et permet d'engager des poursuites à l'encontre

de ceux qui violent les règlements de l'AUE. En dehors de la légalisation de l'AUE, la plupart des membres de l'exécutif et les collecteurs de redevances d'eau font leur boulot sur une base volontaire, sans recevoir de primes. Ils ont à accomplir de nombreuses tâches de gestion des AUE sans salaire et, par conséquent, ils ne sont pas motivés au travail.

- 4) Situation des agriculteurs: Les résidences des agriculteurs sont largement dispersés dans et en hors de la PC23. Beaucoup d'agriculteurs vivent à l'extérieur de la PC23 et ils vont à leur rizière seulement pendant la saison de culture. Dans certains cas, les propriétaires terriens vivent dans des lieux éloignés, tels que Antananarivo, Antsirabe, etc et prêtent leurs terres aux agriculteurs vivant à l'intérieur et à proximité de la PC23. En conséquence, il est très difficile pour les AUEs de comprendre les réalités des utilisateurs des terres. En outre, les agriculteurs ont très peu de capacité de communication entre eux, en particulier pour les réunions et la prise de décision et cela rend également la collecte de la redevance d'eau assez difficile.

3.8.6 Situation actuelle de l'irrigation dans la partie supérieure des sources rivières

Il existe six (6) principales sources rivières fournissant de l'eau d'irrigation pour la zone PC23. Les rivières fournissent également de l'eau d'irrigation aux rizières dans les zones en amont de la PC23. La superficie totale irriguée commandée par le principal courant de la source des fleuves et de ses principaux affluents est estimée à environ 3500 hectares, comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 3.8.8 Zones d'irrigation dans la partie supérieure

Source rivière	Major Branch	Zone d'irrigation (ha)	
		Gross	Net
Sahabe	Main	1, 750	880
Tributary of Sahabe	Mavolava	1, 570	780
Tributary of Sahabe	Andranomainty	210	100
Tributary of Sahabe	Ranomainty	370	180
Sahamilahy		720	360
Ampasimena		600	300
Asahamena		240	120
Behengitra		590	290
Bemarenina		1,050	520
Total		7, 100	3, 530

Source: groupe d'étude de la JICA

La plupart des champs de riz dans le secteur supérieur des rivières de la zone PC23 sont composés de petits endroits. Le principal canal d'irrigation est fourni le long de la lisière de la zone de collines et l'eau de drainage des rivières retourne aux rivières à travers les parcelles de rizière. Les canaux secondaires ont essentiellement des canaux à double usage:

irrigation et drainage. L'irrigation de parcelle à parcelle est dominante dans la partie supérieure. La plupart des systèmes d'irrigation sont commandée par un barrage temporaire fait de planches de bois, roseaux, et autres matériaux disponibles dans la région. Un barrage de prise d'eau ordonne quelque 10 à 100 ha.

Les activités d'irrigation ont débuté en début octobre après le labourage rugueux des champs et la construction/réparation du barrage. En saison des pluies, le barrage temporaire est parfois curé à grande eau par les inondations et la reconstruction du barrage dans la période de culture est régulièrement exécutée par le groupe de producteurs avec des dépenses sur une longue période.

3.8.7 Problèmes de l'irrigation et de l'association des usagers de l'eau et causes des problèmes

Les problèmes de l'irrigation et de l'association des usagers de l'eau et les causes des problèmes en zone PC23 et la partie supérieure des rivières sont résumés comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 3.8.9 Problèmes d'irrigation et association des usagers de l'eau et leurs causes

Zone	Problèmes	Causes des problèmes
PC23 Superficie (terre irriguée)	Baisse de la décharge d'adduction d'irrigation	En raison de la sédimentation à 3 principaux sites d'aspiration et dans le principal canal d'irrigation, la conception de décharge d'aspiration et des canaux ne peut pas être effectuée.
	Baisse de la capacité de transport du canal d'irrigation	Croissance luxuriante des algues, effondrement du canal, sédimentation et destruction de la structure du canal d'irrigation.
	Distribution insuffisante de l'eau d'irrigation à la zone secondaire/tertiaire	Mauvaise distribution de l'eau d'irrigation causée par une installation incomplètes et /ou détériorée de portes de détournement et d'appareils de mesure
	Manque d'eau d'irrigation de la rizière et distribution d'eau impropre	Longueur encombrante du canal d'irrigation tertiaire, diminution de la capacité de transport du canal d'irrigation tertiaire, alignement irrationnel du canal sur la ferme
	Utilisation inefficace d'une faible eau d'irrigation	Mauvaise gestion de l'eau des champs du système d'irrigation due au déficit de personnel d'irrigation du gouvernement, application parcellaire de l'irrigation
	Inondation locale de la rizière et routes d'inspection	Interception de l'eau des égouts en faisant des barrages dans les égouts pour la réutilisation des water ingrain , diminution de la capacité de transport des gouttes due à une luxuriante croissance d'algues, un effondrement du canal, la culture dans les égouts
	condition impraticable sur la route d'inspection secondaire/tertiaire le long des égouts et difficile transport des produits	Route d'inspection coupée le long des canaux secondaires et tertiaires pour transporter le détournement illégal de l'eau provenant du canal d'irrigation à l'égout, route d'inspection endommagée par les tracteurs et/ou les charrettes pendant l'hivernage
	Détérioration des installations agricoles pour l'irrigation et le système d'égout	Absence d projet d'O&M due à une mise en place incomplète d'équipements d'irrigation pour l'O&M, manque de budget du gouvernement couvrant l'O&M
	O&M non achevé des installations agricoles par les associations paysannes et les paysans eux-mêmes	Fonction incomplète de l'association des usagers de l'eau au niveau de la zone tertiaire, pas d' O&M systématique des paysans d'équipements d'irrigation et d'égouts pour les rizières des paysans.
Zone de PC23 (terre pluviale)	Riz pluvial du à un système d'irrigation incomplet	Absence de fourniture d'eau d'irrigation due à la faible capacité de transport du principal canal d'irrigation, non réhabilitation des équipements d'irrigation pour les périmètres d'irrigation secondaires/tertiaires endommagés par l'affaissement passé
	Inondation locale en hivernage	Baisse de la capacité de débit de transport du principal canalisation par la retenue du Lac Alaotra pendant l'hivernage, croissance luxuriante des algues, effondrement du canal, sédimentation au niveau des égouts, topographie irrégulière créée par l'affaissement antérieur, baisse de la capacité de transport des canalisations due à la détérioration des installations de drainage
	Drainage par profilage insuffisant	Insuffisance des opérations de puddling et des arêtes
	Diminution de la fonction de route pour le canal d'irrigation	Suspension des activités d'O&M de la route de gestion du canal due à la détérioration du canal d'irrigation
	Utilisation des aires de pâturages sans les terres agricoles	Abandon par les paysans de la culture des récoltes sur les hautes terres agricoles on the causée par l'affection de l'affaissement antérieur
Fleuve Sahabe, Fleuve Sahamilhay et 4 fleuves petits /moyens	Fourniture d'eau d'irrigation instable	Changement de la décharge du fleuve pendant la période de fourniture de l'irrigation, absence de moyens de distribution d'eau additionnels en cas d'urgence de pénurie d'eau
	Diminution de	Détérioration des équipements d'adduction causée par une

Zone	Problèmes	Causes des problèmes
	l'efficacité de l'irrigation	mauvaise gestion concrete/masonry, poor management of puddling, poor ridges, poor O&M on farm facilities by farmers
	Faible croissance du paddy et baisse du rendement du paddy due aux retards accuse ans le temps de repiquage en année de sécheresse	Manqué de moyens de fourniture en eau additionnelle en année de sécheresse
	Services d'extension technique insuffisante concernant la conception des installations et la construction	Manque de services d'appui technique et de développement des paysans de la part du gouvernement
	Aucune organisation n'est chargée de l'O&M des équipements d'irrigation sur la base des bassins de fleuves.	Aucun rôle relatif à la procédure d'utilisation de l'eau d'irrigation et le début de l'irrigation dans la zone de PC23 et dans les zones en amont de ses fleuves ressources.

Source : groupe d'étude de la JICA

3.9 Gestion actuelle des bassins hydrographiques et protection du sol

3.9.1 Statut actuel de la forêt

La forêt dans la zone d'Etude se compose de forêt naturelle et de forêt artificielle. Le taux de couverture de la forêt des bassins des fleuves ressource à la zone d'irrigation PC23 est respectivement de 19% dans le bassin du fleuve Sahabe, de 8% dans la fleuve Sahamilahy et 5% dans les 4 petits/moyens fleuves. La forêt occupe une grande partie du bassin du fleuve Sahabe. Bien que la forêt naturelle qui ne représente que 3% de l'ensemble du bassin du fleuve soit supérieure à la superficie PC23, elle a considérablement diminué et/ou s'est détériorée en raison de l'exploitation sauvage de la forêt par les paysans et de l'exploitation illégale de bois à des fins commerciales. En outre, les nombreux feux de forêts qui se sont produits dans la forêt naturelle ont empiré les conditions dans la forêt naturelle. Toutefois, les arbustes poussent à une densité de plantation de 10000 arbres/ha dans la zone de forêt naturelle. En l'absence d'obstacles externes tels que les feux de forêt et l'exploitation artificielle de bois, la forêt naturelle actuelle devrait être en mesure de reprendre sa forme naturelle comme dans la passé. Bien que petite, la superficie de la forêt naturelle dispose de sol fertile et doux et joue un rôle important dans la protection de l'eau. La forêt artificielle se compose principalement de forêt avec de *Eucalyptus robustus* et de forêt de pin (*Pinus caribaena*, *P.eriotti*). La plantation de *Grevillea* se fait à une petite échelle. Une grande partie de la pinède a été reboisée par la Fanalamanga Corporation et l'autre forêt artificielle a été créée par les populations locales et la DREEF. Puisque l'*Eucalyptus robustus* résiste au feu et a un plus fort pouvoir de germination après sa coupe, les gens utilisent la forêt au stade de bourgeonnement comme bois de chauffe et charbon. Ensuite, les gens l'abandonnent sans traitement et attendent la période de germination

Aujourd'hui l'Eucalyptus qui pousse plus vite constitue une ressource excellente pour le bois de chauffe et le charbon. On dit que l'eucalyptus a des effets négatifs qui favorisent le recours de la nappe phréatique dans la zone d'Etude car il absorbe beaucoup d'humidité du sol en raison de sa rapide croissance. Cependant, les résultats des entretiens avec les paysans locaux et le personnel du MINENVEF présents sur le terrain indiquent qu'un tel phénomène négatif ne semble pas exister. En revanche, le gouvernement mène une étude sur la sélection de variétés d'arbres adaptés au bois de chauffe et au charbon et des mélanges de cultures d'Eucalyptus et de grévillia.

La forêt naturelle s'étend sur environ 1100 ha et la forêt artificielle sur 600 ha dans le bassin du fleuve Sahamilahy. Les forêts naturelles se trouvent dans les terrains en pente qui situent à plus de 30° à l'ouest de la zone d'étude formant les forêts secondaires avec un rayon d'arbres moyen. Les forêts artificielles qui sont notamment composées d'Eucalyptus robustus sont réparties dans les reliefs accidentés près des villages. Les Eucalyptus robustus sont surtout utilisés pour le bois de chauffe et le charbon. Etant donné que le taux de couverture des forêts et des sols arbustifs/ herbagers du bassin du fleuve Sahamilahy est respectivement de 8% et 77%, le bassin de Sahamilahy devient la plus grande ressource d'érosion du sol de la zone en aval et provoque une protection néfaste de l'environnement.

Le bassin du fleuve de Sahabe est composé d'environ 4.100 ha de forêt naturelle et de 14000ha de forêt artificielle. La forêt naturelle s'étend sur des superficies relativement grandes des terres très escarpées situées près de la zone frontalière du sud-ouest et du bord du bassin du fleuve sud.

Toute la forêt naturelle se compose de forêt secondaire avec un rayon moyen d'arbres. Cependant, la forêt naturelle près du secteur de la frontière occidentale du sud a été ravagée par un grand feu de forêt qui s'est produit en dehors de la zone d'étude durant la sécheresse de 2006 dont une partie a été gravement conçue. La majeure partie de la pinède artificielle a été plantée par Fanalamanga Corporation après 1973. Cependant, beaucoup de zones forestières ont connu une faible croissance due à une plantation inadaptée en plus d'être ravagée par un feu de forêt en 2006. En outre, la forêt artificielle d'Eucalyptus robustus a été créée par les populations locales et/ou le DREEF situés à l'intérieur et autour des villages. Elle est largement plantée et utilisée comme bois de chauffage et charbon de bois. Le taux de couverture de la forêt est de 18% qui joue un rôle important dans la lutte contre l'érosion du sol et la protection du bassin du fleuve.

3.9.2 Gestion des bassins hydrographiques

Les activités pour la gestion des bassins hydrographiques de la zone d'étude se concentrent sur la gestion forestière et est responsable du bureau d'Alaotra Mangoro DREEF suite à la réorganisation du MINENVEF en avril 2007. L'ensemble de l'effectif actuel de la DREEF y compris les succursales est de 31 dont 3 agents professionnels, 21 techniciens et 7

administratifs. En outre, il y a 13 vacances de postes pour des techniciens. La structure organisationnelle du DREEF est illustrée à la fig. 3.6. Parmi les activités de gestion forestière, des activités contre le feu de forêt sont souvent menées en coopération avec le DREEF et les administrations locales (préfecture, localité, commune et village) et le DREEF procède au reboisement des pins avec la Fanalamanga Corporation. Cependant, l'effectif du personnel, le budget et la force motrice de gestion est si petit que le DREEF ne peut pas à lui-seul conduire une gestion forestière appropriée dans la zone d'étude. En plus de la situation ci-dessus, une organisation paysanne nécessaire pour la gestion forestière n'est pas encore instituée et il n'y a aucun système de soutien (y compris un programme de motivation) pour la mise sur pied d'une organisation paysanne.

3.9.3 Feu de forêt

Le feu de forêt et de sols arbustiers/herbacés annuels qui ravage chaque année la plupart du temps dans le Sahabe, le Sahamilahy et les 4 petits/moyens fleuves causent la dégradation de la forêt naturelle et constitue un obstacle naturel à la capacité de rétablissement de la végétation. Selon les chiffres du DREEF, les dégâts causés par les feux de forêt entre 1998 et 2005 dans la zone contrôlées par les vieux bureaux d'Ambatondrazaka et de l'Amparafaravola sont montrés ci-dessous ;

Tableau 3.9.1 Dégâts causés par les feux de forêt dans la zone contrôlés par les anciens bureaux d'Ambatondrazaka et de l'Amparafaravola

Bureau des Forêts	Dégâts sur la forêt naturelle (ha)	Dégâts sur la forêt sous mandat (ha)	Total (ha)	Superficie actuelle de la forêt (ha)	Pourcentage proportionnel (%)
Ambatondrazaka	389	640	1,029	18,128	5.7
Amparafaravola	376	447	923	2,877	32.1

Source : DREEF

La surface des sols arbustiers/herbacés détruite par les feux de forêt est plus grande que celle des terres forestières citées dans le tableau ci-dessus. Dans le bureau des Forêts d'Ambatondrazaka (vieille organisation), le secteur ravagé par les feux de champ était de 2.516 ha en 2004 et 3.462 ha en 2005. En revanche, le secteur dévasté par les feux de champ était de 2.335 ha en 2005 dans le bureau des Forêts d'Amparafaravola. Le nombre de ces feux de forêt et de terres arbustiers/herbacés qui se sont produits dans le bassin du fleuve de Sahamilahy n'étaient pas importants contrairement à ceux du bassin du fleuve de Sahabe près des communes de Soalazaina et de Tanambao Besakay.

Le bassin du fleuve de Sahabe est très éloigné des villages et n'a géographiquement aucune position avantageuse pour s'engager dans des activités de protection contre les incendies. En outre puisque la terre de pinèdes qui est exposée à des feux est largement réparti dans le

bassin, les dégâts sont énormes en cas de feux de forêt.

Les feux sur les sols arbustiers/herbacés sont notamment causés par des cigarettes, la cuisson, la production de charbon de bois et autres qui n'ont pas été correctement éteintes. D'autre part, il y aurait des feux volontaires dus à des raisons religieuses et/ou politiques. Pour prévenir ces feux, MINENVEF s'est efforcé d'tendre une campagne de sensibilisation. Le bureau de CIREF auprès de Ambatondrazaka a essayé de mener une sensibilisation sur les feux chez les populations locales qui vivent autour du terrain forestier appartenant à Fanalamanga en coopération avec Fanalamanga Corporation en 2003. Récemment, des ONGS ont tenté d'accroître la sensibilisation des populations locales contre le feu de forêt eu égard aux activités liées à la protection de l'environnement.

D'autre part, le gouvernement a promulgué une ordonnance 60-127 de 2003 qui prévoit une l'embracement et des travaux forcés pour un contrôle des feux de forêt et de terres a bustières /herbagées.

Bien qu'il demeure des coutumes traditionnelles de lutte contre l'incendie selon lesquelles toutes les populations locales doivent participer à éteindre un feu, la sensibilisation des populations locales sur les feux de champ et faible.

D'ailleurs, il n'y a aucune structure pour prévenir les feux de champ et de forêt ou de matériel d'extinction d'incendie au niveau des villages

3.9.4 Erosion du sol

Beaucoup de dépôts de sable circulent dans la zone inferieure telle que la zone d'irrigation de PC23 pendant la saison annuelle d'inondation et traversent le Sahabe, le Sahamilahy et les 4 fleuves petits /moyens. Les principales sources du dépôt de sable qui se jettent dans les fleuves sont les terres arbustieres/harbacées dévastées en amont des fleuves et des lavakas.

L'emplacement des lavaka a été identifié sur la base de l'interprétation des images satellite landsat prises en avril 2001. Il existe près de 1300 sites de lavakas dans la zone d'Etude tel qu'indiqué au tableau suivant. Une Lavaka se définit comme un phénomène d'effondrement dans la surface de la zone montagneuse/vallonnée. Près de 80% du nombre total de lavakas de la zone d'Etude se trouvent dans sune région couverte de migmatite. On considère que l'apparition du lavaka est très ancienne et le lavaka s'est formé depuis longtemps. Au regard de la l'état de la végétation présente dans le lavaka, il est classé en trois catégories ; (i) type actif : Le lavaka s'effondre toujours et le mouvement des sols effondrés dans le lavaka en aval se produisent toujours gravement, (ii) type inactif : Le mouvement des sols effondrés dans le lavaka en aval est complété par le rétablissement de la végétation dans le lavaka et (iii) le type intermédiaire : Le mouvement des sols effondrés dans le lavaka en aval a tendance à diminuer le rétablissement de la végétation dans le lavaka..

Parmi ceux, les sols effondrés dans le lavaka de type actif et de type intermédiaire deviennent

une source d'érosion du sol.

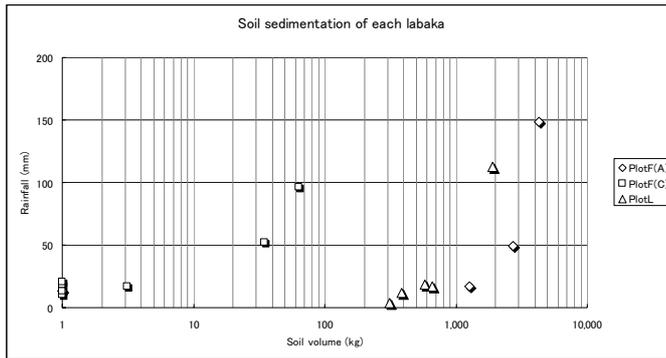
Tableau 3.9.2 Nombre actuel de lavakas de la zone d'Etude

Nom du fleuve	Nom des affluents	Captage (ha)	Nombre de lavaka	Nombre par 100ha
Behengitra		2,648	68	2.6
Asahamena		12,433	197	1.6
Ampasimena		2,912	56	1.9
Sahamilahy		20,596	209	1.0
Sahabe	Sahabe (principal)	49,066	276	0.6
	Ampondra	5,834	71	1.2
	Ranomainty	9,739	37	0.4
	Andranomainty	8,664	106	1.2
	Mavolava	24,414	310	1.3
Total		136,306	1,330	1.0

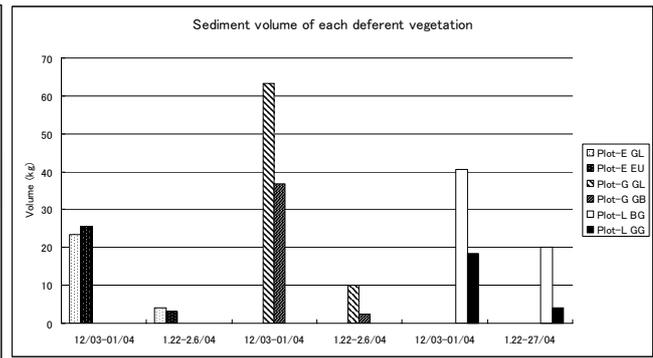
Source : groupe d'étude de la JICA

Pour comprendre l'érosion actuelle du sol qui provient de l'aval des fleuves, la perte de sol a été mesurée à quatre parcelles de terrain expérimentales se composant (i) de la forêt artificielle d'Eucalyptus robustus situé dans le relief accidenté, (ii) forêt artificielle de grévillia dans une région accidentée, (iii) terre d'herbe avec une forte densité d'herbe, (iv) terre herbacée avec une faible densité d'herbe, (v) lavaka de type actif, (vi) lavaka de type intermédiaire et (vii) lavaka de type inactif. La perte de sol a été mesurée avec l'apparition de la pluie et le résultat de la perte de sol est montré au schéma 3.9.1 et 3.9.2 comme suit ;

La mesure de la perte de sol a été effectuée pendant une saison des pluies de 2004/05 concernant le lavaka et trois saisons des pluies de 2004/05 à 2006/07 pour deux emplacements de forêt sous mandat. Sur la base des données des précipitations et de la perte de sol mesurées, la fonction linéaire de corrélation a été faite à 7 sites expérimentaux. Sur cette base, la perte de sol de la région d'étude a été estimée comme à la table suivante.



Source: groupe d'étude de la JICA



Source: groupe d'étude de la JICA

Figure 3.9.1 Perte de sols due au lavaka

Figure 3.9.2 Perte de sols due aux types de vegetation

Tableau 3.9.3 Pertes de sols de chaque bassin de fleuve

Nom des bassins de fleuve	Aires de captage (ha) [Ⓐ]	Perte annuelle de sols (en tonnes/année)			Perte unitaire de sols (en tonnes/ha) ^{Ⓑ/Ⓐ}	Classement de dévastation
		lavaka	Relief accidenté	Total [Ⓑ]		
Sahamilahy	20,596	4,974	250,557	255,531	12.4	grave
Asahamena	12,433	4,526	148,779	153,305	12.3	
Ranomainty	9,739	805	101,935	102,740	10.5	modéré
Sahabe	49,066	6,150	489,291	495,441	10.1	
Behengitra	2,648	1,339	24,874	26,231	9.9	
Andranomainty	8,664	2,134	82,058	84,192	9.7	
Ampasimena	2,912	1,068	26,260	27,328	9.4	léger
Mavolava	24,414	6,312	221,125	227,437	9.3	
Ampondra	5,834	1,446	47,926	49,372	8.5	
Total	136,306	28,754	1392.805	1.421.559	10.4	

Source: groupe d'étude de la JICA

L'ensemble des pertes de sol de la zone d'étude est estimée à 1.4 million de tonnes/an. Toute les pertes de sols dues aux lavakas est de 29.000 tonnes/an ou 2% de l'ensemble des pertes de sol de la zone d'étude. Bien que les sols effondrés rapidement dans le lavaka se jettent dans la zone en aval et fournissent des problèmes considérables de sédimentation en cas de grand cyclone, on considère que la perte de sols des lavakas ne fournit pas des problèmes sérieux actuellement.

D'autre part, toute la perte de sol de la région montagneuse et accidentée occupe 98% de l'ensemble des pertes de sol de la zone d'étude dont 80% sont en grande partie fournis par les sols arbousiers et herbacés. La perte de sol des terres herbacées varie en fonction de la l'état de la végétation. Selon les résultats de la mesure de la perte de sols, la perte de sol se situe à 1, 5kg/ha/100mm de précipitations dans le cas d'une tapis herbacé dense et 5.5 kg/ha/100

millimètre des précipitations dans le cas d'un tapis herbacé épais, qui indique un effet élevé de protection du sol si on améliore l'état de la végétation. La perte de sol de chaque bassin de fleuve varie en fonction de l'état de l'utilisation foncière et des types de végétation de la zone d'étude. Il est recommandé de mettre en œuvre d'abord des projets de protection des bassins des fleuves destinés à empêcher la dévastation sérieuse devrait être exécutée d'abord du point de vue de l'efficacité de la lutte contre l'érosion du sol.

3.9.5 Des problèmes d'aménagement des bassins hydrographiques et leurs causes

de problèmes de gestion de ligne de partage et les causes des problèmes sont récapitulés dans la table suivante. Les problèmes de gestion des bassins hydrographiques et leurs causes sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 3.9.4 Problèmes de gestion des bassins hydrographiques et leurs causes

zone	Problems	Causes of problems	
Fleuve Sahabe, Fleuve Sahamilhay et 4petits and /moyens fleuves	Absence d'activités de gestion des basins hydrographiques propres	Manque de gestion forestière appropriée due au déficit de personnel gouvernemental, déficit budgétaire, absence force motrice pour conduire les activités	
		Aucune institution de gestion forestière pour les populations locales, pas d'incitation pour la promotion d'une institution de gestion forestière	
	Feu des forêts et sols arbustiers /herbacés	Manque de sensibilisation sur la lute contre les feux de forêt et des sols arbustiers /herbacés	
		Aucune institution de gestion forestière pour les populations locales pour la lutte contre les feux de forêts et les sols arbustiers /herbacés au niveau des villages	
		Absence de matériel d'extinction de feu de forêt et de sols arbustiers /herbacés au niveau des villages	
	Erosion du sol du bassin du fleuve		Diminution des forêts naturelles due à l'battage illégal d'arbres et la culture illégale (agriculture et pâturage) par des peuples personnes installées clandestinement
			Diminution de la superficie de la forêt naturelle et de la forêt artificielle par la cuisson
			Obstacles 'une forte croissance et une végétation naturelle luxuriante par le feu
			Dévastation et dénudation du couvert arbustier /herbacé par le feu de champ
			Dévastation et dénudation des sols arbustiers/herbacés par l'utilisation abusive des pâturages
	Manque de travail de recherche technique pour des contremesures pour les lavaka et la foresterie		

Source: zone d'étude de la JICA

3.10 Life environmental status

3.10.1 Pauvreté

3.10.1 Tel que mentionnée dans la section 3.1.3, le rendement net moyen annuel des paysans dans la zone d'étude est faible se situant entre 1, 63 millions de MGA (ou MGA 4500MGA/jour/ménages ou 0, 7 dollars/jour/ménage) à 5, 43 millions de MGA14900/jour /ménage ou 2, 2dollars/jour/ménage). Sur la bade de la définition de la pauvreté et des critères indiqués dans le PRSP élaboré par le gouvernement en 2003, le taux de pauvreté

dans la zone d'étude est rudement calculé. On l'estime que le taux de pauvreté dans la zone d'étude se situe entre 72, 5% et 26.7%, donnant une moyenne de 52, 3%. Il ressort de l'aspect revenu que les causes principales de la pauvreté comprennent (i) une baisse des productivités et une insuffisance des conditions de commercialisation, (ii) manque de revenus du à la petite taille de la rizière et (iii) le nombre très limité des opportunités d'emploi dans le secteur non agricole

3.10.2 Cadre de vie de base

(1) Fourniture en eau domestique

La JIRAMA ne fournit pas des services de fourniture en eau domestique à la zone d'étude. Les personnes vivant au centre de la commune de Tanambao Besakay ne reçoivent les services de fourniture en eau domestique que par une conduite d'eau provenant du système hydraulique des sources d'eau. Dans les 8 communes restantes, la fourniture d'eau est assurée par un puits public bien situé au centre des communes. L'état actuel de la source d'eau est récapitulé ci-dessous

Tableau 3.10.1 Source d'eau domestique de la zone d'Etude

(%)

Zone	Village	Canal d'irrigation	Source	Fleuve	Puits
Bassin du fleuve de Sahamilahy	Antanimafy	2.6	23.1	35.9	38.5
	Maheriara	0.0	40.0	42.5	17.5
	Morarano Chrome	6.7	0.0	0.0	93.3
4 Petits/moyens bassins du fleuve	Manakambahinikely	5.0	0.0	35.0	60.0
Bassin du fleuve Sababe	Ranofotsy	0.0	61.2	10.2	28.6
	Sahanidingana	4.0	6.0	68.0	22.0
	Soalazaina	0.0	25.0	25.0	50.0
	Besakay	0.0	9.1	68.2	22.7
Zone PC23	Ambohidrony	16.0	0.0	0.0	84.0
	Mahakary	0.0	0.0	0.0	100.0

Source : étude détaillée de village, groupe d'étude de la JICA, 2004

Les populations locales de Sahamilahy et des 4 bassins de fleuve petits /moyens se servent des puits. Au contraire, une grande partie des populations dans le Maheriara et l'Antanimafy situées en amont de Sahamilahy utilise l'eau de source et du fleuve. Dans le Sahabe et la zone PC23, les gens utilisent la plupart du temps l'eau des fleuves et des sources. Cependant, l'eau de la source est de mauvaise qualité, surtout pendant l'hivernage. D'autre part, le niveau de l'eau des puits baisse en saison sèche entraînant une des graves causes de la pénurie d'eau domestique aussi bien qu'une diarrhée chez les enfants

(2) Toilettes

L'état actuel des toilettes dans la zone d'étude est montré au tableau suivant. La plupart des personnes utilisent des simples toilettes de type de fosse situées dans une case.

Tableau 3.10.2 Etat des toilettes

(%)

Zone	Village	Fosse (%)	Pas d'installations (%)
Bassin du fleuve Sahamilahy	Antanimafy	89.7	10.3
	Maheriara	52.5	47.5
	Morarano Chrom	96.7	3.3
4 petits/moyens bassins de fleuve	Manakambahinikely	77.5	22.5
Bassins du fleuve Sahabe	Ranofotsy	67.4	22.5
	Sahanidingana	76.0	24.0
	Soalazaina	95.0	5.0
	Besakay	95.0	5.1
Zone de PC23	Aambohidrony	88.0	12.0
	Mahakary	90.0	10.0

Source: Detailed village survey, JICA study team, 2004

(3) Combustible pour la cuisson

La source du combustible pour la cuisson dans la zone d'étude est montrée au tableau suivant. Le bois de chauffe est la source principale pour faire cuire même si l'utilisation du charbon de bois est notée dans le village de Morarano Chrome à une échelle. La plupart de ce bois de chauffe et du charbon de bois sont tirées des Eucalyptus robusters plantés dans les localités entourant les villages. Puisqu'il y a peu de ressources forestières dans les étendues inférieures des fleuves et de la zone PD23, le bois de chauffe et le charbon de bois sont transportés en amont aux marchés situés le long de la route nationale 44 et distribués aux populations locales qui vivent dans la zone en aval et dans la zone PC23. Actuellement, la majeure partie des personnes dans la zone d'étude se servent des fourneaux traditionnels. Son efficacité thermique est si faible que les gens sont obligés de consommer beaucoup de bois de chauffe et de charbon de bois. En conséquence, les ressources forestières dans la zone d'étude ont été surconsommées. En outre, les femmes et les enfants sont d'habitude chargés de ramasser le bois de chauffe. Le travail pour rassembler le bois de chauffe demande un temps long et constitue un travail dur pour les femmes. Dans une telle situation, les femmes ne peuvent pas s'occuper aux enfants.

Tableau 3.10.3 Sources de combustible

(%)

Zone	Village	Bois de chauffage	Charbon de bois	Aucune réponse
Basin fluvial de Sahamilahy	Antanimafy	100.0	0.0	0.0
	Maheriana	100.0	0.0	0.0
	Morarano Chrome	66.7	31.7	1.6
4-Petits/moyen bassins fluviaux	Manakambahinikely	85.0	12.5	2.5
Bassin fluvial de Sahabe	Ranofotsy	100.0	0.0	0.0
	Sahanidingana	96.0	2.0	2.0
	Soalazaina	95.0	5.0	0.0
	Besakay	96.7	3.3	0.0
Zone PC23	Aambohidrony	86.0	12.0	2.0
	Mahakary	84.0	16.0	0.0

Source: Enquête détaillé de village, Equipe d'étude de JICA, 2004

(4) Energie pour l'éclairage et les activités économiques

L'état actuel de l'éclairage dans la zone d'étude est présenté dans le tableau suivant. La plupart des individus dans la zone d'étude utilisent le pétrole lampant pour l'éclairage, suivi de l'utilisation de la bougie et de l'énergie électrique. Le pétrole lampant et la bougie sont couramment utilisés. En ce qui concerne l'énergie électrique, JIRAMA (JIRO Sy Rano Malagasy) offre principalement des services d'approvisionnement en électricité à une école de formation d'une organisation religieuse à Morarano Chrome. Cependant il n'offre pas de services d'approvisionnement en électricité aux secteurs de bien-être public et d'activité. À l'heure actuelle, JIRAMA est en train d'exécuter les coupures d'électricité prévues et la réduction des services d'approvisionnement en électricité dans l'exploitation en raison de l'augmentation des prix du pétrole. En outre, les entrepreneurs fournissent des services d'approvisionnement en électricité avec des moteurs diesels à des villages relativement gros tels que Ambaiboa et Morarano Chrome (basin fluvial de Sahamilahy), Ambohidrony et Amparamanina (zone PC23) et Bejofo et Tsarahonenana (basin fluvial de Sahabe). Cependant, les entrepreneurs dominants réduisent les heures d'opération en raison d'une hausse substantielle des prix du pétrole, les bénéficiaires (les usagers) utilisent ainsi l'électricité pour une courte durée.

D'autre part, la demande en électricité des secteurs de bien-être public et d'activité est en hausse dans les villages, comme Morarano Chrome qui s'est développé comme un centre économique. En raison de la pénurie d'électricité à l'heure actuelle, les activités économiques relatives à la rizerie deviennent stagnantes, et les pêcheries et les boucheries sans installations de réfrigération ne peuvent être commercialisées à un prix optimal.

Tableau 3.10.4 Source d'éclairage

Zone	Village	Kérosène (%)	Autres (%)
Bassin fluvial de Sahamilahy	Antanimafy	100.0	0.0
	Maheriara	100.0	0.0
	Morarano Chrome	50.0	50.0
4 Petits/moyen bassins fluviaux	Manakambahinikely	82.5	17.5
Bassin fluvial de Sahabe	Ranofotsy	98.0	2.0
	Sahanidingana	100.0	0.0
	Soalazaina	93.2	6.8
	Besakay	88.1	11.9
Zone PC23	Ambohidrony	94.0	6.0
	Mahakary	62.0	38.0

Source: Enquête détaillé de village, Equipe d'étude de JICA

(5) Etat des routes

Le réseau routier dans la zone d'étude est indiqué sur la carte de localisation de cette même zone. La région autour du lac d'Alaotra est liée à Antananarivo, la capitale, par 2 routes nationales et un chemin de fer. Parmi celles-ci, la route nationale-44 reliant Moramanga à Ambatondrazak, le centre de la région d'Alaotra Mangoro, est la plus importante route principale. La distance entre Moramanga et Ambatondrazaka est de 273 km. Moramanga est situé sur le chemin de la route nationale-2, qui relie Antananarivo à Toamasina. Une autre importante route reliant Antananarivo à Ambatondrazaka est la route (Anjozobe-Antananarivo-Ambatondrazaka). Elle est de 40 km plus courte que celle de la première, mais elle traverse le bassin de la rivière au niveau du ruisseau supérieur du fleuve Sahabe et est impraticable pendant la saison des pluies au niveau des passages raides. Ainsi, elle n'est utilisée comme route supplémentaire que pendant la saison sèche. Dans la zone d'étude, la route nationale-44 et la route nationale 3a forment la rocade le long du lac Alaotra. La route nationale-3a va jusqu'à Andilamena, qui est situé sur la frontière nord de la région d'Alaotra Manoro. En outre, la route nationale-33 reliant la mine de Brieville à Morarano Chrome est reliée à la route nationale-3a. La route nationale-3a, la route nationale-33, à 20km de la route nationale-44 et à 24 km de la rocade qui longe le lac Alaotra sont asphaltées. Un projet d'amélioration du reste de la route nationale-44 a été crédité par la Banque mondiale. Mais la mise en œuvre du projet est suspendue en ce moment, ce qui provoque un goulot d'étranglement dans la circulation, de Moraganga à la zone autour du lac Alaotra. Les routes rurales qui se rattachent à chaque route nationale ont été améliorées successivement sur la base d'un plan décennal d'aménagement des routes.

Cependant, les plus graves problèmes de route sont dus au fait que les routes rurales allant vers les villages et qui sont reliées à des routes nationales comme la route nationale-3a, la route nationale-33 se sont gravement détériorées. Dans une telle situation, Mahakary et Ambohidrony dans la zone PC23, Ranofotsy, Soalazaina, Sahanigingana et Besakay dans le fleuve Sahabe sont parfois isolés pendant une longue période. Dans le bassin fluvial de

Sahamilahy, l'accès aux routes nationales est relativement facile à l'exception de Manakambahinikely. Dans un tel état des routes, les activités économiques de ces villages sont limitées surtout en saison des pluies. De plus, l'accès aux marchés est entravé et les agriculteurs ne peuvent pas vendre des produits agricoles et d'élevage à un prix optimal.

(6) Santé et Hygiène

Dans la zone d'étude, les principales maladies sont le paludisme et la diarrhée. Les principaux hôpitaux qui offrent des services médicaux et de santé à la population locale à l'intérieur et autour de la zone du lac Alaotra sont à Ambatondrazaka et Ampasikely. Il y'a 5 entres médicaux 9 pharmacies dans 9 communes de la zone d'étude. Le Ministère de la santé et de planification familiale envoie une équipe soignante dans un village sans un médecin qui effectue un service de patrouille périodique pour les soins aux femmes enceintes et aux nourrissons. La contrainte la plus sérieuse pour les services de santé et d'hygiène est le faible accès aux hôpitaux et aux médecins en raison de longues distances et du mauvais état des routes. Ils se trouvent à environ 20 km de certains villages. En outre, le manque de structures médicales, de médecins, d'infirmiers et de médicaments sont les plus graves problèmes des populations locales.

3.10.3 Problèmes liés au cadre de vie essentiel et leurs causes

Les problèmes liés au cadre de vie essentiel dans la zone d'étude ainsi que leurs causes sont exposés dans le tableau suivant.

Tableau 3.10.5 Problèmes liés au cadre de vie de base et leurs causes

Zone	Problèmes	Causes des problèmes
Toutes les zones	Faible revenu et activités économiques stagnantes	Le faible accès aux marchés des produits agricoles/d'élevage situés le long des routes nationales 3a et 33 au moment opportun en raison des mauvaises routes locales reliées aux routes nationales
		Le faible accès aux marchés de pêcheries et de boucheries à Morarano Chrome au moment opportun car une bonne gestion des pêcheries et des boucheries ne peut se faire sans réfrigérateurs du fait du manque d'énergie électrique L'augmentation des frais d'usinage du riz
	Manque de cadre de vie essentiel	La déclaration de maladies d'origine hydrique comme la diarrhée, du fait de la consommation d'eau de mauvaise qualité comme l'eau de puits, de canaux d'irrigation, de source et de fleuve en raison de l'insuffisance des infrastructures d'approvisionnement en eau domestique
		Le faible accès à l'hôpital et aux centres médicaux Le manque d'hôpitaux, de médecins, d'infirmiers et de médicaments
	Surconsommation des ressources forestières	La surconsommation de la forêt plantée pour l'obtention de bois de chauffage et de charbon de bois dans la partie supérieure du ruisseau du fait de la pression démographique, L'augmentation des frais de subsistance de la population dans la zone inférieure du ruisseau du fait des frais croissants de transport de bois de chauffage /charbon de bois
		La lourde charge de travail des femmes et le long temps nécessaire

		pour la collecte de bois de chauffage, L'insuffisance de soins pour les enfants
		La surconsommation de bois de chauffage du fait de l'utilisation de fourneaux ayant un rendement thermique faible

Source: Equipe d'étude de JICA

3.11 Cadre de vie naturel

La zone marécageuse située autour du lac Alaotra est réduite en raison des changements dans l'utilisation des sols depuis le marécage jusqu'aux terres agricoles, et aussi du fait de la perte de sol par les fleuves. D'autre part, la région du lac Alaotra qui comprend le lac, la zone marécageuse et la rizière s'est détériorée et la conservation de l'environnement pour la zone marécageuse est essentielle. Les caractéristiques du cadre de vie naturel dans la zone d'étude sont les suivants;

(1) Zones protégées et les espèces menacées

Au Madagascar, il existe 3 types de zones protégées comme stipulé par décret « Code des zones protégées » de 2001/05, (i) le Parc National (PN), (ii) la Réserve Naturelle Intégrale (RNI) et (iii) la Réserve Spéciale (RS). Il n'existe pas d'aires protégées dans la zone d'étude.

Il semble que les espèces menacées existent aux alentours de la zone d'étude, tels que *Hapalemur griseus alaotrensis*, *Microcebus rufus*, *Aythya innotata*, et *Tachybaptus rufolavatus*.

(2) Ecologie

Globalement, il existe quatre types d'habitats dans la terre humide du lac Alaotra dans la zone d'étude, et qui sont les suivants;

- (a) Lacs, étangs, canaux et fleuves dépendants du lac Alaotra
- (b) Les terrains marécageux offrant un habitat à lemur *Hapalemur Alaotrensis*
- (c) Les prés marécageux dominés par des plantes herbacées et des plantes courtes offrant un habitat à l'avifaune sauvage
- (d) Les collines et bassins fluviaux, le lieu de pâturage, la zone de reboisement, principalement couverts par *Aristida Rufescens* et *Heteropogon* sp

(3) Flore

La végétation dans la zone humide d'Alaotra, qui entoure la zone d'étude, présente 2 strates. La strate supérieure est dominée par *Cyperus Madagacariensis* « Zozoro », *Phragmites communis* « Bararata » et *Aegyrea vahibora* « Vahankelana ». Cependant, la strate inférieure est peuplée de *Cyperus Latifolius* « Vendrana », *Polygonum Glabrum* « Tamboloana » et *Echinochloa Crusgalli* « Vilona ».

Les bassins fluviaux sont dominés par la présence d'*Aristida rufescens* et de *Heteropogon*.

Les bas-fonds sont couverts par des graminées appelées *Cynodon dactylon* « Rapanitra » et les étangs présentent des espèces très floristiques tels que le *Typhonodorum lindleyanum* « Via », le *Polygonum Glabrum*, et le *Learsia hexandra* « Karangy ».

(4) Faune

Les terres marécageuses d'Alaotra qui entourent la zone d'étude offrent un habitat ou d'un type de lémurien appelé *Hapalemur griseus Alaotrensis* qui est pour le moment sérieusement menacé. Il s'agit d'une sous-espèce endémique au Madagascar, mais aussi endémique à Alaotra. La population de cet animal diminue actuellement car il y'avait plus de 10000 sujets vers 1990, et en 1994, il n'y avait que 75000 sujets restants; 5000 à 7000 sujets en 1999 et à l'heure actuelle la population totale est estimée à 3000 sujets.

(5) Convention de Ramsar

Le lac Alaotra et de la zone marécageuse située autour du lac ont été désignés comme une zone marécageuse enregistrée par la convention de Ramsar, le 9 septembre 2003. La zone enregistrée est de 48916 ha comprenant la zone du lac qui fait 19971 ha, l'autre zone de marais qui est de 5445 ha et la zone marécageuse autour du lac qui est de 23500 ha. La zone d'étude ne couvre pas la zone enregistrée par la Convention de Ramsar, sauf sur un site de l'autre zone de marais qui fait 232 ha

L'Alaotra Mangoro DREEF a élaboré un projet de plan de gestion pour la zone enregistré en 2005 avec l'aide du programme sur l'environnement de la Banque mondiale du Fonds mondial pour la nature (WWF). Dans l'étude ci-dessus, le zonage a été fait pour le bassin de la zone enregistrée. Le bassin de la zone enregistrée dans la zone d'étude est de 673584 ha comprenant 117000 ha de rizière, 54088 ha de superficie équivalente à la rizière et 502496ha de bassin fluvial des fleuves qui se jettent dans le lac Alaotra. Aussi une partie de la superficie de la forêt naturelle dans le bassin de la zone enregistrée a été désignée comme zone de conservation de l'environnement, cependant les terres agricoles dans le bassin de la zone enregistrée n'ont pas été décimées. La zone marécageuse enregistrée et le plan de classification selon l'utilisation des terres sont illustrées à la Fig. 3.7.

3.12 Désir et volonté des populations de participer au développement

3.12.1 Désir des populations

.Les résultats de la composante « désir des populations pour le développement » que l'équipe d'étude de JICA a menée sont résumés dans le tableau 3.5. Généralement les personnes demandent fortement l'amélioration des infrastructures comme les routes, les services médicaux, l'approvisionnement en eau domestique, etc., mais le désir d'amélioration de l'environnement est faible. Les résultats n'indiquent pas toujours une faible prise de conscience de la population par rapport à l'environnement parce que, dans les réponses aux questions, il est demandé que le nombre limité de choix soit retenu parmi les multiples choix

de désir. En cas d'utilisation d'un tel questionnaire, les individus ont tendance à appliquer une vision à courte vue pour la sélection de composantes relatives au développement. En conséquence, les individus vont sélectionner les composantes relatives aux infrastructures qui offrent des avantages à court terme. D'autre part, on considère que la réduction de la pauvreté dans ce projet devrait être réalisée à travers l'amélioration des revenus, l'amélioration du cadre de vie ainsi que la protection de l'environnement. Donc, il est nécessaire de prendre en considération la composante infrastructure ainsi que l'environnement (le reboisement :3-20%, la conservation des sols: 8-30%) pour le projet de développement. En outre, il est également pré-requis que les populations soient sensibilisées de sorte qu'elles comprennent que les questions liées à l'environnement et aux infrastructures sont importantes pour réduire la pauvreté dans la zone d'étude.

3.12.2 Volonté des populations de participer au développement

Les résultats de l'enquête détaillée de village qui indiquent la volonté des populations de participer au développement sont illustrés ci-dessous;

(1) Prise de conscience de l'augmentation des problèmes de la forêt

Tableau 3.12.1 Volonté des populations de participer à l'augmentation des zones forestières

Zone	Village	Participation (%)	Non participation (%)	Aucune réponse (%)
Basin fluvial de Sahamilahy	Antanimafy	89.7	2.6	7.7
	Maheriara	97.5	2.5	0.0
	Morarano Chrome	93.3	5.0	1.7
4-Petits/moyens bassins fluviaux	Manakambahinikely	92.5	7.5	0.0
Bassin fluvial de Sahabe	Ranofotsy	87.8	10.2	2.0
	Sahanidingana	96.0	0.0	4.0
	Soalazaina	83.3	16.7	0.0
	Besakay	93.3	5.0	1.7

Source: Enquête détaillé de village, Equipe d'étude de JICA, 2004

(2) Prise de conscience de l'augmentation des problèmes d'irrigation

Tableau 3.12.2 Volonté des populations de participer à l'amélioration de l'irrigation

zone	Village	Participation (%)	Non participation(%)
Basin fluvial de Sahamilahy	Antanimafy	76.9	2.6
	Maheriara	-	-
	Morarano Chrome	81.7	0.0
4 Petits/moyens bassins fluviaux	Manakambahinikely	87.5	5.0
Basin fluvial de Sahabe	Ranofotsy	79.6	4.1
	Sahanidingana	4.0	0.0
	Soalazaina	53.3	1.7
	Besakay	76.7	0.0
Zone PC23	Ambohidrony	86.0	4.0
	Mahakary	100.0	0.0

Source: Enquête détaillé de village, Equipe d'étude de JICA, 2004

La plupart des individus dans la zone d'étude gagnent leur vie sur la base d'activités agricoles. La volonté des populations de participer à la réduction des problèmes de la forêt est forte en général. Elles comprennent que la gestion des bassins versants dans la zone d'étude devrait être réalisée d'urgence à l'heure actuelle. Cependant, elles n'ont aucune idée sur comment réaliser la gestion des bassins versants en ce moment. D'autre part, les populations de la zone supérieure du ruisseau veulent réduire les problèmes relatifs à la détérioration des systèmes d'irrigation traditionnels pour la culture du paddy. Les individus dans la zone PC23 demandent principalement l'amélioration des systèmes d'irrigation et de drainage dans le système PC23 et veulent participer à des projets de développement pour l'amélioration de l'irrigation.

Tableau

Tableau 3.1 Nombre de communes et de ménages/habitants dans les villages de la zone d'étude

Commune/village	Population	Ménages	Region	commune/village	Population	Ménages	Région	Commune/village	Population	Ménages	Région
1 Ampasikely	3,690	541		4 Morarano Chrome	3,924	654	Sahamilahy	6 Bejofo	1,536	260	
Ampasikely	1,060	157	SM**	Mahatsinjjo	1,894	350	PC23	Betambako	1,017	174	Sahabe
Ambohidrano	849	133	SM**	Ambohidrony	1,998	333	PC23	Ambohitrandriana	519	86	Sahabe
Amboivoandelaka	873	117	SM**	Ambatomanga	1,673	277	SM**				
Antanambarisara	908	134	SM**	Antanimena	1,385	325	SM**	7 Soalazaina	8,712	1,431	
				Maharidaza	1,200	341	SM**	Soalazaina	3,637	534	Sahabe
2 Andrebakely Sud	7,237	1,016		Antanandava	550	187	Sahamilahy	Ambatobe	1,758	317	Sahabe
Andrebakely	1,560	160	SM**	Anosiboribory	350	91	PC23	Vohitsoa	1,979	278	Sahabe
Ambodifarthy	1,688	250	SM**	Antsahamanga	2,000	350	Sahamilahy	Mahatsara	1,338	302	Sahabe
Antanimatalaka	1,877	326	SM**	Ankoririka	1,125	213	Sahamilahy	Andranobe			Sahabe
Amnongabe	987	125	SM**	Antsarahonenana	1,800	320	Sahamilahy				
Andranomnanga	707	110	SM**	Ambohimanarivo	690	115	Sahamilahy	8 Tanambao-Besakay	13,033	2,183	
Andilambarika	418	45	SM**	Tsaralaza	860	215	SM**	Tanambao-Besakay	5,080	1,000	Sahabe
				Ambohidelahy	1,090	400	Sahabe	Anjiro	2,061	300	Sahabe
3 Ambatomainty	13,849	2,165		Moratelo	1,671	354	Sahabe	Nandanivatsy	2,427	350	Sahabe
Ambatomainty	1,430	211	PC23	Ambodiatafana	890	148	Sahabe	Andriambe	2,122	300	Sahabe
Analakiminina	2,088	303	PC23	Andranofasika	1,600	270	Sahamilahy	Ambohimanarina	691	145	Sahabe
Antsevabe	900	125	PC23	Maheriara	535	190	Sahamilahy	Andilamenakely	652	88	Sahabe
Antanambao III - IV	3,100	516	PC23	Antetezantany	4,500	1,000	Sahamilahy				
Antanambao I - II	3,250	518	PC23	Antanimafy	261	87	Sahamilahy	9 Andlianatoby	7,137	1,016	
Mahakary	876	119	PC23	Andoharano	1,701	230	Sahamilahy	Ambodifakarana	570	101	Sahabe
Vohibola	900	103	PC23	Ambodirano	550	187	Sahamilahy	Ambohimirina	1,607	221	Sahabe
Antsapanane-fatra	1,055	205	PC23	Ambohitromby	10,062	1,535		Sahanidingana	2,375	333	Sahabe
Andrombaza	250	65	PC23					Ankasina	850	111	Sahabe
				5 Ranomaity	2,472	380	Sahabe	Ambohimasina	1,128	150	Sahabe
4 Morarano Chrome	52,938	10,484		Ranomaity	1,799	300	Sahabe	Andasibe	607	100	Sahabe
Morarano Chrome	10,278	1,713	SM**	Mahatsara	2,130	290	Sahabe	Total dans la zone d'étude	118,194	20,631	
Morarano Quest	1,407	396	SM**	Ranofotsy	1,839	285	Sahabe				
Ambahibo	7,110	1,422	PC23	Fidanana	1,822	280	Sahabe				
Manakambahinikely	1,494	249	SM**	Ambohimanatrika							
Analamongy	402	67	SM**	Amparihivola							

Note: **Ménages, **4 fleuves de petite et moyenne taille

Source: Fichiers des bureaux de la commune et des villages

Tableau 3.2 Bujets agricoles moyens dans 10 villages sélectionnés

(FMG/ménage/an)

région	PC23		bassin du fleuve Sahamiliaty			basins des fleuves de petite/moyenne taille	bassin du fleuve Sahabe				
	Ambohidrony	Mahakary	Antanimafy	Maheriara	Morarano Chrome		Manakam-bahinikely	Ranofotsy	Sahanidingana	Soalazaina	Besakay
A. Revenus											
1) agriculture	4,572,000	2,284,000	4,763,000	1,746,000	3,660,000	4,046,000	2,186,000	3,397,000	1,023,000	2,532,000	
2) bétail	711,000	970,000	704,000	167,000	537,000	114,000	141,000	148,000	446,000	361,000	
3) pêches	1,253,000	1,737,000	569,000	502,000	1,550,000	650,000	343,000	550,000	485,000	737,000	
4) vente de bois de chauffe	1,088,000	1,214,000	949,000	656,000	991,000	478,000	278,000	501,000	602,000	393,000	
5) main-d'œuvre agricole rémunérée	1,377,000	812,000	371,000	628,000	620,000	232,000	318,000	222,000	456,000	453,000	
6) revenus générés par d'autre activités	799,000	626,000	670,000	548,000	1,707,000	243,000	254,000	302,000	1,360,000	763,000	
7) rente	615,000	411,000	279,000	155,000	128,000	60,000	108,000	87,000	481,000	413,000	
8) autres	633,000	132,000	241,000	47,000	395,000	78,000	64,000	24,000	522,000	265,000	
sous-total	11,046,000	8,187,000	8,545,000	4,450,000	9,588,000	5,900,000	3,691,000	5,230,000	5,375,000	5,918,000	
écart type	7,780,000	8,032,000	5,450,000	2,676,000	7,925,000	6,092,000	2,506,000	6,105,000	3,371,000	4,753,000	
maximum	40,600,000	50,625,000	23,925,000	24,174,000	43,340,000	38,080,000	9,726,000	41,200,000	19,150,000	29,020,000	
minimum	2,780,000	1,788,000	1,126,000	873,000	790,000	1,425,000	468,000	770,000	500,000	496,000	
B. Dépenses											
1) nourriture	2,298,000	1,937,000	2,540,000	1,627,000	3,836,000	1,602,000	1,094,000	1,150,000	1,596,000	1,419,000	
2) habits	356,000	412,000	348,000	179,000	441,000	353,000	193,000	381,000	193,000	462,000	
3) dépenses d'habitat	176,000	370,000	406,000	45,000	377,000	191,000	49,000	223,000	198,000	219,000	
4) éducation	366,000	225,000	347,000	83,000	296,000	198,000	91,000	130,000	94,000	207,000	
5) services médicaux	539,000	290,000	264,000	53,000	466,000	172,000	73,000	100,000	93,000	163,000	
6) énergie	434,000	114,000	172,000	65,000	513,000	150,000	105,000	83,000	111,000	148,000	
7) remboursement de prêts	468,000	55,000	375,000	2,000	288,000	205,000	196,000	66,000	64,000	108,000	
8) autres	980,000	169,000	607,000	138,000	510,000	386,000	265,000	246,000	142,000	342,000	
sous-total	5,616,000	3,571,000	5,058,000	2,191,000	6,726,000	3,257,000	2,065,000	2,380,000	2,492,000	3,067,000	
écart type	4,156,000	1,914,000	5,138,000	1,282,000	9,691,000	2,759,000	1,469,000	2,249,000	1,692,000	2,685,000	
maximum	24,765,000	10,300,000	28,660,000	6,163,000	70,060,000	16,580,000	7,103,000	15,000,000	10,791,000	15,240,000	
minimum	1,230,000	1,215,000	876,000	561,000	720,000	1,005,000	343,000	693,000	466,000	326,000	
réserves liqu. nettes	5,430,000	4,616,000	3,487,000	2,258,000	2,862,000	2,643,000	1,626,000	2,850,000	2,884,000	2,851,000	

Source: l'étude détaillée des villages menée par la JICA study team, Fév. 2004

Tableau 3.3 Analyses des sols

Sites des échantillons	topographie	terre utilisée	horizon	texture du sol	pH		EC ($\mu\text{mho/cm}$)	total carbone (%)	total azotogène (%)	C/N ratio	phosphate disponible (ppm)	CEC meq/100g	SB %
					eau	KCl							
Antanimafy	montagneuse	hautes terres	surface	SL	5.85	5.15	250	2.66	0.049	54.3	6.1	2.2	11.8
Maheriara/Antanetilehibe-1	fond de vallée	rizière	sous-sol	argile silt.	5.95	4.90	170	1.62	0.035	48.3	1.4	0.9	19.1
Maheriara/Antanetilehibe-2	fond de vallée	rizière	terre cultivée	SL	5.70	5.40	450	11.96	0.336	35.6	1.0	8.0	24.9
Maheriara/Anosivilona	fond de vallée	rizière	terre cultivée	L	5.90	5.60	182	12.83	0.378	33.9	0.7	9.9	68.2
Maheriara/Amabaniatsimo	fond de vallée	rizière	terre cultivée	CL	6.20	5.90	158	2.04	0.070	29.1	0.2	3.2	184.2
Ambatomainy	fond de vallée	hautes terres	terre cultivée	CL	5.65	5.80	300	2.27	0.063	36.0	2.4	4.8	116.2
Antsenandrabary	plaine alluviale	rizière	surface	SL	5.60	4.85	650	3.21	0.084	38.2	76.3	2.6	12.3
Anosiboriry	plaine alluviale	rizière	sous-sol	SL	5.95	4.85	400	1.56	0.049	31.8	11.8	1.1	19.2
PC23/Antanandava	plaine alluviale	forêt	terre cultivée	CL	5.90	5.75	150	1.11	0.028	39.6	0.9	2.3	127.7
PC23/Lot 4	plaine alluviale	rizière	sous-sol	LS	5.75	5.45	280	2.34	0.070	33.4	18.6	1.9	52.3
PC23/Lot 5	plaine alluviale	rizière	sous-sol	SL	6.00	3.25	80	1.43	0.028	51.1	7.7	1.0	20.9
PC23/Lot 6-1	plaine alluviale	rizière	terre cultivée	SL	5.70	5.20	230	9.31	0.161	57.8	7.0	3.8	37.7
PC23/Lot 6-2	plaine alluviale	rizière	sous-sol	SL	5.65	5.05	136	9.08	0.168	54.0	4.3	5.6	58.0
Mahakary/PC23 Lot 20-1	plaine alluviale	hautes terres	sous-sol	SL	6.20	5.70	100	8.23	0.126	65.3	4.2	5.8	60.9
Mahakary/PC23 Lot 20-2	plaine alluviale	hautes terres	terre cultivée	C	5.55	5.00	156	1.89	0.098	19.3	9.0	4.1	126.0
Mahakary/PC23 Lot 28	plaine alluviale	hautes terres	terre cultivée	L	5.55	5.20	166	11.30	0.196	57.7	3.1	6.5	39.6
Mahakary/PC23 Lot 29	plaine alluviale	hautes terres	terre cultivée	CL	5.65	5.25	176	3.68	0.119	30.9	34.3	3.9	117.3
Bejofo	plaine alluviale	hautes terres	terre cultivée	SL	5.70	4.95	160	10.05	0.210	47.9	5.3	7.1	33.7
Ranofotsy	lavaka	pâturage	terre cultivée	CL	6.10	5.70	344	3.67	0.119	30.8	9.2	3.5	148.1
	cône		terre cultivée	SL	6.05	5.70	400	8.41	0.301	27.9	3.6	7.3	73.0
			surface	L	6.60	6.25	166	5.62	0.119	47.2	1.1	4.5	119.2
			sous-sol	SL	5.85	5.60	210	5.84	0.168	34.8	3.1	8.2	56.8
			terre cultivée	SL	6.25	5.90	234	8.35	0.182	45.9	2.4	5.1	89.5
			surface	SL	5.70	4.55	260	3.41	0.098	34.8	3.1	2.1	15.4
			sous-sol	SL	6.05	5.25	140	2.71	0.084	32.3	1.8	1.5	15.1
			surface	SCL	5.45	5.30	114	1.20	0.028	42.9	3.6	1.9	156.2
			sous-sol	SCL	5.50	5.20	64	0.50	0.014	35.7	1.1	2.0	101.7

remarques: échantillons de sol prélevés par la JICA study team, analyses des sols effectuées par FOFIFA

CE:conductivité électrique, CEC:pouvoir d'échange cationique, SB:saturation en bases

Source: JICA study team

Tableau 3.4 Longueur totale des canaux de la zone du PC23

(Unité: m)

Canaux d'irrigation						Canaux de drainage					
Canal principal		Canal secondaire		Canal tertiaire		Drain principal		Drain tertiaire			
Nom	Longueur	Nom	Longueur	Nom	Longueur	Nom	Longueur	Nom	Longueur		
P1	23,200			C001	2,600	D0	14,700	D001	1,800		
				C002	1,000			D002	2,000		
				C003	2,300			D003	3,300		
				C101	1,700			D004	4,000		
				C102	2,200			D005	3,200		
				C1.1	2,000	C111	1,400	D1	8,200	D101	2,000
						C112	2,000			D102	2,400
				C1.2	-	C121	1,500			D103	3,000
						C122	2,800			D104	3,000
				C1.3	5,000	C131	1,000	D2	12,400	D105	3,000
						C132	3,000			D106	3,000
						C133	3,000			D107	3,000
						C134	3,000			D108	3,000
						C135	3,000			D200	4,800
				C136	2,500	D201	4,800				
		C1.4	3,200	C141	2,000	D202	3,200				
				C142	1,200	D203	1,000				
				C143	1,600	D204	1,600				
P5	6,400	C5.1	250			D205	4,600				
		C5.2	2,200			D206	4,600				
		C5.3	650	C531	2,000			D207	3,600		
				C532	2,000			D208	4,000		
				C533	1,000			D209	3,600		
		C5.4	-	C541	3,400			D210	4,000		
				C542	4,500			D211	3,600		
		C5.5	7,900	C551	1,000			D212	4,000		
				C552	1,600			D213	3,600		
				C553	2,000			D214	4,000		
				C554	2,000			D215	3,600		
				C555	2,000			D216	4,000		
				C556	2,000			D217	3,600		
				C557	2,000			D218	4,000		
				C558	4,900			D219	3,600		
		C5.6	8,900	C561	2,600			D220	4,000		
				C562	2,600			D221	3,600		
				C563	2,600			D3	8,700	D301	1,500
				C564	2,600					D302	1,100
C565	2,600					D303	-				
C566	2,600					D304	1,200				
C567	2,600					D4	5,800	D401	3,400		
C568	2,600							D402	2,000		
C569	1,500					Sous-total	49,800		127,300		
Sous-total	29,600				30,100		90,500	D. sud	3,000		
N.C.Canal	10,500		-		-	D. nord	3,600	ND1	5,000		
Total	40,100		30,100		90,500			ND2	4,800		
								ND3	4,500		
						Sous-total	6,600		14,300		
						Total	56,400		141,600		

(Note) : la précédente étude menée en 1988 dans le cadre de la réhabilitation révèle

les longueurs suivantes;

'- Canal principal d'irrigation : 28.930 m

'- canal secondaire d'irrigation: 36.880 m

N.C.Canal: Canal du collecteur nord

D.: Drain

Source:JICA study team

Tableau 3.5 Aménagements souhaités par les agriculteurs

(%)

Zone	bassin du fleuve Sahamilahty			bassins de fleuves de petite/moyenne taille Manakambahim ikely	bassin du fleuve Sahabe						Zone du PC23		nombre de villages*
	Antanimafy	Maheriana	Morarano Chrome		Ranofotsy	Sahanidingana	Soralazaina	Besakay	Ambohidrony	Mahakary			
1- route	25.6	57.5	41.7	92.5	59.2	94.0	86.7	73.3	58.0	100.0	9		
2- pont	35.9	17.5	5.0	12.5	16.3	12.0	11.7	20.0	0.0	2.0	1		
3- drainage	0.0	2.5	23.3	12.5	10.2	14.0	20.0	6.7	18.0	6.0	0		
4- services médicaux	51.3	70.0	25.0	60.0	44.9	16.0	10.0	66.7	84.0	10.0	6		
5- approvisionnement et eau	28.2	90.0	53.3	15.0	38.8	22.0	41.7	31.7	26.0	84.0	5		
6- système d'irrigation	12.8	2.5	11.7	17.5	24.5	48.0	16.7	35.0	26.0	84.0	3		
7- commercialisation des produits agricoles	38.5	2.5	28.3	22.5	20.4	10.0	40.0	25.0	14.0	6.0	2		
8- services des techniques agricoles	33.3	12.5	43.3	10.0	26.5	38.0	15.0	8.3	32.0	0.0	3		
9- toilette	2.6	5.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0		
10- reboisement	10.3	17.5	23.3	17.5	16.3	12.0	16.7	3.3	2.0	2.0	0		
11- conservation des sols	23.1	22.5	10.0	30.0	8.2	32.0	28.3	20.0	4.0	0.0	1		
12- autres	30.8	0.0	21.7	10.0	16.3	0.0	1.7	5.0	26.0	2.0	0		

※réponse à la question [quels éléments voulez-vous au titre d'aide au développement ?], choisir 3 éléments au maximum

les trois éléments de développement les plus désirés dans le village

* : le nombre de villages qui n'ont indiqué l'un des trois éléments de développement les plus désirés

Source: l'étude détaillée des villages menée par la JICA study team, Fev. 2004

Figure

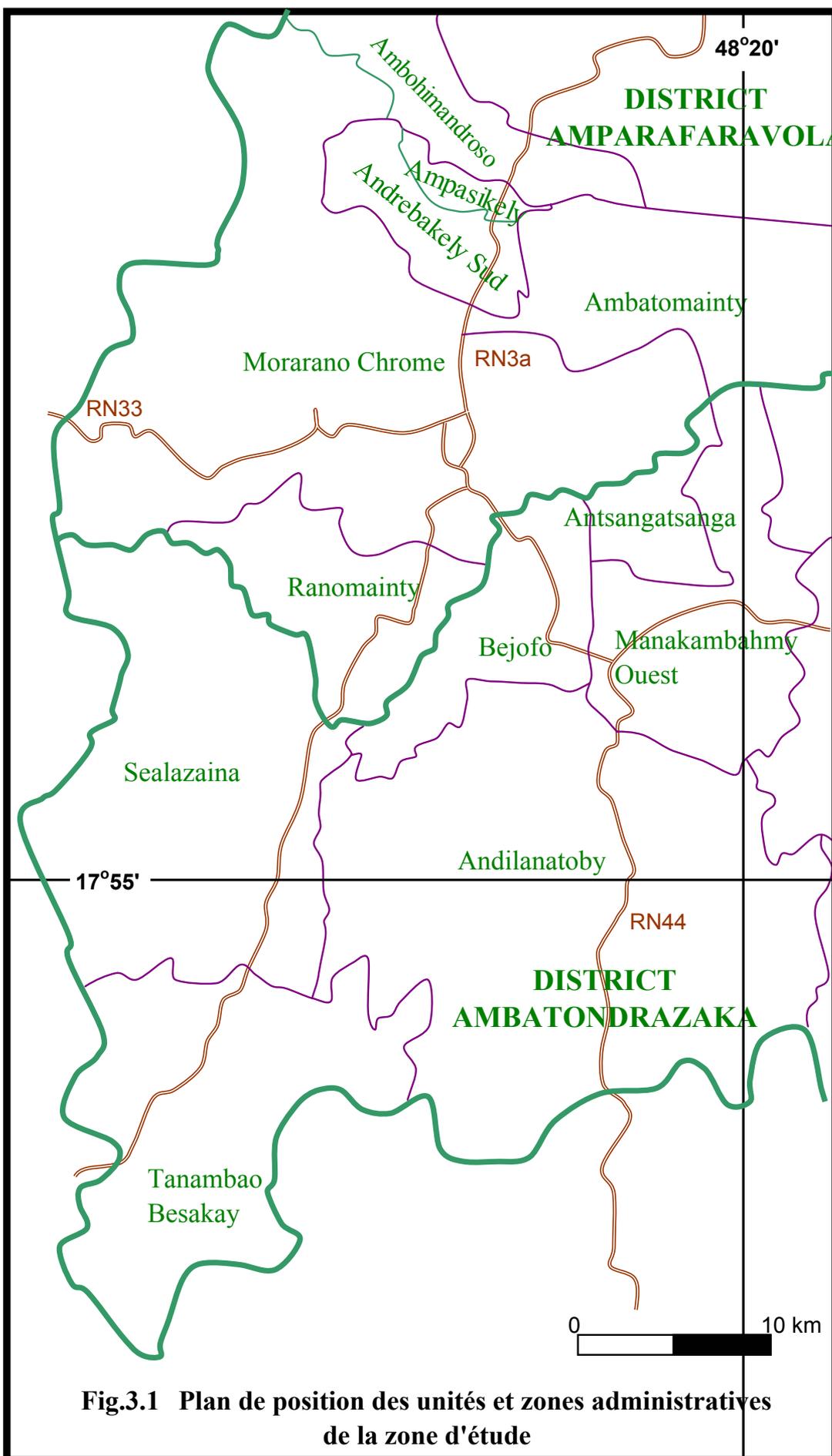


Fig.3.1 Plan de position des unités et zones administratives de la zone d'étude

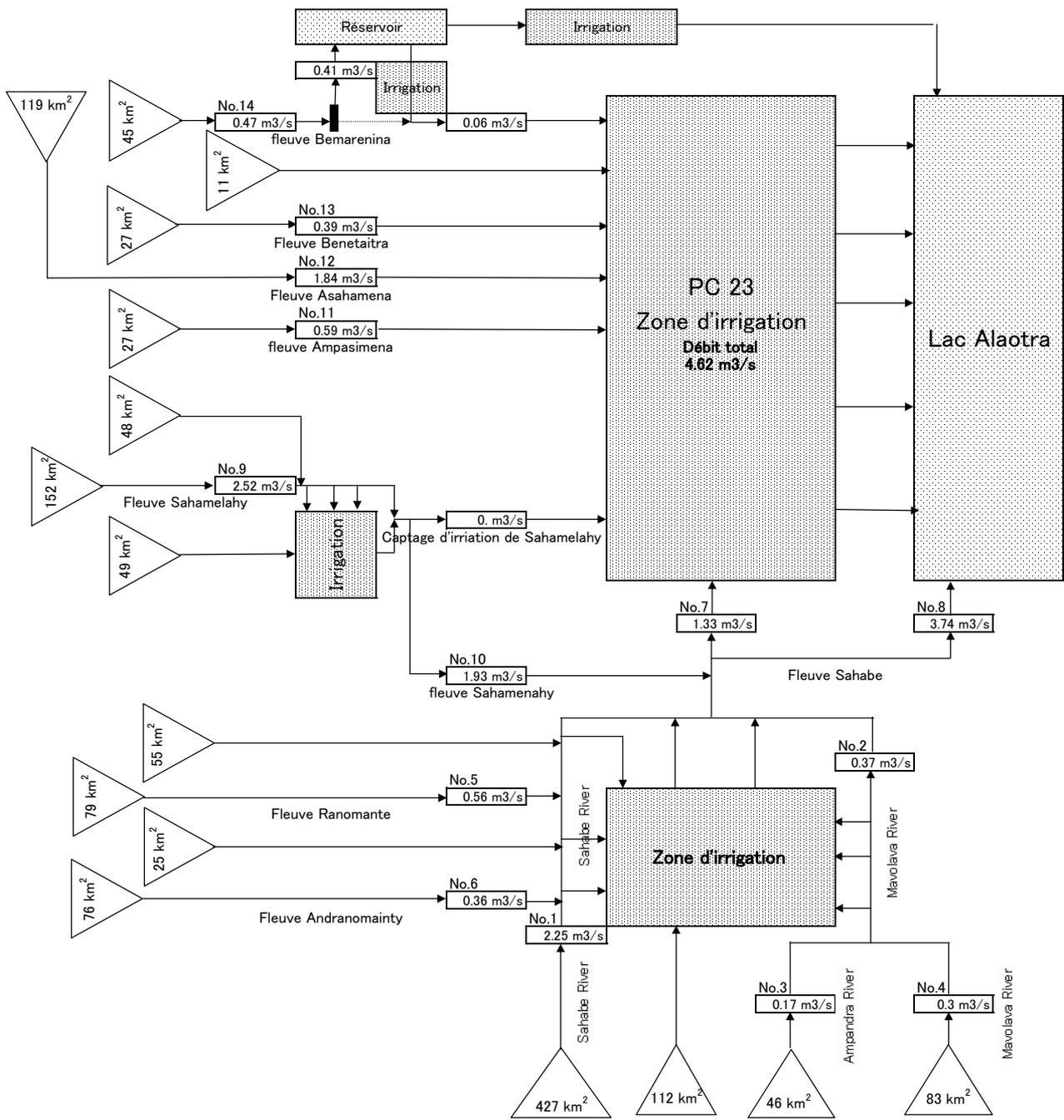
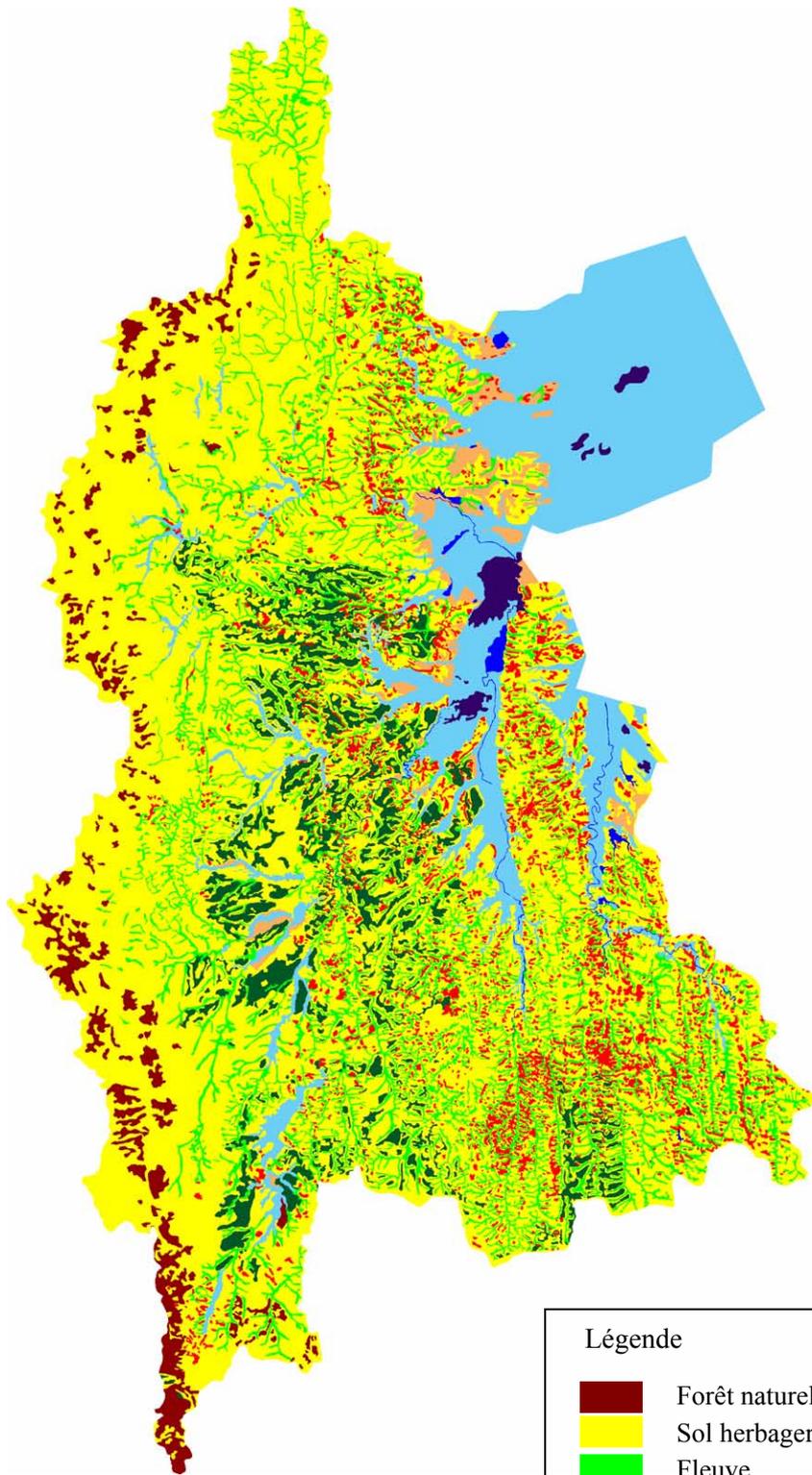


Fig. 3.2 Résultats des mesures du débit de la zone d'irrigation du PC23
 (Période de mesure: 8 Oct. 2003 - 11 Oct. 2003)



Légende

	Forêt naturelle
	Sol herbager et arbustif
	Fleuve
	Forêt artificielle (pin)
	Forêt artificielle (Eucalyptus)
	Rizière
	Hautes terres
	Zone humide
	Masses d'eau

Data source : MINENVEF, JICA Study Team

Fig. 3.3 Plan d'occupation des sols dans la zone d'Etude

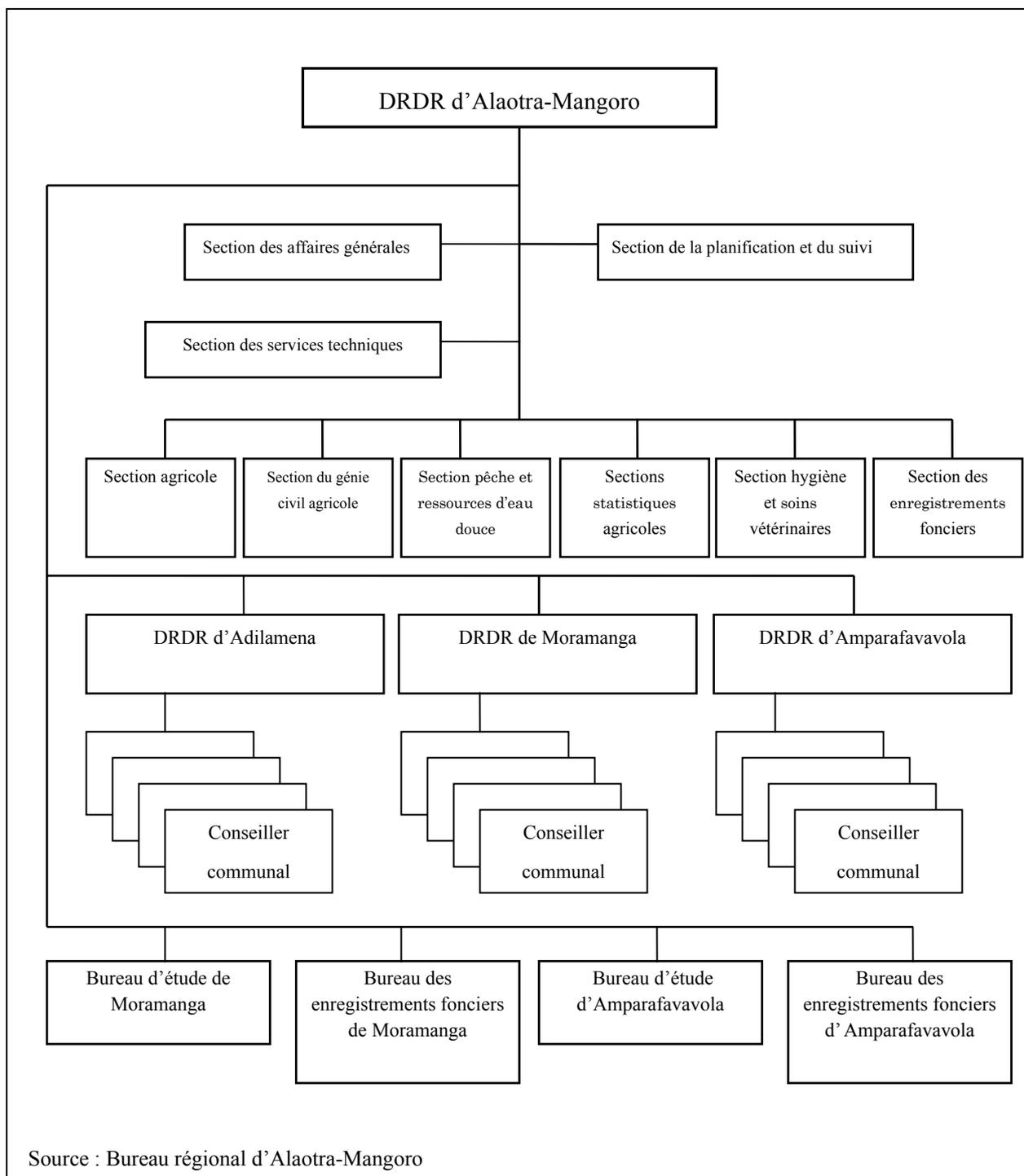


Fig. 3.4 DRDR d'Alaotra-Mangoro

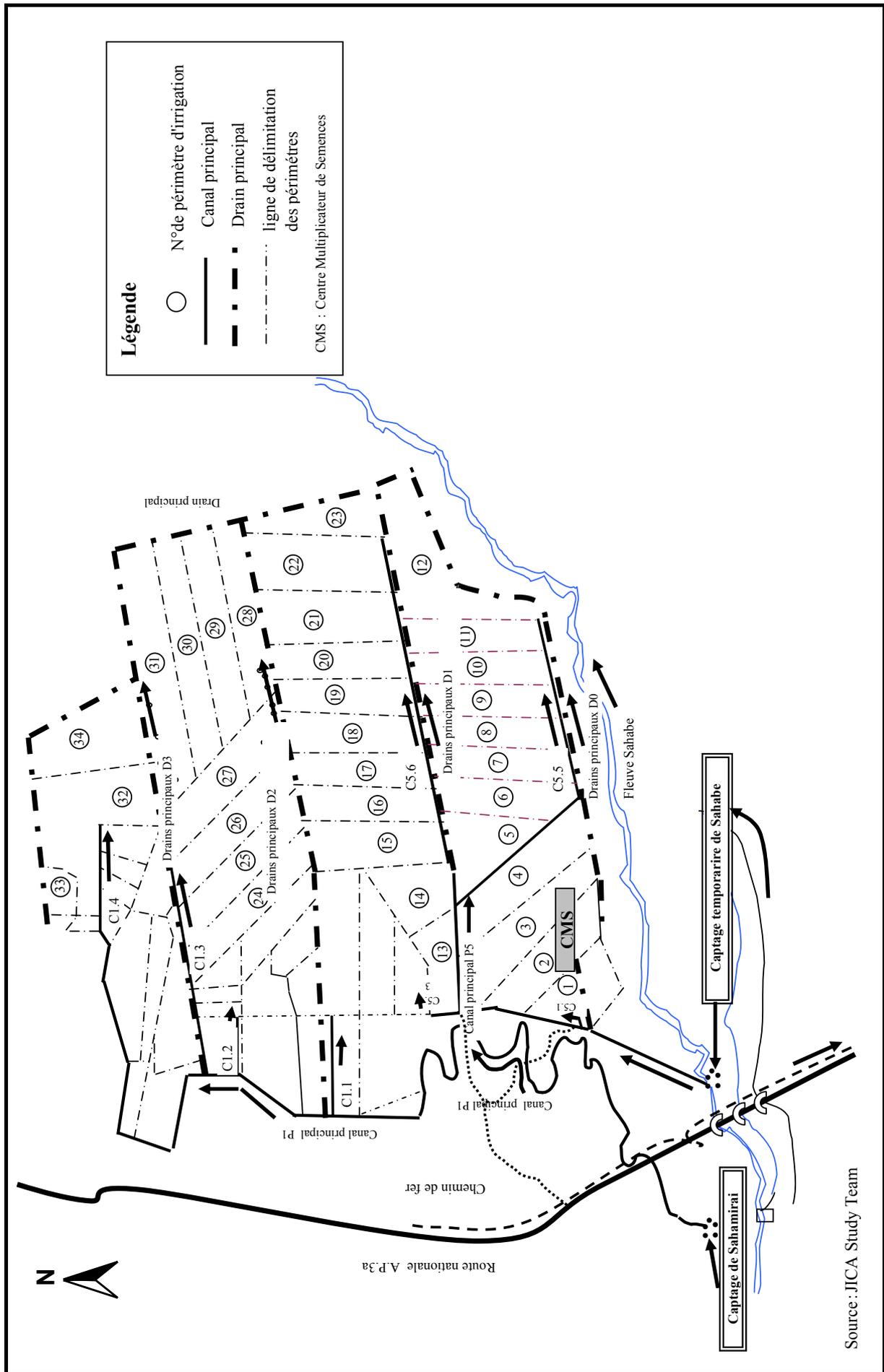


Fig 3.5 Système d'irrigation et de drainage du PC23

Source: JICA Study Team

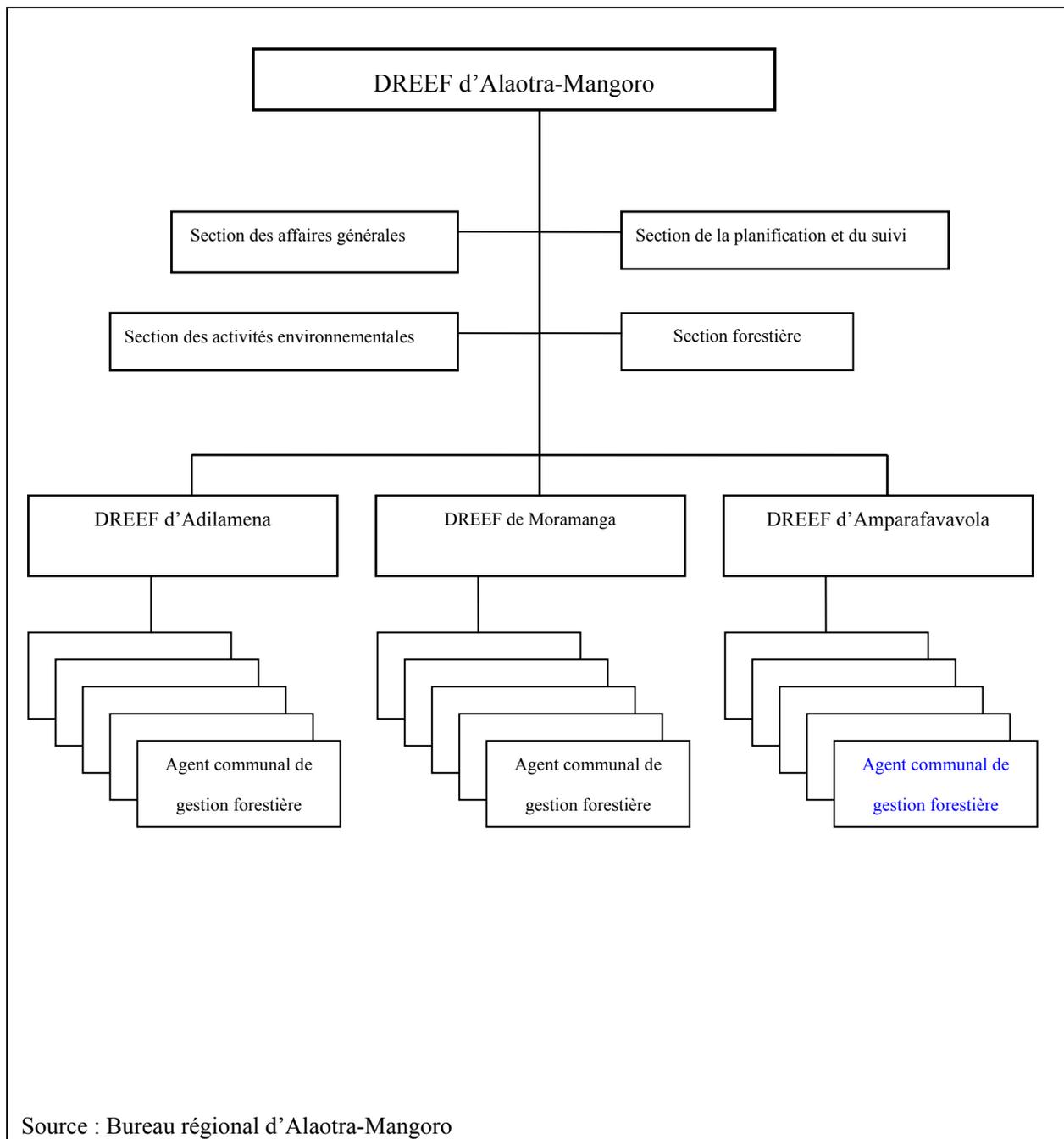


Fig. 3.6 DREEF d'Alaotra-Mangoro

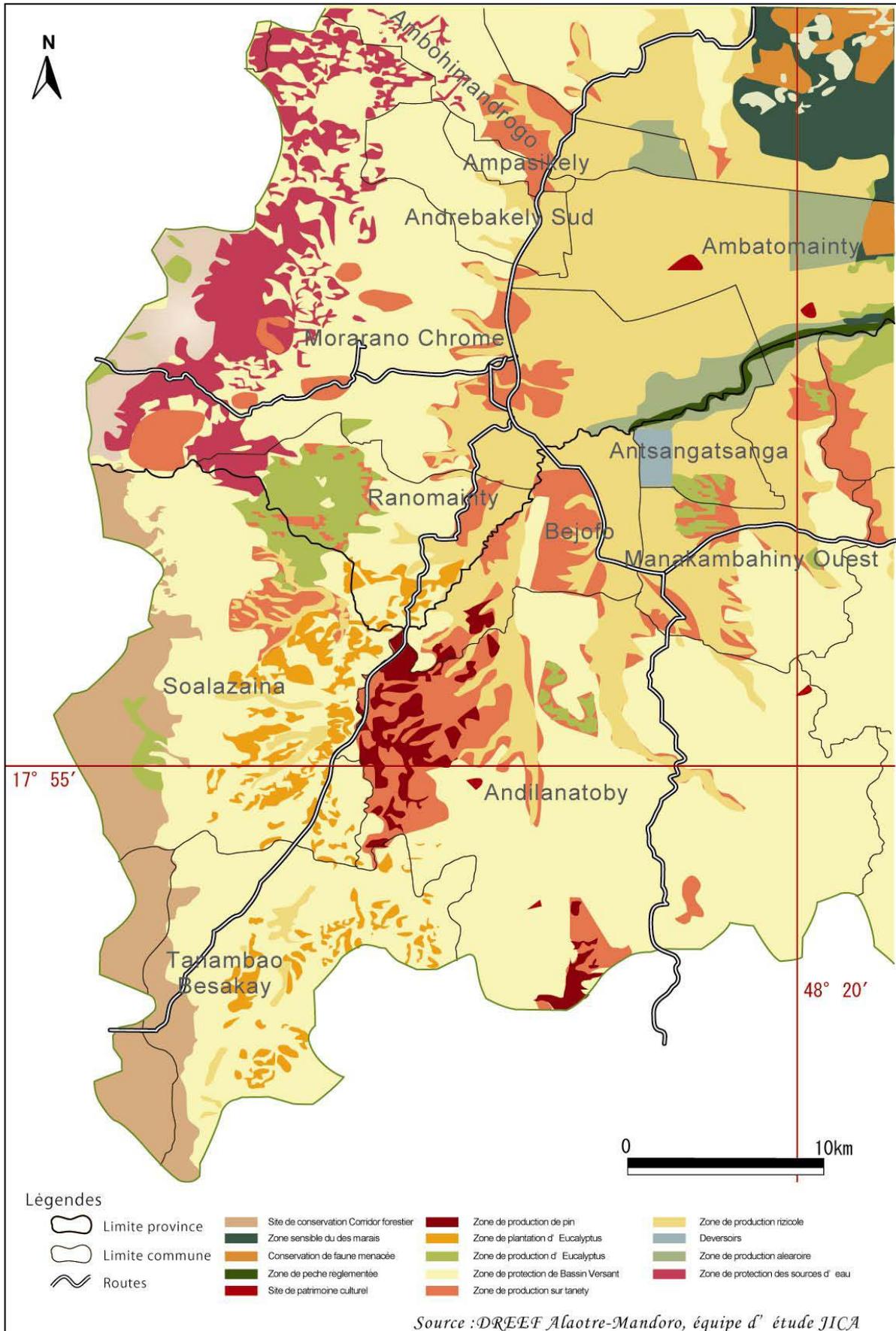


Fig 3.7 Plan de gestion des masses d'eau

ANNEXE 3-1
ANALYSE DE RUISSELLEMENT

ANALYSE DE RUISSELLEMENT

1. Objectifs

L'analyse de l'étiage de cette étude est faite afin d'estimer les séries de débit des rivières à long terme de la zone d'étude. La répartition saisonnière des débits des rivières affecte fortement les travaux d'irrigation, qui à son tour, fait fluctuer la productivité du riz. Exemple, les sécheresses sévères des années hydrologiques de 1998 et 1999 pendant lesquelles les rizières du PC 23 sont sèches et sans production de riz. Ce qui est très important pour les paysans afin qu'ils puissent maintenir un niveau d'entrée d'argent pour leur vie quotidienne. En général, la réduction de la source de revenu affecterait directement les conditions d'études des enfants. Beaucoup de paysans disent que si la source d'argent s'améliore, le surplus sera destiné à l'amélioration du niveau éducatif de leurs enfants. Contrairement à cela, les dépenses pour l'éducation seraient les premiers à être épargnées si la source d'argent diminue à cause de la sécheresse ou de l'inondation.

L'analyse de l'étiage ne pourrait pas résoudre de tel problème important. Cela peut être rendu clair par la probabilité de risque de sécheresse, qui à son tour, pourrait fournir aux associations d'utilisateurs d'eau quelques allusions sur les actions à entreprendre en cas d'aléas climatique comme l'inondation ou la sécheresse. Les activités de préparation aux urgences telles que stockage de riz, épargne et systèmes d'assurance pourraient être tirées des résultats de l'analyse de étiages car la probabilité de risque de sécheresse peut être indiquée.

La révision des systèmes d'irrigation existants du PC 23 est un autre objectif de l'analyse de l'étiage. On estime à 10,000 ha, la superficie des rizières à l'intérieur du PC 23. De plus, il y a d'importantes rizières en amont et en aval de la zone du PC 23. On estime une superficie totale des rizières à plus ou moins 13,000 ha. La zone à irrigation optimum, basée sur la disponibilité en eau serait révélée par les résultats de l'analyse de l'étiage et de l'étude de l'équilibre en eau. De plus, le plan de développement des ressources en eau, incluant barrage et réservoir à but multiple, bassin d'eau à petite échelle, plan de gestion de la distribution d'eau, peut être proposé en fonction de l'analyse d'étiage.

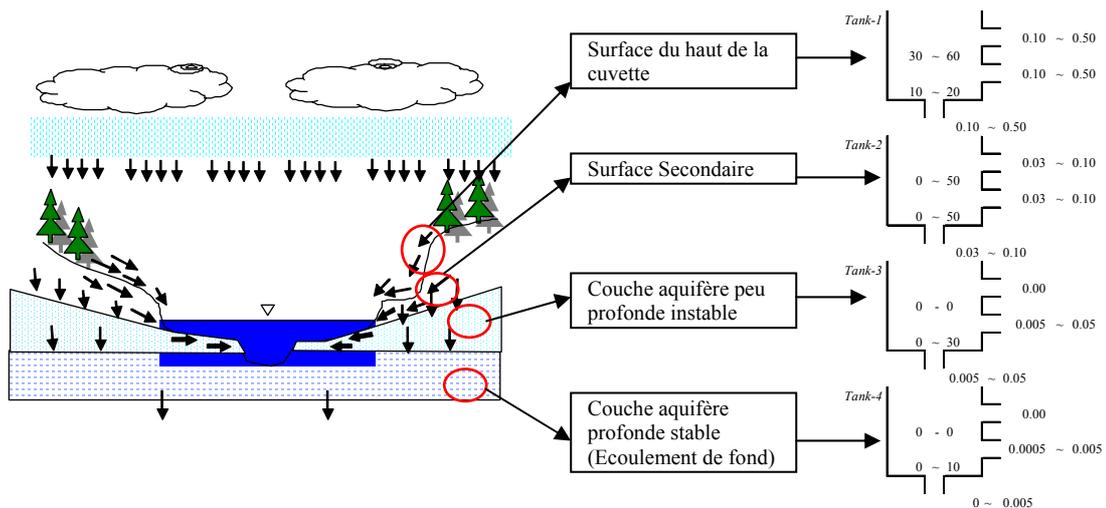
2. Approche

En général, l'analyse de l'étiage est menée au moyen de séries de données de débit de rivière. Pour cela, il faut faire des mesures de débit au moins une fois par mois pendant 30 ans afin d'accumuler des données de débit de rivière. Des mesures de débit quotidienne des rivières avec des mesures de précipitations sont préférables pour mener une analyse plus détaillée et sûre. L'équipe d'étude a mené des mesures de débit juste au moment où elle a débuté. La même activité devrait être poursuivie pendant une longue durée.

Dans ce cas, les données de précipitations doivent être employées pour l'analyse de l'étiage, alors on appelle cela analyse de précipitation-ruissellement. Pour conduire des analyses de précipitation- ruissellement, quelques modèles de conversion de précipitation en débit de rivière est requis. Dans cette étude, le modèle de réservoir développé par le Docteur Sugawara du Japon est appliqué au modèle de précipitation-ruissellement.

La Figure 2.1 décrit la théorie du modèle de réservoir qui est tout à fait simple relativement aux autres méthodes. La cuvette de la rivière est divisée en quatre rangées de réservoirs pour représenter la surface du haut, la surface secondaire, la couche souterraine aquifère non statique et peu profonde, et la couche souterraine aquifère statique. La précipitation est mise dans le réservoir de haut qui est assigné au ruissellement direct vers la rivière, s'emmagine et s'infiltrate dans le prochain réservoir. Tous ces réservoirs ont des sorties vers les rivières ou les couches plus basses de la cuvette. La dimension et l'emplacement des trous sont à déterminer sur la base des précipitations observées et des données de débit de rivière.

Figure 2.1 Description générale de modèle de réservoir



Les procédures pour développer le modèle de réservoir pour la zone d'étude sont les suivantes :

- (1) Préparer les données journalières de précipitation et de débit du barrage d'Antanifotsy (74 km²) dans le bassin versant de Sasomangana (des données de 3 ans, de 2000-2003, sont disponibles)
- (2) Développer le modèle de réservoir pour le barrage et réservoir d'Antanifotsy par des essais et erreurs rectifiées. Le modèle développé est sur la base décadaire plutôt que sur la base journalière car les données journalières de débit sont converties à partir du niveau d'eau journalier du réservoir et cela n'est pas suffisant pour convertir des débits sur la base journalière avec précision.

- (3) Préparer des précipitations de 10 ans sur la base décadaire à la Station d'Alaotra (1993 à 2002), et développer les données de précipitation de la cuvette. Les procédures sont décrites dans la précédente section 1.3.
- (4) Simuler le débit décadaire des bassins versants respectifs de la zone d'étude en appliquant le même modèle développé pour le barrage et réservoir d'Antanifotsy
- (5) Comparer les débits simulés de la fin de la saison sèche 2003 avec le débit effectif et ajuster le coefficient du réservoir-3 et réservoir-4 pour faire correspondre le débit simulé avec le débit effectif
- (6) Faire marcher le modèle de réservoir pour l'estimation de débit décadaire de 1993 à 2002, ceci est à utiliser pour l'étude de l'équilibre en eau.

Il est beaucoup plus préférable si des services de l'Agriculture ou des Associations des usagers d'eau continuent cette mesure de débit même si ce n'est qu'une fois par mois pendant la durée de l'étude, ces données peuvent être disponibles pour améliorer la précision du modèle de ruissellement de la cuvette. Tous les paramètres et les données des modèles utilisés sont joints avec ce rapport.

3. Les données de précipitation-ruissellement au barrage d'Antanifotsy

La Figure 3.1 montre les résultats calibrés du modèle de précipitation-ruissellement développé.

Le coefficient de corrélation entre le ruissellement simulé et effectif est calculé à 0.725, ce qui n'est pas assez grand pour justifier la précision du modèle, mais le modèle est disponible en terme de similitude de l'hydrographie de l'étiage aussi bien que le coefficient de ruissellement. Selon la simulation, on estime à 35.2% la moyenne annuelle des coefficients de ruissellement, ce qui est presque la même que celle observée de 33.5%

Tableau 3.1 Résumé des résultats des simulations (unité:mm)

Year	Rainfall	Run-off (Calc.)	Evapo.	Infiltration	Ratio	Run-off (Obs.)
2000	1,109	397	629	105	0.358	409
2001	1,388	436	826	98	0.314	344
2002	1,629	625	791	99	0.384	633
Average	1,375	486	749	100	0.352	462

On avait trouvé que même si les précipitations annuelles de 2001 sont plus importantes que celles de 2000, le rapport du ruissellement en 2000 est plutôt élevé que celui de 2001. Ceci est dû à la concentration des précipitations du mois de janvier de 2000/2001 et de plus, elles s'écoulent directement dans le réservoir sans perte par évaporation. Comme résultat, le

rapport de ruissellement annuel devenait plus élevé que celui de 2001 à cause du moindre volume de l'évaporation. D'un autre côté, le rapport de ruissellement calculé de 2001 est beaucoup plus bas que celui de la valeur observée.

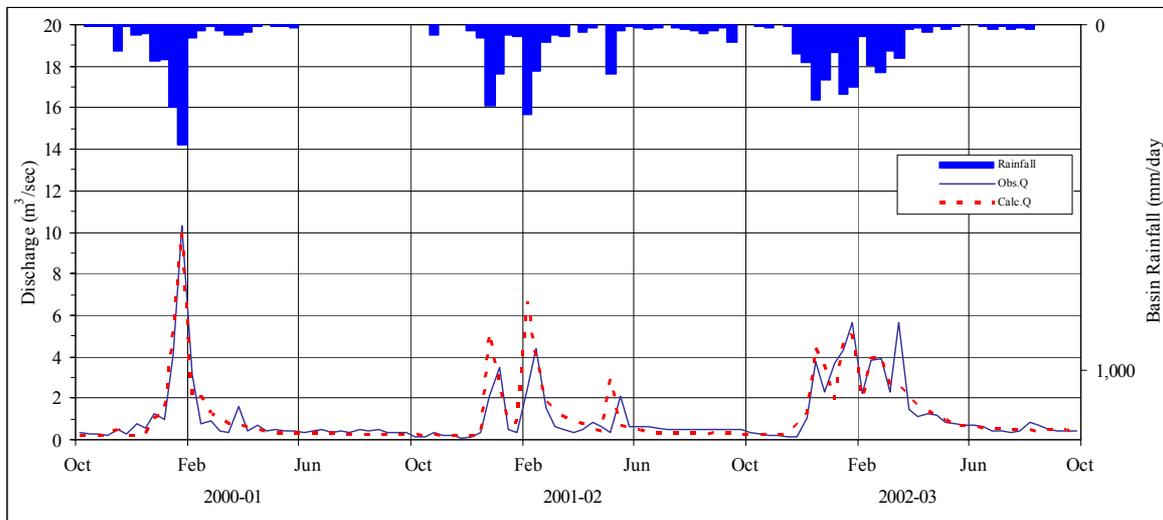


Figure 3.2 Comparaison de courbe hydrique observée et simulée



**Vue du barrage et du réservoir d'Antanifotsy
(Stockage : 24,65 million de m³, altitude moyenne de 820 m)**

La Figure 3.3 montre le dernier modèle de réservoir développé pour le bassin versant de Sasomangana. Puisque l'emplacement de la cuvette est adjacent à la zone d'étude et que les conditions dans la cuvette telles que la topographie, la géologie et couverture forestière sont tout à fait similaire, le même modèle peut être appliqué à tous les bassins versants respectifs de la zone d'étude.

Sur le réservoir-1, les orifices du haut et du fond ont été faites plus grandes que le standard. Selon la calibration, on suppose que l'inondation-ruissellement direct est plutôt retardé jusqu'à une profondeur de 80 mm. En fait, aucune apogée remarquable des inondations n'est observée avec une précipitation de 40-50 mm/jours. Aussi, l'inondation cesse rapidement juste après 1 à 2 jours d'orage. C'est la raison pour laquelle les orifices de haut et du fond sont faites plutôt grandes et la hauteur à laquelle se trouvent les orifices hauts est plus élevée que l'emplacement standard.

Quant aux petites inondations, il semble que le débit vienne principalement du second réservoir car la courbe hydrique du récul de l'inondation observée est plutôt douce : ce qui

n'est pas du tout similaire à la courbe hydrique des grandes inondations.

Les paramètres dans le réservoir-3 et réservoir-4 sont déterminés à partir des hydrographes observées de mai jusqu'en septembre, particulièrement en septembre, qui est la fin de la saison sèche, des 3 années. Mais les paramètres dans les réservoir-4 et 5 seraient ajustés pour les bassins versants respectifs et basé sur les résultats de mesures de débit faites à la fin de la saison en octobre 2003.

4. Développement du modèle de précipitation-ruissellement de la zone d'étude.

Le Tableau 4.1 réunit les paramètres déterminés des modèles de réservoir des rivières de la zone d'étude. La calibration est seulement faite à partir d'une donnée mesurée par l'équipe d'étude à la fin de la saison sèche 2003.

La condition de ruissellement entre le bassin versant de Sahabe (Zone B) et des autres rivières (Zone A) de la zone d'étude est très différente et le modèle reflète aussi les caractéristiques des différences de ruissellement entre la zone A et B.

Comme résultat, le rapport des ruissellements, qui est le taux de ruissellement vis-à-vis de la précipitation, est autour de 38% pour la zone B mais calculé à peu près à 50% pour la zone A.

Les données décadaires de précipitations appliquées à la simulation de modèle de réservoir pour les bassins versants respectifs sont jointes dans les Tableaux 4.2 aux Tableaux 4.10. Et les débits simulés décadaires sont exposés dans les Tableaux 4.11 à Tableaux 4.19.

5. Probabilité de précipitation décadaire et de débit des rivières dans la zone d'étude

La précipitation et le débit des rivières de la zone d'étude comme on l'a mené dans la section 3.2.3(1), l'analyse de la probabilité de la sécheresse est requise pour la formulation du plan de gestion et de développement de l'irrigation Le débit saisonnière disponible devrait être analysé sur la base de théorie «stochastic» autorisée. Dans cette étude, des séries décadaires de débits annuels sont estimées au moyen de modèle de réservoir développé pour l'année

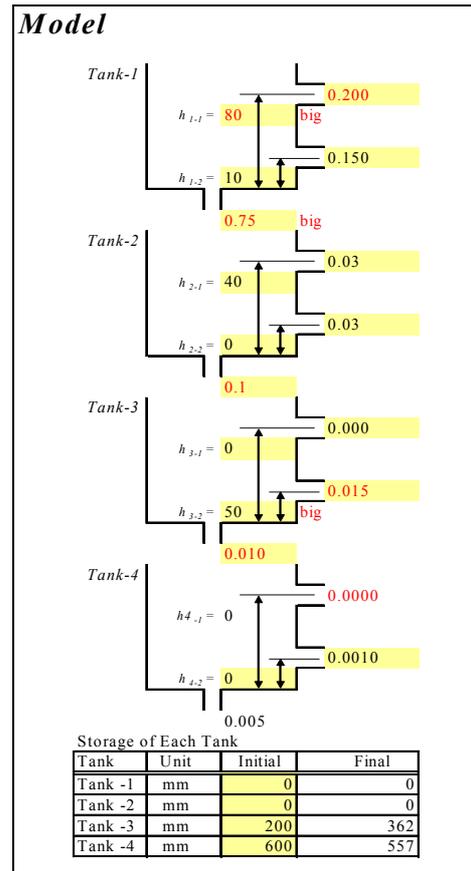
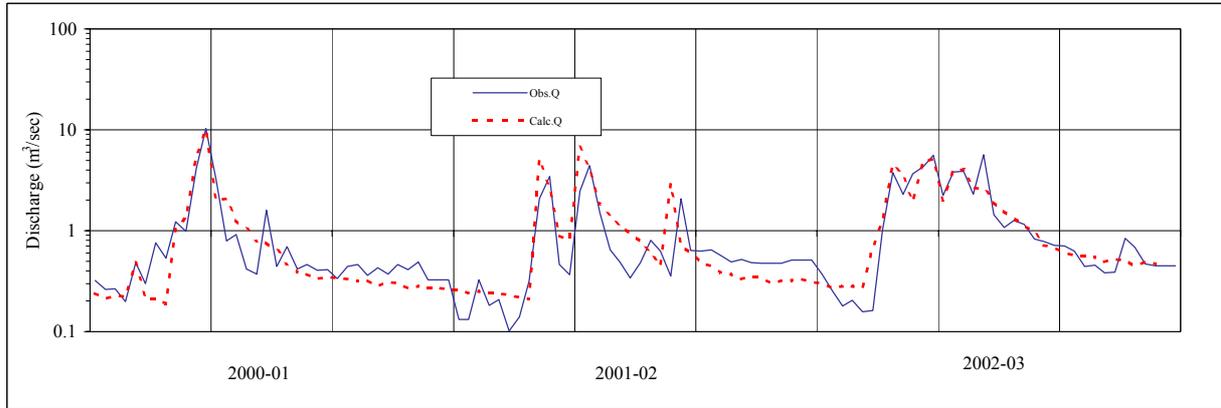
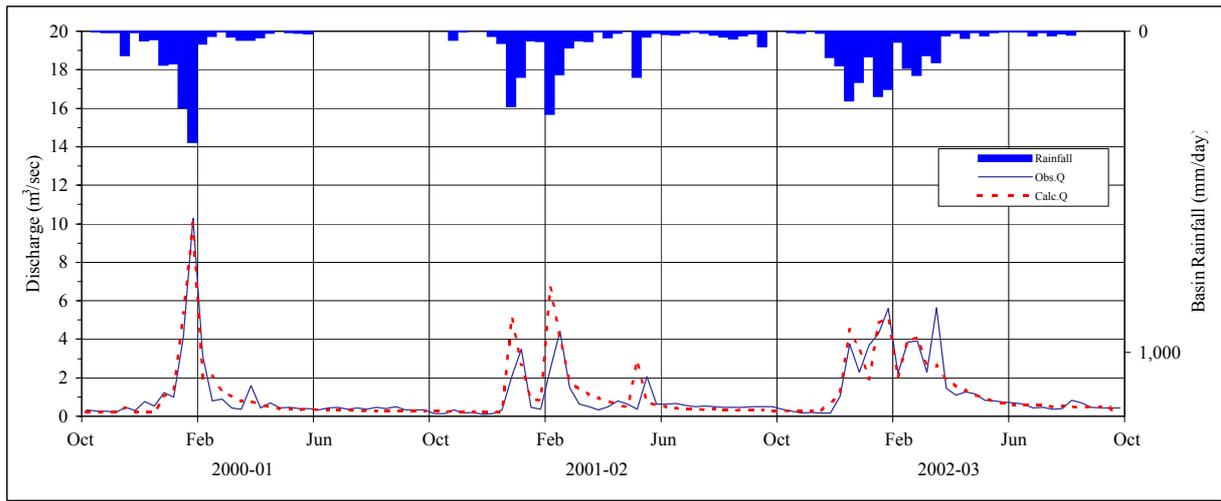


Figure 3.4 Paramètres finals de modèle de réservoir

humide quinquennale, de la moyenne annuelle et de l'année sèche quinquennale. Le plan d'irrigation est généralement formulé sur la base d'eau disponible sous les conditions de l'année sèche quinquennale.

Les séries de données de précipitations disponibles sont seulement celles de 10 années après 1993. Ainsi, le modèle probable de distribution de précipitations et de débits est construit sur la base de moyennes de précipitations décennales et de débits décennaux simulés. Pour l'année humide probable quinquennale, le facteur d'ajustement de 1,2 est multiplié sur la base de moyennes de précipitations et de débits (1,281mm-1,081mm). Pour l'année sèche quinquennale, le facteur d'ajustement de 0,84 (898mm-1,081mm) appliqué sur la base de moyennes de précipitations décennales et de débits. A partir des ajustements ci-dessus, on a encore mené des simulations avec les modèles de réservoir pour les rivières respectives. Les résultats des précipitations de la cuvette sont collationnés dans les Tableaux 4.2 à 4.10 et les débits des rivières des bassins versants respectifs dans les Tableaux 4.11 à 4.19.



Check of Run-off Ratio

Year	Rainfall	Run-off (Calc.)	Evapo.	Infiltration	Ratio	Run-off (Obs.)
2000	1,109	397	629	105	0.358	409
2001	1,388	436	826	98	0.314	344
2002	1,629	625	791	99	0.384	633
Average	1,375	486	749	100	0.352	462

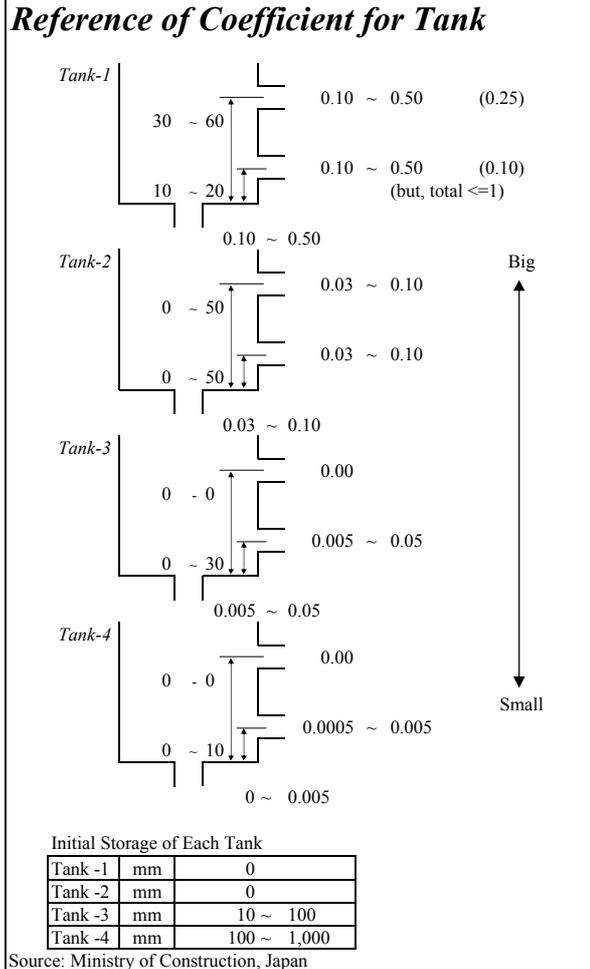
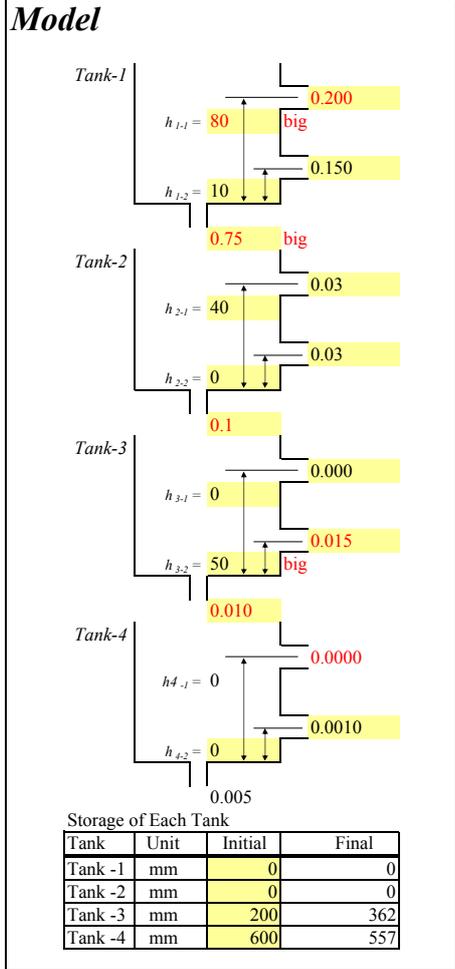
Run-off Ratio

Year	Observe.	Calc.	
2000	0.369	0.358	OK
2001	0.248	0.314	-
2002	0.389	0.384	OK
Average	0.335	0.352	OK

4 Co-relation Check

Year	Annual	Oct-Apr.	May-Sep.	
2000	0.621	0.589	0.359	-
2001	0.818	0.800	0.988	OK
2002	0.735	0.648	0.679	OK
3 Years	0.725	0.679	0.676	OK

Figure 3.1 Résultats de calibration du type de réservoir pour le bassin de la rivière Sasomangana



Conditions of the Tank Model

River System: Sasomangana River

Item	Value
Catchment Area	74.00 km ²
Discharge Calculation Point at	Antanifotsy Damsite
Calc. Start Year	YYYY
Lag Time of U/S to Down Stream (Max = 2days) ONLY for Daily Calc.	0 day

Condition	Response	Value
If storage volume of tank-1 is empty (=0), ET from Tank-2 ?	(Y or N)	Y
If storage volume of tank-2 is empty (=0), ET from Tank-3 ?	(Y or N)	N
If storage volume of tank-3 is empty (=0), ET from Tank-4 ?	(Y or N)	N
In a rainy day, will evapotranspiration be reduced ?	(Y or N)	N
(if above yes, how much rainfall per day when it will be reduced EV ?)	mm/day	5.0
(and, how many percentage of reducing for potential EV ?)	%	50%

Tank-1	Y
Tank-2	Y
Tank-3	N
Tank-4	N
(if above	0.5
(and, how	50%

Figure 3.3 Type de précipitation-ruissellement développé (type de réservoir) pour le bassin de la rivière Sasomangana

Table 4.1 Modèle de réservoir conçu pour les respectives rivières

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Location	Ambohimitsotra	Morarano	Ranofotsy	Sahadimgana	Maheirara	Ambobhidray	Ambohimanjaka	Hafisea	Bismangana	
River	Sahabe	Andranomaity	Ranomanty	Mavalova-Anpandra	Sahamilay	Ampasimena	Asahamena	Behengitra	Bemarenina	
River	Sahabe	Sahabe	Sahabe	Sahabe	Sahamilahy	Ampasimena	Asahamena	Behengitra	Bemarenina	
Catchment area	427 km2	76 km2	79 km2	129 km2	152 km2	27 km2	119 km2	27 km2	45 km2	
Basin mean Elevation	El.1031 m	El.937 m	El.1,008 m	El.947 m	El.1,097 m	El.891 m	El.1061 m	El.918 m	El.914 m	
Parameters of Tank Model	Tank-1	Initial depth	0	0	0	0	0	0	0	
		upper hole height	80	80	80	80	80	80	80	80
		upper hole dia.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		lower hole height	10	10	10	10	10	10	10	10
	Tank-2	Initial depth	0	0	0	0	0	0	0	0
		upper hole height	40	40	40	40	40	40	40	40
		upper hole dia.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		lower hole height	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tank-3	Initial depth	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		upper hole height	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.25	0.15
		upper hole dia.	200	200	200	200	200	200	200	200
		lower hole height	0	0	0	0	0	0	0	0
Tank-4	Initial depth	0.05	0.05	0.006	0.05	0.005	0.005	0.005	0.02	
	upper hole height	600	600	600	600	600	600	600	600	
	upper hole dia.	0	0	0	0	0	0	0	0	
	lower hole height	0	0	0	0	0	0	0	0	
Simulated Results	Annual Average Rain.	1453mm	1,311 mm	1,418 mm	1,326 mm	1,553 mm	1,553 mm	1,282 mm	1,276 mm	
	Annual Average Discharge.	7.6m ³ /s	1.15 m ³ /s	1.47 m ³ /s	1.96 m ³ /s	4.09 m ³ /s	3.04 m ³ /s	0.57 m ³ /s	0.86 m ³ /s	
	Run-off Ratio	38.30%	36.10%	41.10%	35.70%	54.20%	52.80%	54.20%	51.90%	
									46.80%	

Source : JICA

Table 4.2 Précipitation décadaire à l'intérieur du bassin versant de Sahabe, à Ambohimitsotra

River System		Unit :mm													
Catchment Area: 427 km ²															
Basin Elevation: 1031 (El.m)		Adjustment Factor: 1.343													
No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.3	34.5	0.0	84.6	271.9	125.7	5.4	0.0	3.8	7.1	2.6	1.7	1,597.5
		11-20	0.0	10.1	66.1	205.5	73.1	22.7	0.3	2.8	4.0	19.9	4.8	4.2	
		21-end	88.8	0.0	111.1	291.2	12.5	107.3	0.4	25.9	2.8	4.0	2.4	0.0	
		Month	89.1	44.6	177.2	581.3	357.4	255.7	6.0	28.7	10.6	31.0	9.8	5.9	
2	1994/95	1-10	43.3	0.0	43.0	14.9	203.6	4.4	33.2	37.1	11.3	0.0	0.4	0.5	1,523.6
		11-20	138.4	0.0	104.4	365.6	81.9	75.2	30.5	0.0	1.9	4.2	2.6	0.4	
		21-end	45.4	4.7	0.4	239.0	7.3	25.1	0.7	1.7	0.1	1.3	1.1	0.1	
		Month	227.0	4.7	147.8	619.5	292.8	104.8	64.3	38.8	13.3	5.5	4.0	1.1	
3	1995/96	1-10	2.4	0.8	210.6	184.6	124.8	105.0	3.6	4.3	0.5	2.1	1.6	0.4	1,869.4
		11-20	0.5	0.0	116.2	240.3	8.9	26.2	1.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	
		21-end	2.7	3.5	358.2	228.2	39.4	173.4	19.5	0.0	2.6	3.0	0.7	0.4	
		Month	5.6	4.3	685.0	653.1	173.0	304.6	24.8	5.0	3.8	6.0	3.0	1.1	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	138.9	177.6	146.9	7.5	55.2	4.2	0.0	8.7	7.1	5.2	1,675.9
		11-20	0.1	0.0	316.6	62.7	91.5	16.4	0.5	0.3	1.7	1.2	0.0	0.7	
		21-end	0.0	5.8	93.8	405.3	102.8	1.1	0.0	1.2	1.2	2.8	1.3	17.5	
		Month	0.3	5.8	549.2	645.6	341.2	25.0	55.7	5.6	3.0	12.8	8.5	23.4	
5	1997/98	1-10	1.1	0.5	159.4	94.2	50.9	22.4	0.5	15.9	1.1	1.1	4.4	47.6	1,461.4
		11-20	10.2	85.8	0.7	23.0	168.2	0.0	3.6	0.0	5.0	0.7	3.6	0.5	
		21-end	20.4	28.1	39.9	278.0	388.5	0.3	0.0	0.0	0.8	2.1	2.1	0.8	
		Month	31.7	114.4	200.0	395.2	607.5	22.7	4.2	15.9	6.9	3.9	10.2	48.9	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	76.4	267.3	9.7	25.7	7.3	50.5	9.4	17.1	3.5	0.0	885.6
		11-20	0.0	0.0	86.5	16.4	14.8	111.6	7.9	0.0	0.1	0.0	2.3	1.5	
		21-end	0.0	0.8	120.4	19.9	23.1	1.5	1.1	2.4	3.0	2.8	2.0	0.8	
		Month	0.0	0.8	283.3	303.6	47.6	138.8	16.3	52.9	12.5	19.9	7.8	2.3	
7	1999/00	1-10	0.4	4.4	25.9	61.4	43.9	250.1	17.9	3.4	6.3	11.4	6.3	0.1	865.7
		11-20	0.0	3.5	106.5	69.2	132.0	2.7	0.0	0.4	6.9	3.4	0.8	2.0	
		21-end	1.1	1.1	0.0	17.2	72.8	0.1	0.0	0.0	1.2	6.9	2.7	3.8	
		Month	1.5	9.0	132.4	147.8	248.8	252.9	17.9	3.8	14.4	21.6	9.8	5.9	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	61.3	10.5	138.2	14.4	36.4	0.0	3.0	1.3	11.3	0.0	1,430.1
		11-20	0.3	23.4	21.9	330.7	4.2	4.8	2.4	3.0	0.3	0.3	0.8	1.7	
		21-end	1.2	2.1	180.0	553.8	0.0	13.4	0.0	0.9	6.0	0.4	2.1	0.0	
		Month	1.5	25.5	263.1	895.0	142.4	32.6	38.8	3.9	9.3	2.0	14.2	1.7	
9	2001/02	1-10	0.3	0.1	40.2	76.4	258.6	31.0	0.8	115.5	0.9	0.0	0.4	0.0	1,375.6
		11-20	0.0	0.0	52.8	48.9	267.3	4.6	5.9	39.4	7.7	0.1	1.3	11.6	
		21-end	21.1	0.0	187.2	12.5	121.2	43.3	12.2	5.8	0.0	8.1	0.5	0.0	
		Month	21.4	0.1	280.2	137.8	647.0	78.8	18.9	160.6	8.6	8.2	2.3	11.6	
10	2002/03	1-10	0.0	18.7	35.1	74.5	17.5	55.3	4.2	9.5	0.0	0.0	1.2	3.0	1,878.9
		11-20	0.3	3.8	291.3	308.0	263.0	125.1	0.0	1.5	0.7	5.2	0.0	2.8	
		21-end	0.9	38.7	196.9	270.1	137.5	1.7	0.0	0.5	5.1	0.7	1.1	5.0	
		Month	1.2	61.1	523.3	652.7	418.0	182.1	4.2	11.6	5.8	5.9	2.3	10.7	
Average		1-10	4.8	5.9	79.1	104.6	126.6	64.2	16.4	24.0	3.6	4.9	3.9	5.9	1,456.4
		11-20	15.0	12.7	116.3	167.0	110.5	38.9	5.3	4.8	2.9	3.6	1.7	2.6	
		21-end	18.2	8.5	128.8	231.5	90.5	36.7	3.4	3.9	2.3	3.2	1.6	2.8	
		Month	37.9	27.0	324.2	503.1	327.6	139.8	25.1	32.7	8.8	11.7	7.2	11.3	
5-year drought		1-10	4.0	5.0	66.4	87.9	106.3	53.9	13.8	20.2	3.0	4.1	3.3	4.9	1,223.4
		11-20	12.6	10.6	97.7	140.3	92.8	32.7	4.4	4.0	2.4	3.0	1.4	2.2	
		21-end	15.3	7.1	108.2	194.5	76.0	30.8	2.8	3.2	1.9	2.7	1.4	2.4	
		Month	31.9	22.7	272.3	422.6	275.2	117.4	21.1	27.5	7.4	9.8	6.0	9.5	
5-year wet		1-10	5.7	7.1	94.9	125.5	151.9	77.0	19.7	28.8	4.4	5.9	4.7	7.0	1,747.7
		11-20	18.0	15.2	139.6	200.4	132.6	46.7	6.4	5.8	3.5	4.3	2.0	3.1	
		21-end	21.8	10.2	154.5	277.8	108.6	44.1	4.1	4.6	2.7	3.9	1.9	3.4	
		Month	45.5	32.4	389.0	603.8	393.1	167.8	30.1	39.2	10.6	14.0	8.6	13.5	

Source: JICA

Table 4.3 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière d'Andranomainty à Morarano (Bassin versant de Sahabe)

River System

Catchment Area: 76 km²

Basin Elevation: 937 (El.m)

Adjustment Factor: 1.212

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.2	31.1	0.0	76.3	245.2	113.4	4.8	0.0	3.4	6.4	2.3	1.6	1,440.9
		11-20	0.0	9.1	59.6	185.4	65.9	20.5	0.2	2.5	3.6	17.9	4.4	3.8	
		21-end	80.1	0.0	100.2	262.7	11.3	96.8	0.4	23.4	2.5	3.6	2.2	0.0	
		Month	80.3	40.2	159.8	524.4	322.4	230.7	5.5	25.9	9.6	28.0	8.8	5.3	
2	1994/95	1-10	39.0	0.0	38.8	13.4	183.7	4.0	29.9	33.4	10.2	0.0	0.4	0.5	1,374.2
		11-20	124.8	0.0	94.1	329.8	73.9	67.8	27.5	0.0	1.7	3.8	2.3	0.4	
		21-end	40.9	4.2	0.4	215.5	6.5	22.7	0.6	1.6	0.1	1.2	1.0	0.1	
		Month	204.7	4.2	133.3	558.8	264.1	94.5	58.0	35.0	12.0	5.0	3.6	1.0	
3	1995/96	1-10	2.2	0.7	190.0	166.5	112.6	94.7	3.3	3.9	0.5	1.9	1.5	0.4	1,686.1
		11-20	0.5	0.0	104.8	216.7	8.0	23.6	1.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.2	
		21-end	2.4	3.1	323.1	205.8	35.5	156.4	17.6	0.0	2.3	2.7	0.6	0.4	
		Month	5.1	3.9	617.9	589.0	156.0	274.8	22.4	4.5	3.4	5.5	2.7	1.0	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	125.3	160.2	132.5	6.8	49.8	3.8	0.0	7.9	6.4	4.7	1,511.6
		11-20	0.1	0.0	285.6	56.6	82.5	14.8	0.5	0.2	1.6	1.1	0.0	0.6	
		21-end	0.0	5.2	84.6	365.5	92.7	1.0	0.0	1.1	1.1	2.5	1.2	15.7	
		Month	0.2	5.2	495.4	582.3	307.7	22.5	50.3	5.1	2.7	11.5	7.6	21.1	
5	1997/98	1-10	1.0	0.5	143.8	84.9	45.9	20.2	0.5	14.3	1.0	1.0	4.0	42.9	1,318.2
		11-20	9.2	77.4	0.6	20.7	151.7	0.0	3.3	0.0	4.5	0.6	3.3	0.5	
		21-end	18.4	25.3	36.0	250.8	350.4	0.2	0.0	0.0	0.7	1.9	1.9	0.7	
		Month	28.6	103.2	180.4	356.4	548.0	20.5	3.8	14.3	6.2	3.5	9.2	44.1	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	68.9	241.1	8.7	23.1	6.5	45.6	8.5	15.4	3.1	0.0	798.8
		11-20	0.0	0.0	78.0	14.8	13.3	100.7	7.1	0.0	0.1	0.0	2.1	1.3	
		21-end	0.0	0.7	108.6	17.9	20.8	1.3	1.0	2.2	2.7	2.5	1.8	0.7	
		Month	0.0	0.7	255.5	273.8	42.9	125.2	14.7	47.7	11.3	17.9	7.0	2.1	
7	1999/00	1-10	0.4	4.0	23.4	55.4	39.6	225.6	16.1	3.0	5.7	10.3	5.7	0.1	780.8
		11-20	0.0	3.1	96.1	62.4	119.1	2.4	0.0	0.4	6.2	3.0	0.7	1.8	
		21-end	1.0	1.0	0.0	15.5	65.7	0.1	0.0	0.0	1.1	6.2	2.4	3.4	
		Month	1.3	8.1	119.5	133.3	224.4	228.1	16.1	3.4	13.0	19.5	8.8	5.3	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	55.2	9.4	124.7	13.0	32.8	0.0	2.7	1.2	10.2	0.0	1,289.9
		11-20	0.2	21.1	19.7	298.3	3.8	4.4	2.2	2.7	0.2	0.2	0.7	1.6	
		21-end	1.1	1.9	162.3	499.5	0.0	12.1	0.0	0.8	5.5	0.4	1.9	0.0	
		Month	1.3	23.0	237.3	807.2	128.4	29.4	35.0	3.5	8.4	1.8	12.8	1.6	
9	2001/02	1-10	0.2	0.1	36.2	68.9	233.2	28.0	0.7	104.2	0.8	0.0	0.4	0.0	1,240.7
		11-20	0.0	0.0	47.6	44.1	241.1	4.1	5.3	35.5	6.9	0.1	1.2	10.4	
		21-end	19.0	0.0	168.9	11.3	109.3	39.0	11.0	5.2	0.0	7.3	0.5	0.0	
		Month	19.3	0.1	252.7	124.3	583.6	71.1	17.1	144.9	7.8	7.4	2.1	10.4	
10	2002/03	1-10	0.0	16.8	31.6	67.2	15.7	49.9	3.8	8.6	0.0	0.0	1.1	2.7	1,694.7
		11-20	0.2	3.4	262.8	277.8	237.2	112.8	0.0	1.3	0.6	4.7	0.0	2.5	
		21-end	0.8	34.9	177.6	243.6	124.1	1.6	0.0	0.5	4.6	0.6	1.0	4.5	
		Month	1.1	55.1	472.0	588.7	377.0	164.3	3.8	10.4	5.2	5.3	2.1	9.7	
Average		1-10	4.3	5.3	71.3	94.3	114.2	57.9	14.8	21.7	3.3	4.4	3.5	5.3	1,313.6
		11-20	13.5	11.4	104.9	150.7	99.6	35.1	4.8	4.3	2.6	3.2	1.5	2.3	
		21-end	16.4	7.6	116.2	208.8	81.6	33.1	3.1	3.5	2.1	2.9	1.5	2.6	
		Month	34.2	24.4	292.4	453.8	295.5	126.1	22.7	29.5	7.9	10.5	6.5	10.2	
5-year drought		1-10	3.6	4.5	59.9	79.2	95.9	48.6	12.5	18.2	2.7	3.7	2.9	4.4	1,103.4
		11-20	11.3	9.6	88.1	126.5	83.7	29.5	4.0	3.6	2.2	2.7	1.3	1.9	
		21-end	13.8	6.4	97.6	175.4	68.6	27.8	2.6	2.9	1.7	2.4	1.2	2.1	
		Month	28.7	20.5	245.6	381.2	248.2	105.9	19.0	24.8	6.7	8.9	5.4	8.5	
5-year wet		1-10	5.2	6.4	85.6	113.2	137.0	69.5	17.8	26.0	3.9	5.3	4.2	6.3	1,576.3
		11-20	16.2	13.7	125.9	180.8	119.6	42.1	5.7	5.2	3.1	3.9	1.8	2.8	
		21-end	19.7	9.2	139.4	250.6	97.9	39.7	3.7	4.2	2.5	3.5	1.7	3.1	
		Month	41.0	29.3	350.9	544.6	354.5	151.3	27.2	35.4	9.5	12.6	7.8	12.2	

Source: JICA

**Table 4.4 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Ranomainty à Ranofotsy
(Bassin versant de Sahabe)**

River System

Catchment Area: 79 km²

Basin Elevation: 1008 (El.m)

Adjustment Factor: 1.311

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.3	33.7	0.0	82.6	265.3	122.7	5.2	0.0	3.7	6.9	2.5	1.7	1,559.2
		11-20	0.0	9.8	64.5	200.6	71.3	22.2	0.3	2.8	3.9	19.4	4.7	4.1	
		21-end	86.7	0.0	108.4	284.2	12.2	104.7	0.4	25.3	2.8	3.9	2.4	0.0	
		Month	86.9	43.5	172.9	567.4	348.9	249.6	5.9	28.1	10.4	30.3	9.6	5.8	
2	1994/95	1-10	42.2	0.0	42.0	14.6	198.7	4.3	32.4	36.2	11.0	0.0	0.4	0.5	1,487.1
		11-20	135.0	0.0	101.9	356.9	80.0	73.4	29.8	0.0	1.8	4.1	2.5	0.4	
		21-end	44.3	4.6	0.4	233.2	7.1	24.5	0.7	1.7	0.1	1.3	1.0	0.1	
		Month	221.6	4.6	144.2	604.6	285.8	102.3	62.8	37.9	13.0	5.4	3.9	1.0	
3	1995/96	1-10	2.4	0.8	205.6	180.1	121.8	102.5	3.5	4.2	0.5	2.1	1.6	0.4	1,824.5
		11-20	0.5	0.0	113.4	234.5	8.7	25.6	1.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.3	
		21-end	2.6	3.4	349.6	222.7	38.4	169.3	19.0	0.0	2.5	2.9	0.7	0.4	
		Month	5.5	4.2	668.6	637.4	168.9	297.3	24.3	4.9	3.7	5.9	2.9	1.0	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	135.6	173.3	143.4	7.3	53.9	4.1	0.0	8.5	6.9	5.1	1,635.7
		11-20	0.1	0.0	309.0	61.2	89.3	16.0	0.5	0.3	1.7	1.2	0.0	0.7	
		21-end	0.0	5.6	91.5	395.5	100.3	1.0	0.0	1.2	1.2	2.8	1.3	17.0	
		Month	0.3	5.6	536.1	630.1	333.0	24.4	54.4	5.5	2.9	12.5	8.3	22.8	
5	1997/98	1-10	1.0	0.5	155.6	91.9	49.7	21.9	0.5	15.5	1.0	1.0	4.3	46.4	1,426.4
		11-20	10.0	83.8	0.7	22.4	164.1	0.0	3.5	0.0	4.9	0.7	3.5	0.5	
		21-end	19.9	27.4	38.9	271.4	379.1	0.3	0.0	0.0	0.8	2.1	2.1	0.8	
		Month	30.9	111.7	195.2	385.7	593.0	22.2	4.1	15.5	6.7	3.8	10.0	47.7	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	74.6	260.9	9.4	25.0	7.1	49.3	9.2	16.6	3.4	0.0	864.3
		11-20	0.0	0.0	84.4	16.0	14.4	108.9	7.7	0.0	0.1	0.0	2.2	1.4	
		21-end	0.0	0.8	117.5	19.4	22.5	1.4	1.0	2.4	2.9	2.8	2.0	0.8	
		Month	0.0	0.8	276.5	296.3	46.4	135.4	15.9	51.7	12.2	19.4	7.6	2.2	
7	1999/00	1-10	0.4	4.3	25.3	59.9	42.9	244.1	17.4	3.3	6.2	11.1	6.2	0.1	844.9
		11-20	0.0	3.4	104.0	67.5	128.9	2.6	0.0	0.4	6.7	3.3	0.8	2.0	
		21-end	1.0	1.0	0.0	16.8	71.1	0.1	0.0	0.0	1.2	6.7	2.6	3.7	
		Month	1.4	8.8	129.3	144.2	242.8	246.9	17.4	3.7	14.0	21.1	9.6	5.8	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	59.8	10.2	134.9	14.0	35.5	0.0	2.9	1.3	11.0	0.0	1,395.8
		11-20	0.3	22.8	21.4	322.8	4.1	4.7	2.4	2.9	0.3	0.3	0.8	1.7	
		21-end	1.2	2.1	175.7	540.5	0.0	13.1	0.0	0.9	5.9	0.4	2.1	0.0	
		Month	1.4	24.9	256.8	873.5	139.0	31.9	37.9	3.8	9.0	2.0	13.9	1.7	
9	2001/02	1-10	0.3	0.1	39.2	74.6	252.4	30.3	0.8	112.7	0.9	0.0	0.4	0.0	1,342.6
		11-20	0.0	0.0	51.5	47.7	260.9	4.5	5.8	38.4	7.5	0.1	1.3	11.3	
		21-end	20.6	0.0	182.8	12.2	118.3	42.2	11.9	5.6	0.0	7.9	0.5	0.0	
		Month	20.8	0.1	273.5	134.5	631.5	77.0	18.5	156.8	8.4	8.0	2.2	11.3	
10	2002/03	1-10	0.0	18.2	34.2	72.8	17.0	54.0	4.1	9.3	0.0	0.0	1.2	2.9	1,833.8
		11-20	0.3	3.7	284.4	300.6	256.7	122.1	0.0	1.4	0.7	5.1	0.0	2.8	
		21-end	0.9	37.8	192.2	263.6	134.2	1.7	0.0	0.5	5.0	0.7	1.0	4.9	
		Month	1.2	59.7	510.8	637.0	408.0	177.8	4.1	11.3	5.6	5.8	2.2	10.5	
Average		1-10	4.7	5.8	77.2	102.1	123.6	62.6	16.0	23.5	3.5	4.8	3.8	5.7	1,421.4
		11-20	14.6	12.3	113.5	163.0	107.8	38.0	5.2	4.7	2.8	3.5	1.7	2.5	
		21-end	17.7	8.3	125.7	226.0	88.3	35.8	3.3	3.8	2.2	3.1	1.6	2.8	
		Month	37.0	26.4	316.4	491.1	319.7	136.5	24.5	31.9	8.6	11.4	7.0	11.0	
5-year drought		1-10	3.9	4.8	64.8	85.8	103.8	52.6	13.5	19.7	3.0	4.0	3.2	4.8	1,194.0
		11-20	12.3	10.4	95.3	136.9	90.6	31.9	4.3	3.9	2.4	2.9	1.4	2.1	
		21-end	14.9	6.9	105.6	189.8	74.2	30.1	2.8	3.2	1.9	2.6	1.3	2.3	
		Month	31.1	22.2	265.8	412.5	268.6	114.6	20.6	26.8	7.2	9.6	5.9	9.2	
5-year wet		1-10	5.6	6.9	92.6	122.5	148.3	75.2	19.3	28.1	4.2	5.7	4.5	6.9	1,705.7
		11-20	17.5	14.8	136.2	195.6	129.4	45.6	6.2	5.6	3.4	4.2	2.0	3.0	
		21-end	21.3	9.9	150.8	271.2	106.0	43.0	4.0	4.5	2.7	3.8	1.9	3.3	
		Month	44.4	31.7	379.7	589.3	383.7	163.8	29.4	38.3	10.3	13.7	8.4	13.2	

Source: JICA

Table 4.5 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Mavalova-Ampondra à Sahanidingana (saison sèche du confluent)

River System Mavalova-Ampondra River, Sahabe River System

Catchment Area: 129 km²

Basin Elevation: 947.07 (El.m) Adjustment Factor: 1.226

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.2	31.5	0.0	77.2	248.1	114.7	4.9	0.0	3.4	6.5	2.3	1.6	1,457.7
		11-20	0.0	9.2	60.3	187.5	66.7	20.7	0.2	2.6	3.7	18.1	4.4	3.8	
		21-end	81.0	0.0	101.4	265.7	11.4	97.9	0.4	23.7	2.6	3.7	2.2	0.0	
		Month	81.3	40.7	161.7	530.5	326.1	233.4	5.5	26.2	9.7	28.3	8.9	5.4	
2	1994/95	1-10	39.5	0.0	39.2	13.6	185.8	4.0	30.3	33.8	10.3	0.0	0.4	0.5	1,390.2
		11-20	126.2	0.0	95.2	333.6	74.8	68.6	27.8	0.0	1.7	3.8	2.3	0.4	
		21-end	41.4	4.3	0.4	218.0	6.6	22.9	0.6	1.6	0.1	1.2	1.0	0.1	
		Month	207.1	4.3	134.8	565.3	267.2	95.6	58.7	35.4	12.1	5.0	3.7	1.0	
3	1995/96	1-10	2.2	0.7	192.2	168.4	113.9	95.8	3.3	3.9	0.5	2.0	1.5	0.4	1,705.7
		11-20	0.5	0.0	106.0	219.3	8.1	23.9	1.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.2	
		21-end	2.5	3.2	326.9	208.2	35.9	158.2	17.8	0.0	2.3	2.7	0.6	0.4	
		Month	5.1	3.9	625.1	595.9	157.9	278.0	22.7	4.5	3.4	5.5	2.7	1.0	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	126.7	162.0	134.1	6.9	50.4	3.8	0.0	8.0	6.5	4.8	1,529.2
		11-20	0.1	0.0	288.9	57.2	83.5	15.0	0.5	0.2	1.6	1.1	0.0	0.6	
		21-end	0.0	5.3	85.6	369.8	93.8	1.0	0.0	1.1	1.1	2.6	1.2	15.9	
		Month	0.2	5.3	501.2	589.0	311.3	22.8	50.9	5.1	2.7	11.6	7.7	21.3	
5	1997/98	1-10	1.0	0.5	145.5	85.9	46.5	20.5	0.5	14.5	1.0	1.0	4.0	43.4	1,333.5
		11-20	9.3	78.3	0.6	21.0	153.5	0.0	3.3	0.0	4.5	0.6	3.3	0.5	
		21-end	18.6	25.6	36.4	253.7	354.5	0.2	0.0	0.0	0.7	2.0	2.0	0.7	
		Month	28.9	104.4	182.5	360.6	554.4	20.7	3.8	14.5	6.3	3.6	9.3	44.6	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	69.7	243.9	8.8	23.4	6.6	46.1	8.6	15.6	3.2	0.0	808.1
		11-20	0.0	0.0	78.9	15.0	13.5	101.9	7.2	0.0	0.1	0.0	2.1	1.3	
		21-end	0.0	0.7	109.8	18.1	21.1	1.3	1.0	2.2	2.7	2.6	1.8	0.7	
		Month	0.0	0.7	258.5	277.0	43.4	126.6	14.8	48.3	11.4	18.1	7.1	2.1	
7	1999/00	1-10	0.4	4.0	23.7	56.0	40.1	228.2	16.3	3.1	5.8	10.4	5.8	0.1	789.9
		11-20	0.0	3.2	97.2	63.1	120.5	2.5	0.0	0.4	6.3	3.1	0.7	1.8	
		21-end	1.0	1.0	0.0	15.7	66.4	0.1	0.0	0.0	1.1	6.3	2.5	3.4	
		Month	1.3	8.2	120.8	134.8	227.0	230.8	16.3	3.4	13.1	19.7	8.9	5.4	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	55.9	9.6	126.1	13.1	33.2	0.0	2.7	1.2	10.3	0.0	1,304.9
		11-20	0.2	21.3	20.0	301.8	3.8	4.4	2.2	2.7	0.2	0.2	0.7	1.6	
		21-end	1.1	2.0	164.2	505.3	0.0	12.3	0.0	0.9	5.5	0.4	2.0	0.0	
		Month	1.3	23.3	240.1	816.6	129.9	29.8	35.4	3.6	8.5	1.8	13.0	1.6	
9	2001/02	1-10	0.2	0.1	36.6	69.7	235.9	28.3	0.7	105.4	0.9	0.0	0.4	0.0	1,255.2
		11-20	0.0	0.0	48.2	44.6	243.9	4.2	5.4	35.9	7.0	0.1	1.2	10.5	
		21-end	19.2	0.0	170.9	11.4	110.6	39.5	11.2	5.3	0.0	7.4	0.5	0.0	
		Month	19.5	0.1	255.7	125.8	590.4	71.9	17.3	146.6	7.8	7.5	2.1	10.5	
10	2002/03	1-10	0.0	17.0	32.0	68.0	15.9	50.5	3.8	8.7	0.0	0.0	1.1	2.7	1,714.4
		11-20	0.2	3.4	265.8	281.0	240.0	114.1	0.0	1.3	0.6	4.8	0.0	2.6	
		21-end	0.9	35.3	179.7	246.5	125.5	1.6	0.0	0.5	4.7	0.6	1.0	4.5	
		Month	1.1	55.8	477.5	595.5	381.4	166.2	3.8	10.5	5.3	5.4	2.1	9.8	
Average		1-10	4.4	5.4	72.2	95.4	115.5	58.5	15.0	21.9	3.3	4.5	3.5	5.3	1,328.9
		11-20	13.7	11.5	106.1	152.4	100.8	35.5	4.8	4.4	2.6	3.3	1.5	2.3	
		21-end	16.6	7.7	117.5	211.3	82.6	33.5	3.1	3.5	2.1	2.9	1.5	2.6	
		Month	34.6	24.7	295.8	459.1	298.9	127.6	22.9	29.8	8.0	10.7	6.6	10.3	
5-year drought		1-10	3.7	4.5	60.6	80.2	97.0	49.2	12.6	18.4	2.8	3.7	3.0	4.5	1,116.3
		11-20	11.5	9.7	89.1	128.0	84.7	29.8	4.1	3.7	2.2	2.7	1.3	2.0	
		21-end	13.9	6.5	98.7	177.5	69.4	28.1	2.6	3.0	1.8	2.5	1.2	2.2	
		Month	29.1	20.7	248.5	385.6	251.1	107.2	19.3	25.0	6.7	9.0	5.5	8.6	
5-year wet		1-10	5.2	6.5	86.6	114.5	138.6	70.3	18.0	26.3	4.0	5.4	4.3	6.4	1,594.7
		11-20	16.4	13.9	127.3	182.9	121.0	42.6	5.8	5.3	3.2	3.9	1.9	2.8	
		21-end	19.9	9.3	141.0	253.5	99.1	40.2	3.7	4.2	2.5	3.5	1.8	3.1	
		Month	41.5	29.6	354.9	550.9	358.7	153.1	27.5	35.8	9.6	12.8	7.9	12.3	

Source: JICA

Table 4.6 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Sahamilahy à Maheriara

River System

Catchment Area: 152 km²

Basin Elevation: 1097 (El.m)

Adjustment Factor: 1.436

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.3	36.9	0.0	90.4	290.6	134.4	5.7	0.0	4.0	7.6	2.7	1.9	1,707.5
		11-20	0.0	10.8	70.6	219.7	78.1	24.3	0.3	3.0	4.3	21.2	5.2	4.5	
		21-end	94.9	0.0	118.7	311.3	13.4	114.7	0.4	27.7	3.0	4.3	2.6	0.0	
		Month	95.2	47.7	189.4	621.4	382.0	273.4	6.5	30.7	11.3	33.2	10.5	6.3	
2	1994/95	1-10	46.2	0.0	45.9	15.9	217.6	4.7	35.5	39.6	12.1	0.0	0.4	0.6	1,628.5
		11-20	147.9	0.0	111.6	390.8	87.6	80.4	32.6	0.0	2.0	4.5	2.7	0.4	
		21-end	48.5	5.0	0.4	255.4	7.8	26.8	0.7	1.9	0.1	1.4	1.1	0.1	
		Month	242.6	5.0	157.9	662.1	313.0	112.0	68.8	41.5	14.2	5.9	4.3	1.1	
3	1995/96	1-10	2.6	0.9	225.1	197.3	133.4	112.3	3.9	4.6	0.6	2.3	1.7	0.4	1,998.0
		11-20	0.6	0.0	124.2	256.8	9.5	28.0	1.9	0.7	0.7	1.0	0.7	0.3	
		21-end	2.9	3.7	382.9	243.9	42.1	185.3	20.8	0.0	2.7	3.2	0.7	0.4	
		Month	6.0	4.6	732.2	698.0	184.9	325.6	26.6	5.3	4.0	6.5	3.2	1.1	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	148.4	189.8	157.1	8.0	59.0	4.5	0.0	9.3	7.6	5.6	1,791.3
		11-20	0.1	0.0	338.4	67.0	97.8	17.5	0.6	0.3	1.9	1.3	0.0	0.7	
		21-end	0.0	6.2	100.2	433.1	109.8	1.1	0.0	1.3	1.3	3.0	1.4	18.7	
		Month	0.3	6.2	587.1	690.0	364.7	26.7	59.6	6.0	3.2	13.6	9.0	25.0	
5	1997/98	1-10	1.1	0.6	170.4	100.6	54.4	24.0	0.6	16.9	1.1	1.1	4.7	50.8	1,562.0
		11-20	10.9	91.7	0.7	24.6	179.7	0.0	3.9	0.0	5.3	0.7	3.9	0.6	
		21-end	21.8	30.0	42.6	297.2	415.2	0.3	0.0	0.0	0.9	2.3	2.3	0.9	
		Month	33.9	122.3	213.8	422.4	649.4	24.3	4.5	16.9	7.3	4.2	10.9	52.3	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	81.7	285.7	10.3	27.4	7.8	54.0	10.0	18.2	3.7	0.0	946.5
		11-20	0.0	0.0	92.5	17.5	15.8	119.3	8.5	0.0	0.1	0.0	2.4	1.6	
		21-end	0.0	0.9	128.6	21.2	24.7	1.6	1.1	2.6	3.2	3.0	2.2	0.9	
		Month	0.0	0.9	302.8	324.5	50.8	148.3	17.4	56.6	13.4	21.2	8.3	2.4	
7	1999/00	1-10	0.4	4.7	27.7	65.6	46.9	267.3	19.1	3.6	6.7	12.2	6.7	0.1	925.3
		11-20	0.0	3.7	113.8	73.9	141.1	2.9	0.0	0.4	7.3	3.6	0.9	2.2	
		21-end	1.1	1.1	0.0	18.4	77.8	0.1	0.0	0.0	1.3	7.3	2.9	4.0	
		Month	1.6	9.6	141.6	157.9	265.9	270.3	19.1	4.0	15.4	23.1	10.5	6.3	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	65.5	11.2	147.7	15.4	38.9	0.0	3.2	1.4	12.1	0.0	1,528.6
		11-20	0.3	25.0	23.4	353.5	4.5	5.2	2.6	3.2	0.3	0.3	0.9	1.9	
		21-end	1.3	2.3	192.4	591.9	0.0	14.4	0.0	1.0	6.5	0.4	2.3	0.0	
		Month	1.6	27.3	281.3	956.6	152.2	34.9	41.5	4.2	9.9	2.2	15.2	1.9	
9	2001/02	1-10	0.3	0.1	42.9	81.7	276.4	33.2	0.9	123.5	1.0	0.0	0.4	0.0	1,470.3
		11-20	0.0	0.0	56.4	52.3	285.7	4.9	6.3	42.1	8.2	0.1	1.4	12.3	
		21-end	22.5	0.0	200.1	13.4	129.5	46.2	13.1	6.2	0.0	8.6	0.6	0.0	
		Month	22.8	0.1	299.5	147.3	691.6	84.3	20.2	171.7	9.2	8.8	2.4	12.3	
10	2002/03	1-10	0.0	20.0	37.5	79.7	18.7	59.2	4.5	10.2	0.0	0.0	1.3	3.2	2,008.2
		11-20	0.3	4.0	311.4	329.2	281.1	133.7	0.0	1.6	0.7	5.6	0.0	3.0	
		21-end	1.0	41.3	210.5	288.7	147.0	1.9	0.0	0.6	5.5	0.7	1.1	5.3	
		Month	1.3	65.3	559.3	697.6	446.8	194.7	4.5	12.3	6.2	6.3	2.4	11.5	
Average		1-10	5.1	6.3	84.5	111.8	135.3	68.6	17.6	25.7	3.9	5.2	4.1	6.3	1,556.6
		11-20	16.0	13.5	124.3	178.5	118.1	41.6	5.7	5.1	3.1	3.8	1.8	2.7	
		21-end	19.4	9.1	137.7	247.5	96.7	39.3	3.6	4.1	2.4	3.4	1.7	3.0	
		Month	40.5	28.9	346.5	537.8	350.1	149.4	26.8	34.9	9.4	12.5	7.7	12.0	
5-year drought		1-10	4.3	5.3	71.0	93.9	113.7	57.6	14.8	21.6	3.3	4.4	3.5	5.3	1,307.6
		11-20	13.4	11.4	104.4	150.0	99.2	34.9	4.8	4.3	2.6	3.2	1.5	2.3	
		21-end	16.3	7.6	115.6	207.9	81.2	33.0	3.0	3.5	2.1	2.9	1.4	2.5	
		Month	34.0	24.3	291.0	451.7	294.1	125.5	22.6	29.3	7.9	10.5	6.5	10.1	
5-year wet		1-10	6.1	7.6	101.4	134.2	162.4	82.3	21.1	30.8	4.7	6.3	5.0	7.5	1,868.0
		11-20	19.2	16.2	149.2	214.2	141.7	49.9	6.8	6.2	3.7	4.6	2.2	3.3	
		21-end	23.3	10.9	165.2	296.9	116.1	47.1	4.3	4.9	2.9	4.1	2.1	3.6	
		Month	48.6	34.7	415.8	645.3	420.1	179.3	32.2	41.9	11.3	15.0	9.2	14.4	

Source: JICA

Table 4.7 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Ampasimena au pont de la route nationale

River System

Catchment Area: 27 km²

Basin Elevation: 891 (El.m)

Adjustment Factor: 1.147

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.2	29.5	0.0	72.3	232.2	107.4	4.6	0.0	3.2	6.1	2.2	1.5	1,364.2
		11-20	0.0	8.6	56.4	175.5	62.4	19.4	0.2	2.4	3.4	17.0	4.1	3.6	
		21-end	75.8	0.0	94.9	248.7	10.7	91.7	0.3	22.1	2.4	3.4	2.1	0.0	
		Month	76.1	38.1	151.3	496.5	305.2	218.4	5.2	24.5	9.1	26.5	8.4	5.0	
2	1994/95	1-10	36.9	0.0	36.7	12.7	173.9	3.8	28.3	31.7	9.6	0.0	0.3	0.5	1,301.2
		11-20	118.2	0.0	89.1	312.2	70.0	64.2	26.0	0.0	1.6	3.6	2.2	0.3	
		21-end	38.8	4.0	0.3	204.1	6.2	21.5	0.6	1.5	0.1	1.1	0.9	0.1	
		Month	193.9	4.0	126.2	529.0	250.1	89.5	54.9	33.2	11.4	4.7	3.4	0.9	
3	1995/96	1-10	2.1	0.7	179.9	157.6	106.6	89.7	3.1	3.7	0.5	1.8	1.4	0.3	1,596.4
		11-20	0.5	0.0	99.2	205.2	7.6	22.4	1.5	0.6	0.6	0.8	0.6	0.2	
		21-end	2.3	3.0	305.9	194.9	33.6	148.1	16.6	0.0	2.2	2.5	0.6	0.3	
		Month	4.8	3.7	585.0	557.7	147.7	260.2	21.2	4.2	3.2	5.2	2.5	0.9	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	118.6	151.6	125.5	6.4	47.1	3.6	0.0	7.5	6.1	4.5	1,431.2
		11-20	0.1	0.0	270.4	53.6	78.1	14.0	0.5	0.2	1.5	1.0	0.0	0.6	
		21-end	0.0	4.9	80.1	346.1	87.8	0.9	0.0	1.0	1.0	2.4	1.1	14.9	
		Month	0.2	4.9	469.0	551.3	291.4	21.3	47.6	4.8	2.5	10.9	7.2	20.0	
5	1997/98	1-10	0.9	0.5	136.2	80.4	43.5	19.2	0.5	13.5	0.9	0.9	3.8	40.6	1,248.0
		11-20	8.7	73.3	0.6	19.6	143.6	0.0	3.1	0.0	4.2	0.6	3.1	0.5	
		21-end	17.4	24.0	34.1	237.4	331.7	0.2	0.0	0.0	0.7	1.8	1.8	0.7	
		Month	27.1	97.7	170.8	337.5	518.8	19.4	3.6	13.5	5.9	3.3	8.7	41.8	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	65.3	228.3	8.3	21.9	6.2	43.1	8.0	14.6	3.0	0.0	756.3
		11-20	0.0	0.0	73.9	14.0	12.6	95.3	6.8	0.0	0.1	0.0	2.0	1.3	
		21-end	0.0	0.7	102.8	17.0	19.7	1.3	0.9	2.1	2.5	2.4	1.7	0.7	
		Month	0.0	0.7	241.9	259.2	40.6	118.5	13.9	45.2	10.7	17.0	6.7	2.0	
7	1999/00	1-10	0.3	3.8	22.1	52.4	37.5	213.6	15.3	2.9	5.4	9.8	5.4	0.1	739.3
		11-20	0.0	3.0	91.0	59.1	112.8	2.3	0.0	0.3	5.9	2.9	0.7	1.7	
		21-end	0.9	0.9	0.0	14.7	62.2	0.1	0.0	0.0	1.0	5.9	2.3	3.2	
		Month	1.3	7.7	113.1	126.2	212.4	216.0	15.3	3.2	12.3	18.5	8.4	5.0	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	52.3	8.9	118.0	12.3	31.1	0.0	2.5	1.1	9.6	0.0	1,221.3
		11-20	0.2	20.0	18.7	282.4	3.6	4.1	2.1	2.5	0.2	0.2	0.7	1.5	
		21-end	1.0	1.8	153.7	472.9	0.0	11.5	0.0	0.8	5.2	0.3	1.8	0.0	
		Month	1.3	21.8	224.7	764.3	121.6	27.9	33.2	3.3	7.9	1.7	12.2	1.5	
9	2001/02	1-10	0.2	0.1	34.3	65.3	220.8	26.5	0.7	98.7	0.8	0.0	0.3	0.0	1,174.7
		11-20	0.0	0.0	45.1	41.8	228.3	3.9	5.0	33.6	6.5	0.1	1.1	9.9	
		21-end	18.0	0.0	159.9	10.7	103.5	36.9	10.4	4.9	0.0	6.9	0.5	0.0	
		Month	18.2	0.1	239.3	117.7	552.6	67.3	16.2	137.2	7.3	7.0	2.0	9.9	
10	2002/03	1-10	0.0	15.9	29.9	63.7	14.9	47.3	3.6	8.1	0.0	0.0	1.0	2.5	1,604.6
		11-20	0.2	3.2	248.8	263.0	224.6	106.8	0.0	1.3	0.6	4.5	0.0	2.4	
		21-end	0.8	33.0	168.2	230.7	117.5	1.5	0.0	0.5	4.4	0.6	0.9	4.2	
		Month	1.0	52.2	446.9	557.4	357.0	155.5	3.6	9.9	4.9	5.0	2.0	9.2	
Average		1-10	4.1	5.0	67.5	89.3	108.1	54.8	14.0	20.5	3.1	4.2	3.3	5.0	1,243.7
		11-20	12.8	10.8	99.3	142.6	94.3	33.2	4.5	4.1	2.5	3.1	1.4	2.2	
		21-end	15.5	7.2	110.0	197.7	77.3	31.4	2.9	3.3	2.0	2.7	1.4	2.4	
		Month	32.4	23.1	276.8	429.7	279.7	119.4	21.5	27.9	7.5	10.0	6.1	9.6	
5-year drought		1-10	3.4	4.2	56.7	75.0	90.8	46.0	11.8	17.2	2.6	3.5	2.8	4.2	1,044.7
		11-20	10.7	9.1	83.4	119.8	79.3	27.9	3.8	3.4	2.1	2.6	1.2	1.8	
		21-end	13.0	6.1	92.4	166.1	64.9	26.3	2.4	2.8	1.6	2.3	1.2	2.0	
		Month	27.2	19.4	232.5	360.9	235.0	100.3	18.0	23.4	6.3	8.4	5.2	8.1	
5-year wet		1-10	4.9	6.1	81.0	107.2	129.7	65.8	16.8	24.6	3.7	5.0	4.0	6.0	1,492.5
		11-20	15.3	13.0	119.2	171.2	113.2	39.9	5.4	4.9	3.0	3.7	1.7	2.6	
		21-end	18.6	8.7	132.0	237.3	92.7	37.6	3.5	4.0	2.3	3.3	1.7	2.9	
		Month	38.9	27.7	332.2	515.6	335.7	143.3	25.7	33.5	9.0	12.0	7.4	11.5	

Source: JICA

Table 4.8 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Asahamena au pont de la route nationale

River System

Catchment Area: 119 km²

Basin Elevation: 1061 (El.m)

Adjustment Factor: 1.385

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.3	35.6	0.0	87.3	280.4	129.7	5.5	0.0	3.9	7.3	2.6	1.8	1,647.5
		11-20	0.0	10.4	68.2	211.9	75.4	23.4	0.3	2.9	4.2	20.5	5.0	4.3	
		21-end	91.6	0.0	114.6	300.3	12.9	110.7	0.4	26.7	2.9	4.2	2.5	0.0	
		Month	91.8	46.0	182.7	599.5	368.6	263.8	6.2	29.6	10.9	32.0	10.1	6.1	
2	1994/95	1-10	44.6	0.0	44.3	15.4	210.0	4.6	34.2	38.2	11.6	0.0	0.4	0.6	1,571.3
		11-20	142.7	0.0	107.6	377.1	84.5	77.6	31.4	0.0	1.9	4.3	2.6	0.4	
		21-end	46.8	4.8	0.4	246.4	7.5	25.9	0.7	1.8	0.1	1.4	1.1	0.1	
		Month	234.1	4.8	152.4	638.9	302.0	108.0	66.4	40.0	13.7	5.7	4.2	1.1	
3	1995/96	1-10	2.5	0.8	217.2	190.3	128.7	108.3	3.7	4.4	0.6	2.2	1.7	0.4	1,927.9
		11-20	0.6	0.0	119.8	247.8	9.1	27.0	1.8	0.7	0.7	1.0	0.7	0.3	
		21-end	2.8	3.6	369.4	235.4	40.6	178.8	20.1	0.0	2.6	3.0	0.7	0.4	
		Month	5.8	4.4	706.5	673.5	178.4	314.2	25.6	5.1	3.9	6.2	3.0	1.1	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	143.2	183.1	151.5	7.8	56.9	4.3	0.0	9.0	7.3	5.4	1,728.4
		11-20	0.1	0.0	326.5	64.7	94.3	16.9	0.6	0.3	1.8	1.2	0.0	0.7	
		21-end	0.0	6.0	96.7	417.9	106.0	1.1	0.0	1.2	1.2	2.9	1.4	18.0	
		Month	0.3	6.0	566.4	665.8	351.9	25.8	57.5	5.8	3.0	13.2	8.7	24.1	
5	1997/98	1-10	1.1	0.6	164.4	97.1	52.5	23.1	0.6	16.3	1.1	1.1	4.6	49.0	1,507.2
		11-20	10.5	88.5	0.7	23.7	173.4	0.0	3.7	0.0	5.1	0.7	3.7	0.6	
		21-end	21.1	29.0	41.1	286.7	400.6	0.3	0.0	0.0	0.8	2.2	2.2	0.8	
		Month	32.7	118.0	206.3	407.5	626.5	23.4	4.3	16.3	7.1	4.0	10.5	50.4	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	78.8	275.7	10.0	26.5	7.5	52.1	9.7	17.6	3.6	0.0	913.3
		11-20	0.0	0.0	89.2	16.9	15.2	115.1	8.2	0.0	0.1	0.0	2.4	1.5	
		21-end	0.0	0.8	124.1	20.5	23.8	1.5	1.1	2.5	3.0	2.9	2.1	0.8	
		Month	0.0	0.8	292.1	313.1	49.0	143.1	16.8	54.6	12.9	20.5	8.0	2.4	
7	1999/00	1-10	0.4	4.6	26.7	63.3	45.3	257.9	18.4	3.5	6.5	11.8	6.5	0.1	892.8
		11-20	0.0	3.6	109.9	71.3	136.2	2.8	0.0	0.4	7.1	3.5	0.8	2.1	
		21-end	1.1	1.1	0.0	17.7	75.1	0.1	0.0	0.0	1.2	7.1	2.8	3.9	
		Month	1.5	9.3	136.6	152.4	256.5	260.8	18.4	3.9	14.8	22.3	10.1	6.1	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	63.2	10.8	142.5	14.8	37.5	0.0	3.0	1.4	11.6	0.0	1,474.9
		11-20	0.3	24.1	22.6	341.0	4.3	5.0	2.5	3.0	0.3	0.3	0.8	1.8	
		21-end	1.2	2.2	185.6	571.1	0.0	13.9	0.0	1.0	6.2	0.4	2.2	0.0	
		Month	1.5	26.3	271.4	923.0	146.8	33.7	40.0	4.0	9.6	2.1	14.7	1.8	
9	2001/02	1-10	0.3	0.1	41.4	78.8	266.7	32.0	0.8	119.1	1.0	0.0	0.4	0.0	1,418.6
		11-20	0.0	0.0	54.4	50.4	275.7	4.7	6.1	40.6	7.9	0.1	1.4	11.9	
		21-end	21.7	0.0	193.1	12.9	124.9	44.6	12.6	6.0	0.0	8.3	0.6	0.0	
		Month	22.0	0.1	289.0	142.1	667.3	81.3	19.5	165.7	8.9	8.5	2.4	11.9	
10	2002/03	1-10	0.0	19.3	36.2	76.9	18.0	57.1	4.3	9.8	0.0	0.0	1.2	3.0	1,937.7
		11-20	0.3	3.9	300.5	317.6	271.2	129.0	0.0	1.5	0.7	5.4	0.0	2.9	
		21-end	1.0	39.9	203.1	278.6	141.8	1.8	0.0	0.6	5.3	0.7	1.1	5.1	
		Month	1.2	63.0	539.7	673.1	431.1	187.8	4.3	11.9	6.0	6.1	2.4	11.1	
Average		1-10	4.9	6.1	81.5	107.9	130.6	66.2	17.0	24.8	3.7	5.0	4.0	6.0	1,501.9
		11-20	15.4	13.0	119.9	172.3	113.9	40.1	5.5	4.9	3.0	3.7	1.7	2.6	
		21-end	18.7	8.7	132.8	238.8	93.3	37.9	3.5	4.0	2.4	3.3	1.7	2.9	
		Month	39.1	27.9	334.3	518.9	337.8	144.2	25.9	33.7	9.1	12.1	7.4	11.6	
5-year drought		1-10	4.1	5.1	68.5	90.6	109.7	55.6	14.2	20.8	3.1	4.2	3.4	5.1	1,261.6
		11-20	13.0	11.0	100.7	144.7	95.7	33.7	4.6	4.2	2.5	3.1	1.5	2.2	
		21-end	15.7	7.3	111.6	200.6	78.4	31.8	2.9	3.3	2.0	2.8	1.4	2.5	
		Month	32.8	23.4	280.8	435.9	283.8	121.1	21.8	28.3	7.6	10.1	6.2	9.8	
5-year wet		1-10	5.9	7.3	97.9	129.4	156.7	79.4	20.3	29.7	4.5	6.1	4.8	7.2	1,802.3
		11-20	18.5	15.7	143.9	206.7	136.7	48.2	6.5	5.9	3.6	4.4	2.1	3.2	
		21-end	22.5	10.5	159.4	286.5	112.0	45.4	4.2	4.8	2.8	4.0	2.0	3.5	
		Month	46.9	33.5	401.2	622.7	405.4	173.0	31.1	40.4	10.9	14.5	8.9	13.9	

Source: JICA

Table 4.9 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Behengitra au pont de la route nationale

River System

Catchment Area: 27 km²

Basin Elevation: 918 (El.m)

Adjustment Factor: 1.185

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.2	30.5	0.0	74.6	239.8	110.9	4.7	0.0	3.3	6.3	2.3	1.5	1,409.2
		11-20	0.0	8.9	58.3	181.3	64.5	20.0	0.2	2.5	3.6	17.5	4.3	3.7	
		21-end	78.3	0.0	98.0	256.9	11.0	94.7	0.4	22.9	2.5	3.6	2.1	0.0	
		Month	78.6	39.3	156.3	512.8	315.3	225.6	5.3	25.4	9.4	27.4	8.6	5.2	
2	1994/95	1-10	38.2	0.0	37.9	13.2	179.6	3.9	29.3	32.7	10.0	0.0	0.4	0.5	1,344.1
		11-20	122.0	0.0	92.1	322.5	72.3	66.4	26.9	0.0	1.7	3.7	2.3	0.4	
		21-end	40.1	4.1	0.4	210.8	6.4	22.2	0.6	1.5	0.1	1.2	0.9	0.1	
		Month	200.3	4.1	130.3	546.5	258.3	92.4	56.8	34.2	11.7	4.9	3.6	0.9	
3	1995/96	1-10	2.1	0.7	185.8	162.8	110.1	92.7	3.2	3.8	0.5	1.9	1.4	0.4	1,649.1
		11-20	0.5	0.0	102.5	212.0	7.8	23.1	1.5	0.6	0.6	0.8	0.6	0.2	
		21-end	2.4	3.1	316.0	201.3	34.7	153.0	17.2	0.0	2.3	2.6	0.6	0.4	
		Month	5.0	3.8	604.3	576.1	152.6	268.7	21.9	4.4	3.3	5.3	2.6	0.9	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	122.5	156.6	129.6	6.6	48.7	3.7	0.0	7.7	6.3	4.6	1,478.4
		11-20	0.1	0.0	279.3	55.3	80.7	14.5	0.5	0.2	1.5	1.1	0.0	0.6	
		21-end	0.0	5.1	82.7	357.5	90.6	0.9	0.0	1.1	1.1	2.5	1.2	15.4	
		Month	0.2	5.1	484.5	569.5	301.0	22.0	49.2	5.0	2.6	11.3	7.5	20.6	
5	1997/98	1-10	0.9	0.5	140.7	83.1	44.9	19.8	0.5	14.0	0.9	0.9	3.9	41.9	1,289.2
		11-20	9.0	75.7	0.6	20.3	148.4	0.0	3.2	0.0	4.4	0.6	3.2	0.5	
		21-end	18.0	24.8	35.2	245.3	342.7	0.2	0.0	0.0	0.7	1.9	1.9	0.7	
		Month	28.0	101.0	176.4	348.6	535.9	20.0	3.7	14.0	6.0	3.4	9.0	43.1	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	67.4	235.8	8.5	22.6	6.4	44.6	8.3	15.0	3.1	0.0	781.2
		11-20	0.0	0.0	76.3	14.5	13.0	98.5	7.0	0.0	0.1	0.0	2.0	1.3	
		21-end	0.0	0.7	106.2	17.5	20.4	1.3	0.9	2.1	2.6	2.5	1.8	0.7	
		Month	0.0	0.7	249.9	267.8	41.9	122.4	14.3	46.7	11.0	17.5	6.9	2.0	
7	1999/00	1-10	0.4	3.9	22.9	54.2	38.7	220.6	15.8	3.0	5.6	10.1	5.6	0.1	763.7
		11-20	0.0	3.1	94.0	61.0	116.5	2.4	0.0	0.4	6.0	3.0	0.7	1.8	
		21-end	0.9	0.9	0.0	15.2	64.2	0.1	0.0	0.0	1.1	6.0	2.4	3.3	
		Month	1.3	7.9	116.8	130.3	219.4	223.1	15.8	3.3	12.7	19.1	8.6	5.2	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	54.0	9.2	121.9	12.7	32.1	0.0	2.6	1.2	10.0	0.0	1,261.6
		11-20	0.2	20.6	19.3	291.7	3.7	4.3	2.1	2.6	0.2	0.2	0.7	1.5	
		21-end	1.1	1.9	158.8	488.5	0.0	11.8	0.0	0.8	5.3	0.4	1.9	0.0	
		Month	1.3	22.5	232.1	789.5	125.6	28.8	34.2	3.4	8.2	1.8	12.6	1.5	
9	2001/02	1-10	0.2	0.1	35.4	67.4	228.1	27.4	0.7	101.9	0.8	0.0	0.4	0.0	1,213.5
		11-20	0.0	0.0	46.6	43.1	235.8	4.0	5.2	34.7	6.8	0.1	1.2	10.2	
		21-end	18.6	0.0	165.2	11.0	106.9	38.2	10.8	5.1	0.0	7.1	0.5	0.0	
		Month	18.8	0.1	247.2	121.6	570.8	69.6	16.7	141.7	7.6	7.2	2.0	10.2	
10	2002/03	1-10	0.0	16.5	30.9	65.8	15.4	48.8	3.7	8.4	0.0	0.0	1.1	2.6	1,657.5
		11-20	0.2	3.3	257.0	271.7	232.0	110.3	0.0	1.3	0.6	4.6	0.0	2.5	
		21-end	0.8	34.1	173.7	238.3	121.3	1.5	0.0	0.5	4.5	0.6	0.9	4.4	
		Month	1.1	53.9	461.6	575.8	368.7	160.7	3.7	10.2	5.1	5.2	2.0	9.5	
Average		1-10	4.2	5.2	69.8	92.3	111.7	56.6	14.5	21.2	3.2	4.3	3.4	5.2	1,284.7
		11-20	13.2	11.2	102.6	147.3	97.5	34.3	4.7	4.2	2.5	3.2	1.5	2.3	
		21-end	16.0	7.5	113.6	204.2	79.8	32.4	3.0	3.4	2.0	2.8	1.4	2.5	
		Month	33.5	23.9	286.0	443.8	289.0	123.3	22.2	28.8	7.8	10.3	6.3	9.9	
5-year drought		1-10	3.5	4.4	58.6	77.5	93.8	47.5	12.2	17.8	2.7	3.6	2.9	4.3	1,079.2
		11-20	11.1	9.4	86.2	123.8	81.9	28.8	3.9	3.6	2.1	2.7	1.3	1.9	
		21-end	13.5	6.3	95.4	171.6	67.1	27.2	2.5	2.9	1.7	2.4	1.2	2.1	
		Month	28.1	20.0	240.2	372.8	242.7	103.6	18.6	24.2	6.5	8.7	5.3	8.3	
5-year wet		1-10	5.1	6.3	83.7	110.7	134.0	67.9	17.4	25.4	3.8	5.2	4.1	6.2	1,541.7
		11-20	15.9	13.4	123.1	176.8	117.0	41.2	5.6	5.1	3.1	3.8	1.8	2.7	
		21-end	19.2	9.0	136.3	245.1	95.8	38.9	3.6	4.1	2.4	3.4	1.7	3.0	
		Month	40.1	28.6	343.1	532.6	346.8	148.0	26.6	34.6	9.3	12.4	7.6	11.9	

Source: JICA

Table 4.10 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Bemarenina au pont de la route nationale

River System

Catchment Area: 45 km²

Basin Elevation: 914 (El.m)

Adjustment Factor: 1.179

Unit :mm

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (mm)
1	1993/94	1-10	0.2	30.3	0.0	74.3	238.7	110.4	4.7	0.0	3.3	6.3	2.2	1.5	1,402.6
		11-20	0.0	8.8	58.0	180.4	64.2	19.9	0.2	2.5	3.5	17.5	4.2	3.7	
		21-end	78.0	0.0	97.5	255.7	11.0	94.2	0.4	22.8	2.5	3.5	2.1	0.0	
		Month	78.2	39.2	155.6	510.4	313.8	224.5	5.3	25.2	9.3	27.2	8.6	5.2	
2	1994/95	1-10	38.0	0.0	37.7	13.1	178.8	3.9	29.1	32.5	9.9	0.0	0.4	0.5	1,337.7
		11-20	121.5	0.0	91.6	321.0	71.9	66.0	26.8	0.0	1.7	3.7	2.2	0.4	
		21-end	39.9	4.1	0.4	209.8	6.4	22.1	0.6	1.5	0.1	1.2	0.9	0.1	
		Month	199.3	4.1	129.7	543.9	257.1	92.0	56.5	34.1	11.7	4.8	3.5	0.9	
3	1995/96	1-10	2.1	0.7	184.9	162.0	109.6	92.2	3.2	3.8	0.5	1.9	1.4	0.4	1,641.3
		11-20	0.5	0.0	102.0	211.0	7.8	23.0	1.5	0.6	0.6	0.8	0.6	0.2	
		21-end	2.4	3.1	314.5	200.4	34.6	152.2	17.1	0.0	2.2	2.6	0.6	0.4	
		Month	5.0	3.8	601.5	573.4	151.9	267.5	21.8	4.4	3.3	5.3	2.6	0.9	
4	1996/97	1-10	0.1	0.0	121.9	155.9	129.0	6.6	48.5	3.7	0.0	7.7	6.3	4.6	1,471.4
		11-20	0.1	0.0	278.0	55.1	80.3	14.4	0.5	0.2	1.5	1.1	0.0	0.6	
		21-end	0.0	5.1	82.3	355.8	90.2	0.9	0.0	1.1	1.1	2.5	1.2	15.3	
		Month	0.2	5.1	482.2	566.8	299.5	21.9	48.9	5.0	2.6	11.2	7.4	20.5	
5	1997/98	1-10	0.9	0.5	140.0	82.7	44.7	19.7	0.5	13.9	0.9	0.9	3.9	41.7	1,283.1
		11-20	9.0	75.4	0.6	20.2	147.7	0.0	3.2	0.0	4.4	0.6	3.2	0.5	
		21-end	17.9	24.6	35.0	244.1	341.1	0.2	0.0	0.0	0.7	1.9	1.9	0.7	
		Month	27.8	100.5	175.6	347.0	533.4	19.9	3.7	13.9	6.0	3.4	9.0	42.9	
6	1998/99	1-10	0.0	0.0	67.1	234.7	8.5	22.5	6.4	44.3	8.3	15.0	3.1	0.0	777.5
		11-20	0.0	0.0	75.9	14.4	13.0	98.0	7.0	0.0	0.1	0.0	2.0	1.3	
		21-end	0.0	0.7	105.7	17.5	20.3	1.3	0.9	2.1	2.6	2.5	1.8	0.7	
		Month	0.0	0.7	248.7	266.5	41.7	121.8	14.3	46.5	11.0	17.5	6.8	2.0	
7	1999/00	1-10	0.4	3.9	22.8	53.9	38.6	219.6	15.7	2.9	5.5	10.0	5.5	0.1	760.1
		11-20	0.0	3.1	93.5	60.7	115.9	2.4	0.0	0.4	6.0	2.9	0.7	1.8	
		21-end	0.9	0.9	0.0	15.1	63.9	0.1	0.0	0.0	1.1	6.0	2.4	3.3	
		Month	1.3	7.9	116.3	129.7	218.4	222.1	15.7	3.3	12.6	19.0	8.6	5.2	
8	2000/01	1-10	0.0	0.0	53.8	9.2	121.4	12.6	32.0	0.0	2.6	1.2	9.9	0.0	1,255.6
		11-20	0.2	20.5	19.2	290.3	3.7	4.2	2.1	2.6	0.2	0.2	0.7	1.5	
		21-end	1.1	1.9	158.0	486.2	0.0	11.8	0.0	0.8	5.3	0.4	1.9	0.0	
		Month	1.3	22.4	231.0	785.8	125.0	28.7	34.1	3.4	8.1	1.8	12.5	1.5	
9	2001/02	1-10	0.2	0.1	35.3	67.1	227.0	27.2	0.7	101.4	0.8	0.0	0.4	0.0	1,207.7
		11-20	0.0	0.0	46.3	42.9	234.7	4.0	5.2	34.6	6.7	0.1	1.2	10.1	
		21-end	18.5	0.0	164.4	11.0	106.4	38.0	10.7	5.1	0.0	7.1	0.5	0.0	
		Month	18.8	0.1	246.0	121.0	568.1	69.2	16.6	141.0	7.5	7.2	2.0	10.1	
10	2002/03	1-10	0.0	16.4	30.8	65.5	15.3	48.6	3.7	8.4	0.0	0.0	1.1	2.6	1,649.6
		11-20	0.2	3.3	255.8	270.4	230.9	109.8	0.0	1.3	0.6	4.6	0.0	2.5	
		21-end	0.8	34.0	172.9	237.2	120.8	1.5	0.0	0.5	4.5	0.6	0.9	4.4	
		Month	1.1	53.7	459.5	573.0	367.0	159.9	3.7	10.1	5.1	5.2	2.0	9.4	
Average		1-10	4.2	5.2	69.4	91.8	111.2	56.3	14.4	21.1	3.2	4.3	3.4	5.1	1,278.7
		11-20	13.1	11.1	102.1	146.6	97.0	34.2	4.6	4.2	2.5	3.1	1.5	2.3	
		21-end	15.9	7.4	113.1	203.3	79.5	32.2	3.0	3.4	2.0	2.8	1.4	2.5	
		Month	33.3	23.7	284.6	441.7	287.6	122.8	22.1	28.7	7.7	10.3	6.3	9.9	
5-year drought		1-10	3.5	4.4	58.3	77.1	93.4	47.3	12.1	17.7	2.7	3.6	2.9	4.3	1,074.1
		11-20	11.0	9.3	85.8	123.2	81.5	28.7	3.9	3.5	2.1	2.6	1.2	1.9	
		21-end	13.4	6.3	95.0	170.7	66.7	27.1	2.5	2.8	1.7	2.4	1.2	2.1	
		Month	28.0	19.9	239.1	371.1	241.6	103.1	18.5	24.1	6.5	8.6	5.3	8.3	
5-year wet		1-10	5.0	6.2	83.3	110.2	133.4	67.6	17.3	25.3	3.8	5.2	4.1	6.2	1,534.4
		11-20	15.8	13.3	122.5	176.0	116.4	41.0	5.6	5.1	3.0	3.8	1.8	2.7	
		21-end	19.1	8.9	135.7	243.9	95.3	38.7	3.6	4.1	2.4	3.4	1.7	3.0	
		Month	40.0	28.5	341.5	530.1	345.1	147.3	26.5	34.4	9.3	12.3	7.6	11.9	

Source: JICA

Table 4.11 Débit décadaire probable à Amohimitsotra sur la rivière Sahabe

River System															
Catchment Area: 427 km ²															
Basin Elevation: 1031 (EL.m)															
Adjustment Factor: 1.000															
Unit :m ³ /s															
No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	1.93	4.54	1.78	7.66	47.05	11.61	15.56	5.29	2.86	2.22	2.23	2.13	7.82
		11-20	1.88	1.83	1.73	7.01	45.72	18.77	8.84	4.05	2.57	2.22	2.18	2.13	
		21-end	1.66	1.78	2.15	24.97	20.14	9.34	6.82	2.65	2.27	1.98	1.97	2.08	
		Month	1.82	2.72	1.89	13.21	37.64	13.24	10.41	4.00	2.57	2.14	2.13	2.11	
2	1994/95	1-10	2.08	3.17	1.93	1.93	34.85	10.62	7.01	4.30	2.62	2.23	2.13	2.08	7.08
		11-20	2.03	2.03	1.93	1.88	33.26	8.25	6.27	4.30	2.38	2.18	2.13	2.08	
		21-end	8.27	1.98	5.26	50.14	20.01	8.94	5.58	2.69	2.23	1.98	1.93	2.08	
		Month	4.13	2.39	3.04	17.98	29.37	9.27	6.29	3.76	2.41	2.13	2.06	2.08	
3	1995/96	1-10	1.98	1.93	1.88	60.10	41.90	13.00	28.86	7.32	3.51	2.72	2.66	2.57	10.91
		11-20	1.98	1.93	24.86	27.23	23.57	17.15	10.53	5.88	3.02	2.72	2.61	2.57	
		21-end	1.79	1.93	9.29	38.28	16.53	10.02	8.36	4.14	2.77	2.42	2.38	2.52	
		Month	1.92	1.93	12.01	41.87	27.33	13.39	15.92	5.78	3.10	2.62	2.55	2.55	
4	1996/97	1-10	2.52	2.42	2.33	11.82	72.70	20.65	8.64	5.23	2.96	2.91	2.81	2.72	9.93
		11-20	2.47	2.38	11.32	27.33	23.62	13.14	9.34	4.15	2.96	2.86	2.77	2.67	
		21-end	2.25	2.33	44.11	10.15	25.89	9.84	6.62	3.01	2.91	2.56	2.47	2.67	
		Month	2.41	2.38	19.25	16.43	40.74	14.54	8.20	4.13	2.94	2.78	2.68	2.69	
5	1997/98	1-10	2.62	2.52	2.67	2.91	40.87	69.29	8.15	3.70	2.67	2.57	2.47	2.42	7.81
		11-20	2.62	2.52	15.81	6.96	7.41	13.24	6.42	3.25	2.62	2.57	2.47	2.47	
		21-end	2.33	4.95	2.74	2.69	31.08	9.39	4.93	2.47	2.62	2.29	2.20	2.32	
		Month	2.52	3.33	7.07	4.19	26.45	30.64	6.50	3.14	2.64	2.48	2.38	2.40	
6	1998/99	1-10	2.32	2.27	2.18	10.68	5.89	2.82	2.77	2.13	2.03	1.98	1.93	1.83	4.11
		11-20	2.32	2.23	4.01	41.52	4.31	2.58	2.33	3.52	2.03	1.98	1.93	1.83	
		21-end	2.07	2.23	4.85	6.60	4.26	7.59	1.93	1.89	2.03	1.75	1.66	1.83	
		Month	2.24	2.24	3.68	19.60	4.82	4.33	2.34	2.51	2.03	1.90	1.84	1.83	
7	1999/00	1-10	1.78	1.73	1.73	1.73	2.22	5.78	4.35	1.63	1.58	1.53	1.48	1.43	3.34
		11-20	1.78	1.73	1.68	2.62	2.17	37.26	3.16	1.63	1.58	1.53	1.48	1.43	
		21-end	1.62	1.73	5.30	6.29	5.55	5.48	2.12	1.43	1.58	1.35	1.35	1.43	
		Month	1.73	1.73	2.90	3.55	3.31	16.17	3.21	1.56	1.58	1.47	1.44	1.43	
8	2000/01	1-10	1.43	1.38	1.33	19.12	97.21	11.36	5.53	2.56	1.88	1.78	1.73	1.68	7.88
		11-20	1.38	1.38	1.97	2.47	21.69	9.13	4.93	2.02	1.83	1.78	1.68	1.63	
		21-end	1.26	1.38	1.21	44.79	18.10	6.29	3.70	1.66	1.78	1.57	1.53	1.63	
		Month	1.36	1.38	1.50	22.13	45.67	8.93	4.72	2.08	1.83	1.71	1.65	1.65	
9	2001/02	1-10	1.63	1.58	1.48	20.85	2.96	17.10	7.32	3.36	3.96	1.98	1.78	1.73	6.56
		11-20	1.58	1.53	1.48	6.62	36.87	10.38	5.49	11.96	3.02	1.83	1.78	1.73	
		21-end	1.44	1.48	1.38	3.82	54.00	7.23	4.15	5.17	2.37	1.66	1.61	1.73	
		Month	1.55	1.53	1.45	10.43	31.28	11.57	5.65	6.83	3.12	1.82	1.72	1.73	
10	2002/03	1-10	1.68	1.63	1.58	25.95	46.16	24.41	12.35	6.08	2.96	2.42	2.37	2.33	10.69
		11-20	1.68	1.63	1.53	10.38	13.44	16.21	9.93	4.99	2.62	2.42	2.32	2.28	
		21-end	1.52	1.63	35.81	46.41	60.24	19.68	7.76	3.46	2.47	2.16	2.07	2.28	
		Month	1.63	1.63	12.97	27.58	39.95	20.10	10.01	4.84	2.68	2.33	2.25	2.30	
Average		1-10	2.00	2.32	1.89	16.28	39.18	18.66	10.05	4.16	2.70	2.23	2.16	2.09	7.61
		11-20	1.97	1.92	6.63	13.40	21.21	14.61	6.72	4.58	2.46	2.21	2.14	2.08	
		21-end	2.42	2.14	11.21	23.41	25.58	9.38	5.20	2.86	2.30	1.97	1.92	2.06	
		Month	2.13	2.13	6.58	17.70	28.66	14.22	7.33	3.86	2.49	2.14	2.07	2.08	
5-year drought		1-10	1.68	1.95	1.59	13.67	32.91	15.68	8.45	3.49	2.27	1.88	1.81	1.76	6.82
		11-20	1.66	1.61	5.57	11.26	17.81	12.27	5.65	3.84	2.07	1.86	1.79	1.75	
		21-end	2.03	1.80	9.42	19.67	21.49	7.88	4.37	2.40	1.93	1.66	1.61	1.73	
		Month	1.79	1.79	5.52	14.87	24.07	11.94	6.15	3.25	2.09	1.80	1.74	1.74	
5-year wet		1-10	2.40	2.78	2.27	19.53	47.02	22.40	12.06	4.99	3.24	2.68	2.59	2.51	9.14
		11-20	2.37	2.30	7.96	16.08	25.45	17.53	8.07	5.49	2.96	2.65	2.56	2.50	
		21-end	2.91	2.57	13.45	28.10	30.70	11.26	6.24	3.43	2.76	2.37	2.30	2.47	
		Month	2.56	2.55	7.89	21.24	34.39	17.06	8.79	4.64	2.99	2.57	2.48	2.49	

Source: JICA

Table 4.12 Débit décadaire probable à Morarano sur la rivière Andranomainty

River System Sahabe River System

Catchment Area: 79 km²

Basin Elevation: 937 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m³/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	0.34	0.67	0.31	1.17	7.32	1.83	2.41	0.79	0.45	0.38	0.36	0.35	1.21
		11-20	0.33	0.32	0.31	1.03	7.08	2.77	1.35	0.58	0.39	0.37	0.36	0.35	
		21-end	0.30	0.31	0.30	3.70	3.15	1.45	1.03	0.40	0.38	0.34	0.32	0.35	
		Month	0.32	0.43	0.31	1.97	5.85	2.02	1.60	0.59	0.41	0.36	0.35	0.35	
2	1994/95	1-10	0.35	0.48	0.32	0.32	5.39	1.64	1.06	0.61	0.38	0.35	0.35	0.34	1.09
		11-20	0.34	0.34	0.32	0.32	5.11	1.27	0.94	0.59	0.36	0.35	0.35	0.34	
		21-end	1.18	0.34	0.78	7.77	3.16	1.32	0.82	0.40	0.36	0.32	0.31	0.34	
		Month	0.62	0.39	0.47	2.80	4.55	1.41	0.94	0.53	0.37	0.34	0.34	0.34	
3	1995/96	1-10	0.33	0.32	0.31	9.30	6.48	2.01	4.29	1.08	0.50	0.43	0.41	0.41	1.67
		11-20	0.32	0.31	3.69	4.09	3.62	2.62	1.61	0.85	0.44	0.43	0.41	0.40	
		21-end	0.29	0.31	1.42	5.90	2.58	1.53	1.27	0.56	0.44	0.38	0.37	0.39	
		Month	0.31	0.31	1.81	6.43	4.23	2.05	2.39	0.83	0.46	0.41	0.40	0.40	
4	1996/97	1-10	0.38	0.38	0.37	1.80	11.33	3.17	1.29	0.73	0.47	0.46	0.44	0.43	1.51
		11-20	0.38	0.38	1.50	4.03	3.58	2.03	1.33	0.58	0.46	0.45	0.43	0.42	
		21-end	0.34	0.37	6.83	1.53	4.01	1.49	0.95	0.44	0.46	0.40	0.39	0.41	
		Month	0.37	0.38	2.90	2.45	6.31	2.23	1.19	0.58	0.46	0.44	0.42	0.42	
5	1997/98	1-10	0.41	0.40	0.40	0.42	6.18	10.82	1.19	0.50	0.40	0.39	0.39	0.37	1.17
		11-20	0.41	0.40	2.18	0.95	1.07	2.03	0.91	0.45	0.39	0.39	0.37	0.37	
		21-end	0.37	0.71	0.41	0.39	4.53	1.42	0.67	0.37	0.39	0.35	0.33	0.36	
		Month	0.40	0.50	1.00	0.59	3.93	4.76	0.92	0.44	0.39	0.38	0.36	0.37	
6	1998/99	1-10	0.36	0.34	0.34	1.49	0.86	0.40	0.38	0.32	0.31	0.29	0.29	0.28	0.60
		11-20	0.35	0.34	0.56	6.31	0.60	0.34	0.33	0.48	0.31	0.29	0.28	0.28	
		21-end	0.31	0.34	0.67	0.98	0.56	1.03	0.29	0.28	0.31	0.26	0.26	0.27	
		Month	0.34	0.34	0.52	2.93	0.67	0.59	0.33	0.36	0.31	0.28	0.28	0.28	
7	1999/00	1-10	0.27	0.26	0.26	0.26	0.32	0.78	0.55	0.25	0.23	0.23	0.22	0.22	0.48
		11-20	0.27	0.26	0.26	0.34	0.31	5.61	0.43	0.25	0.23	0.23	0.22	0.22	
		21-end	0.25	0.26	0.74	0.88	0.72	0.74	0.29	0.21	0.23	0.20	0.20	0.21	
		Month	0.26	0.26	0.42	0.49	0.45	2.38	0.42	0.24	0.23	0.22	0.21	0.22	
8	2000/01	1-10	0.21	0.21	0.20	2.73	15.34	1.73	0.77	0.33	0.27	0.26	0.26	0.25	1.20
		11-20	0.21	0.20	0.22	0.35	3.35	1.36	0.68	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	
		21-end	0.19	0.20	0.18	6.87	2.80	0.90	0.47	0.25	0.26	0.23	0.22	0.24	
		Month	0.20	0.20	0.20	3.32	7.16	1.33	0.64	0.29	0.27	0.25	0.24	0.24	
9	2001/02	1-10	0.24	0.23	0.23	3.00	0.38	2.61	1.05	0.41	0.54	0.27	0.27	0.26	0.96
		11-20	0.24	0.23	0.23	0.97	5.56	1.58	0.77	1.60	0.38	0.27	0.27	0.26	
		21-end	0.21	0.23	0.19	0.55	8.33	1.07	0.54	0.71	0.32	0.24	0.23	0.25	
		Month	0.23	0.23	0.22	1.51	4.76	1.75	0.79	0.91	0.41	0.26	0.26	0.26	
10	2002/03	1-10	0.25	0.24	0.24	3.90	7.15	3.64	1.88	0.87	0.42	0.37	0.35	0.34	1.62
		11-20	0.25	0.24	0.23	1.57	2.08	2.48	1.51	0.70	0.37	0.36	0.35	0.34	
		21-end	0.23	0.24	5.43	7.11	9.28	2.90	1.15	0.46	0.38	0.33	0.32	0.33	
		Month	0.24	0.24	1.97	4.19	6.17	3.01	1.51	0.68	0.39	0.35	0.34	0.34	
Average		1-10	0.31	0.35	0.30	2.44	6.08	2.86	1.49	0.59	0.40	0.34	0.33	0.33	1.15
		11-20	0.31	0.30	0.95	2.00	3.24	2.21	0.99	0.64	0.36	0.34	0.33	0.32	
		21-end	0.37	0.33	1.70	3.57	3.91	1.39	0.75	0.41	0.35	0.31	0.30	0.32	
		Month	0.33	0.33	0.98	2.67	4.41	2.15	1.07	0.54	0.37	0.33	0.32	0.32	
5-year drought		1-10	0.26	0.30	0.25	2.05	5.10	2.40	1.25	0.49	0.33	0.29	0.28	0.27	1.03
		11-20	0.26	0.25	0.80	1.68	2.72	1.86	0.83	0.53	0.30	0.29	0.28	0.27	
		21-end	0.31	0.28	1.42	3.00	3.29	1.16	0.63	0.34	0.30	0.26	0.25	0.26	
		Month	0.28	0.28	0.82	2.24	3.70	1.81	0.90	0.46	0.31	0.28	0.27	0.27	
5-year wet		1-10	0.38	0.42	0.36	2.93	7.29	3.44	1.78	0.71	0.48	0.41	0.40	0.39	1.38
		11-20	0.37	0.36	1.14	2.40	3.88	2.65	1.18	0.76	0.43	0.41	0.39	0.39	
		21-end	0.44	0.40	2.03	4.28	4.69	1.66	0.90	0.49	0.42	0.37	0.35	0.38	
		Month	0.40	0.39	1.18	3.20	5.29	2.58	1.29	0.65	0.44	0.40	0.38	0.38	

Source: JICA

Table 4.13 Précipitation décadaire dans la zone de la rivière Ranomantny à Ranofotsy (Bassin versant de Sahabe)

River System Sahabe River System

Catchment Area: 79 km² (at Ranofotsy)

Basin Elevation: 1008 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m³/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	0.34	0.80	0.33	1.38	8.46	2.10	2.81	0.95	0.52	0.43	0.42	0.40	1.41
		11-20	0.33	0.33	0.33	1.25	8.18	3.33	1.59	0.71	0.46	0.42	0.42	0.40	
		21-end	0.31	0.33	0.37	4.41	3.62	1.67	1.23	0.48	0.43	0.39	0.38	0.40	
		Month	0.33	0.49	0.34	2.35	6.75	2.37	1.88	0.71	0.47	0.41	0.41	0.40	
2	1994/95	1-10	0.40	0.60	0.39	0.38	6.29	1.94	1.30	0.80	0.50	0.45	0.44	0.43	1.30
		11-20	0.39	0.39	0.38	0.38	5.97	1.51	1.16	0.78	0.47	0.45	0.44	0.43	
		21-end	1.44	0.39	0.97	9.01	3.64	1.63	1.04	0.51	0.45	0.40	0.39	0.43	
		Month	0.74	0.46	0.58	3.26	5.30	1.69	1.17	0.70	0.47	0.43	0.42	0.43	
3	1995/96	1-10	0.42	0.42	0.41	10.81	7.55	2.40	5.19	1.35	0.69	0.58	0.56	0.55	2.02
		11-20	0.42	0.41	4.48	4.91	4.26	3.14	1.95	1.11	0.62	0.57	0.56	0.55	
		21-end	0.38	0.41	1.70	6.91	3.03	1.86	1.57	0.78	0.58	0.51	0.50	0.54	
		Month	0.41	0.41	2.20	7.54	4.95	2.47	2.90	1.08	0.63	0.55	0.54	0.55	
4	1996/97	1-10	0.54	0.53	0.51	2.21	13.13	3.79	1.65	1.03	0.65	0.64	0.63	0.61	1.88
		11-20	0.53	0.52	2.05	4.95	4.32	2.47	1.74	0.84	0.65	0.64	0.62	0.61	
		21-end	0.48	0.52	8.00	1.92	4.77	1.85	1.26	0.63	0.65	0.58	0.57	0.60	
		Month	0.52	0.52	3.52	3.03	7.41	2.70	1.55	0.83	0.65	0.62	0.61	0.61	
5	1997/98	1-10	0.60	0.59	0.61	0.65	7.42	12.56	1.61	0.80	0.62	0.61	0.61	0.59	1.53
		11-20	0.60	0.59	2.88	1.36	1.44	2.51	1.26	0.72	0.62	0.61	0.60	0.61	
		21-end	0.54	1.01	0.62	0.61	5.68	1.80	1.01	0.58	0.61	0.55	0.54	0.58	
		Month	0.58	0.73	1.37	0.87	4.85	5.62	1.29	0.70	0.62	0.59	0.58	0.59	
6	1998/99	1-10	0.58	0.57	0.55	2.02	1.21	0.65	0.66	0.55	0.54	0.53	0.51	0.50	0.89
		11-20	0.57	0.56	0.88	7.59	0.92	0.61	0.58	0.78	0.53	0.52	0.50	0.50	
		21-end	0.52	0.56	0.99	1.33	0.96	1.47	0.51	0.49	0.53	0.48	0.46	0.50	
		Month	0.56	0.56	0.81	3.65	1.03	0.91	0.58	0.61	0.53	0.51	0.49	0.50	
7	1999/00	1-10	0.49	0.48	0.48	0.47	0.56	1.19	0.93	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.76
		11-20	0.49	0.48	0.47	0.62	0.55	6.80	0.73	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	
		21-end	0.44	0.48	1.08	1.27	1.13	1.12	0.54	0.42	0.45	0.40	0.39	0.42	
		Month	0.47	0.48	0.68	0.79	0.75	3.04	0.73	0.45	0.45	0.43	0.42	0.43	
8	2000/01	1-10	0.41	0.40	0.40	3.53	17.66	2.18	1.14	0.60	0.49	0.48	0.48	0.46	1.57
		11-20	0.41	0.40	0.48	0.62	4.05	1.79	1.03	0.51	0.48	0.48	0.46	0.45	
		21-end	0.37	0.40	0.36	8.15	3.45	1.25	0.79	0.45	0.48	0.43	0.41	0.45	
		Month	0.40	0.40	0.41	4.10	8.39	1.74	0.99	0.52	0.48	0.46	0.45	0.45	
9	2001/02	1-10	0.45	0.44	0.43	3.84	0.67	3.21	1.45	0.73	0.86	0.50	0.48	0.47	1.32
		11-20	0.44	0.44	0.43	1.35	6.74	2.01	1.13	2.23	0.67	0.48	0.47	0.47	
		21-end	0.40	0.43	0.38	0.82	9.84	1.42	0.87	1.05	0.57	0.44	0.43	0.47	
		Month	0.43	0.44	0.41	2.00	5.75	2.21	1.15	1.34	0.70	0.47	0.46	0.47	
10	2002/03	1-10	0.46	0.46	0.45	4.79	8.44	4.51	2.35	1.22	0.68	0.59	0.58	0.58	2.06
		11-20	0.46	0.45	0.44	2.03	2.56	3.05	1.92	1.04	0.61	0.59	0.58	0.57	
		21-end	0.41	0.45	6.54	8.43	10.97	3.60	1.53	0.73	0.60	0.53	0.52	0.57	
		Month	0.44	0.45	2.48	5.08	7.32	3.72	1.93	1.00	0.63	0.57	0.56	0.57	
Average		1-10	0.47	0.53	0.46	3.01	7.14	3.45	1.91	0.85	0.60	0.53	0.52	0.50	1.47
		11-20	0.46	0.46	1.28	2.51	3.90	2.72	1.31	0.92	0.56	0.52	0.51	0.50	
		21-end	0.53	0.50	2.10	4.29	4.71	1.77	1.04	0.61	0.54	0.47	0.46	0.50	
		Month	0.49	0.49	1.28	3.27	5.25	2.65	1.42	0.79	0.56	0.51	0.49	0.50	
5-year drought		1-10	0.39	0.44	0.38	2.53	6.00	2.90	1.60	0.71	0.50	0.44	0.43	0.42	1.31
		11-20	0.39	0.38	1.08	2.11	3.28	2.29	1.10	0.77	0.47	0.44	0.43	0.42	
		21-end	0.44	0.42	1.76	3.60	3.96	1.48	0.87	0.51	0.45	0.40	0.39	0.42	
		Month	0.41	0.42	1.07	2.74	4.41	2.22	1.19	0.67	0.47	0.42	0.42	0.42	
5-year wet		1-10	0.56	0.63	0.55	3.61	8.57	4.14	2.29	1.02	0.72	0.63	0.62	0.60	1.77
		11-20	0.56	0.55	1.54	3.01	4.68	3.27	1.57	1.10	0.67	0.62	0.61	0.60	
		21-end	0.63	0.60	2.52	5.14	5.65	2.12	1.24	0.73	0.64	0.57	0.55	0.60	
		Month	0.58	0.59	1.54	3.92	6.30	3.18	1.70	0.95	0.68	0.61	0.59	0.60	

Source: JICA

Table 4.14 Débit décadaire probable à Sahanidingana sur la rivièr Mavalova-Ampandra

River System		Sahabe River System													Annual (m3/s)
Catchment Area:		129 km ² (at Sahadingana, d/s of the Ampandra River Confluence)													
Basin Elevation:		947 (El.m)													
Adjustment Factor:		1.000													
No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Unit :m3/s
1	1993/94	1-10	0.58	1.16	0.53	1.98	12.63	3.12	4.11	1.36	0.75	0.63	0.61	0.59	2.08
		11-20	0.56	0.55	0.52	1.81	12.21	4.79	2.34	0.98	0.64	0.61	0.61	0.58	
		21-end	0.50	0.53	0.50	6.40	5.45	2.48	1.77	0.71	0.64	0.58	0.56	0.57	
		Month	0.55	0.75	0.52	3.40	10.10	3.46	2.74	1.02	0.68	0.61	0.59	0.58	
2	1994/95	1-10	0.57	0.79	0.55	0.52	9.26	2.85	1.81	1.05	0.62	0.60	0.57	0.55	1.86
		11-20	0.57	0.55	0.52	0.52	8.79	2.16	1.61	1.02	0.61	0.58	0.57	0.53	
		21-end	2.03	0.55	1.34	13.40	5.42	2.29	1.42	0.68	0.60	0.53	0.51	0.53	
		Month	1.06	0.63	0.80	4.81	7.82	2.43	1.61	0.92	0.61	0.57	0.55	0.54	
3	1995/96	1-10	0.52	0.52	0.49	16.04	11.14	3.43	7.42	1.84	0.86	0.70	0.69	0.67	2.85
		11-20	0.52	0.49	6.35	7.09	6.22	4.47	2.74	1.47	0.74	0.70	0.69	0.66	
		21-end	0.48	0.49	2.40	10.15	4.41	2.60	2.14	0.98	0.71	0.64	0.62	0.66	
		Month	0.51	0.50	3.08	11.09	7.26	3.50	4.10	1.43	0.77	0.68	0.67	0.66	
4	1996/97	1-10	0.64	0.61	0.59	3.10	19.49	5.44	2.19	1.24	0.76	0.74	0.71	0.70	2.58
		11-20	0.64	0.61	2.58	6.97	6.09	3.50	2.31	0.96	0.75	0.73	0.71	0.67	
		21-end	0.59	0.59	11.75	2.67	6.90	2.56	1.63	0.73	0.76	0.67	0.64	0.67	
		Month	0.62	0.60	4.97	4.25	10.83	3.83	2.04	0.98	0.76	0.71	0.69	0.68	
5	1997/98	1-10	0.66	0.64	0.63	0.67	10.64	18.59	2.06	0.84	0.66	0.64	0.61	0.59	1.98
		11-20	0.66	0.62	3.77	1.60	1.83	3.48	1.53	0.76	0.66	0.63	0.59	0.60	
		21-end	0.59	1.17	0.68	0.65	7.82	2.42	1.14	0.62	0.64	0.55	0.54	0.57	
		Month	0.64	0.81	1.69	0.97	6.76	8.16	1.58	0.74	0.65	0.61	0.58	0.59	
6	1998/99	1-10	0.57	0.55	0.53	2.55	1.42	0.62	0.61	0.51	0.49	0.47	0.45	0.45	1.00
		11-20	0.57	0.53	0.90	10.90	0.98	0.53	0.52	0.80	0.47	0.46	0.45	0.43	
		21-end	0.52	0.53	1.09	1.67	0.94	1.77	0.45	0.44	0.47	0.41	0.41	0.43	
		Month	0.55	0.54	0.84	5.04	1.11	0.97	0.53	0.58	0.48	0.45	0.44	0.44	
7	1999/00	1-10	0.43	0.42	0.40	0.39	0.51	1.30	0.92	0.37	0.36	0.34	0.34	0.33	0.79
		11-20	0.43	0.42	0.40	0.53	0.49	9.67	0.68	0.37	0.36	0.34	0.34	0.33	
		21-end	0.38	0.40	1.28	1.49	1.19	1.25	0.44	0.34	0.36	0.31	0.31	0.33	
		Month	0.41	0.41	0.69	0.80	0.73	4.07	0.68	0.36	0.36	0.33	0.33	0.33	
8	2000/01	1-10	0.33	0.31	0.31	4.75	26.35	2.97	1.33	0.55	0.43	0.41	0.40	0.38	2.03
		11-20	0.33	0.31	0.35	0.57	5.76	2.31	1.17	0.44	0.43	0.40	0.38	0.37	
		21-end	0.30	0.31	0.27	11.82	4.79	1.55	0.78	0.41	0.41	0.36	0.35	0.37	
		Month	0.32	0.31	0.31	5.71	12.30	2.28	1.09	0.47	0.42	0.39	0.38	0.37	
9	2001/02	1-10	0.37	0.35	0.35	5.18	0.64	4.46	1.78	0.70	0.90	0.43	0.42	0.40	1.63
		11-20	0.37	0.35	0.35	1.63	9.57	2.69	1.31	2.76	0.63	0.43	0.42	0.40	
		21-end	0.34	0.35	0.30	0.91	14.33	1.80	0.92	1.23	0.54	0.38	0.37	0.40	
		Month	0.36	0.35	0.33	2.57	8.18	2.98	1.34	1.56	0.69	0.41	0.40	0.40	
10	2002/03	1-10	0.39	0.39	0.37	6.70	12.27	6.26	3.23	1.50	0.68	0.60	0.58	0.56	2.76
		11-20	0.39	0.37	0.37	2.66	3.56	4.24	2.56	1.20	0.63	0.58	0.58	0.55	
		21-end	0.36	0.37	9.38	12.28	15.96	4.95	1.96	0.76	0.61	0.54	0.52	0.55	
		Month	0.38	0.38	3.37	7.21	10.60	5.15	2.58	1.15	0.64	0.57	0.56	0.55	
Average		1-10	0.51	0.57	0.48	4.19	10.44	4.90	2.55	1.00	0.65	0.56	0.54	0.52	1.96
		11-20	0.50	0.48	1.61	3.43	5.55	3.78	1.68	1.08	0.59	0.55	0.53	0.51	
		21-end	0.61	0.53	2.90	6.14	6.72	2.37	1.27	0.69	0.57	0.50	0.48	0.51	
		Month	0.54	0.53	1.66	4.59	7.57	3.69	1.83	0.92	0.61	0.53	0.52	0.51	
5-year drought		1-10	0.43	0.48	0.40	3.52	8.77	4.12	2.14	0.84	0.55	0.47	0.45	0.44	1.75
		11-20	0.42	0.40	1.35	2.88	4.66	3.18	1.41	0.90	0.50	0.46	0.45	0.43	
		21-end	0.51	0.44	2.44	5.16	5.65	1.99	1.06	0.58	0.48	0.42	0.41	0.43	
		Month	0.45	0.44	1.40	3.85	6.36	3.10	1.54	0.77	0.51	0.45	0.44	0.43	
5-year wet		1-10	0.61	0.69	0.57	5.03	12.52	5.88	3.06	1.20	0.78	0.67	0.65	0.63	2.35
		11-20	0.60	0.58	1.93	4.11	6.66	4.54	2.01	1.29	0.71	0.66	0.64	0.61	
		21-end	0.73	0.63	3.48	7.37	8.07	2.84	1.52	0.83	0.69	0.60	0.58	0.61	
		Month	0.65	0.63	1.99	5.50	9.08	4.42	2.20	1.10	0.73	0.64	0.62	0.62	

Source: JICA

Table 4.15 Débit décadaire probable à Maheriana sur la rivière Sahamilay

River System Sahamilay River System

Catchment Area: 152 km²

Basin Elevation: 1097 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m³/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	1.53	2.61	1.34	3.78	19.15	5.58	7.53	3.52	2.78	2.53	2.31	2.13	4.21
		11-20	1.50	1.45	1.32	3.54	18.77	8.77	4.78	3.10	2.69	2.45	2.26	2.08	
		21-end	1.33	1.37	1.52	10.64	9.11	4.73	4.08	2.59	2.60	2.16	1.98	2.01	
		Month	1.45	1.81	1.39	5.99	15.68	6.36	5.46	3.07	2.69	2.38	2.18	2.07	
2	1994/95	1-10	1.96	2.38	1.74	1.68	14.71	5.30	4.07	3.11	2.57	2.36	2.16	1.99	4.00
		11-20	1.91	1.89	1.71	1.62	14.20	4.45	3.84	3.19	2.50	2.29	2.11	1.94	
		21-end	4.63	1.80	3.03	20.43	9.28	4.75	3.61	2.50	2.43	2.03	1.86	1.88	
		Month	2.83	2.02	2.16	7.91	12.73	4.83	3.84	2.93	2.50	2.23	2.04	1.94	
3	1995/96	1-10	1.81	1.67	1.55	24.38	17.68	6.54	13.30	4.82	3.59	3.27	2.99	2.72	5.81
		11-20	1.76	1.62	10.79	11.80	10.80	8.39	5.96	4.31	3.48	3.16	2.88	2.64	
		21-end	1.56	1.58	4.45	16.07	8.01	5.45	5.22	3.50	3.38	2.79	2.54	2.57	
		Month	1.71	1.62	5.60	17.42	12.16	6.79	8.16	4.21	3.48	3.07	2.80	2.64	
4	1996/97	1-10	2.46	2.26	2.07	5.87	29.67	9.83	5.24	3.99	3.44	3.13	2.85	2.60	5.53
		11-20	2.39	2.19	5.92	12.20	10.98	6.89	5.63	3.72	3.34	3.04	2.76	2.53	
		21-end	2.11	2.12	18.30	5.22	12.10	5.49	4.54	3.23	3.23	2.67	2.45	2.46	
		Month	2.32	2.19	8.76	7.76	17.58	7.40	5.14	3.65	3.34	2.95	2.69	2.53	
5	1997/98	1-10	2.37	2.18	2.13	2.18	17.13	28.03	4.52	2.96	2.62	2.40	2.18	2.01	4.30
		11-20	2.32	2.11	7.58	3.85	3.96	6.42	3.83	2.82	2.54	2.33	2.13	2.06	
		21-end	2.05	3.15	2.06	2.05	13.83	4.84	3.29	2.45	2.47	2.05	1.87	1.90	
		Month	2.25	2.48	3.92	2.69	11.64	13.10	3.88	2.74	2.54	2.26	2.06	1.99	
6	1998/99	1-10	1.85	1.69	1.55	5.27	3.12	2.01	1.98	1.65	1.53	1.41	1.30	1.21	2.34
		11-20	1.78	1.64	2.36	16.98	2.52	1.88	1.78	2.22	1.49	1.37	1.26	1.16	
		21-end	1.57	1.58	2.65	3.33	2.72	3.80	1.30	1.44	1.44	1.22	1.12	1.12	
		Month	1.73	1.64	2.19	8.53	2.79	2.56	1.69	1.77	1.49	1.33	1.23	1.16	
7	1999/00	1-10	1.10	1.02	0.95	0.97	1.23	2.77	2.22	1.32	1.22	1.11	1.02	0.95	1.75
		11-20	1.07	1.00	0.93	1.41	1.22	15.14	1.80	1.29	1.16	1.07	1.00	0.92	
		21-end	0.96	0.96	2.42	2.87	2.72	2.61	1.45	1.14	1.13	0.94	0.88	0.90	
		Month	1.04	0.99	1.43	1.75	1.72	6.84	1.82	1.25	1.17	1.04	0.97	0.92	
8	2000/01	1-10	0.88	0.83	0.76	8.01	38.05	5.26	3.20	2.34	2.13	1.93	1.76	1.62	3.88
		11-20	0.86	0.79	1.09	1.29	9.13	4.47	3.07	2.25	2.06	1.88	1.71	1.56	
		21-end	0.77	0.77	0.66	17.85	8.01	3.33	2.58	1.99	1.99	1.65	1.52	1.53	
		Month	0.84	0.80	0.84	9.05	18.40	4.35	2.95	2.19	2.06	1.82	1.66	1.57	
9	2001/02	1-10	1.48	1.35	1.23	9.09	1.86	7.71	3.99	2.44	2.74	2.09	1.90	1.74	3.53
		11-20	1.44	1.32	1.19	3.29	15.28	5.01	3.23	6.11	2.39	2.02	1.84	1.69	
		21-end	1.27	1.28	1.08	2.18	22.06	3.71	2.72	3.10	2.23	1.79	1.63	1.63	
		Month	1.40	1.32	1.17	4.85	13.07	5.48	3.31	3.88	2.45	1.97	1.79	1.69	
10	2002/03	1-10	1.58	1.46	1.33	11.06	19.07	11.03	6.40	4.18	3.34	3.02	2.74	2.50	5.58
		11-20	1.54	1.40	1.30	4.94	6.34	7.76	5.55	3.78	3.22	2.94	2.66	2.41	
		21-end	1.36	1.37	14.82	18.98	25.09	9.33	4.80	3.17	3.13	2.58	2.34	2.34	
		Month	1.49	1.41	5.82	11.66	16.83	9.37	5.58	3.71	3.23	2.85	2.58	2.42	
Average		1-10	1.70	1.75	1.47	7.23	16.17	8.41	5.25	3.03	2.60	2.33	2.12	1.95	4.09
		11-20	1.66	1.54	3.42	6.09	9.32	6.92	3.95	3.28	2.49	2.26	2.06	1.90	
		21-end	1.76	1.60	5.10	9.96	11.29	4.80	3.36	2.51	2.40	1.99	1.82	1.83	
		Month	1.71	1.63	3.33	7.76	12.26	6.71	4.18	2.94	2.50	2.19	2.00	1.89	
5-year drought		1-10	1.43	1.47	1.23	6.07	13.58	7.06	4.41	2.55	2.18	1.95	1.78	1.64	3.60
		11-20	1.39	1.29	2.87	5.12	7.83	5.81	3.32	2.75	2.09	1.89	1.73	1.60	
		21-end	1.48	1.34	4.28	8.37	9.49	4.04	2.82	2.11	2.02	1.67	1.53	1.54	
		Month	1.43	1.37	2.80	6.52	10.30	5.64	3.51	2.47	2.10	1.84	1.68	1.59	
5-year wet		1-10	2.04	2.09	1.76	8.67	19.40	10.09	6.29	3.64	3.12	2.79	2.55	2.34	4.91
		11-20	1.99	1.85	4.10	7.31	11.18	8.30	4.74	3.93	2.98	2.71	2.47	2.28	
		21-end	2.11	1.92	6.12	11.95	13.55	5.76	4.03	3.01	2.88	2.39	2.18	2.20	
		Month	2.05	1.95	3.99	9.31	14.71	8.05	5.02	3.53	2.99	2.63	2.40	2.27	

Source: JICA

Table 4.16 Débit décadaire probable au pont de la route nationale sur la rivière Ampasimena

River System Ampasimena River System

Catchment Area: 27 km²

Basin Elevation: 891 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m³/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	0.27	0.36	0.24	0.49	2.57	0.66	0.90	0.51	0.47	0.43	0.38	0.35	0.58
		11-20	0.26	0.25	0.23	0.45	2.47	0.98	0.57	0.49	0.45	0.42	0.37	0.34	
		21-end	0.24	0.25	0.21	1.30	1.13	0.55	0.52	0.44	0.44	0.37	0.34	0.33	
		Month	0.26	0.29	0.23	0.75	2.06	0.73	0.66	0.48	0.45	0.41	0.36	0.34	
2	1994/95	1-10	0.32	0.35	0.30	0.29	1.97	0.64	0.51	0.46	0.42	0.39	0.36	0.33	0.57
		11-20	0.32	0.31	0.29	0.28	1.84	0.54	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32	
		21-end	0.58	0.31	0.42	2.76	1.21	0.54	0.47	0.39	0.40	0.33	0.30	0.31	
		Month	0.41	0.32	0.34	1.11	1.67	0.57	0.49	0.43	0.41	0.37	0.34	0.32	
3	1995/96	1-10	0.30	0.28	0.26	3.27	2.26	0.75	1.59	0.64	0.58	0.53	0.48	0.43	0.78
		11-20	0.30	0.27	1.37	1.49	1.31	0.99	0.72	0.62	0.56	0.51	0.46	0.42	
		21-end	0.26	0.26	0.60	2.05	0.93	0.64	0.66	0.54	0.55	0.45	0.41	0.41	
		Month	0.29	0.27	0.74	2.27	1.50	0.79	0.99	0.60	0.56	0.50	0.45	0.42	
4	1996/97	1-10	0.40	0.36	0.33	0.79	3.96	1.18	0.67	0.61	0.56	0.51	0.46	0.43	0.76
		11-20	0.39	0.35	0.70	1.48	1.34	0.80	0.69	0.60	0.54	0.50	0.45	0.41	
		21-end	0.35	0.34	2.47	0.64	1.51	0.65	0.64	0.53	0.53	0.44	0.41	0.40	
		Month	0.38	0.35	1.17	0.97	2.27	0.88	0.67	0.58	0.54	0.48	0.44	0.41	
5	1997/98	1-10	0.39	0.36	0.33	0.33	2.22	3.79	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.33	0.60
		11-20	0.38	0.35	0.88	0.49	0.51	0.79	0.50	0.46	0.42	0.39	0.35	0.33	
		21-end	0.33	0.43	0.30	0.29	1.66	0.54	0.49	0.40	0.41	0.34	0.31	0.32	
		Month	0.37	0.38	0.50	0.37	1.46	1.71	0.50	0.45	0.42	0.38	0.34	0.33	
6	1998/99	1-10	0.31	0.28	0.26	0.62	0.36	0.31	0.30	0.27	0.25	0.24	0.22	0.20	0.34
		11-20	0.30	0.28	0.32	2.21	0.33	0.30	0.29	0.31	0.25	0.23	0.21	0.20	
		21-end	0.26	0.27	0.34	0.41	0.40	0.50	0.22	0.24	0.24	0.20	0.18	0.19	
		Month	0.29	0.28	0.31	1.08	0.36	0.37	0.27	0.27	0.25	0.22	0.20	0.20	
7	1999/00	1-10	0.19	0.17	0.16	0.16	0.18	0.30	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.24
		11-20	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17	1.92	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	
		21-end	0.16	0.17	0.31	0.34	0.29	0.27	0.21	0.18	0.18	0.16	0.14	0.14	
		Month	0.18	0.17	0.21	0.22	0.21	0.83	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.15	
8	2000/01	1-10	0.14	0.13	0.12	0.94	5.26	0.55	0.43	0.40	0.36	0.33	0.30	0.28	0.54
		11-20	0.14	0.13	0.13	0.17	1.15	0.47	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	
		21-end	0.13	0.13	0.11	2.34	0.91	0.41	0.41	0.34	0.34	0.28	0.25	0.26	
		Month	0.14	0.13	0.12	1.15	2.44	0.48	0.42	0.37	0.35	0.31	0.28	0.27	
9	2001/02	1-10	0.25	0.23	0.21	1.11	0.24	0.97	0.43	0.38	0.39	0.34	0.32	0.29	0.48
		11-20	0.24	0.23	0.21	0.44	1.94	0.58	0.40	0.74	0.37	0.33	0.31	0.28	
		21-end	0.21	0.22	0.18	0.27	2.93	0.40	0.39	0.40	0.36	0.29	0.26	0.27	
		Month	0.23	0.23	0.20	0.61	1.70	0.65	0.41	0.51	0.37	0.32	0.30	0.28	
10	2002/03	1-10	0.26	0.24	0.21	1.42	2.46	1.28	0.74	0.61	0.56	0.50	0.46	0.42	0.75
		11-20	0.26	0.22	0.21	0.62	0.75	0.91	0.66	0.59	0.54	0.49	0.44	0.40	
		21-end	0.22	0.22	1.93	2.45	3.17	1.06	0.63	0.52	0.52	0.42	0.39	0.39	
		Month	0.25	0.23	0.78	1.50	2.13	1.08	0.68	0.57	0.54	0.47	0.43	0.40	
Average		1-10	0.28	0.28	0.24	0.94	2.15	1.04	0.63	0.46	0.42	0.39	0.35	0.32	0.57
		11-20	0.28	0.26	0.45	0.78	1.18	0.83	0.50	0.48	0.41	0.37	0.34	0.31	
		21-end	0.27	0.26	0.69	1.29	1.41	0.56	0.46	0.40	0.40	0.33	0.30	0.30	
		Month	0.28	0.26	0.46	1.00	1.58	0.81	0.53	0.45	0.41	0.36	0.33	0.31	
5-year drought		1-10	0.24	0.23	0.20	0.79	1.80	0.88	0.53	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.49
		11-20	0.23	0.22	0.38	0.66	0.99	0.70	0.42	0.41	0.34	0.31	0.28	0.26	
		21-end	0.23	0.22	0.58	1.08	1.19	0.47	0.39	0.33	0.33	0.28	0.25	0.25	
		Month	0.23	0.22	0.39	0.84	1.33	0.68	0.45	0.37	0.34	0.30	0.28	0.26	
5-year wet		1-10	0.34	0.33	0.29	1.13	2.58	1.25	0.76	0.55	0.51	0.46	0.42	0.39	0.68
		11-20	0.33	0.31	0.54	0.94	1.42	0.99	0.60	0.58	0.49	0.45	0.41	0.37	
		21-end	0.33	0.31	0.82	1.54	1.70	0.67	0.56	0.48	0.48	0.39	0.36	0.36	
		Month	0.33	0.32	0.55	1.20	1.90	0.97	0.64	0.54	0.49	0.43	0.40	0.37	

Source: JICA

Table 4.17 Débit décadaire probable au pont de la route nationale sur la rivièr Asahamena

River System Asahamena River System

Catchment Area: 119 km²

Basin Elevation: 1061 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m³/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	1.20	1.97	1.05	2.78	14.37	4.21	5.55	2.64	2.11	1.90	1.75	1.61	3.16
		11-20	1.17	1.11	1.03	2.62	14.06	6.49	3.59	2.33	2.04	1.84	1.71	1.57	
		21-end	1.04	1.07	1.12	7.86	6.83	3.55	3.04	1.95	1.97	1.64	1.50	1.53	
		Month	1.14	1.38	1.07	4.42	11.75	4.75	4.06	2.31	2.04	1.79	1.65	1.57	
2	1994/95	1-10	1.49	1.76	1.32	1.26	10.98	3.97	3.04	2.28	1.92	1.76	1.62	1.47	2.98
		11-20	1.44	1.39	1.30	1.23	10.57	3.30	2.84	2.31	1.87	1.72	1.58	1.45	
		21-end	3.34	1.37	2.24	15.29	7.00	3.50	2.65	1.85	1.81	1.51	1.39	1.40	
		Month	2.09	1.51	1.62	5.93	9.52	3.59	2.84	2.15	1.87	1.66	1.53	1.44	
3	1995/96	1-10	1.36	1.25	1.16	18.22	13.17	4.89	9.83	3.56	2.69	2.44	2.23	2.03	4.33
		11-20	1.32	1.23	7.99	8.76	8.00	6.25	4.46	3.17	2.61	2.37	2.17	1.97	
		21-end	1.18	1.20	3.32	11.96	5.99	4.09	3.86	2.60	2.52	2.09	1.91	1.92	
		Month	1.29	1.23	4.16	12.98	9.05	5.08	6.05	3.11	2.61	2.30	2.10	1.97	
4	1996/97	1-10	1.86	1.70	1.56	4.39	22.23	7.30	3.90	2.97	2.58	2.36	2.15	1.96	4.13
		11-20	1.81	1.66	4.30	9.03	8.15	5.17	4.16	2.77	2.50	2.28	2.08	1.90	
		21-end	1.59	1.61	13.68	3.87	9.07	4.11	3.37	2.42	2.43	2.01	1.83	1.83	
		Month	1.75	1.66	6.51	5.76	13.15	5.53	3.81	2.72	2.50	2.22	2.02	1.90	
5	1997/98	1-10	1.77	1.62	1.57	1.60	12.72	21.00	3.34	2.19	1.94	1.76	1.61	1.47	3.18
		11-20	1.72	1.58	5.52	2.81	2.93	4.80	2.81	2.06	1.88	1.71	1.57	1.49	
		21-end	1.53	2.29	1.52	1.48	10.18	3.60	2.41	1.83	1.82	1.51	1.39	1.41	
		Month	1.67	1.83	2.87	1.96	8.61	9.80	2.85	2.03	1.88	1.66	1.52	1.46	
6	1998/99	1-10	1.36	1.25	1.16	3.78	2.27	1.46	1.45	1.22	1.13	1.03	0.95	0.88	1.72
		11-20	1.32	1.23	1.73	12.66	1.83	1.37	1.29	1.62	1.11	1.00	0.92	0.85	
		21-end	1.17	1.19	1.92	2.45	1.96	2.72	0.95	1.05	1.06	0.89	0.83	0.84	
		Month	1.28	1.22	1.60	6.30	2.02	1.85	1.23	1.30	1.10	0.97	0.90	0.86	
7	1999/00	1-10	0.81	0.75	0.69	0.69	0.87	1.99	1.60	0.95	0.88	0.81	0.75	0.69	1.27
		11-20	0.80	0.73	0.68	1.01	0.87	11.21	1.27	0.92	0.85	0.78	0.73	0.67	
		21-end	0.70	0.72	1.75	2.07	1.91	1.90	1.01	0.81	0.82	0.70	0.65	0.65	
		Month	0.77	0.73	1.04	1.26	1.22	5.03	1.29	0.89	0.85	0.76	0.71	0.67	
8	2000/01	1-10	0.63	0.59	0.55	5.84	28.60	3.89	2.36	1.73	1.57	1.44	1.31	1.20	2.88
		11-20	0.62	0.58	0.78	0.95	6.83	3.31	2.23	1.67	1.52	1.39	1.27	1.16	
		21-end	0.55	0.56	0.49	13.31	5.95	2.45	1.90	1.47	1.48	1.23	1.12	1.13	
		Month	0.60	0.58	0.61	6.70	13.79	3.22	2.16	1.62	1.52	1.35	1.23	1.16	
9	2001/02	1-10	1.09	1.01	0.93	6.67	1.35	5.69	2.93	1.80	2.01	1.55	1.42	1.30	2.61
		11-20	1.06	0.98	0.90	2.44	11.33	3.73	2.37	4.40	1.76	1.50	1.37	1.26	
		21-end	0.94	0.95	0.80	1.57	16.49	2.76	1.99	2.29	1.64	1.33	1.20	1.22	
		Month	1.03	0.98	0.88	3.56	9.72	4.06	2.43	2.83	1.80	1.46	1.33	1.26	
10	2002/03	1-10	1.17	1.06	0.98	8.22	14.25	8.19	4.78	3.13	2.48	2.25	2.04	1.86	4.15
		11-20	1.13	1.03	0.95	3.66	4.72	5.76	4.15	2.82	2.40	2.18	1.97	1.79	
		21-end	1.01	1.00	10.98	14.15	18.71	6.86	3.56	2.36	2.33	1.92	1.74	1.74	
		Month	1.10	1.03	4.30	8.68	12.56	6.94	4.16	2.77	2.40	2.12	1.92	1.80	
Average		1-10	1.27	1.30	1.10	5.35	12.08	6.26	3.88	2.25	1.93	1.73	1.58	1.45	3.04
		11-20	1.24	1.15	2.52	4.52	6.93	5.14	2.92	2.41	1.85	1.68	1.54	1.41	
		21-end	1.31	1.20	3.78	7.40	8.41	3.55	2.47	1.86	1.79	1.48	1.36	1.37	
		Month	1.27	1.21	2.47	5.75	9.14	4.98	3.09	2.17	1.86	1.63	1.49	1.41	
5-year drought		1-10	1.07	1.09	0.92	4.49	10.15	5.26	3.26	1.89	1.62	1.45	1.33	1.22	2.68
		11-20	1.04	0.97	2.12	3.79	5.82	4.32	2.45	2.02	1.56	1.41	1.29	1.19	
		21-end	1.10	1.00	3.18	6.22	7.06	2.99	2.08	1.56	1.50	1.25	1.14	1.15	
		Month	1.07	1.02	2.07	4.83	7.68	4.19	2.60	1.82	1.56	1.37	1.25	1.18	
5-year wet		1-10	1.53	1.56	1.32	6.41	14.50	7.51	4.65	2.70	2.32	2.08	1.90	1.74	3.65
		11-20	1.49	1.38	3.02	5.42	8.31	6.17	3.50	2.89	2.22	2.01	1.84	1.69	
		21-end	1.57	1.44	4.54	8.88	10.09	4.26	2.97	2.24	2.15	1.78	1.63	1.64	
		Month	1.53	1.46	2.96	6.91	10.97	5.98	3.71	2.61	2.23	1.96	1.79	1.69	

Source: JICA

Table 4.18 Débit décadaire probable au pont de la route nationale sur la rivière Behengitra

River System Behengitra River System

Catchment Area: 27 km²

Basin Elevation: 918 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m³/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m ³ /s)
1	1993/94	1-10	0.27	0.37	0.24	0.52	2.67	0.74	0.96	0.50	0.46	0.42	0.38	0.35	0.60
		11-20	0.26	0.25	0.23	0.47	2.59	1.07	0.61	0.48	0.44	0.40	0.36	0.34	
		21-end	0.24	0.24	0.22	1.38	1.23	0.60	0.53	0.43	0.43	0.36	0.33	0.33	
		Month	0.26	0.29	0.23	0.79	2.16	0.80	0.70	0.47	0.44	0.39	0.36	0.34	
2	1994/95	1-10	0.32	0.34	0.29	0.28	2.04	0.72	0.52	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32	0.57
		11-20	0.31	0.31	0.28	0.27	1.93	0.57	0.50	0.45	0.40	0.37	0.34	0.31	
		21-end	0.58	0.30	0.42	2.85	1.28	0.58	0.48	0.39	0.39	0.33	0.30	0.31	
		Month	0.40	0.32	0.33	1.13	1.75	0.62	0.50	0.43	0.40	0.36	0.33	0.31	
3	1995/96	1-10	0.30	0.28	0.26	3.39	2.39	0.84	1.68	0.63	0.56	0.51	0.47	0.43	0.81
		11-20	0.29	0.27	1.42	1.56	1.40	1.07	0.77	0.60	0.55	0.50	0.45	0.42	
		21-end	0.25	0.26	0.63	2.17	1.03	0.70	0.67	0.54	0.53	0.45	0.41	0.40	
		Month	0.28	0.27	0.77	2.37	1.61	0.87	1.04	0.59	0.55	0.49	0.44	0.42	
4	1996/97	1-10	0.39	0.36	0.33	0.83	4.14	1.29	0.67	0.60	0.55	0.50	0.45	0.41	0.78
		11-20	0.38	0.35	0.73	1.58	1.44	0.89	0.71	0.58	0.53	0.48	0.44	0.40	
		21-end	0.34	0.34	2.55	0.68	1.63	0.70	0.62	0.52	0.51	0.42	0.38	0.39	
		Month	0.37	0.35	1.20	1.03	2.40	0.96	0.67	0.57	0.53	0.47	0.42	0.40	
5	1997/98	1-10	0.38	0.35	0.32	0.32	2.31	3.93	0.54	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32	0.60
		11-20	0.37	0.34	0.91	0.49	0.52	0.85	0.48	0.44	0.40	0.37	0.34	0.31	
		21-end	0.32	0.43	0.30	0.28	1.73	0.60	0.46	0.38	0.39	0.32	0.29	0.30	
		Month	0.36	0.37	0.51	0.36	1.52	1.79	0.49	0.42	0.40	0.36	0.33	0.31	
6	1998/99	1-10	0.29	0.26	0.24	0.64	0.37	0.29	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.33
		11-20	0.29	0.25	0.32	2.31	0.32	0.28	0.27	0.30	0.23	0.22	0.20	0.19	
		21-end	0.25	0.25	0.34	0.44	0.38	0.50	0.20	0.22	0.23	0.19	0.17	0.18	
		Month	0.28	0.25	0.30	1.13	0.36	0.36	0.25	0.26	0.23	0.21	0.19	0.19	
7	1999/00	1-10	0.18	0.16	0.15	0.15	0.16	0.31	0.24	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.24
		11-20	0.17	0.16	0.15	0.16	0.16	2.00	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	
		21-end	0.15	0.16	0.31	0.35	0.30	0.29	0.20	0.17	0.17	0.15	0.14	0.14	
		Month	0.17	0.16	0.20	0.22	0.21	0.87	0.21	0.18	0.18	0.16	0.15	0.14	
8	2000/01	1-10	0.13	0.13	0.12	0.99	5.44	0.64	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.54
		11-20	0.13	0.12	0.13	0.17	1.25	0.52	0.40	0.36	0.33	0.30	0.28	0.25	
		21-end	0.12	0.12	0.10	2.43	1.03	0.39	0.38	0.31	0.32	0.26	0.24	0.25	
		Month	0.13	0.12	0.12	1.20	2.57	0.52	0.40	0.35	0.33	0.29	0.27	0.25	
9	2001/02	1-10	0.24	0.22	0.20	1.14	0.24	1.01	0.45	0.35	0.37	0.32	0.29	0.26	0.48
		11-20	0.23	0.21	0.19	0.45	2.02	0.63	0.38	0.73	0.34	0.31	0.28	0.26	
		21-end	0.20	0.21	0.17	0.27	3.03	0.44	0.36	0.41	0.33	0.28	0.25	0.25	
		Month	0.22	0.21	0.19	0.62	1.76	0.69	0.40	0.50	0.35	0.30	0.27	0.26	
10	2002/03	1-10	0.24	0.22	0.20	1.47	2.61	1.39	0.81	0.58	0.52	0.49	0.44	0.40	0.77
		11-20	0.23	0.22	0.20	0.66	0.82	0.98	0.68	0.56	0.51	0.47	0.43	0.39	
		21-end	0.21	0.21	2.00	2.57	3.37	1.14	0.61	0.50	0.50	0.41	0.37	0.38	
		Month	0.23	0.22	0.80	1.57	2.27	1.17	0.70	0.55	0.51	0.46	0.41	0.39	
Average		1-10	0.27	0.27	0.24	0.97	2.24	1.12	0.66	0.44	0.40	0.37	0.34	0.31	0.57
		11-20	0.27	0.25	0.46	0.81	1.25	0.89	0.50	0.47	0.39	0.36	0.33	0.30	
		21-end	0.27	0.25	0.70	1.34	1.50	0.59	0.45	0.39	0.38	0.32	0.29	0.29	
		Month	0.27	0.26	0.47	1.04	1.66	0.87	0.54	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30	
5-year drought		1-10	0.23	0.23	0.20	0.82	1.88	0.94	0.55	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.50
		11-20	0.22	0.21	0.38	0.68	1.05	0.74	0.42	0.39	0.33	0.30	0.27	0.25	
		21-end	0.22	0.21	0.59	1.13	1.26	0.50	0.38	0.33	0.32	0.27	0.24	0.25	
		Month	0.23	0.22	0.39	0.88	1.40	0.73	0.45	0.36	0.33	0.29	0.27	0.25	
5-year wet		1-10	0.33	0.32	0.28	1.17	2.68	1.34	0.79	0.53	0.48	0.44	0.40	0.37	0.69
		11-20	0.32	0.30	0.55	0.97	1.49	1.06	0.60	0.56	0.47	0.43	0.39	0.36	
		21-end	0.32	0.30	0.84	1.61	1.80	0.71	0.54	0.46	0.46	0.38	0.35	0.35	
		Month	0.32	0.31	0.56	1.25	1.99	1.04	0.64	0.52	0.47	0.42	0.38	0.36	

Source: JICA

Table 4.19 Débit décadaire probable au pont de la route nationale sur la rivièr Bemarenina

River System Bemarenina River System

Catchment Area: 45 km2

Basin Elevation: 914 (El.m)

Adjustment Factor: 1.000

Unit :m3/s

No.	Year	Month Days	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Annual (m3/s)
1	1993/94	1-10	0.46	0.61	0.38	0.82	4.40	1.30	1.65	0.73	0.60	0.54	0.49	0.44	0.94
		11-20	0.44	0.40	0.37	0.76	4.29	1.84	1.04	0.65	0.58	0.52	0.47	0.43	
		21-end	0.38	0.39	0.33	2.24	2.11	1.06	0.86	0.57	0.56	0.45	0.41	0.41	
		Month	0.43	0.47	0.36	1.27	3.60	1.40	1.18	0.65	0.58	0.50	0.46	0.43	
2	1994/95	1-10	0.40	0.45	0.36	0.33	3.26	1.15	0.83	0.60	0.51	0.46	0.42	0.38	0.83
		11-20	0.39	0.38	0.34	0.32	3.12	0.92	0.77	0.59	0.49	0.45	0.41	0.37	
		21-end	0.84	0.37	0.57	4.59	2.07	0.94	0.69	0.48	0.48	0.39	0.35	0.36	
		Month	0.54	0.40	0.42	1.75	2.82	1.00	0.76	0.56	0.49	0.43	0.39	0.37	
3	1995/96	1-10	0.35	0.33	0.29	5.49	3.93	1.44	2.77	0.96	0.73	0.65	0.58	0.52	1.22
		11-20	0.34	0.31	2.20	2.52	2.34	1.79	1.27	0.82	0.70	0.62	0.56	0.50	
		21-end	0.30	0.30	0.93	3.56	1.79	1.15	1.06	0.68	0.67	0.54	0.49	0.49	
		Month	0.33	0.31	1.14	3.86	2.69	1.46	1.70	0.82	0.70	0.60	0.54	0.50	
4	1996/97	1-10	0.47	0.43	0.39	1.23	6.74	2.13	1.05	0.78	0.68	0.61	0.55	0.50	1.14
		11-20	0.46	0.41	1.02	2.50	2.33	1.48	1.09	0.73	0.65	0.59	0.53	0.48	
		21-end	0.40	0.40	4.07	1.07	2.67	1.14	0.86	0.64	0.63	0.52	0.47	0.47	
		Month	0.44	0.41	1.83	1.60	3.91	1.58	1.00	0.72	0.65	0.57	0.52	0.48	
5	1997/98	1-10	0.45	0.41	0.38	0.39	3.66	6.42	0.88	0.56	0.50	0.46	0.42	0.38	0.86
		11-20	0.44	0.40	1.36	0.68	0.75	1.37	0.73	0.54	0.49	0.45	0.41	0.38	
		21-end	0.38	0.56	0.37	0.34	2.76	0.99	0.61	0.47	0.48	0.39	0.36	0.36	
		Month	0.42	0.46	0.70	0.47	2.39	2.93	0.74	0.52	0.49	0.43	0.40	0.37	
6	1998/99	1-10	0.35	0.32	0.30	0.97	0.60	0.37	0.37	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.46
		11-20	0.34	0.32	0.42	3.73	0.45	0.36	0.34	0.41	0.30	0.27	0.26	0.25	
		21-end	0.31	0.31	0.46	0.67	0.50	0.74	0.26	0.28	0.28	0.24	0.23	0.24	
		Month	0.33	0.32	0.39	1.79	0.52	0.49	0.32	0.34	0.29	0.26	0.25	0.25	
7	1999/00	1-10	0.23	0.22	0.21	0.21	0.25	0.49	0.39	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.36
		11-20	0.22	0.21	0.21	0.25	0.25	3.28	0.34	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	
		21-end	0.21	0.21	0.48	0.56	0.47	0.51	0.28	0.24	0.24	0.20	0.19	0.20	
		Month	0.22	0.21	0.30	0.34	0.32	1.43	0.34	0.26	0.25	0.22	0.21	0.20	
8	2000/01	1-10	0.19	0.18	0.18	1.61	8.98	1.19	0.64	0.50	0.45	0.41	0.36	0.33	0.86
		11-20	0.19	0.18	0.19	0.27	2.11	0.98	0.61	0.48	0.43	0.39	0.35	0.32	
		21-end	0.17	0.18	0.15	4.01	1.85	0.69	0.53	0.43	0.42	0.35	0.31	0.31	
		Month	0.18	0.18	0.17	1.96	4.31	0.95	0.59	0.47	0.43	0.38	0.34	0.32	
9	2001/02	1-10	0.31	0.28	0.26	1.83	0.35	1.67	0.79	0.47	0.51	0.41	0.37	0.34	0.73
		11-20	0.30	0.28	0.25	0.68	3.30	1.10	0.63	1.12	0.46	0.40	0.36	0.33	
		21-end	0.26	0.27	0.22	0.43	4.97	0.76	0.52	0.58	0.42	0.35	0.32	0.32	
		Month	0.29	0.28	0.24	0.98	2.87	1.18	0.65	0.72	0.46	0.39	0.35	0.33	
10	2002/03	1-10	0.31	0.28	0.26	2.38	4.31	2.34	1.41	0.84	0.68	0.60	0.55	0.49	1.19
		11-20	0.30	0.28	0.25	1.06	1.42	1.72	1.19	0.77	0.66	0.58	0.53	0.48	
		21-end	0.27	0.27	3.21	4.22	5.61	1.95	0.99	0.65	0.63	0.51	0.46	0.46	
		Month	0.29	0.28	1.24	2.55	3.78	2.00	1.20	0.75	0.66	0.56	0.51	0.48	
Average		1-10	0.35	0.35	0.30	1.53	3.65	1.85	1.08	0.60	0.52	0.47	0.42	0.38	0.86
		11-20	0.34	0.32	0.66	1.28	2.04	1.48	0.80	0.64	0.50	0.45	0.41	0.37	
		21-end	0.35	0.33	1.08	2.17	2.48	0.99	0.67	0.50	0.48	0.39	0.36	0.36	
		Month	0.35	0.33	0.68	1.66	2.72	1.44	0.85	0.58	0.50	0.44	0.40	0.37	
5-year drought		1-10	0.30	0.29	0.25	1.28	3.06	1.55	0.91	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.76
		11-20	0.29	0.27	0.56	1.07	1.71	1.25	0.67	0.54	0.42	0.38	0.34	0.31	
		21-end	0.30	0.27	0.91	1.82	2.08	0.83	0.56	0.42	0.40	0.33	0.30	0.30	
		Month	0.29	0.28	0.57	1.39	2.29	1.21	0.71	0.49	0.42	0.37	0.33	0.31	
5-year wet		1-10	0.42	0.42	0.36	1.83	4.38	2.22	1.29	0.72	0.63	0.56	0.51	0.46	1.03
		11-20	0.41	0.38	0.79	1.53	2.44	1.78	0.96	0.76	0.60	0.54	0.49	0.45	
		21-end	0.42	0.39	1.29	2.60	2.98	1.19	0.80	0.60	0.58	0.47	0.43	0.43	
		Month	0.42	0.40	0.82	1.99	3.27	1.73	1.02	0.70	0.60	0.52	0.48	0.45	

Source: JICA

ANNEXE 3-2

Fonctionnement et évaluation des associations des usagers de l'eau

FONCTIONNEMENT ET ÉVALUATION DES ASSOCIATIONS DES USAGERS DE L'EAU

1. Associations des Usagers de l'Eau (AUE)

Il existe actuellement 6 Associations des Usagers de l'Eau (AUE) dans le PC23. Selon l'enquête menée auprès de ces associations, deux sont déjà enregistrées officiellement depuis janvier 2004, à savoir les Associations Amparamanina et Vonona. Les caractéristiques principales de ces associations sont présentées dans le tableau suivant. La zone couverte par chaque association est mentionnée dans la Figure 2.1.

Tableau 1.1 Associations des Usagers de l'Eau (AUE)

AUE	Zones irriguées projetées (ha)	Effectif de membres	Type	Date d'enregistrement
1. Amparamanina	1 790	701	Fédération	Juillet 2001
2. Mahakary	3 460	509	Association	Non enregistrée
3. Vohibora-Mandroso	2 790	684	Association	Non enregistrée
4. Vonona P1	780	320	Association	Avril 2000
5. Tsaratanibary	1 565	425	Fédération	Non enregistrée
6. Zoto P1	250	80	Association	Non enregistrée

Source: JICA

Il existe deux types d'Association des Usagers de l'Eau : la « Fédération » et l'« Association ». La Fédération ou FMR (Fikambanana Mampiasa Rano ou Groupement des Usagers de l'Eau) est composée de plusieurs groupes d'usagers de l'eau. Tandis que l'Association est formée par un groupe d'usagers de l'eau. Parmi les 6 associations existantes, 2 sont des Fédérations à savoir Amparamanina et Tsara-tanimbary et 4 sont des Associations. De plus, une Confédération est actuellement en cours de création. Elle couvrira l'ensemble du PC23 avec les 6 associations susmentionnées.

Les Associations des Usagers de l'Eau du PC23 ne fonctionnent pas suffisamment. Cependant, parmi les 6 associations, Amparamanina et Vonona P1 sont relativement actives. Par contre, presque aucune activité n'a été réalisée à Mahakary, Vohibola-Mandroso et Zoto P1. L'association Tsaratanimbary effectue quelques petits travaux de maintenance des installations d'irrigation mais de façon irrégulière.

2. Fonctionnement et évaluation des associations des usagers de l'eau

Afin d'évaluer ces associations, 5 aspects des associations ont été analysés : base organisationnelle ; niveau d'activité ; niveau de participation ; capacité de gestion ; et situation financière actuelle. Chaque association est évaluée par référence auxdits aspects considérés. La note générale est calculée par la somme totale des points. La note globale varie de 0.0 à 1.0 et définit l'état de fonctionnement d'une association. Les détails du calcul figurent dans le Tableau 2. 1 et le résumé de l'analyse est présenté comme suit.

Nom de l'AUE	AMPARAMANINA	Note Globale: 0.70
1. Base organisationnelle	<ul style="list-style-type: none"> AUE enregistrée officiellement en juillet 2001 ; Règlement intérieur et liste des membres de l'association déjà préparés ; L'association a un compte bancaire à la BOA ; 	<p>Le diagramme à cinq axes illustre l'évaluation de l'association AMPARAMANINA. Les axes sont : Base organisationnelle (score 2.0), Activité (score 1.0), Participation (score 0.0), Gestion (score 0.0) et Situation financière (score 0.0). La note globale est de 0.70.</p>
2. Niveau d'activité	<ul style="list-style-type: none"> Assemblée générale tenue plus de 2 fois par an ; Les petits travaux de maintenance sont réalisés par la main d'oeuvre employée par l'Association ; Planification en cours d'une construction de magasin de stockage de paddy ; 	
3. Participation	<ul style="list-style-type: none"> Le taux de participation est relativement faible. Seulement 12% des membres participent à l'assemblée générale ; 	
4. Capacité de gestion	<ul style="list-style-type: none"> La caisse est contrôlée par le trésorier qui utilise un livret de caisse et procède au dépôt bancaire ; Faible taux de paiement des frais d'irrigation, 25% en 2002 ; 	
5. Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> Environ 7 millions Fmg ont été déposés à la banque depuis janvier 2004 ; 	
Evaluation globale	<ul style="list-style-type: none"> L'Association est relativement bien établie par rapport aux autres associations. Toutefois, le niveau de participation est très bas. Les raisons principales en sont : <ol style="list-style-type: none"> les membres sont sceptiques sur la gestion de l'Association particulièrement en ce qui concerne les charges d'irrigation collectées. Les agriculteurs sont encore sceptiques sur toutes les organisations vu l'expérience vécue dans le temps de la SOMALAC ; une certaine partie de la zone n'est pas approvisionnée en eau d'irrigation. De ce fait, les membres n'osent pas de participer aux activités. Seuls les membres des zones ayant accès à l'eau d'irrigation participent aux activités de l'AUE ; les membres sont mal informés sur les activités de l'Association et ainsi ne comprennent pas les avantages qu'offre la participation au sein des AUE ; Bien que la base organisationnelle soit bien coordonnée, l'Association fonctionne en faveur de la minorité des membres comme le montre le diagramme susmentionné (partie supérieure en biais) ; 	

Source: JICA

Figure 2.1 AMPARAMANINA

Nom de l'AUE: MAHAKARY		Note globale: 0.18
1. Organisation de base	<ul style="list-style-type: none"> Bien que la demande d'enregistrement officiel soit déjà faite, le dossier est toujours en cours d'examen ; L'association n'a pas de compte bancaire ; 	
2. Niveau d'activité	<ul style="list-style-type: none"> L'Assemblée Générale est tenue une fois par an ; L'AUE n'a réalisé aucun travail de maintenance. Les agriculteurs font eux-mêmes des travaux de réparation nécessaires ; 	
3. Participation	<ul style="list-style-type: none"> Le niveau de participation est presque néant, l'association n'a aucune activité ; 	
4. Capacité de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Les tarifs d'irrigation sont fixés à 5000 Fmg/ha/an. Toutefois, les membres ne souhaitent pas payer étant donné qu'ils peuvent accéder gratuitement à l'eau à d'autres endroits ; 	
5. Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> La caisse a été abandonnée vu que les charges n'ont pas été collectées ; 	
Evaluation globale	<ul style="list-style-type: none"> L'association n'est pas opérationnelle. Vu que la grande partie des zones couvertes par l'association est pluviale ou mal irriguée, les agriculteurs ne trouvent aucune nécessité de participer à l'AUE ; 	

Source : JICA

Figure 2.2 MAHAKARY

Nom de l'AUE VOHIBOLA-MANDROSO		Note globale: 0.10
1. Organisation de Base	<ul style="list-style-type: none"> L'association n'a aucune activité actuellement ; L'association n'a pas de compte bancaire ; 	
2. Niveau d'activité	<ul style="list-style-type: none"> L'Assemblée Générale n'a été organisée en aucun cas ; L'association n'a réalisé aucune activité ; 	
3. Participation	<ul style="list-style-type: none"> Les critères ne sont pas applicables vu l'absence d'activités réalisées par l'association. ; 	
4. Capacité de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Aucune charge collectée ; 	
5. Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> Aucun dépôt bancaire puisque la charge d'eau n'a été collectée en aucun cas ; 	
Evaluation globale	<ul style="list-style-type: none"> L'association n'est pas opérationnelle. Comme le cas de Mahakary, la plupart des zones concernées sont pluviales ou mal irriguées et sont victimes d'inondation durant la saison des pluies. De ce fait, les agriculteurs ne trouvent aucune nécessité de participer à l'association ; 	

Source : JICA

Figure 2.3 VOHIBOLA-MANDROSO

Nom de l'AUE: VONONA P1		Note globale: 0.60
1. Organisation de Base	<ul style="list-style-type: none"> L'AUE a été enregistrée officiellement en avril 2000 ; L'association envisage d'ouvrir un compte bancaire ; La liste des membres est élaborée et les localités des membres sont enregistrées ; 	
2. Activité	<ul style="list-style-type: none"> L'Assemblée Générale se tient une ou deux fois par an ; L'AUE réalise de petits travaux d'aménagement et de gestion de la distribution de l'eau ; 	
3. Participation	<ul style="list-style-type: none"> Le taux de participation à l'Assemblée Générale est de 35 à 50%. Plusieurs membres ne comprennent pas la signification de l'AUE et éprouvent une certaine réticence à y participer ; 	
4. Capacité de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Les charges d'irrigation sont collectées lorsqu'il y a des travaux de réparation à réaliser. Les agents collecteurs sont désignés par chaque groupe. Toutefois, ces agents ne sont pas motivés car ils n'obtiennent aucune prime. 	
5. Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> L'AUE a fait un dépôt bancaire de 1 million Fmg sur le compte de SILAC ; 	
Evaluation globale	<ul style="list-style-type: none"> L'association est relativement opérationnelle. Les principales raisons en seraient : la proximité de l'association de la Route Nationale 3A, la bonne répartition de l'eau d'irrigation comparée à celle des autres associations. Par ailleurs, la taille de l'association (seulement 300 membres) contribue à faciliter sa gestion ; Les charges d'irrigation ne sont pas collectées régulièrement bien que l'association y procède régulièrement. Les problèmes suivants compliquent la réalisation de cette tâche : <ol style="list-style-type: none"> les membres de l'association habitent dans des lieux dispersés, Amparafaravola, Bejofo, Ambatondrazaka, etc... ; les agents collecteurs ne sont pas motivés car ils ne sont pas payés. L'association considère que le paiement des primes est basé sur la somme collectée. Toutefois, vu la situation financière de l'association, elle ne peut payer aucune prime ; 	

Source: JICA

Figure 2.4 VONONA P1

Nom de l'AUE: TSARATANIMBARY		Note globale: 0.48
1. Organisation de Base	<ul style="list-style-type: none"> L'association est en cours d'enregistrement ; L'association envisage d'ouvrir un compte bancaire ; L'élaboration du règlement intérieur de l'association est en cours de finalisation ; 	<p>The radar chart displays five categories with scores: Base organisationnelle (2.0), Situation Financière (1.0), Activité (1.0), Participation (0.5), and Gestion (0.5). The overall score is 0.48.</p>
2. Activité	<ul style="list-style-type: none"> L'Assemblée Générale se tient deux fois par an ; L'association effectue de petits travaux de maintenance ; Des désaccords sur l'usage de l'eau surgissent souvent entre l'association et le CMS d'Anosiboribory ; 	
3. Participation	<ul style="list-style-type: none"> Le taux de participation à l'Assemblée Générale est moins de 50%. Plusieurs membres sont déçus du rôle de l'association car l'eau d'irrigation n'est pas disponible ; 	
4. Capacité de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Les charges ne sont pas collectées régulièrement. Récemment, elles sont collectées à raison de 5000 Fmg/ha pour l'exécution des travaux de réparation ; Toutefois, le pourcentage de la collecte a été de 35% ; Il est difficile de procéder à la collecte des charges étant donné que le système d'irrigation n'est pas suffisamment opérationnel ; 	
5. Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> Environ 200 000 Fmg sont gardés dans la caisse de l'association. Le trésorier garde la caisse chez lui vu que l'association n'a pas encore de compte bancaire ; 	
Evaluation globale	<ul style="list-style-type: none"> L'association est moyennement opérationnelle mais elle reste à un niveau bas ; La participation reste faible en raison de défaut de fonctionnement du système d'irrigation ; La gestion de l'association est difficile car les lieux d'habitation des membres sont dispersés sur toute la zone. Cette situation rend difficile la communication chez les membres de l'association ; Environ la moitié des terrains agricoles de la zone couverte par l'association est sous louée. De ce fait, les propriétaires de terrains deviennent généralement membres de l'association, tandis que les charges sont exigées aux locataires de terrains. Cette situation rend encore plus difficile la collecte des charges à cause de la dispersion des résidences des membres ; 	

Source: JICA

Figure 2.5 TSARATANIMBARY

Nom de l'AUE: ZOTO P1		Note globale: 0.23
1. Organisation de Base	<ul style="list-style-type: none"> L'association envisage de procéder à son enregistrement officiel mais aucune démarche n'a encore été faite ; L'association a un compte bancaire à la Bank of Africa (BOA). Le compte a été ouvert dans la période de la SOMALAC avec un montant de 450 000 Fmg. Toutefois, l'association n'a pas accès à ce compte bancaire car le titulaire du compte n'est pas clarifié ; Bien que la liste des membres ait été élaborée, l'association n'a pas encore procédé à sa légalisation ; 	
2. Activité	<ul style="list-style-type: none"> L'assemblée Générale ne s'est jamais tenue ; L'association n'a effectué aucun travail de maintenance. Les agriculteurs qui utilisent les rizières avoisinantes obtiennent et réparent les installations d'irrigation en cas de besoin ; 	
3. Participation	<ul style="list-style-type: none"> Aucune participation des membres car l'Assemblée Générale n'a été organisée en aucun cas ; 	
4. Capacité de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Les charges n'ont pas été collectées et aucun contrôle de la caisse n'a été effectué par l'association ; 	
5. Situation financière	<ul style="list-style-type: none"> Comme susmentionné, une somme d'environ 450 000 Fmg a été déposée à la Banque. Toutefois, l'association n'a pas accès à ce compte. Par conséquent, il est considéré que l'association n'a pas de ressources financières pour la réalisation de ses activités ; 	
Evaluation globale	<ul style="list-style-type: none"> L'association n'est pas opérationnelle. Les raisons principales en sont: <ol style="list-style-type: none"> 1) les agriculteurs sont sceptiques sur le fonctionnement de l'association en raison d'expériences antérieures dans la période de la SOMALAC ; 2) l'existence de grands propriétaires de terrains décourage les autres agriculteurs de participer dans l'association ; 3) les lieux d'habitation des membres étant dispersés, les agriculteurs se communiquent difficilement ; 	

Source: JICA

Figure 2.6 ZOTO P1

Basée sur l'analyse effectuée ci-dessus, l'état de fonctionnement et les contraintes principales de chaque AUE peuvent être résumés comme suit :

Tableau 2.2 L'état de fonctionnement et les contraintes principales de chaque AUE

AUE	Etat de fonctionnement*	Principales raisons de défaut de fonctionnement
1. Amparamanina	Moyen (0.70)	<ul style="list-style-type: none"> Lieux d'habitat des membres très dispersés ; Peu de communications entre les membres ; Scepticisme des membres sur la

		gestion de l'AUE ; • Répartition insuffisante de l'eau d'irrigation ;
2. Mahakary	Non opérationnelle (0.18)	• Répartition insuffisante de l'eau d'irrigation et installations non opérationnelles ; • Grande partie des zones non irriguées et inondées ; • Lieux d'habitat des membres très dispersés ; • Peu de communications entre les membres ; • Manque d'organisation de base ;
3. Vohibola-Mandroso	Non opérationnelle (0.10)	• Répartition insuffisante de l'eau d'irrigation et installations non fonctionnelles ; • Grande partie des zones non irriguées et inondées ; • Lieux d'habitat des membres très dispersés ; • Peu de communications entre les membres ; • Manque de base organisationnelle ;
4. Vonona P1	Moyen (0.60)	• Lieux d'habitat des membres très dispersés ; • Peu de communications entre les membres ;
5. Tsaratanibary	Faible (0.48)	• Lieux d'habitat des membres très dispersés ; • Peu de communications entre les membres ; • Répartition insuffisante de l'eau et litige avec CMS sur l'eau d'irrigation ; • Existence des zones non irriguées et inondées ;
6. Zoto P1	Très faible (0.23)	• Lieux d'habitat des membres très dispersés ; • Peu de communications entre les membres ; • Répartition insuffisante de l'eau ; • Manque de base organisationnelle ;

*Les critères de l'état de fonctionnement sont établis comme suit :

Supérieur.....0,81~1,00

Moyen.....0,61~0,80

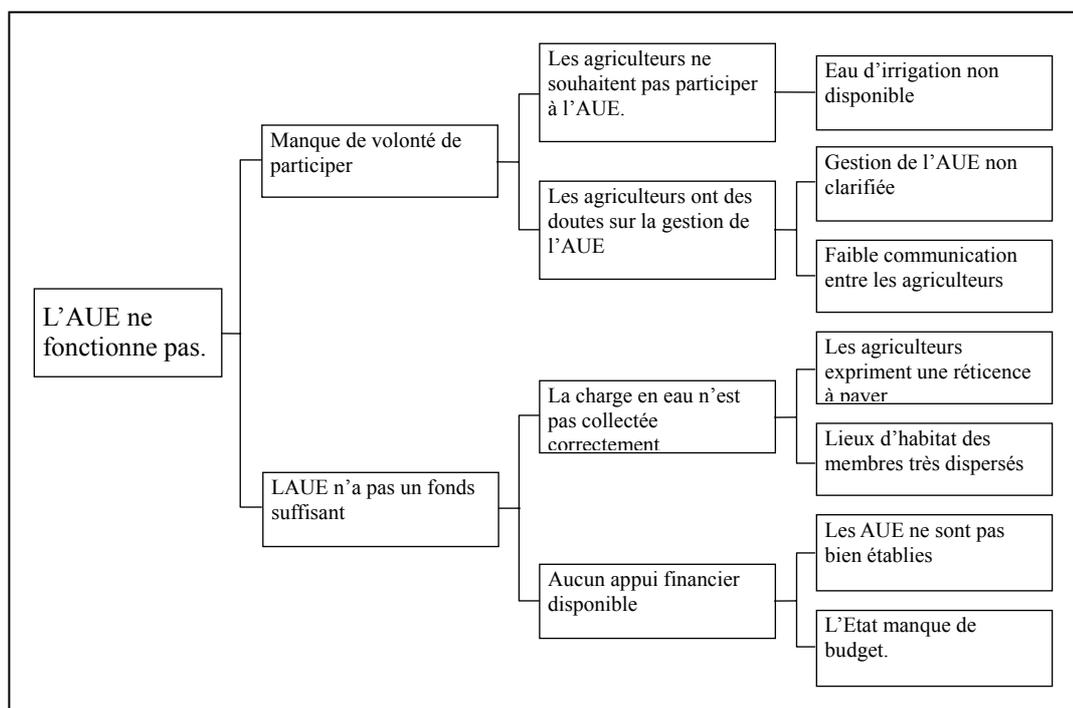
Faible.....0,41~0,60

Très faible.....0,21~0,40

Non opérationnel0,00~0,20

Source: JICA

Bien que l'état de fonctionnement se diffère de l'une de l'autre des AUE, les facteurs de non fonctionnement peuvent s'analyser comme suit :



Source : JICA

Figure 2.7 Les facteurs de non fonctionnement

Les plus sérieux et critiques des problèmes se résument par trois points comme suit : (i) manque d'eau d'irrigation ; (ii) scepticisme sur le fonctionnement réel de l'AUE ; (iii) dispersion des lieux d'habitat des agriculteurs; et (iv) manque de base organisationnelle.

(i) Pénurie d'eau d'irrigation

Le défaut de fonctionnement des AUE Mahakary et Vohibola-Mandroso est dû à de graves problèmes d'eau d'irrigation. Une grande partie de la zone couverte par l'AUE est laissée dans un état pluvial à cause du défaut du système d'irrigation. En plus, d'autres zones souffrent aussi du défaut de fonctionnement du système d'irrigation et des effets d'inondation difficiles à maîtriser par le drainage peu aménagé. Par conséquent, la majorité des agriculteurs ne trouvent pas la nécessité de participer aux AUE. Seule une partie des membres ayant accès à l'eau d'irrigation est motivée de faire des travaux de réparation et de maintenance. On peut signaler cette tendance non seulement au niveau des 2 AUE mais aussi au sein des 4 AUE puisque cela constitue une des causes les plus critiques du défaut de fonctionnement des AUE.

(ii) Le scepticisme sur la gestion des AUE

Les AUE prennent leur origine dans les organisations relevant de la SOMALAC chargées de l'exploitation et de la maintenance du système d'irrigation. Leur exploitation n'est pas clarifiée en ce qui concerne la gestion des finances et des biens, en particulier. En outre, ils sont laissés incapables de gérer le système d'irrigation après la dissolution de la SOMALAC.

De ce fait, les agriculteurs estiment que l'AUE est monopolisée par la minorité des agriculteurs détenant de grands terrains et que c'est cette minorité qui la manipule pour leur propre compte. Pour les agriculteurs, la répartition insuffisante de l'eau d'irrigation est donc en partie imputable à cette manière de gestion organisationnelle qui doit être mise en cause par conséquent. Cette tendance décourage des agriculteurs de participer aux AUE.

(iii) Dispersion des lieux d'habitat des agriculteurs

Les lieux d'habitat des agriculteurs sont largement dispersés à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du PC23. Nombreux agriculteurs habitent à l'extérieur du PC23 et viennent s'occuper de leurs rizières du PC23 pendant la campagne agricole. Dans certains des cas, on voit les propriétaires habiter loin du PC23 comme Antananarivo et Antsirabe et louer leurs terrains à ceux qui habitent dans ce périmètre irrigués. Dans ce cas, il est difficile pour l'AUE de contacter les vrais locataires de terrains.

De ce fait, les agriculteurs ne peuvent se communiquer que très difficilement et c'est une situation fatale quand il s'agit d'organisation d'une assemblée et de prise de décision. Il va sans dire que la collecte des charges d'irrigation est très difficile.

(iv) Manque de base organisationnelle

Dans le PC23, aucune AUE n'est enregistrée officiellement sauf les AUE Amparamanina et Vonona P1. Une fois légalisé, l'enregistrement permet à l'AUE d'accéder aux appuis du gouvernement et des autres bailleurs de fonds. Il permet également à l'AUE d'avoir recours aux procédés judiciaires en cas de violation du règlement de l'association. A part la légalisation de l'AUE, la majorité des membres exécutants et de collecte des charges d'eau sont volontaires et ne perçoivent aucune prime. Ils doivent s'occuper de nombreuses tâches et ne perçoivent pourtant aucune rémunération. Par conséquent, les membres ne sont pas motivés de travailler et ceci devient à l'origine de l'état inactif de l'AUE.

(5) Intention et aptitude des agriculteurs pour participer aux activités de gestion de l'eau

Selon le résultat de l'enquête sociale détaillée, environ 34% des agriculteurs à Ambohindrony estiment que l'eau devient moins disponible à cause de l'ensablement, tandis que 32% ne constatent aucun changement des conditions d'eau d'irrigation. D'autre part, à Mahakary, 52% des interrogés ont répondu qu'ils attribuaient la diminution de la quantité d'eau disponible à l'ensablement et 40% au défaut de fonctionnement du système d'irrigation.

Tableau 2.3 Observation des agriculteurs sur la situation actuelle des conditions d'irrigation

Observation	Ambohidrony	Mahakary
1. Quantité d'eau réduite due à la sédimentation	34,0%	52,0%
2. Quantité d'eau réduite due à la prise d'eau illégale	6,0%	0,0%
3. Système d'irrigation non opérationnel dû au manque de maintenance	6,0%	40,0%
4. Système non opérationnel dû à l'ensablement	0,0%	2,0%
5. Aucun changement observé	32,0%	0,0%
6. Autres	22,0%	6,0%

Source : JICA

Dans ces deux Fokontany, la majorité des agriculteurs (86% à Ambohidrony et 100% à Mahakary) ont l'intention d'entreprendre des actions pour améliorer la disponibilité d'eau d'irrigation, mais ils n'ont aucun plan spécifique à cet objectif. Ceci indique toutefois une demande importante de la part des agriculteurs en matière de l'eau d'irrigation. De même, les agriculteurs des deux Fokontany manifestent leur volonté de participer à d'éventuels projets apportant des améliorations au système d'irrigation.

Tableau 2.4 Intention d'entreprendre des actions d'amélioration de la disponibilité de l'eau et volonté de participer aux projets

	Ambohidrony		Mahakary	
	Intention d'entreprendre des actions	Volonté de participer	Intention d'entreprendre des actions	Volonté de participer
Oui	86,0%	84,0%	100,0%	96,0%
Non	14,0%	16,0%	0,0%	4,0%

Source : JICA

Selon le résultat de l'enquête sociale détaillée, la capacité de paiement est aussi étudiée. Par la répartition des échantillons en trois tailles d'exploitation (petite, moyenne et grande), il a été confronté le bénéfice net de la production de paddy aux tarifs d'irrigation adoptés dans le PC23 comme l'indique le tableau suivant.

Tableau 2.5 Comparaison des tarifs d'irrigation avec le bénéfice net de la production de paddy

Superficie	Taille moyenne (ha)	Bénéfice net*¹ (FMG/an)	Tarifs d'irrigation*² (FMG/an)	% Charges sur bénéfice net
Ambohidrony				
Grande (> 5 ha)	12,2	13 773 800	124 000	0,9%
Moyenne (1~5 ha)	2,6	2 935 400	28 000	1,0%
Petite (< 1 ha)	0,6	677 400	8 000	1,2%
Mahakary				
Grande (> 5 ha)	15,6	17 612 400	158 000	0,9%
Moyenne (1~5 ha)	3,2	3 612 800	34 000	0,9%
Petite (< 1 ha)	0,7	790 300	9 000	1,1%

*1: Le bénéfice net de la production de paddy est estimé à 129 000FMG/ha. Les chiffres calculés sont basés sur la moyenne des 4 Fokontany (Mahakary, Ambohidrony, Morarano Chrome et Manakambahinikely). Les données sont collectées dans l'enquête sociale détaillée menée par l'Equipe d'Etude JICA, Dec. 2003-Janv.2004.

*2: Les tarifs d'irrigation adoptés à Amparamanina constituent la base du calcul. L'AUE procède à la collecte des charges d'irrigation pour l'exécution des travaux d'exploitation et de maintenance du système d'irrigation et des charges de participation pour l'administration. Les charges sont réparties comme suit :

Charges d'irrigation.....	10 000 FMG/ha/an
Charges de participation	2 000FMG/personne/an

Source: JICA

Selon le calcul, les charges d'irrigation représentent environ 1% du bénéfice net de la production de paddy, charges largement recouvrables par les agriculteurs.

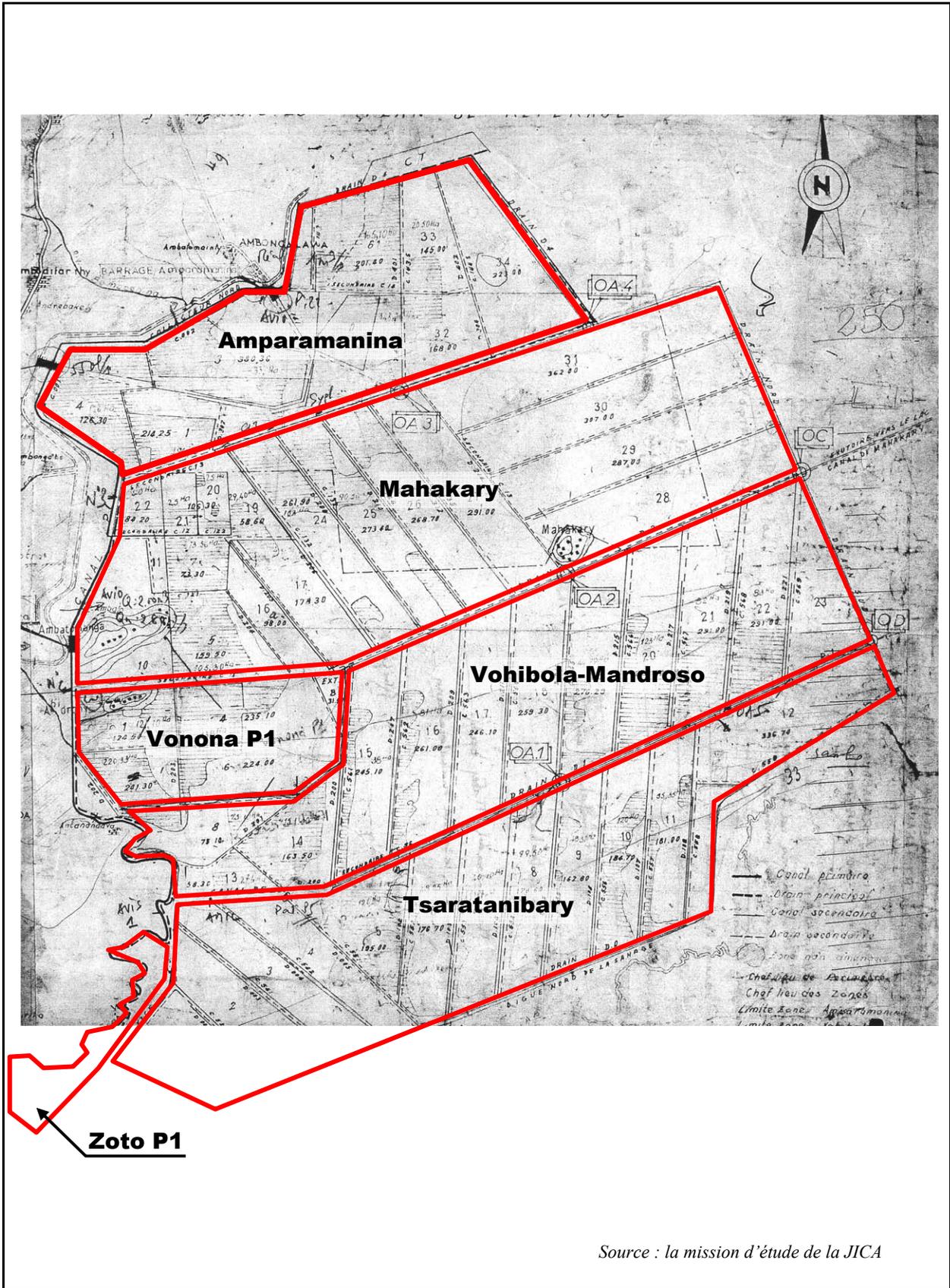


Figure 1.1 Zones couvertes par les AUE

