

**Ministère de l'Agriculture  
République de Madagascar**

**Etude préparatoire  
pour  
le Projet de Réhabilitation du Système  
d'irrigation (PC23) et de Gestion des  
Bassins Versants  
dans le Sud-Ouest du Lac Alaotra  
en  
République de Madagascar**

**Rapport**

**Mai 2016**

**Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)**

**Sanyu Consultants Inc.  
Nippon Koei Co., Ltd.**

|        |
|--------|
| RD     |
| JR     |
| 16-037 |



## **Avant-Propos**

L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a décidé de mener une étude préparatoire pour le Projet de Réhabilitation du Système d'Irrigation (PC23) et de Gestion des Bassins Versants dans le Sud-Ouest du Lac Alaotra en République de Madagascar, et a confié cette étude au consortium composé de Sanyu Consultants Inc. et Nippon Koei Co., Ltd.

La mission d'étude organisée à cet effet a tenu une série de discussions avec les autorités concernées du Gouvernement de Madagascar entre juin 2015 et février 2016, et a effectué des études sur le terrain.

Le présent rapport a été finalisé à travers les travaux au Japon après le retour de la mission au Japon.

Je suis heureux de remettre ce rapport et je souhaite qu'il contribue à la promotion du Projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

En terminant, je tiens à exprimer mes remerciements sincères aux autorités concernées du Gouvernement de Madagascar pour leur coopération avec les membres de la mission.

Mai 2016

Hiroto Mitsugi  
Directeur général  
Département du développement rural  
Agence Japonaise de Coopération  
Internationale (JICA)



## Résumé

### **(1) Présentation du pays**

La République de Madagascar (ci-après désignée « Madagascar ») a un territoire de 587.000 km<sup>2</sup> (environ 1,6 fois celui du Japon) et une population de 23.570.000 habitants (Banque mondiale, 2014). Son PIB s'élève à 10,6 milliards de \$ US, (Banque mondiale, 2013) et son RNB par habitant à 440 \$ US (Banque mondiale, 2013), ce qui classe Madagascar parmi les pays les plus pauvres du monde. De ce fait, les principaux problèmes à résoudre dans ce pays sont-ils la réduction de la pauvreté et la croissance économique.

### **(2) Contexte, historique et aperçu du Projet**

Le secteur agricole de Madagascar est le secteur économique essentiel du pays, qui emploie 63% de la population active, et compte pour 26% du PIB. Dans sa stratégie de développement « Programme Sectoriel Agriculture Elevage Pêche (PSAEP) », les objectifs de développement tels que l'augmentation de l'échelle de la production, la gestion durable des ressources, sont définis ayant pour but de contribuer à la réduction de la pauvreté et à la croissance économique. Le riz étant un aliment de base des Malgaches, plus de 70% des paysans pratiquent la riziculture. Mais dans la zone de riziculture irriguée, de grandes quantités de terres et sables arrachés aux zones montagneuses dévastées suite à la pratique de la culture sur brûlis et à l'abattage des arbres forestiers, s'écoulent, pénètrent et s'accumulent dans les rivières et les canaux d'irrigation, et affaiblissent la fonctionnalité de l'irrigation. Par ailleurs, conjugués avec la survenance des cyclones et les dégâts causés par les maladies et insectes nuisibles, ces problèmes font obstacle à l'augmentation de la production rizicole et forcent Madagascar à importer 10% de sa consommation de riz. L'amélioration de la productivité et l'augmentation de la production sont nécessaires, et dans ce but, le renforcement des bases de production du riz est indispensable, et il est donc urgent de réduire l'écoulement des sédiments à partir de la zone en amont des périmètres irrigués et de rétablir la fonctionnalité de l'irrigation.

Vu cette situation, le Gouvernement de Madagascar a élaboré en 2006 «le Programme National de Gestion des Bassins Versants et des Périmètres Irrigués (PN-BVPI)», qui vise à renforcer les bases de production du riz, à la fois par l'aménagement des installations d'irrigation pour les rizières existant dans tout le pays ayant une superficie d'environ un million d'ha, et la conservation/gestion durable des bassins versants par le rétablissement de la végétation et le reboisement en amont des périmètres irrigués.

Dans ce contexte, le Gouvernement de Madagascar a déclaré son principe selon lequel il continue à promouvoir le programme précité dans la zone du Lac Alaotra, le grenier à riz de Madagascar, qui satisfait environ 10% de la demande en riz du pays. Dans ce but, Madagascar a déposé une requête auprès du Japon pour l'octroi de son Aide financière non-remboursable en vue de l'approvisionnement stable en eau d'irrigation dans le périmètre PC23 au sud-ouest du Lac Alaotra, puis de contribuer à l'augmentation de la production de riz dans cette zone.

L'Agence japonaise de coopération internationale (ci-après désignée la « JICA ») a mené jusqu'ici

dans la zone cible du Projet (1) une étude du concept de base pour le Projet d'amélioration du système d'irrigation dans le sud-ouest du Lac Alaotra (août 2008 – mars 2009), (2) une assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (septembre 2008 – février 2009) et (3) une étude de collecte d'informations de base et de confirmation concernant le secteur agricole (avril – juin 2014). En ce qui concerne ces études, l'aide financière n'a pas été totalement réalisée pour (1) et (2) suite au coup d'Etat survenu à Madagascar en 2009, et une étude de collecte d'informations (3) a été réalisée pour rechercher le scénario de la collaboration dans le domaine agricole aux environs du Lac Alaotra, en tenant compte des composantes des deux premières études précédentes ; et les projets candidats adaptés à l'Aide financière non-remboursable du Japon ont été classés dans ce cadre. S'appuyant sur ces résultats d'étude, la JICA a réalisé la présente « Etude préparatoire pour le Projet de Réhabilitation du Système d'Irrigation (PC 23) et de Gestion des Bassins Versants dans le Sud-Ouest du Lac Alaotra » en vue d'étudier la pertinence et l'urgence du contenu de la requête, ainsi que le contenu et l'étendue du Projet se conformant au système de l'Aide financière non-remboursable du Japon.

### (3) Aperçu des résultats d'étude et contenu du Projet

La mission d'étude du présent projet a réalisé une étude sur le terrain du 13 juin au 14 septembre 2015. Pendant ce temps, elle a dressé avec la partie malgache le 23 juin 2015 un Procès-verbal (PV) des discussions portant sur une modification partielle du contenu de la requête.

#### Modification du contenu de la requête

| Catégorie                                     | Contenu de la requête initiale   | Contenu de la requête modifiée (au moment de conclusion du PV)  |
|---|--|---|
| Travaux de génie civil                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation des installations (2 têtes de prise, canal principal et canal secondaire, et ouvrages hydrauliques)</li> <li>• Réhabilitation des pistes de maintenance</li> <li>• Dessableur</li> <li>• Reboisement et traitement des lavaka</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation des installations (2 têtes de prise, canal principal et canal secondaire, et ouvrages hydrauliques qui accompagnent les canaux principaux, secondaires et les collecteurs nord)</li> <li>• Réhabilitation des pistes de maintenance, pistes rurales (R1 et R2)</li> <li>• Dessableur</li> <li>• Non inclus dans le projet de coopération</li> </ul> |
| Approvisionnement en matériels et équipements | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approvisionnement en matériels et équipements de dragage</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approvisionnement en matériels et équipements de dragage *</li> </ul>  |
| Composante soft                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement des capacités des Associations, Fédérations et des Comités des usagers de l'eau</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboration des manuels de gestion et maintenance du système d'irrigation</li> <li>• Formation sur les techniques de gestion et maintenance du système d'irrigation</li> </ul>   |
| Conception et supervision                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception et supervision de ce qui précède</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception et supervision de ce qui précède</li> </ul>   |

Note\*: Dans le PV, il a été décidé que l'inclusion ou non dans le projet de coopération de l'approvisionnement en matériels pour le dragage serait définie sur la base des résultats de l'étude sur le terrain, et suite aux études et examens subséquents, la partie japonaise et la partie malgache se sont mises d'accord au cours des discussions tenues au moment de l'explication des grandes lignes de la conception sommaire (8 – 21 février 2016) pour ne pas l'inclure. Par conséquent, « l'approvisionnement en matériels de dragage » a été exclu des composants du projet de coopération.

La mission d'étude a effectué une étude sur le terrain, tout en gardant à l'esprit la modification du contenu de la requête, examiné la pertinence et l'urgence du contenu de la requête à la lumière de la

conformité en tant que projet de l'aide financière non-remboursable, et étudié le contenu du projet de coopération, puis élaboré la conception sommaire des installations. Le rapport des résultats de ces études (proposition) a été compilé, puis expliqué au Gouvernement de Madagascar et discuté avec lui du 8 au 21 février 2016. Le contenu du projet de coopération sur lequel les deux parties se sont mises d'accord est indiqué ci-dessous.

### Liste des installations objets du projet de coopération et leur conception sommaire

| Installation  | Conception sommaire   |
|---|---|
| 1. Réhabilitation du déversoir de sécurité                | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Installation d'une nouvelle vanne mobile : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,0 m x 1</li> <li>· Réhabilitation totale du barrage de déversement : Béton ordinaire, Longueur = 10,0 m, fondation sur pieux en béton armé</li> <li>· Travaux subsidiaires : Installations de blocs de protection du lit, d'un mur de soutènement en maçonnerie humide et de gabions</li> </ul>  |
| 2. Réhabilitation de la tête de prise P5                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Réhabilitation totale du déversoir de sécurité : Béton ordinaire, Longueur = 55,9 m, fondation sur pieux en béton armé</li> <li>· Réhabilitation totale du déversoir : Béton armé, Longueur = 8,4 m, fondation sur pieux en béton armé, Vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,8 m x 3 unités</li> <li>· Installation nouvel ouvrage de prise d'eau : Béton armé, Largeur = 18,8 m, fondation sur pieux en béton armé, Vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,9 m x 8 unités</li> <li>· Installation nouveau dessableur : Largeur = 16,0 m, Longueur = 60,0 m, fondation sur pieux en béton armé</li> <li>· Travaux subsidiaires : Installations de blocs de protection du lit, d'un mur de soutènement en maçonnerie humide et de gabions</li> </ul> |
| 3. Réhabilitation de la tête de prise P1                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,8 m x 0,8 m x 3 unités</li> <li>· Réhabilitation ouvrage de prise d'eau : Béton armé, fondations directes, Vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,5 m x 1,3 m x 2 unités</li> <li>· Installation nouveau dessableur : Largeur = 10,0 m, Longueur = 60,0 m, fondation sur pieux en bois</li> <li>· Travaux subsidiaires : Installations d'un mur de soutènement en maçonnerie humide</li> </ul>  |
| 4. Réhabilitation de la tête de prise d'Andranotsimihotra | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 0,6 m x 0,8 m x 4 unités</li> <li>· Réhabilitation ouvrage de prise d'eau : Béton armé, fondation sur pieux en béton armé, Vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,3 m x 1,1 m x 2 unités</li> <li>· Installation nouveau dessableur : Béton armé, Largeur = 6,0 m, Longueur = 50,0 m, fondation sur pieux en bois</li> <li>· Travaux subsidiaires : Installations d'un mur de soutènement en maçonnerie humide</li> </ul>   |
| 5. Réhabilitation de la tête de prise d'Ambodifarihy      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 0,7 m x 1,2 m x 2 unités</li> <li>· Remplacement de la vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 0,8 m x 1,2 m x 2 unités</li> </ul>   |
| 6. Réhabilitation de la tête de prise d'Amparamanina      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,1 m x 1,1 m x 2 unités</li> <li>· Remplacement de la vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 2,0 m x 1 unité</li> </ul>  |
| 7. Réhabilitation du canal principal P5                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 6,235 km</li> <li>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 4 emplacements, réhabilitation partielle 1 emplacement, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul>   |
| 8. Réhabilitation du canal secondaire P5                  | <p>[C5.3]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 0,65 km</li> </ul> <p>[C5.5]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 7,876 km</li> <li>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 8 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul> <p>[C5.6]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 8,914 km</li> <li>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 9 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul>   |
| 9. Réhabilitation du canal principal P1                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 23,974 km</li> <li>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 16 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul>   |

| Installation   | Conception sommaire   |
|--|---|
| 10. Réhabilitation du canal secondaire P1                          | [C1.0]<br>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur =1,955km<br>[C1.1]<br>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur =1,898km<br>[C1.2]<br>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur =0,876m<br>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 1 emplacement, installation béton armé et vanne de partiteur<br>[C1.3]<br>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur =7,914km<br>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 5 emplacements, nouvelle construction : 3 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur<br>[C1.4]<br>· Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur =2,253km<br>· Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 2 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur |
| 11. Réhabilitation des installations de régulation du niveau d'eau | Réhabilitation totale 2 emplacements, installation béton armé et vanne : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,6 m x 1 unité   |
| 12. Réhabilitation des pistes rurales                              | <u>Périmètre irrigué P5</u><br>· Réhabilitation de la piste rurale RM : Longueur = 6,235km<br>· Réhabilitation de la piste rurale R2 : Longueur = 18,358km (S1=7,891km, S2=10,467km)<br>· Réhabilitation de la piste rurale R1 : Longueur =4,922km<br><u>Périmètre irrigué P1</u><br>· Réhabilitation de la piste rurale RM : Longueur =23,913km<br>· Réhabilitation de la piste rurale R2 : Longueur = 12,258 km (N1=3,398km, N2=8,860km)<br>· Réhabilitation de la piste rurale R1 : Longueur = 17,120km (N1=14,297km, N2=2,823km)  |
| 13. Composante soft  | · Elaboration d'un manuel de gestion du système d'irrigation et réalisation des formations sur les techniques de gestion et maintenance du système d'irrigation.  |

#### (4) Période et coût approximatif du Projet

La période totale du projet de coopération sera de 3,5 ans, à savoir d'un an pour la conception de l'exécution élaborée après l'Accord de Don et les préparatifs de l'appel d'offres tout en tenant compte de la période de plantation du riz, de la taille et du contenu des installations et de la situation de la zone objet de la construction, puis de 2,5 ans allant du lancement de l'appel d'offres des travaux jusqu'à la fin des travaux de construction. Les travaux n'auront pas lieu pendant la saison des pluies (mi-décembre – mi-avril) correspondant à la période d'irrigation, car cette période-là est optimale pour la plantation du riz, ils seront exécutés préférentiellement pendant la saison sèche (mi-avril – mi-décembre), qui est la période de non-irrigation. Le tableau ci-dessous présente le calendrier d'exécution abrégé du Projet.

**Calendrier abrégé d'exécution du Projet**

| Année                           | 2016     | 2017     | 2018     | 2019     | 2020         | 2021 |       |      |       |      |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|--------------|------|-------|------|-------|------|
| Année fiscale                   | 2016     |          | 2017     |          | 2018         |      | 2019  |      | 2020  |      |
|                                 | Avril    | Mars     | Avril    | Mars     | Avril        | Mars | Avril | Mars | Avril | Mars |
| Passation de contrats           | E/N<br>▼ | A/D<br>▼ | E/N<br>▼ | A/D<br>▼ | Contrat<br>▽ |      |       |      |       |      |
| Conception de l'exécution       | ■        |          |          |          |              |      |       |      |       |      |
| Préparatifs de l'appel d'offres |          | ■        |          |          |              |      |       |      |       |      |
| Appel d'offres                  |          |          | ●        |          |              |      |       |      |       |      |
| Approvisionnement en matériels  |          |          |          |          | ■            | ■    | ■     | ■    | ■     | ■    |
| Travaux de construction         |          |          |          |          | ■            | ■    | ■     | ■    | ■     | ■    |
| Composante soft                 |          |          |          |          | ■            |      | ■     |      | ■     |      |



Les coûts totaux rendus nécessaires en cas de réalisation du Projet, sont estimés à \*\*\* millions de yens (dont \*\*\* millions de yens à la charge de la partie japonaise, et 34,83 millions de yens à la charge de la partie malgache).

#### **(5) Evaluation du Projet**

Madagascar se classe parmi les pays les plus pauvres du monde, et le Plan national de développement (2015-2019) se donne comme objectif numérique de réduire le taux de pauvreté de 78% (2014) à 62,5% (2019). Le présent projet, qui concerne quelque 4.300 familles bénéficiaires du périmètre PC23, qui est une des zones rurales, où les couches modestes sont nombreuses, apportera une importante contribution à l'achèvement de l'objectif de Madagascar de réduction de la pauvreté. De plus l'exécution de ce Projet qui permettra l'augmentation du revenu des paysans de la région par l'augmentation de la production de riz, et contribuera clairement à la stabilité des moyens de subsistance et l'amélioration des conditions de vie des habitants de la région, revêt une grande urgence. D'autre part, ce Projet qui vise le renforcement des bases de production du riz, se conforme parfaitement à l'orientation de l'aide du Japon d'apporter son soutien en profitant de ses avantages dans le domaine de l'agriculture et de l'aménagement de l'infrastructure. Tous ces éléments permettent de juger ce Projet hautement pertinent.

Les effets quantitatifs attendus de l'exécution du présent Projet seront (1) Elargissement de la surface irriguée et (2) Réduction de l'afflux de sédiments, et les valeurs standards et cibles de ces indicateurs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Valeur standard pour les indicateurs quantitatifs et valeur cible**

| Nom de l'indicateur                      |                                   | Valeur standard (2015)<br>(estimation) | Valeur cible (2024)<br>(3 ans après l'achèvement<br>du Projet) |
|--|-----------------------------------|--|--|
| Surface irriguée (ha)                    | Périmètre irrigué P5              | 3.036                                  | 4.068  |
|  | Périmètre irrigué P1              | 3.360                                  | 4.815  |
| Afflux de sédiments (m <sup>3</sup> /an) | Tête de prise P5                  | 2.070                                  | 777  |
|  | Tête de prise P1                  | 1.270                                  | 477  |
|  | Tête de prise d'Andranotsimihotra | 630                                    | 237  |

Les effets qualitatifs prévus sont (1) Augmentation de la production de riz des zones bénéficiaires par la collaboration avec le projet de coopération technique, (2) Facilitation du dragage des sédiments grâce à la mise en place de dessableurs (3) Réduction de la perte d'eau s'écoulant et renforcement de l'efficacité d'utilisation de l'eau, (4) Gestion de l'eau et maintenance des installations adéquates et (5) Réduction des dégâts dus à l'inondation grâce à la réhabilitation des déversoirs de sécurité.



## Table des Matières

Avant-Propos

Résumé

Table des Matières

Carte de localisation du site / Perspective

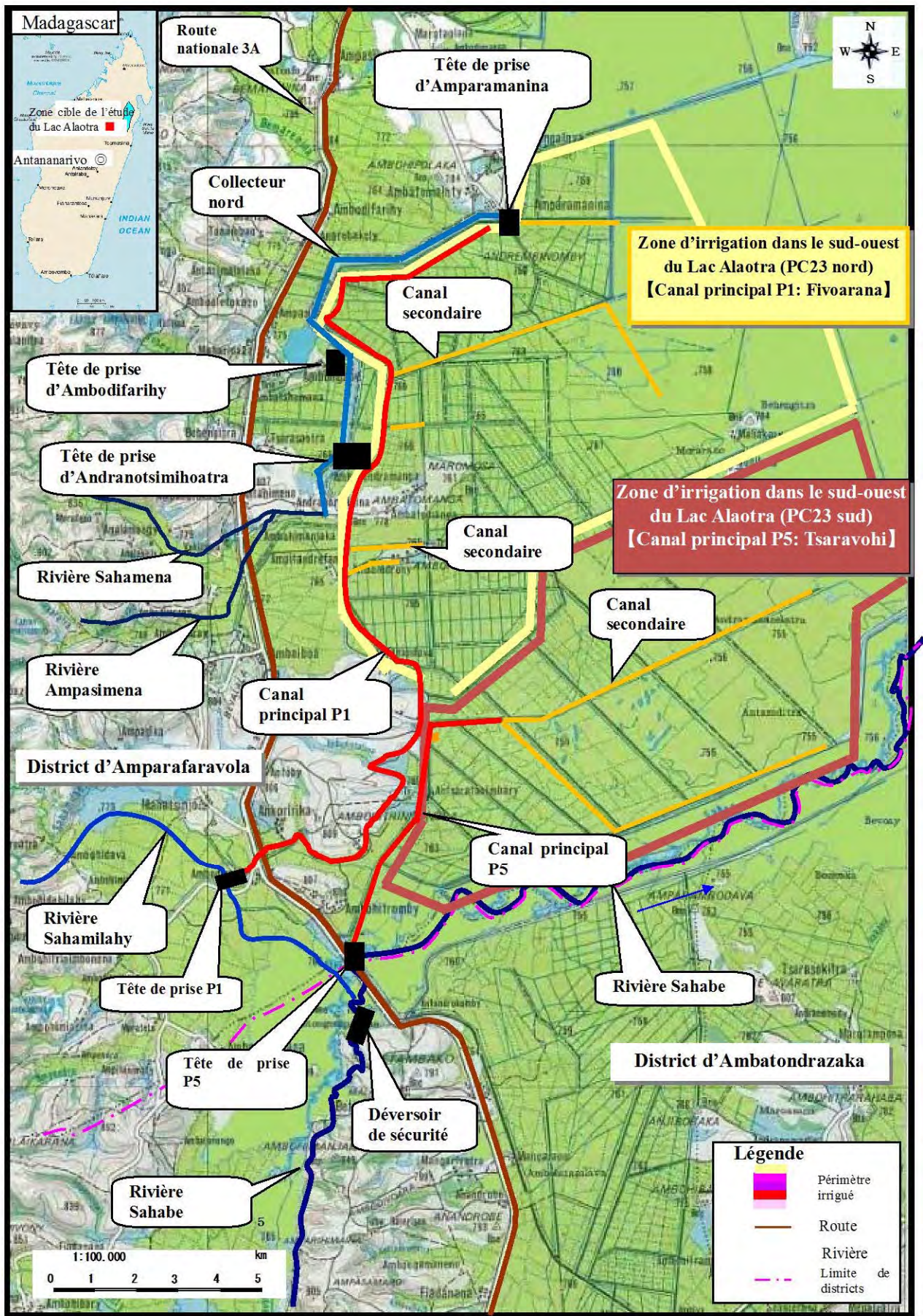
List des Figures et Tableaux

Abréviations

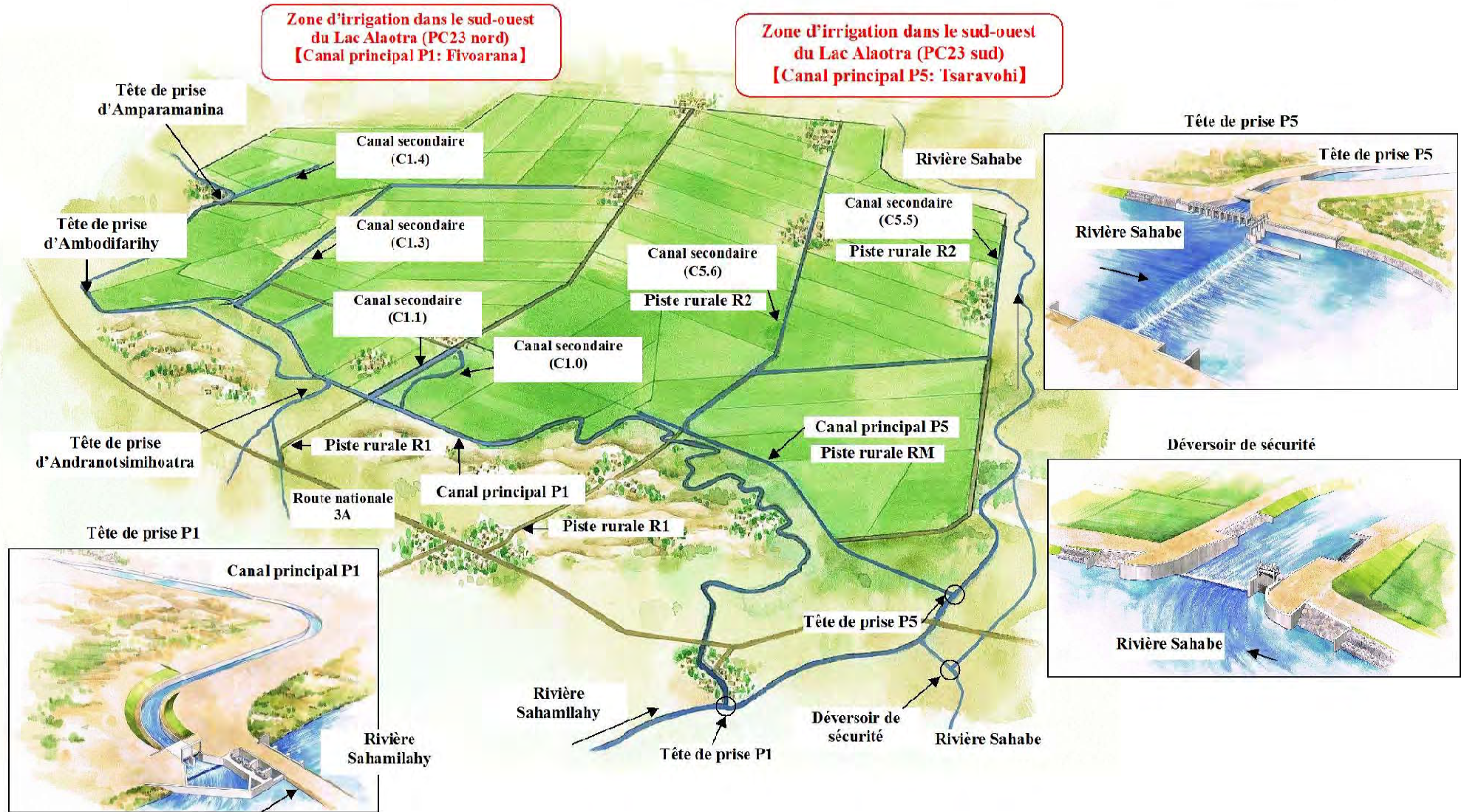
|            |   |      |
|------------|---|------|
| Chapitre 1 | Contexte du Projet  | 1-1  |
| 1-1        | Contexte, historique et aperçu de la requête du Projet dans le cadre de l'aide financière non-remboursable du Japon | 1-1  |
| 1-2        | Conditions naturelles   | 1-2  |
| 1-3        | Considérations sociales et environnementales  | 1-5  |
| 1-3-1      | Evaluation de l'impact sur l'environnement  | 1-5  |
| 1-3-2      | Acquisition des terrains et réinstallation des habitants  | 1-18 |
| Chapitre 2 | Contenu du Projet   | 2-1  |
| 2-1        | Concept de Base du Projet   | 2-1  |
| 2-1-1      | Objectif général et objectif du projet  | 2-1  |
| 2-1-2      | Présentation du Projet  | 2-2  |
| 2-2        | Aperçu du Projet  | 2-5  |
| 2-2-1      | Orientations de la conception   | 2-5  |
| 2-2-2      | Plan directeur  | 2-14 |
| 2-2-2-1    | Réhabilitation du déversoir de sécurité   | 2-19 |
| 2-2-2-2    | Réhabilitation de la tête de prise P5   | 2-23 |
| 2-2-2-3    | Réhabilitation de la tête de prise P1   | 2-34 |
| 2-2-2-4    | Réhabilitation de la tête de prise du collecteur nord   | 2-36 |
| 2-2-2-5    | Construction du dessableur  | 2-43 |
| 2-2-2-6    | Réhabilitation du canal principal et des canaux secondaires   | 2-51 |
| 2-2-2-7    | Réhabilitation du partiteur des canaux d'irrigation   | 2-61 |
| 2-2-2-8    | Réhabilitation des installations de régulation du niveau d'eau  | 2-68 |
| 2-2-2-9    | Réhabilitation des pistes rurales   | 2-70 |
| 2-2-2-10   | Plan directeur de la composante soft  | 2-72 |
| 2-2-2-11   | Approvisionnement en engin de dragage   | 2-75 |
| 2-2-3      | Plans de conception sommaire  | 2-77 |
| 2-2-4      | Plan d'exécution  | 2-87 |
| 2-2-4-1    | Orientations de l'exécution des travaux et de l'approvisionnement   | 2-87 |
| 2-2-4-2    | Points à considérer pour l'exécution des travaux et de l'approvisionnement  | 2-88 |
| 2-2-4-3    | Répartition des travaux et de l'approvisionnement   | 2-89 |

|   |       |
|---|-------|
| 2-2-4-4 Plan de supervision d'exécution des travaux et de l'approvisionnement.....  | 2-90  |
| 2-2-4-5 Plan du contrôle de la qualité.....   | 2-96  |
| 2-2-4-6 Plan d'approvisionnement en matériels et équipements .....  | 2-96  |
| 2-2-4-7 Plan des directives de fonctionnement initial et des directives d'exploitation .....                                  | 2-99  |
| 2-2-4-8 Plan de la composante soft.....   | 2-100 |
| 2-2-4-9 Calendrier d'exécution des travaux.....   | 2-101 |
| 2-3 Dispositions à prendre par la partie malgache.....  | 2-104 |
| 2-4 Plan d'opération du Projet.....   | 2-106 |
| 2-4-1 Système d'exploitation, gestion et maintenance du Projet.....   | 2-106 |
| 2-4-2 Plan d'exploitation, de gestion et maintenance du Projet.....   | 2-108 |
| 2-5 Coûts approximatifs du Projet.....  | 2-110 |
| 2-5-1 Coûts du projet de coopération.....   | 2-110 |
| 2-5-2 Coûts d'exploitation, de gestion et maintenance.....  | 2-110 |
| <br>  |       |
| Chapitre 3 Evaluation du Projet.....  | 3-1   |
| 3-1 Conditions préalables à l'exécution du Projet.....  | 3-1   |
| 3-2 Intrants nécessaires (prise en charge) de la partie malgache pour l'achèvement de l'ensemble du<br>Projet.....            | 3-1   |
| 3-3 Conditions extérieures.....   | 3-3   |
| 3-4 Evaluation du Projet.....   | 3-3   |
| 3-4-1 Pertinence.....   | 3-3   |
| 3-4-2 Efficience.....   | 3-4   |
| <br>  |       |
| [Appendices]  |       |
| 1. Liste des Membres de la Mission d'étude .....  | A-1   |
| 2. Calendrier d'étude .....   | A-2   |
| 3. Liste des Personnes Recontées .....  | A-5   |
| 4. Procès-verbal des discussions (PV).....  | A-7   |
| 4.1 Procès-verbal des discussions (PV) en français <b>【Etude sur le terrain】</b> .....  | A-7   |
| 4.2 Procès-verbal des discussions (PV) en français<br><b>【Explication des grandes lignes de la conception sommaire】</b> ..... | A-29  |
| 5. Plan de la composante soft .....   | A-75  |
| 6. Autres données pertinentes.....  | A-91  |
| 7. Documents de référence .....   | A-91  |

# Carte de localisation du site



**Etude préparatoire pour le Projet de réhabilitation du système d'irrigation (PC23) et de gestion des bassins versants en République de Madagascar**  
**Perspective**



## List des Figures et Tableaux

### List des Figures

|   |      |
|---|------|
| Figure 1-3-1 Processus d'évaluation de l'impact environnemental par le MECIE.....   | 1-7  |
| Figure 1-3-2 Calendrier d'exécution relatif aux réinstallations des habitants.....  | 1-24 |
| Figure 2-2-1 Plan de cultures du périmètre irrigué P5 .....   | 2-7  |
| Figure 2-2-2 Plan de cultures du périmètre irrigué P1 .....   | 2-8  |
| Figure 2-2-3 Caractéristiques du Plan hydraulique du déversoir de sécurité.....   | 2-19 |
| Figure 2-2-4 Schéma de la réhabilitation du déversoir de sécurité .....   | 2-20 |
| Figure 2-2-5 Plan en coupe du barrage fixe du déversoir de sécurité .....   | 2-20 |
| Figure 2-2-6 Conception des pieux de fondation .....  | 2-23 |
| Figure 2-2-7 Niveau d'eau à l'écoulement du débit conçu de crue pour la tête de prise P5 .....  | 2-25 |
| Figure 2-2-8 Plan en coupe standard du radier de déversoir.....   | 2-27 |
| Figure 2-2-9 Plan en coupe standard du barrage fixe.....  | 2-29 |
| Figure 2-2-10 Hauteur de fondation à la prise d'eau de la tête de prise P5 .....  | 2-31 |
| Figure 2-2-11 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal<br>principal P5 .....   | 2-32 |
| Figure 2-2-12 Conception des pieux de fondation de l'ouvrage de la tête de prise P5.....  | 2-33 |
| Figure 2-2-13 Forme de la prise d'eau de la tête de prise P1 .....  | 2-35 |
| Figure 2-2-14 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal<br>principal P1 .....   | 2-36 |
| Figure 2-2-15 Caractéristiques hydrauliques du dessableur et de la section d'accès au canal<br>principal P1 .....                                       | 2-36 |
| Figure 2-2-16 Plan de masse de la tête de prise existante d'Andranotsimihotra.....  | 2-39 |
| Figure 2-2-17 Forme longitudinale et plan de masse de la prise d'eau de la tête de prise<br>d'Andranotsimihotra.....                                    | 2-39 |
| Figure 2-2-18 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal principal P1<br>pour la tête de prise d'Andranotsimihotra.....              | 2-41 |
| Figure 2-2-19 Caractéristiques hydrauliques de la prise d'eau pour la tête de prise<br>d'Andranotsimihotra.....   | 2-42 |
| Figure 2-2-20 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal principal P1 pour la tête<br>de prise d'Andranotsimihotra .....             | 2-42 |
| Figure 2-2-21 Conception des pieux de fondation de l'ouvrage de prise d'eau d'Andranotsimihotra<br>.....  | 2-43 |
| Figure 2-2-22 Répartition des précipitations, période d'écoulement des rivières et manœuvre<br>d'ouverture et fermeture des vannes de prise d'eau ..... | 2-46 |
| Figure 2-2-23 Forme de base du dessableur.....  | 2-49 |
| Figure 2-2-24 Orientation de conception de la longueur du dessableur.....   | 2-50 |
| Figure 2-2-25 Coupe standard du canal principal P5 et caractéristiques hydrauliques.....  | 2-54 |
| Figure 2-2-26 Coupe standard du canal C-5.3 et caractéristiques hydrauliques .....  | 2-54 |

|  |       |
|--|-------|
| Figure 2-2-27 Coupe standard du canal C-5.5 et caractéristiques hydrauliques .....                           | 2-55  |
| Figure 2-2-28 Coupe standard du canal C-5.6 et caractéristiques hydrauliques .....                           | 2-56  |
| Figure 2-2-29 Coupe standard du canal principal P1 et caractéristiques hydrauliques.....                     | 2-57  |
| Figure 2-2-30 Coupe standard du canal principal C1.0 et caractéristiques hydrauliques .....                  | 2-57  |
| Figure 2-2-31 Coupe standard du canal principal C1.1 et caractéristiques hydrauliques .....                  | 2-58  |
| Figure 2-2-32 Coupe standard du canal principal C1.2 et caractéristiques hydrauliques .....                  | 2-58  |
| Figure 2-2-33 Coupe standard du canal principal C1.3 et caractéristiques hydrauliques .....                  | 2-59  |
| Figure 2-2-34 Système d'irrigation dans les nouvelles sections du canal secondaire.....                      | 2-60  |
| Figure 2-2-35 Coupe standard du canal principal C1.4 et caractéristiques hydrauliques .....                  | 2-61  |
| Figure 2-2-36 Plan longitudinal du partiteur de type tuyau .....   | 2-63  |
| Figure 2-2-37 Plan longitudinal du partiteur de type vanne.....  | 2-64  |
| Figure 2-2-38 Conception des caractéristiques hydrauliques du partiteur terminal.....                        | 2-67  |
| Figure 2-2-39 Calcul hydraulique de l'installation de régulation du niveau d'eau.....                        | 2-70  |
| Figure 2-2-40 Coupe standard de piste rurale (R1).....   | 2-71  |
| Figure 2-2-41 Coupe standard de piste rurale (R2).....   | 2-72  |
| Figure 2-2-42 Coupe standard de route de maintenance (RM).....   | 2-72  |
| Figure 2-2-43 Coupe standard de route pour travaux .....   | 2-72  |
| Figure 2-4-1 Dispositif d'exploitation, gestion et maintenance des Fédérations des usagers de l'eau<br>..... | 2-107 |

### List des Tableaux

|   |      |
|---|------|
| Tableau 1-1-1 Composants de la requête initiale .....   | 1-2  |
| Tableau 1-2-1 Caractéristiques des rivières sources d'eau des sites du Projet.....  | 1-3  |
| Tableau 1-2-2 Volume d'écoulement des cours d'eau mensuel en période de sécheresse avec une<br>probabilité de 5 ans des différentes rivières utilisées en tant que sources d'eau (m <sup>3</sup> /sec)<br>..... | 1-3  |
| Tableau 1-2-3 Probabilité du débit maximum des différentes rivières au moment des crues (m <sup>3</sup> /sec)   | 1-4  |
| Tableau 1-3-1 Normes applicables pour l'évaluation environnementale selon le MECIE .....  | 1-6  |
| Tableau 1-3-2 Cadrage .....   | 1-8  |
| Tableau 1-3-3 Résultats de l'étude des considérations sociales et environnementales.....  | 1-10 |
| Tableau 1-3-4 Proposition de cadrage et résultats de l'étude.....   | 1-11 |
| Tableau 1-3-5 Mesures d'atténuation de l'impact sur l'environnement et suivi .....  | 1-14 |
| Tableau 1-3-6 Plan provisoire de suivi (période des travaux).....   | 1-15 |
| Tableau 1-3-7 Plan provisoire de suivi (période de l'opération).....  | 1-16 |
| Tableau 1-3-8 Proposition de formulaire de suivi (période des travaux).....   | 1-16 |
| Tableau 1-3-9 Proposition de formulaire de suivi (période de l'opération) .....   | 1-17 |
| Tableau 1-3-10 Proposition de formulaire de suivi (réinstallation des habitants).....   | 1-17 |
| Tableau 1-3-11 Organisation des discussions avec les parties prenantes (PP).....  | 1-18 |
| Tableau 1-3-12 Matrice des droits dans le cadre de la Réinstallation du projet BVPI de la Banque<br>Mondiale.....   | 1-19 |



|   |      |
|---|------|
| Tableau 1-3-13 Type d'ouvrages objet de l'étude .....   | 1-21 |
| Tableau 1-3-14 Matrice des droits du présent projet .....   | 1-22 |
| Tableau 1-3-15 Répartition des rôles des organismes concernés .....   | 1-23 |
| Tableau 1-3-16 Coûts requis pour les compensations .....  | 1-24 |
| Tableau 1-3-17 Coûts de suivi.....  | 1-25 |
| Tableau 1-3-18 Questions et réponses lors de la réunion des habitants .....   | 1-25 |
| Tableau 2-1-1 Sites du projet et contenu de la requête .....  | 2-2  |
| Tableau 2-1-2 Contenu de la requête et composants à réaliser dans ce Projet .....   | 2-2  |
| Tableau 2-1-3 Composants du Projet dans chaque site .....   | 2-3  |
| Tableau 2-2-1 Superficie irriguée des bassins versants en amont et en aval du périmètre irrigué<br>PC23 .....   | 2-8  |
| Tableau 2-2-2 Efficacités de l'irrigation et efficacités de prise d'eau appliquées pour le calcul du bilan<br>hydrologique.....                                   | 2-9  |
| Tableau 2-2-3 Volumes de prise d'eau prévus à partir des rivières en tant que ressource .....   | 2-10 |
| Tableau 2-2-4 Plan de réhabilitation .....  | 2-14 |
| Tableau 2-2-5 Volume de dragage des périmètres irrigués P1 et P5 (2003).....  | 2-44 |
| Tableau 2-2-6 Bassins versants des rivières et volume annuel d'écoulement de sable unitaire des têtes<br>de prise .....   | 2-47 |
| Tableau 2-2-7 Données de base obtenues à partir du volume d'ensablement pour la conception du<br>dessableur de la tête de prise P5 .....                          | 2-48 |
| Tableau 2-2-8 Différentes têtes de prise et envergure du dessableur .....   | 2-51 |
| Tableau 2-2-9 Vitesse d'écoulement d'eau appliquée pour le canal .....  | 2-52 |
| Tableau 2-2-10 Différents types de partiteur.....   | 2-62 |
| Tableau 2-2-11 Caractéristiques hydrauliques des partiteurs.....  | 2-64 |
| Tableau 2-2-12 Débit d'eau au partiteur terminal du canal principal P5 et caractéristiques de la vanne<br>.....   | 2-67 |
| Tableau 2-2-13 Caractéristiques hydrauliques du partiteur terminal du canal principal P5.....   | 2-67 |
| Tableau 2-2-14 Détermination du débit de dérivation et de la longueur du barrage de<br>déversement.....   | 2-70 |
| Tableau 2-2-15 Différents types de pistes rurales et pistes à réhabiliter .....   | 2-70 |
| Tableau 2-2-16 Normes de mélange de sable et d'argile des matériaux de remblai des pistes (%)...2-71  |      |
| Tableau 2-2-17 Proposition de spécifications de l'équipement approvisionné.....   | 2-75 |
| Tableau 2-2-18 Coûts annuels requis pour la pelle rétrocaveuse .....  | 2-75 |
| Tableau 2-2-19 Dépenses de la DRDA pendant 3 dernières années (Unité : million de MGA) .....  | 2-76 |
| Tableau 2-2-20 Dépenses des Fédérations des usagers de l'eau pendant 3 dernières années .....   | 2-76 |
| Tableau 2-2-21 Calendrier d'exécution du Projet .....   | 2-87 |
| Tableau 2-2-22 Répartition des travaux pour les aires provisoires .....   | 2-90 |
| Tableau 2-2-23 Plan du personnel pour la conception de l'exécution par le consultant .....  | 2-90 |
| Tableau 2-2-24 Plan du personnel 1 relatif aux travaux d'appel d'offres par le consultant (de<br>l'élaboration à l'approbation du dossier d'appel d'offres) ..... | 2-91 |

|   |       |
|---|-------|
| Tableau 2-2-25 Plan du personnel 2 relatif aux travaux d'appel d'offres par le consultant (de l'annonce officielle de l'appel d'offres au dépouillement des soumissions et à leur évaluation) | 2-91  |
| Tableau 2-2-26 Plan du personnel de supervision des travaux par le consultant   | 2-92  |
| Tableau 2-2-27 Plan du personnel local de supervision des travaux par le consultant   | 2-92  |
| Tableau 2-2-28 Plan du personnel pour les réunions de contrôle de qualité par le consultant   | 2-93  |
| Tableau 2-2-29 Plan de personnel des ingénieurs japonais de l'entrepreneur  | 2-93  |
| Tableau 2-2-30 Plan du personnel local de l'entrepreneur  | 2-93  |
| Tableau 2-2-31 Plan du personnel pour les réunions de contrôle de qualité de l'entrepreneur   | 2-94  |
| Tableau 2-2-32 Affectation du personnel en gardiennage et circulation   | 2-95  |
| Tableau 2-2-33 Plan du contrôle de la qualité des travaux   | 2-96  |
| Tableau 2-2-34 Situation relative au recrutement des techniciens et des travailleurs ordinaires à Madagascar  | 2-97  |
| Tableau 2-2-35 Partage des travaux d'approvisionnement entre les deux pays (matériaux pour les travaux)   | 2-98  |
| Tableau 2-2-36 Partage de l'approvisionnement (engins pour les travaux)   | 2-99  |
| Tableau 2-2-37 Programme d'aide et contenu des activités par la composante soft   | 2-100 |
| Tableau 2-2-38 Facteur d'arrêt de travail   | 2-101 |
| Tableau 2-2-39 Nombre de jours de travail pour chaque type de travail   | 2-102 |
| Tableau 2-2-40 Calendrier d'exécution des travaux   | 2-103 |
| Tableau 2-4-1 Responsables de la gestion et maintenance du système d'irrigation et de drainage  | 2-106 |
| Tableau 2-4-2 Partage des responsabilités dans l'exploitation, la gestion et maintenance du Projet  | 2-108 |
| Tableau 2-5-1 Coûts annuels d'exploitation, gestion et maintenance et fonds constitué pour travaux de réparation par les fédérations et la DRDA   | 2-110 |
| Tableau 3-4-1 Valeur standard pour les indicateurs quantitatifs et valeur cible   | 3-4   |

## Abréviations

|           |   |
|-----------|---|
| AFD       | Agence Française de Développement   |
| ANCOS     | Agence Nationale de Contrôle Officiel des Semences et Plants                        |
| AUE/FUE   | Association des Usagers de l'Eau/ Federation des Usagers de l'Eau                   |
| BAD       | Banque Africaine de Développement   |
| BVPI      | Bassins Versants et Périmètres Irrigués   |
| BM        | Banque Mondiale   |
| CARD      | Coalition for African Rice Development  |
| CAADP     | Comprehensive Africa Agriculture Development Programme                              |
| CAF       | Centre d'Appui et Formation   |
| CECAM     | Caisses d'Epargne et de Crédit Agricole Mutuelles                                   |
| CFAMA     | Centre de Formation et d'Application du Machinisme Agricole                         |
| CDR       | Conseiller en Développement Rural   |
| CIRAD     | Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement |
| CPR       | Cadre de Politique de Reinstallation  |
| CSA       | Centre du Service Agricole  |
| DRDA      | Direction Régionale du Développement de l'Agricuture                                |
| E/N       | Exchange of Notes (Echange de Notes)  |
| FIDA      | Fonds international de Développement Agricole                                       |
| FOFIFA    | Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural                       |
| G/A (A/D) | Grant Agreement (Accord de Don)   |
| GDP       | Gross Domestic Product  |
| GNI       | Gross National Income   |
| GPS       | Groupement des Producteurs Semenciers   |
| HDI       | Human Development Index   |
| IEE (EEI) | Initial Environmental Evaluation (Etude Environnemental Initiale)                   |
| INSTAT    | Institut National de la Statistique de Madagascar                                   |
| JICA      | Agence Japonaise de Coopération Internationale                                      |
| MAP       | Madagascar Action Plan  |
| MECIE     | Mise En Compatibilité des Investissements avec l'Environnementaux                   |
| MEEMF     | Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie, de la Mer et des Forêts                |
| MGA       | Malagasy Ariary   |
| MinAgri   | Ministère de l'Agriculture  |
| MFB       | Ministère des Finances et du Budget   |
| ONE       | Office National pour l'Environnement  |
| PAPRiz    | Projet d'Amélioration de la Productivité Rizicole sur les Hautes Terres Centrales   |
| PND       | Plan National de Développement  |

|          |   |
|----------|---|
| PNF      | Programme National Foncier  |
| PN-BVPI  | Programme National de Gestion des Bassins Versants et des Périmètres Irrigués   |
| PREE     | Programme d'Engagement Environnemental  |
| PRODAIRE | Projet de Développement de l'Approche Intégrée pour la Restauration environnementale et le Développement Rural dans l'Alaotra |
| PSAEP    | Programme Sectoriel Agriculture Elevage Pêche   |
| PUPIRV   | Projet d'Urgence pour la Préservation d'Infrastructure et la Réduction de la Vulnérabilité                                    |
| SAPROF   | Special Assistance for Project Formation  |
| SCAA     | Societe Commerciale et Agricole d'Ambohmangakelx  |
| SNDR     | Stratégie Nationale de Développement Rizicole   |
| SNRD     | Stratégies Nationales de Relance du Développement   |
| SOMALAC  | Societe malagache d'aménagement du Lac Alaotra  |
| SRA      | Système de Riziculture Amélioré   |
| SRI      | Système de Riziculture Intensif   |
| TOR      | Terms of Reference  |
| WWF      | World Wildlife Fund   |

# **Chapitre 1    Contexte du Projet**



# **Chapitre 1 Contexte du Projet**

## **1-1 Contexte, historique et aperçu de la requête du Projet dans le cadre de l'aide financière non-remboursable du Japon**

### **(1) Contexte et historique de la requête**

Le Lac d'Alaotra (env. 40 km du nord au sud, env. 10 km d'est en ouest, superficie d'environ 900 km<sup>2</sup>, profondeur de 1-4 m) est le plus grand lac de Madagascar ; le potentiel rizicole de ses environs est très élevé, la superficie totale des rizières est d'environ 100 000 ha, ce qui couvre environ 10% des besoins annuels de riz de 280.000 tonnes de la population de Madagascar, et en fait la plus grande zone productrice de riz du pays. Parmi ces zones (le Lac Alaotra et ses environs), le périmètre irrigué PC23 situé au sud-ouest du lac est considéré comme la zone rizicole essentielle avec plusieurs rivières y affluentes. Cependant dans la zone montagneuse en amont de ces rivières, non seulement en raison des ravages découlant de l'abattage des arbres forestiers dans les années 1950, mais également de phénomènes d'affaissement des versants dus aux conditions géologiques, de grandes quantités de sédiments dus aux effondrements pénètrent dans ces rivières à la saison des pluies. La terre et le sable déchargés et accumulés dans le fond rehaussent le lit des rivières, ce qui provoque une crue et l'afflux d'eau vers les rizières et les installations d'irrigation, et entraîne le mauvais fonctionnement des infrastructures d'irrigation. Les efforts des Associations des usagers de l'eau en charge de la gestion et maintenance du système d'irrigation ne suffisent pas, et ils ne peuvent pas résoudre le problème eux-mêmes.

Dans cette situation, le Gouvernement de Madagascar a, pour promouvoir l'aménagement de la base de production de riz défini dans le PN-BVPI et le PSAEP, déposé une requête pour l'octroi de l'Aide financière non-remboursable du Japon centrée sur l'aménagement (réhabilitation) du périmètre irrigué PC23 aux environs du Lac Alaotra et l'approvisionnement en matériels et équipements.

La Japon a jusqu'ici effectué les études (1) à (3) ci-dessous dans la zone cible du Projet. Pour (1) l'étude menée dans le cadre de l'Aide financière non-remboursable et (2) l'étude menée dans le cadre du Prêt en yens, l'aide financière n'a pas pu être atteinte suite au coup d'Etat survenu en 2009, et l'étude (3) a été réalisée en vue de rechercher le scénario de la collaboration intégrée dans le domaine agricole aux environs du Lac Alaotra, en incluant les composantes des deux études précédentes, et les projets candidats pour l'Aide financière non-remboursable ont ainsi été classés.

- (1) Etude du concept de base pour le Projet d'amélioration du système d'irrigation dans le sud-ouest du Lac Alaotra (août 2008 – mars 2009)
- (2) Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (septembre 2008 – février 2009)
- (3) Etude de collecte d'informations de base et de confirmation concernant le secteur agricole (avril – juin 2014)

### **(2) Aperçu de la requête**

La requête de projets déposée par le Gouvernement de Madagascar au Gouvernement du Japon a compris la réhabilitation des installations d'irrigation du périmètre PC23 dans la région d'Alaotra Mangoro et les

travaux de génie civil tels que le reboisement et le traitement des lavaka, l’approvisionnement en matériels et équipements, la composante soft, ainsi que la conception et la supervision y afférentes (voir le Tableau 1-1-1). Suite aux discussions tenues avec le Gouvernement de Madagascar portant sur les résultats de la reconnaissance sur le terrain effectuée par la mission d’étude du présent projet, certains éléments de la requête initiale ont été modifiés (voir 2-1-2 Présentation du Projet pour les détails).

**Tableau 1-1-1 Composants de la requête initiale**

| Catégorie                                     | Contenu de la requête  |
|---|--|
| Travaux de génie civil                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation des installations (2 têtes de prise, canal principal et canal secondaire, et ouvrages hydrauliques)</li> <li>• Réhabilitation des pistes de maintenance</li> <li>• Dessableur</li> <li>• Reboisement et traitement des lavaka</li> </ul> |
| Approvisionnement en matériels et équipements | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approvisionnement en matériels et équipements de dragage</li> </ul>   |
| Composante soft                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement des capacités des Associations, Fédérations et des Comités des usagers de l’eau</li> </ul>   |
| Conception et supervision                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception et supervision de ce qui précède</li> </ul>  |

Source : Requête

## 1-2 Conditions naturelles

### (1) Topographie

Les environs du Lac Alaotra sont une zone affaissée formée par des failles ; la partie à l’est du lac consiste en une zone montagneuse relativement abrupte d’une altitude d’environ 1.000 m, mais une subdivision relativement claire en zone montagneuse et plaine a été opérée par les failles. Il n’y a pratiquement pas d’arbres dans la zone montagneuse en amont, et les flancs montagneux sont recouverts seulement d’herbes basses, et des affaissements de grande envergure se produisent un peu partout. De ce fait, l’érosion du sol et la décharge des sédiments sont importantes. Les sédiments apportés des montagnes par les rivières Sahabe et Sahamilahy débordent et se déposent sur le site du Projet, situé dans le sud-ouest du Lac Alaotra, et y forment une plaine alluviale. En aval du site du Projet, s’étendent les marécages du Lac Alaotra.

### (2) Météorologie

Les environs du Lac Alaotra, où se trouve le site du Projet appartiennent à la zone climatique équatoriale semi-humide, et sont influencés par la mousson. La température mensuelle moyenne en juillet-août est de 18°C, et celle en décembre-février de 24°C. Les précipitations annuelles moyennes sont d’environ 1.100 mm, dont les 90% se concentrent de décembre à mars (saison des pluies). Mais les variations des précipitations sont importantes selon les années. Les problèmes de distribution inégale des précipitations, de manque d’eau pour l’irrigation à cause du débit d’eau des rivières insuffisant, ainsi que le problème d’évacuation des eaux de pluie qui dépassent en moyenne 600 mm des mois de janvier-février, font varier la récolte de riz. L’évapotranspiration moyenne annuelle est de 1.290 mm. Et les pluies torrentielles accompagnant les cyclones sévissant de la fin janvier à mars endommagent la production



agricole.

### (3) Hydrologie

Les rivières Sahabe et Sahamilahy et 4 affluents (rivière Ampasimena, rivière Sahamena, rivière Behengitra, rivière Bemarenina) traversent les sites du Projet et servent de source d'eau pour l'irrigation dans les différentes zones précitées. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de ces différentes rivières.

**Tableau 1-2-1 Caractéristiques des rivières sources d'eau des sites du Projet**

| Rivière            | Superficie du bassin versant (*1) (km <sup>2</sup> ) | Longueur (km) | Déclivité totale |
|--------------------|--|---------------|------------------|
| Rivière Sahabe     | 903  | 103,3 (*2)    | 0,0026 (1/384)   |
| Rivière Sahamilahy | 249 (*3)   | 37,8 (*1)     | 0,0136 (1/73)    |
| Rivière Ampasimena | 27   | 14,8 (*1)     | 0,0215 (1/46)    |
| Rivière Sahamena   | 119  | 34,0 (*1)     | 0,0107 (1/93)    |
| Rivière Behengitra | 27   | 14,8 (*1)     | 0,0129 (1/77)    |
| Rivière Bemarenina | 45   | 15,8 (*1)     | 0,0121 (1/82)    |
| Total              | 1.370  |               |                  |

Notes : (\*1) Surface du bassin au croisement avec la Route nationale A3, longueur du cours d'eau

(\*2) Longueur du cours d'eau jusqu'en amont du Lac Alaotra

(\*3) Inclut le bassin résiduel dans le sud du bassin de la rivière Ampondra.

Sources : Rapports de l'étude de développement de la JICA (janvier 2008) et de l'Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

La déclivité longitudinale de toutes les rivières, sauf la Rivière Sahabe, est celle de rivières à courant rapide supérieur à 1/100, et en cas de crue, en conjugaison avec le phénomène d'éboulement des versants de montagne en amont (lavaka), l'eau s'écoule en emportant des terres et sables. Le périmètre irrigué PC23 se situant dans une zone à relief en éventail où la rivière à déclivité brutale passe à une déclivité douce, ce qui lui confère des conditions topographiques où l'eau déborde et se dépose facilement.

Le volume d'écoulement des cours d'eau en période de sécheresse avec une probabilité de 5 ans calculé à partir de l'analyse de l'écoulement bas de chacune des rivières est présenté dans le tableau ci-dessous.

L'eau courant de décembre à mars est utilisée comme eau pour l'irrigation.

**Tableau 1-2-2 Volume d'écoulement des cours d'eau mensuel en période de sécheresse avec une probabilité de 5 ans des différentes rivières utilisées en tant que sources d'eau (m<sup>3</sup>/sec)**

| Rivière            | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Fév.  | Mars  | Avr. | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. |
|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|
| Rivière Sahabe     | 2,93 | 2,93 | 8,81 | 23,70 | 38,54 | 19,07 | 9,78 | 5,15 | 3,38 | 2,95  | 2,87 | 2,86  |
| Rivière Sahamilahy | 1,43 | 1,37 | 2,80 | 6,52  | 10,30 | 5,64  | 3,51 | 2,47 | 2,10 | 1,84  | 1,68 | 1,59  |
| Rivière Ampasimena | 0,23 | 0,22 | 0,39 | 0,84  | 1,33  | 0,68  | 0,45 | 0,37 | 0,34 | 0,30  | 0,28 | 0,26  |
| Rivière Sahamena   | 1,07 | 1,02 | 2,07 | 4,83  | 7,68  | 4,19  | 2,60 | 1,82 | 1,56 | 1,37  | 1,25 | 1,18  |
| Rivière Behengitra | 0,23 | 0,22 | 0,39 | 0,88  | 1,40  | 0,73  | 0,45 | 0,36 | 0,33 | 0,29  | 0,27 | 0,25  |
| Rivière Bemarenina | 0,26 | 0,28 | 0,57 | 1,39  | 2,29  | 1,21  | 0,71 | 0,49 | 0,42 | 0,37  | 0,33 | 0,31  |

Source : Rapports de l'étude de développement de la JICA (janvier 2008) et de l'Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

Note : Le volume d'écoulement d'eau en période de sécheresse a été calculé en accumulant le débit calculé par unité de 10 jours de chaque mois.

La probabilité du débit maximum au moment des crues calculée avec la formule rationnelle à partir des précipitations journalières maximales probables des différentes années.

**Tableau 1-2-3 Probabilité du débit maximum des différentes rivières au moment des crues (m<sup>3</sup>/sec)**

| Rivière            | Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) | Crue de 2 ans (m <sup>3</sup> /sec) | Crue de 5 ans (m <sup>3</sup> /sec) | Crue de 10 ans (m <sup>3</sup> /sec) | Crue de 20 ans (m <sup>3</sup> /sec) |
|--------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Rivière Sahabe     | 903   | 1,875                               | 2,460                               | 2,837                                | 3,100                                |
| Rivière Sahamilahy | 249   | 1,071                               | 1,450                               | 1,621                                | 1,771                                |
| Rivière Ampasimena | 27  | 194                                 | 254                                 | 293                                  | 320                                  |
| Rivière Sahamena   | 119   | 528                                 | 692                                 | 798                                  | 872                                  |
| Rivière Behengitra | 27  | 192                                 | 252                                 | 290                                  | 317                                  |
| Rivière Bemarenina | 45  | 314                                 | 311                                 | 474                                  | 518                                  |

Source : Rapports de l'étude de développement de la JICA (janvier 2008) et de l'Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

### **1-3 Considérations sociales et environnementales**

#### **1-3-1 Evaluation de l'impact sur l'environnement**

##### **(1) Composants du projet ayant un impact social et environnemental**

Le système d'irrigation objet du Projet comprend des têtes de prise, des canaux d'irrigation et des pistes rurales mais le présent projet de coopération consiste à construire aux mêmes endroits de nouvelles installations après avoir retiré les anciennes et/ou à réhabiliter les ouvrages existants et, au vu de son contenu, il ne devrait pas avoir d'impact négatif de grande envergure sur l'environnement. Toutefois, étant donné qu'un impact indésirable pourrait partiellement se produire, le présent projet a été classé dans la catégorie B selon les Lignes directrices de la JICA pour les considérations environnementales et sociales (avril 2010).

Pour la réhabilitation individuelle de chacune des installations, nous avons fondamentalement l'intention d'adopter l'envergure des travaux prévus dans «l'Etude du concept de base pour le Projet d'amélioration du système d'irrigation dans le sud-ouest du Lac Alaotra» ainsi que de «l'Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra» précédemment menées en mars 2009. On peut par conséquent considérer qu'il n'y aura aucun impact sur l'environnement si les détails des autorisations environnementales précédentes sont respectés en prévoyant un plan approprié pour les installations provisoires comme la zone d'emprunt, la zone de déblais, les routes d'accès pour les travaux et l'aire de stockage provisoire des matériels.

Le seul changement à considérer depuis la période de l'Etude du concept de base est l'augmentation du nombre des habitations dans les périmètres irrigués, en particulier à proximité des pistes rurales. En outre, de nombreuses habitations qui n'existaient pas en 2009 ont été construites sur les digues des canaux dont le projet prévoit la réhabilitation.

##### **(2) Système et institutions malgaches relatifs aux considérations sociales et environnementales**

###### **1) Lois et normes relatives aux considérations sociales et environnementales**

Les lois et règlements ainsi que les lignes directrices pour l'évaluation de l'impact du projet sur l'environnement sont les suivants.

- Charte de l'Environnement (Loi n°2015-003)
- Code de l'Eau (Loi n°98-029)
- Décret relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement (MECIE) (N°99-954)
- Arrêté fixant les procédures et les modalités de participation du public à l'évaluation environnementale (N°6830/2001)
- Arrêté portant définition et délimitation des zones sensibles (N°4355/97)
- Arrêté portant classification des eaux de surface et réglementation des rejets d'effluents liquides

(N°2003/464)

- Directives sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement
- Directives relatives à la participation du public à l'évaluation environnementale

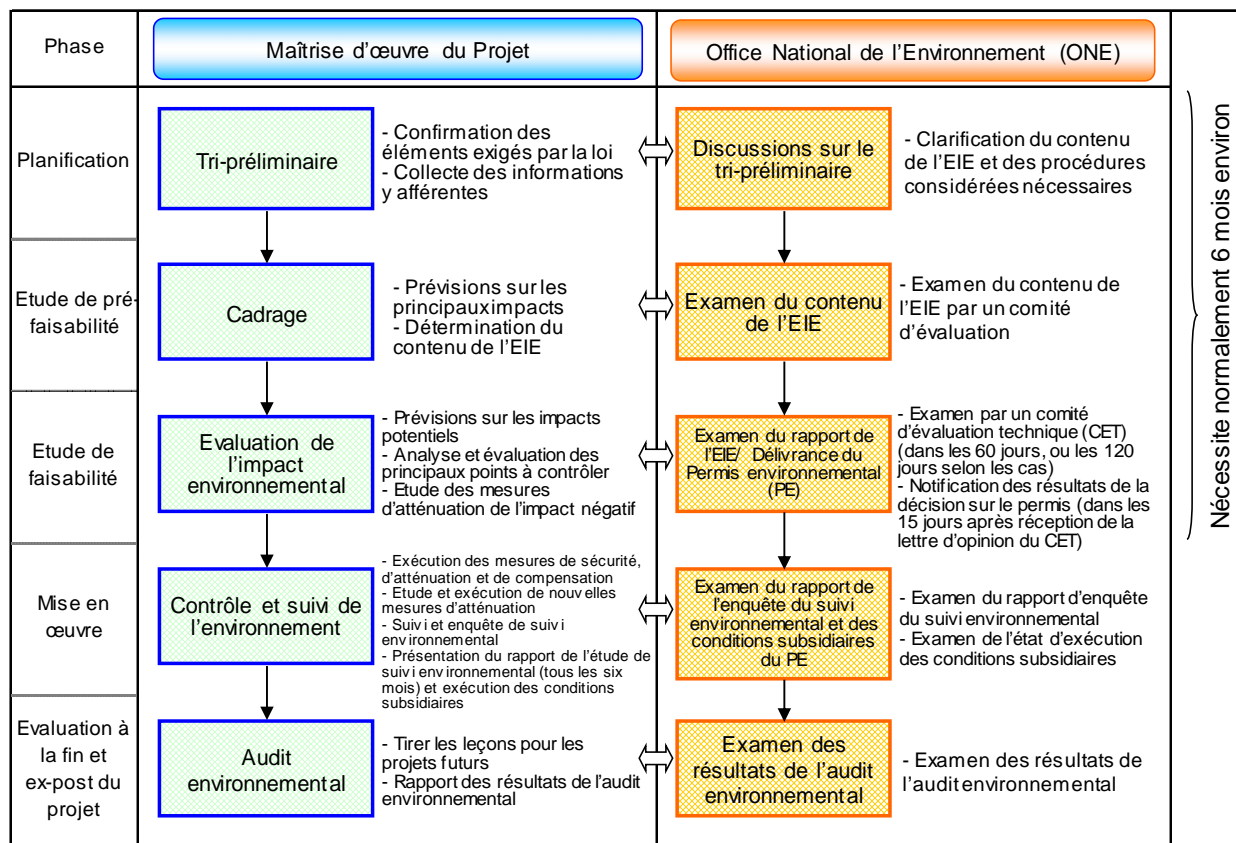
Dans les stipulations de la Charte de l'Environnement, le MECIE (Décret N°99-954 du 15 décembre 1999 modifié par le décret n°2004-167 du 03 février 2004 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement) indique la procédure concrète relative à l'évaluation environnementale. D'après ce MECIE, les entreprises doivent élaborer une Etude d'Impact Environnemental (EIE) ou un Programme d'Engagement Environnemental (PREE) en fonction du type, de l'envergure et de la situation géographique du projet. Les critères obligatoires de cette élaboration sont déterminés dans les articles 4 et 5 du MECIE. Le tableau ci-dessous présente des extraits des rubriques concernées dans «Installations et équipements» correspondant aux projets des infrastructures agricoles.

**Tableau 1-3-1 Normes applicables pour l'évaluation environnementale selon le MECIE**

|      | Stipulations  | Classification des projets<br>(Extrait de «Installations et équipements»)  |
|------|---|--|
| EIE  | [Article 4] <ul style="list-style-type: none"><li>• Bâtiments et travaux situés dans des zones impactées assez facilement, définies dans l'Arrêté n°4355/97 du 13 mai 1997 : Arrêté sur les zones sensibles.</li><li>• Projets définis dans l'Annexe 1</li><li>• En outre, à part les éléments indiqués ci-dessus, les projets considérés comme pouvant avoir un impact important sur l'environnement par l'autorité concernée.</li></ul> | [Annexe 1] <ul style="list-style-type: none"><li>• Projets de développement ou de réhabilitation des eaux agricoles ou des terrains agricoles de plus de 1000 ha</li><li>• Captage des eaux de surface ou des eaux souterraines avec un débit supérieur à 30 m<sup>3</sup>/h</li></ul> |
| PREE | [Article 5] <ul style="list-style-type: none"><li>• Projets définis dans l'Annexe 2</li></ul>   | [Annexe 2] <ul style="list-style-type: none"><li>• Projets de développement ou de réhabilitation des eaux agricoles ou des terrains agricoles de plus de 200 ha et de moins de 1000 ha</li></ul>   |

Source : Mission d'étude

Par ailleurs, le MECIE indique clairement la procédure nécessaire et la maîtrise d'œuvre du Projet doit suivre cette procédure. Elle se compose de cinq éléments, le tri-préliminaire (screening), le cadrage (scoping), l'évaluation de l'impact environnemental (EIE), le contrôle et le suivi de l'environnement ainsi que l'audit environnemental.



Source : Rapport de l'Etude du concept de base de l'aide financière non remboursable de 2009

**Figure 1-3-1 Processus d'évaluation de l'impact environnemental par le MECIE**

Le procès-verbal des discussions effectuées lors de la réunion sur le rapport initial au début de la présente étude (23 juin 2015) mentionne que les deux pays se sont mis d'accord sur le fait que le gouvernement malgache obtient un permis environnemental (nouvelle acquisition) d'ici le mois de décembre de la même année. Sur la base de cet accord, après discussions tenues avec les services et directions du ministère de l'Agriculture (autorité principale), la mission d'étude du Projet a confirmé auprès du Ministère de l'Agriculture et de l'Office National de l'Environnement (ONE) que tous les travaux, dont la mise à jour de l'EIE, seraient effectués principalement par la Direction de l'Environnement dudit ministère, ainsi que le calendrier de la procédure d'acquisition du permis d'ici décembre.

Après cela, au cours de la discussion tenue le 17 février 2016 pour l'explication des grandes lignes de la conception sommaire, il a été vérifié que la procédure d'acquisition des permis précitée était en cours, et elle serait achevée au plus tard en mai 2016.

Par ailleurs, des personnels spécialement chargés en Projet ont été choisis au sein de la Direction Régionale du Développement de l'Agriculture (DRDA) d'Alaotra Mangoro conformément à nos recommandations, afin de fournir des informations sur la situation locale au moment où le Ministère de l'Agriculture procéderait à l'EIE.

## 2) Organismes connexes

A Madagascar, le principal organisme procédant aux activités relatives à l'environnement est l'Office

National de l'Environnement (ONE), institution détachée du Ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts (MEEF). Chargé non seulement des études d'impact sur l'environnement précédemment citées et du suivi de l'environnement, l'ONE a également pour mission la diffusion des informations et l'éducation sur ce sujet.

Un Service de l'Environnement existe également au sein du Ministère de l'Agriculture et il procède aux études relatives à l'environnement et au suivi des projets exécutés par le Ministère de l'Agriculture. En outre, la Direction régionale du développement rural (DRDA) de la région d'Alaotra Mangoro, institution détachée du Ministère de l'Agriculture au niveau régional, est chargée de prendre les mesures nécessaires pour les considérations sociales et environnementales au niveau local.

### (3) Cadrage

Le cadrage de l'EIE du projet est indiqué dans le tableau 1-3-2.

**Tableau 1-3-2 Cadrage**

| Catégorie                  |   | Points à contrôler      | Evaluation                              |                      | Raison de l'évaluation  |
|----------------------------|---|-------------------------|---|----------------------|---|
|                            |   |                         | Avant les travaux<br>Durant les travaux | A la mise en service |   |
| Mesures antipollution      | 1 | Qualité de l'air        | C-                                      | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Prévision d'une pollution atmosphérique provisoire due au transport des matériels de construction.<br><b>A la mise en service</b> : Pas de pollution atmosphérique prévue.  |
|                            | 2 | Qualité de l'eau        | B-                                      | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Possibilité de pollution des eaux des rivières en raison des nombreux travaux de génie civil (dragage et réhabilitation des pistes rurales).<br><b>A la mise en service</b> : Pas de pollution des eaux prévue.   |
|                            | 3 | Gestion des déchets     | C-                                      | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Possibilité d'apparition de déchets durant la réhabilitation des installations et de la terre évacuée par dragage des canaux d'irrigation et de drainage.<br><b>A la mise en service</b> : Pas d'apparition prévue de déchets ayant un impact sur l'environnement des environs. |
|                            | 4 | Contamination des sols  | D                                       | C-                   | <b>A la mise en service</b> : Possibilité d'impact des pesticides sur les sols.   |
|                            | 5 | Bruits et vibrations    | C-                                      | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Possibilité de bruit causé par le déplacement des engins de construction et des véhicules.<br><b>A la mise en service</b> : Aucune installation provoquant de bruit ni de vibrations.   |
|                            | 6 | Affaissement de terrain | D                                       | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Aucun travail provoquant un affaissement de terrain n'est prévu.  |
|                            | 7 | Odeurs insalubres       | D                                       | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Aucun travail provoquant d'odeurs insalubres n'est prévu.   |
|                            | 8 | Sédiments de fond       | D                                       | A+                   | <b>Durant les travaux</b> : Aucun travail ayant un impact négatif sur les sédiments de fond n'est prévu. Le sable de fond pourra être retiré par le dragage des canaux d'irrigation.  |
| iron<br>nem<br>ent<br>natu | 9 | Zones protégées         | D                                       | D                    | Pas de parc national ni de zone protégée dans les sites du projet et leurs alentours.   |

| Catégorie            |                      | Points à contrôler   | Evaluation                              |                      | Raison de l'évaluation   |
|----------------------|----------------------|--|---|----------------------|--|
|                      |                      |  | Avant les travaux<br>Durant les travaux | A la mise en service |  |
|                      | 10                   | Ecosystème   | C-                                      | D                    | Nécessité de confirmer l'impact dû à l'augmentation du volume des eaux de drainage de l'ensemble du périmètre grâce à la réhabilitation sur la zone marécageuse en aval.   |
|                      | 11                   | Hydrologie   | D                                       | D                    | <b>Durant les travaux</b> : Pas d'impact important prévu sur l'hydrologie actuelle puisqu'il s'agit de la réhabilitation des installations existantes.   |
|                      | 12                   | Topographie et géologie  | D                                       | D                    | Les travaux portent sur la réhabilitation des installations existantes et ne prévoient pas d'excavation ni de remblayage d'envergure importante, et l'impact sur le relief et la nature des sols est donc pratiquement nul.  |
| Environnement social | 13                   | Réinstallation   | B-                                      | D                    | <b>Avant les travaux</b> : Possibilité de réinstallation de six familles environ pour la construction des pistes rurales.  |
|                      | 14                   | Populations pauvres  | D                                       | A+                   | <b>Avant les travaux</b> : Possibilité de présence de foyers défavorisés parmi les familles à déplacer.<br><b>A la mise en service</b> : La plupart des personnes défavorisées sont issues du milieu rural et elles seront directement ou indirectement bénéficiaires de l'exécution du projet. L'augmentation de la production rizicole, principale ressource économique de la région, apportera des améliorations durables à leur niveau de vie. |
|                      | 15                   | Minorités ethniques et populations autochtones   | D                                       | D                    | Pas de minorités ni de populations indigènes dans les sites du projet et leurs alentours.  |
|                      | 16                   | Conditions de vie et de subsistance  | D                                       | A+                   | <b>A la mise en service</b> : Après l'exécution des travaux, la productivité de la terre agricole augmentera, et grâce également à un meilleur accès des pistes rurales, une dynamisation de l'économie de la région est à prévoir.  |
|                      | 17                   | Utilisation du sol et exploitation des ressources locales                                  | C-                                      | A+                   | <b>Durant les travaux</b> : Impossibilité éventuelle d'utilisation des terrains et des pistes agricoles provisoirement en raison des travaux.<br><b>A la mise en service</b> : L'accès aux marchés sera facilité par la réhabilitation des pistes rurales et un impact positif est donc prévu.   |
|                      | 18                   | Utilisation de l'eau   | C-                                      | A+                   | <b>Durant les travaux</b> : Possibilité d'impact des eaux boueuses issues des travaux en cas d'utilisation des eaux des rivières aux alentours des sites du Projet.<br><b>A la mise en service</b> : Meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation.  |
|                      | 19                   | Infrastructures sociales et services connexes existants                                    | B-                                      | A+                   | <b>Durant les travaux</b> : Possibilité d'embouteillage durant les travaux.<br><b>A la mise en service</b> : Amélioration de la facilité d'utilisation des pistes rurales  |
|                      | 20                   | Institutions sociales telles que l'infrastructure et la prise de décisions au niveau local | D                                       | D                    | Le Projet porte sur la réhabilitation des installations existantes et n'aura pratiquement aucun impact sur le capital en relation avec la société et les organes de décision régionaux.  |
|                      | 21                   | Iniquité dans le processus de développement et de répartition des pertes et avantages      | C-                                      | D                    | Possibilité de déséquilibre dans la répartition des bénéfices entre les habitants, dû aux changements dans la production rizicole par rapport à la situation antérieure au Projet.   |
|                      | Environnement social | 22   | Conflits d'intérêts au niveau local     | D                    | A+   |

| Catégorie |    | Points à contrôler  | Evaluation                                 |                         | Raison de l'évaluation  |
|-----------|----|---|--|-------------------------|---|
|           |    |   | Avant les travaux<br>Durant les<br>travaux | A la mise<br>en service |   |
|           | 23 | Patrimoine culturel   | D  | D                       | Pas de patrimoine culturel dans les sites du Projet et leurs alentours.   |
|           | 24 | Paysage   | D  | D                       | Le Projet porte sur la réhabilitation des installations existantes et n'aura pratiquement aucun impact sur les paysages.  |
|           | 25 | Egalité hommes/femmes                                       | D  | D                       | Pas d'impact négatif particulier prévu sur les genres en raison du présent projet.  |
|           | 26 | Droits de l'enfant  | D  | D                       | Pas d'impact négatif particulier prévu sur les droits des enfants en raison du présent projet.  |
|           | 27 | Maladies infectieuses telles que le VIH/SIDA                | D  | D                       | Pas d'impact sur les maladies contagieuses en raison du présent projet.   |
|           | 28 | Conditions de travail (y compris travail en toute sécurité) | C-   | D                       | <b>Durant les travaux</b> : Nécessité de prendre en considération l'environnement de travail des ouvriers pour la construction.<br><b>A la mise en service</b> : Des travaux pouvant avoir un impact négatif sur les travailleurs n'ont pas été prévus. |
| Autres    | 29 | Accidents   | C-   | D                       | <b>Durant les travaux</b> : Nécessité de tenir compte des possibilités d'accident.  |
|           | 30 | Franchissements de frontière et changements climatiques     | D  | D                       | Le Projet porte sur la réhabilitation des installations existantes et est de petite envergure. Il n'aura donc pratiquement aucun impact sur les passages de frontière et les changements climatiques.   |

A+/-: Impact positif/ négatif significatif attendu

B+/-: Impact positif/ négatif significatif attendu jusqu'à un certain point.

C+/-: Envergure de l'impact positif/ négatif inconnue. (Un examen plus approfondi est requis et l'impact devra être identifié au cours de l'étude.)

D: Pas d'impact attendu

#### (4) Résultats de l'étude des considérations sociales et environnementales (y compris résultats de prévision)

Les résultats de l'étude des considérations sociales et environnementales effectuée conformément au cadrage précité sont indiqués ci-dessous.

**Tableau 1-3-3 Résultats de l'étude des considérations sociales et environnementales**

| Points à contrôler     | Résultats de l'étude  |
|------------------------|---|
| Qualité de l'air       | Etant donné le nombre d'équipements de construction investis à l'étape des travaux, aucun impact important n'est à prévoir sur l'atmosphère.  |
| Qualité de l'eau       | La construction du dessableur pour le drainage pendant les travaux permettra de réduire au maximum les écoulements des substances polluantes dans les rivières. D'autre part, les travaux auront lieu par section pour éviter l'écoulement en une seule fois d'une grande quantité de polluants. Pour éviter également tout impact, les travaux des canaux dans le périmètre irrigué PC23 auront lieu en saison sèche de faibles volumes d'irrigation et de drainage. |
| Gestion des déchets    | La mise au rebut des déchets de construction sera effectuée conformément aux règlements locaux.   |
| Contamination des sols | Actuellement les engrais chimiques et les pesticides ne sont quasiment pas utilisés et les cultures ont lieu sur les mêmes terrains depuis plusieurs dizaines d'années. Aucune pollution des sols ne sera donc à craindre si la situation actuelle se poursuit.   |
| Bruits et vibrations   | Le périmètre irrigué est très vaste, et les habitations à proximité sont rares. L'impact sera limité car les travaux auront lieu dans la journée lorsque les habitants sont partis travailler.  |
| Sédiments de fond      | Le dragage des canaux d'irrigation et de drainage permettra de retirer la terre et le sable des sédiments de fond.  |
| Ecosystème             | Etant donné que le volume total des eaux de drainage de l'ensemble du périmètre restera inchangé, il n'y aura que peu de possibilité d'impact sur la flore et la faune de la zone marécageuse en aval.  |



|   |   |
|---|---|
| Acquisition de terrains / Réinstallation  | Environ 20 bâtiments (occupation illégale des pistes agricoles) ont été respectivement recensés le long des pistes rurales R1 et R2. Environ 20% de ces constructions sont des installations saisonnières (abri de récolte du riz). En prévoyant une route assurant une largeur de pistes rurales de 3,5 m (4 m pour R1) dans leur partie la plus étroite, il sera possible d'éviter les réinstallations mais, au cas où la largeur requise ne peut pas être assurée, il sera peut-être nécessaire d'avoir recours à ces réinstallations. |
| Utilisation du sol et exploitation des ressources locales                             | Les terrains agricoles et les pistes rurales ne pourront éventuellement pas être utilisés pendant un certain temps durant les travaux mais une fois ces derniers achevés, la productivité des terrains sera améliorée et les pistes rurales seront plus pratiques.  |
| Utilisation de l'eau  | L'eau d'irrigation sera utilisée plus efficacement qu'avant l'exécution des travaux. Les travaux seront exécutés durant la saison sèche lorsqu'il n'y a pratiquement pas de travaux dans les rizières, il n'y aura donc pas de manque d'eau agricole.   |
| Infrastructures sociales et services connexes existants                               | La route sur la structure de la tête de prise de P-1 n'est en réalité pas une piste agricole mais une route indispensable à la vie des habitants des environs, située sur la route d'accès des villages environnants (commune d'Ambohitrinenbona du district d'Amparafaravola, etc.) jusqu'à la route nationale 3A, et des précautions particulières seront nécessaires pendant la période des travaux.   |
| Iniquité dans le processus de développement et de répartition des pertes et avantages | Etant donné les changements dans la production rizicole par rapport à la situation antérieure au projet, un déséquilibre dans la répartition des bénéfices se produira entre les habitants.   |
| Conflits d'intérêts au niveau local   | Les capacités d'irrigation et de drainage du périmètre irrigué PC23 auront été améliorées par l'exécution du Projet et l'on peut prévoir qu'il n'y aura pas d'apparition de conflits d'intérêt dans ce périmètre.   |
| Paysage   | Le traitement de la terre et du sable sera discuté avec les communes locales afin que des problèmes excessifs n'apparaissent pas au niveau des paysages.  |

## (5) Evaluation de l'impact

Conformément aux résultats de l'étude mentionnés ci-dessus, l'impact du projet sur l'environnement a été évalué et une proposition de cadrage établie sur la base de la liste de cadrage ainsi que les résultats de l'étude sont présentés dans le tableau 1-3-4.

**Tableau 1-3-4 Proposition de cadrage et résultats de l'étude**

| Catégorie             | N° | Points à contrôler      | Evaluation de l'impact au moment du cadrage |            | Evaluation de l'impact sur la base des résultats de l'étude |            | Raisons de l'évaluation   |
|-----------------------|----|-------------------------|---|------------|---|------------|---|
|                       |    |                         | Avant<br>Durant<br>Travaux                  | En service | Avant<br>Durant<br>Travaux                                  | En service |   |
| Mesures antipollution | 1  | Qualité de l'air        | C-  | D          | D   | D          | Etant donné le nombre d'équipements de construction investis dans les travaux, aucun impact important n'est à prévoir sur l'atmosphère.   |
|                       | 2  | Qualité de l'eau        | B-  | D          | B-  | D          |   |
|                       | 3  | Gestion des déchets     | C-  | D          | C-  | D          |   |
|                       | 4  | Contamination des sols  | D   | C-         | D   | D          | Vu le prix élevé des engrais chimiques et des pesticides, il est peu probable que les habitants en utilisent soudainement de grandes quantités et il n'y a pratiquement aucune possibilité de contamination des sols. |
|                       | 5  | Bruits et vibrations    | C-  | D          | D   | D          | L'impact sera limité car les travaux auront lieu dans la journée lorsque les habitants sont partis travailler.  |
| Mesures antipollution | 6  | Affaissement de terrain | D   | D          | D   | D          |   |
|                       | 7  | Odeurs insalubres       | D   | D          | D   | D          |   |
|                       | 8  | Sédiments de fond       | D   | A+         | D   | A+         |   |
|                       | 9  | Zones protégées         | D   | D          | D   | D          |   |

| Catégorie            | N°                    | Points à contrôler   | Evaluation de l'impact au moment du cadrage |            | Evaluation de l'impact sur la base des résultats de l'étude |            | Raisons de l'évaluation   |
|----------------------|-----------------------|--|---|------------|---|------------|---|
|                      |                       |  | Avant Travaux                               | En service | Avant Travaux   | En service |   |
|                      |                       |  | Durant Travaux                              |            | Durant Travaux  |            |   |
|                      | 10                    | Ecosystème   | C-  | D          | D   | D          | Etant donné que le volume total des eaux de drainage restera inchangé, il n'y aura pas d'impact sur les écosystèmes de la zone en aval.                         |
|                      | 11                    | Hydrologie   | D   | D          | D   | D          |   |
|                      | 12                    | Topographie et géologie  | D   | D          | D   | D          |   |
| Environnement social | 13                    | Réinstallation   | B-  | D          | B-  | D          |   |
|                      | 14                    | Populations pauvres  | D   | A+         | D   | A+         |   |
|                      | 15                    | Minorités ethniques et populations autochtones   | D   | D          | D   | D          |   |
|                      | 16                    | Conditions de vie et de subsistance  | D   | A+         | D   | A+         |   |
|                      | 17                    | Utilisation du sol et exploitation des ressources locales                                  | C-  | A+         | C-  | A+         |   |
|                      | 18                    | Utilisation de l'eau   | C-  | A+         | D   | A+         | Les travaux auront lieu pendant la saison sèche lorsqu'il n'y a pratiquement pas de travaux dans les rizières et il n'y aura donc pas de manque d'eau agricole. |
|                      | 19                    | Infrastructures sociales et services connexes existants                                    | B-  | A+         | B-  | A+         |   |
|                      | 20                    | Institutions sociales telles que l'infrastructure et la prise de décisions au niveau local | D   | D          | D   | D          |   |
|                      | 21                    | Iniquité dans le processus de développement et de répartition des pertes et avantages      | C-  | D          | D   | C+         |   |
|                      | 22                    | Conflits d'intérêts au niveau local  | D   | A+         | D   | A+         |   |
|                      | 23                    | Patrimoine culturel  | D   | D          | D   | D          |   |
| 24                   | Paysage               | D  | D   | D          | D   |            |   |
| 25                   | Egalité hommes/femmes | D  | D   | D          | D   |            |   |
| Environnement social | 26                    | Droits de l'enfant   | D   | D          | D   | D          |   |
|                      | 27                    | Maladies infectieuses telles que le VIH/SIDA   | D   | D          | D   | D          |   |
|                      | 28                    | Conditions de travail (y compris travail en toute  | C-  | D          | C-  | D          |   |

| Catégorie | N° | Points à contrôler                                      | Evaluation de l'impact au moment du cadrage |            | Evaluation de l'impact sur la base des résultats de l'étude |            | Raisons de l'évaluation |
|-----------|----|---|---|------------|---|------------|-------------------------|
|           |    |   | Avant<br>Durant<br>Travaux                  | En service | Avant<br>Durant<br>Travaux                                  | En service |                         |
|           |    | sécurité)   |   |            |   |            |                         |
| Autres    | 29 | Accidents   | C-  | D          | C-  | D          |                         |
|           | 30 | Franchissements de frontière et changements climatiques | D   | D          | D   | D          |                         |

A+/-: Impact positif/ négatif significatif attendu

B+/-: Impact positif/ négatif significatif attendu jusqu'à un certain point.

C+/-: Envergure de l'impact positif/ négatif inconnue. (Un examen plus approfondi est requis et l'impact devra être identifié au cours de l'étude.)

D: Pas d'impact attendu

### **(6) Mesures d'atténuation et coût d'exécution de ces mesures**

Les mesures d'atténuation prises par rapport aux points à contrôler sur l'environnement indiqués dans le tableau 1-3-4 sont détaillées ci-dessous. Ces mesures ont été dûment prises en compte lors de l'élaboration du plan directeur.

**Tableau 1-3-5 Mesures d'atténuation de l'impact sur l'environnement et suivi**

| Points à contrôler                                      | Mesures d'atténuation  | Organisme responsable      | Organisme de tutelle      |
|---|--|----------------------------|---------------------------|
| 1) Durant les travaux                                   |  |                            |                           |
| Qualité de l'eau  | La construction du dessableur pour le drainage pendant les travaux permettra de réduire au maximum les écoulements des substances polluantes dans les rivières. D'autre part, les travaux auront lieu par sections pour éviter l'écoulement en une seule fois d'une grande quantité de polluants. Pour éviter également tout impact, les travaux des canaux dans le périmètre irrigué PC23 auront lieu en saison sèche de faibles volumes d'irrigation et de drainage.<br>Pour les travaux de la tête de prise, un batardeau et un canal de dérivation seront construits mais, comme pour les travaux des canaux, les eaux boueuses seront évacuées dans la rivière après passage dans le dessableur et l'impact en aval sera diminué. | Entrepreneur               | DRDA                      |
| Gestion des déchets                                     | La mise au rebut des déchets de construction sera effectuée conformément aux règlements locaux.  | Entrepreneur               | DRDA<br>Bureau de Commune |
| Réinstallation involontaire                             | La conception de la réhabilitation des pistes rurales sera effectuée de manière à éviter les réinstallations des habitants dans la mesure du possible. Un soutien sera accordé aux intéressés au cas où les réinstallations sont absolument nécessaires. Comme il s'agit d'habitations illégales, des logements de remplacement ne seront pas fournis.   | Consultant<br>DRDA         | DRDA                      |
| Infrastructures sociales et services connexes existants | A l'étape actuelle de la conception, la réhabilitation de la tête de prise P-1 ne porte pas sur la structure même du déversoir et, après la fin des travaux, la route au-dessus de la structure sera praticable comme auparavant. Par conséquent, une route de dérivation ayant l'envergure nécessaire pour assurer la circulation déterminée par l'étude du volume de trafic sera construite uniquement pendant la période des travaux.   | Consultant<br>Entrepreneur | DRDA                      |
| Conditions de travail                                   | Il est possible que les eaux usées domestiques et les déchets augmentent en raison de la présence des ouvriers de construction. Des instructions seront données aux entreprises de construction pour que leur traitement soit effectué conformément à la réglementation locale.  | Entrepreneur               | Consultant                |
| Accidents   | Des informations sur le contenu des travaux et les heures de travail seront fournies préalablement aux habitants de la région et des activités de publicité seront menées.   | Entrepreneur               | Consultant                |

| Points à contrôler  | Mesures d'atténuation  | Organisme responsable | Organisme de tutelle |
|---|--|-----------------------|----------------------|
| 2) A la remise des installations  |  |                       |                      |
| Utilisation du sol et exploitation des ressources locales                             | Les terrains agricoles et les pistes rurales ne pourront éventuellement pas être utilisés pendant un certain temps durant les travaux mais une fois ces derniers achevés, la productivité des terrains sera améliorée et les pistes rurales seront plus pratiques.   | DRDA                  | MinAgri              |
| Conflits d'intérêts au niveau local   | Les capacités d'irrigation et de drainage du périmètre irrigué PC23 auront été améliorées par l'exécution du projet et l'on peut prévoir qu'il n'y aura pas d'apparition de conflits d'intérêt dans le périmètre.  | DRDA                  | MinAgri              |
| Iniquité dans le processus de développement et de répartition des pertes et avantages | L'amélioration de la productivité rizicole, principale ressource de l'économie de la région, permettra une dynamisation durable de la région dans son ensemble et on peut considérer qu'à long terme, le déséquilibre dans la répartition des bénéfices sera nivelé. | DRDA                  | MinAgri              |

### (7) Plan de suivi

En ce qui concerne le suivi durant les travaux, il sera exécuté périodiquement pour la pollution atmosphérique, le bruit et les vibrations, la pollution des eaux, les déchets ainsi que l'environnement de travail et la sécurité. Comme indiqué précédemment, leur impact sera probablement très faible mais un suivi s'effectuera en fonction de l'examen visuel et/ou de la fréquence des plaintes des habitants. Le plan provisoire de suivi durant les travaux et à la mise en service est présenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1-3-6 Plan provisoire de suivi (période des travaux)**

| Points à contrôler                                      | Détails   | Lieu                             | Fréquence          | Organisme responsable        | Organisme de tutelle |
|---|---|----------------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------|
| Qualité de l'air  | Examen visuel de la poussière   | Sites du Projet                  | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Qualité de l'eau  | Examen visuel des eaux boueuses   | Tête de prise (5 emplacements)   | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Contamination des sols                                  | Gestion, maintenance et inspection des véhicules pour éviter les fuites d'huile, etc. | Sites du Projet                  | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Bruits et vibrations                                    | Plaintes des habitants en raison du bruit et des vibrations                           | Sites du Projet                  | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Gestion des déchets                                     | Traitement des déchets de construction  | Sites du Projet                  | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Infrastructures sociales et services connexes existants | Encombrement de la route de dérivation provisoire de la tête de prise P-1             | Alentour de la tête de prise P-1 | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Conditions de travail                                   | Situation relative aux eaux usées et aux déchets domestiques                          | Sites du Projet                  | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |
| Accidents   | Situation relative aux accidents, leurs causes et les mesures prises                  | Sites du Projet                  | 1 fois par semaine | Entrepreneur de construction | MinAgri              |

**Tableau 1-3-7 Plan provisoire de suivi (période de l'opération)**

| Points à contrôler  | Détails  | Lieu            | Fréquence (durée)                                    | Organisme responsable | Organisme de tutelle |
|---|--|-----------------|--|-----------------------|----------------------|
| Qualité de l'eau  | Examen visuel de la qualité de l'eau de canal et de drainage                                     | Sites du Projet | Tous les trimestres (2 ans après la fin des travaux) | DRDA                  | MinAgri              |
| Utilisation du sol et exploitation des ressources locales                             | Examen visuel de l'utilisation des pistes rurales  | Sites du Projet | Tous les trimestres (2 ans après la fin des travaux) | DRDA                  | MinAgri              |
| Conflits d'intérêts au niveau local   | Nombre de cas de conflits entre les bénéficiaires rapportés à l'Association des usagers de l'eau | Sites du Projet | Tous les trimestres (2 ans après la fin des travaux) | DRDA                  | MinAgri              |
| Iniquité dans le processus de développement et de répartition des pertes et avantages | Enquêtes verbales auprès des habitants (sentiment d'égalité)                                     | Sites du Projet | Tous les trimestres (2 ans après la fin des travaux) | DRDA                  | MinAgri              |

Une proposition de formulaire de suivi est présentée ci-dessous. Les commentaires obtenus auprès des habitants par le biais du suivi ainsi que les mesures prises pour y remédier sont indiqués et conservés sous ce formulaire.

**Tableau 1-3-8 Proposition de formulaire de suivi (période des travaux)**

(1) Mesures et actions prises par le gouvernement

| Commentaires et réponses  | Résultats du suivi |
|---|--------------------|
| Nombre et contenu des commentaires des habitants                                    |                    |
| Nombre et contenu des mesures prises par le gouvernement vis à vis des commentaires |                    |

(2) Pollution

| Points à contrôler     | Eléments du suivi            | Lieu d'étude          | Fréquence          |
|------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Qualité de l'air       | Poussière                    | Sites de construction | 1 fois par semaine |
| Qualité de l'eau       | Eaux boueuses                | Sites de construction | 1 fois par semaine |
| Contamination des sols | Fuites d'huile               | Sites de construction | 1 fois par semaine |
| Bruits et vibrations   | Plaintes des habitants       | Sites de construction | 1 fois par semaine |
| Gestion des déchets    | Déchets du camp des ouvriers | Sites de construction | 1 fois par semaine |

(3) Autres

| Points à contrôler | Eléments du suivi  | Résultats du suivi | Mesures prises |
|--------------------|--|--------------------|----------------|
| Infrastructures    | Conditions de la circulation sur la route provisoire au-dessus de la tête de prise P-1 |                    |                |
| Sécurité           | Sécurité sur le site de construction   |                    |                |
| Accidents          | Nombre d'accidents   |                    |                |

**Tableau 1-3-9 Proposition de formulaire de suivi (période de l'opération)**

(1) Réponses et actions par le gouvernement

| Commentaires et réponses                            | Résultats du suivi | Mesures prises | Fréquence |
|---|--------------------|----------------|-----------|
| Nombre et contenu des commentaires des habitants    |                    |                |           |
| Nombre et réponses du gouvernement aux commentaires |                    |                |           |

(2) Environnement social

| Points à contrôler  | Résultats du suivi   | Mesures prises | Fréquence |
|---|--|----------------|-----------|
| Utilisation du sol et exploitation des ressources locales                             | Conditions d'utilisation des pistes rurales et des pistes de maintenance |                |           |
| Conflits d'intérêts au niveau local   | Conflit entre les Associations des usagers de l'eau                      |                |           |
| Iniquité dans le processus de développement et de répartition des pertes et avantages | Enquêtes verbales auprès des paysans (degré de satisfaction)             |                |           |

(3) Environnement naturel

| Points à contrôler | Résultats du suivi | Mesures prises | Fréquence |
|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Pollution de l'eau | Eau boueuse        |                |           |

**Tableau 1-3-10 Proposition de formulaire de suivi (réinstallation des habitants)**

| Travaux   | Planifié au total | Avancement en quantité | Avancement en pourcentage | Date d'achèvement prévue | Organisme responsable |
|---|-------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Annonce du projet aux habitants concernés après l'approbation officielle du projet                  |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Enquête de recensement finale et étude des biens  |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Identification du Plan d'Action pour la Réinstallation (PAR) final                                  |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Elaboration du PAR final  |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Estimation des coûts requis pour la compensation  |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Réunion de consultation   |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Révision du PAR et signature sur la base de la rétroaction reçue lors de la réunion de consultation |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Compensations en espèces  |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |
| Nombre de plaintes non résolues   |                   |                        |                           |                          | DRDA                  |

Une Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation (se reporter à 1-3-2 (5) Mécanismes de traitement des plaintes) sera chargée du suivi interne en tant qu'organisme de réception des plaintes, la DRDA étant responsable du suivi externe et assurant l'égalité.

## **(8) Discussions avec les parties prenantes**

La DRDA a organisé à deux reprises des discussions avec les parties prenantes, après avoir donné des explications sur le contenu du projet, son objectif, l'étude de propositions alternatives et les orientations relatives à la réinstallation des habitants dans le périmètre nord PC23 et sud PC23. Dans le périmètre nord PC23, 84 personnes ont participé à des discussions et 55 dans le périmètre sud, pour un total de 139 personnes. Les dates, les lieux et le nombre de participants aux discussions sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1-3-11 Organisation des discussions avec les parties prenantes (PP)**

| Première réunion                             | PC23 Nord    | PC23 Sud        |
|--|--------------|-----------------|
| Date   | 18 août      | 20 août         |
| Lieu   | Amparamanina | Morarano Chrome |
| Participants :                               |              |                 |
| Paysans                                      | 64           | 20              |
| Cadres des Associations des usagers de l'eau | 8            | 21              |
| Organisateurs                                | 4            | 4               |
| Autres agents gouvernementaux                | 4            | 7               |
| Agents des collectivités locales             | 2            | 2               |
| Entreprises privées                          | 2            | 1               |
| Total  | 84           | 55              |

Ces discussions avec les parties prenantes seront également organisées à plusieurs reprises à l'avenir, conformément au contenu obligatoire stipulé dans l'Arrêté ministériel fixant les procédures et les modalités de participation du public à l'évaluation environnementale (N°6830/2001) en vue de la procédure du Permis d'environnement exécutée par la partie malgache.

### **1-3-2 Acquisition des terrains et réinstallation des habitants**

#### **(1) Nécessité de l'acquisition des terrains et de la réinstallation des habitants**

Etant donné que le présent projet porte sur la réhabilitation des installations d'irrigation existantes, l'acquisition de nouveaux terrains ne sera pas nécessaire, comme indiqué précédemment, mais les possibilités de réinstallation des habitants ne peuvent pas être totalement niées. Les habitations pouvant faire l'objet d'une réinstallation sont celles construites sur la digue du canal le long de la piste rurale devant être réhabilitée. Parmi ces habitations quelques 48 bâtiments érigés à un emplacement où il est impossible d'avoir une largeur suffisante doivent éventuellement être déplacés. Dans le travail futur pour la conception détaillée, il faudra établir une conception capable de réduire au maximum le nombre d'habitations devant être déplacées. Par conséquent le nombre d'habitations devant obligatoirement être déplacées dépendra des résultats de la conception détaillée.

Lors de l'étude préparatoire du projet, un recensement portant sur la totalité des 57 foyers résidant



au-dessus de la digue du canal, dans lesquels sont inclus les 48 foyers devant éventuellement être réinstallés, a été effectué parallèlement à une enquête sur les revenus et les dépenses des ménages sur 16 foyers (28%) sélectionnés aléatoirement. Par ailleurs, il faut signaler que ces foyers, dans leur totalité, n'ont aucun droit légal d'utiliser ces terrains qu'ils occupent illégalement.

## (2) Cadre juridique de l'acquisition des terrains et de la réinstallation des habitants

### 1) Présentation du système juridique malgache relatif à l'acquisition des terrains et à la réinstallation des habitants

L'Arrêté n°62-023 stipule les indemnités accordées lors des expropriations pour cause d'utilité publique. Selon ce Décret, seul l'Etat possède le droit d'expropriation et une autorisation doit être délivrée par le Conseil des Ministres à la demande d'un ministre ou d'un maire. Il stipule en outre que le prix des biens immobiliers doit être équitablement évalué et qu'une période de préavis doit être respectée (articles 3 et 4). Les personnes devant être indemnisées doivent avoir fait enregistrer leur terrain.

D'autre part, l'article 18 de la loi foncière (arrêté n°62-047) indique qu'au cas où le bénéficiaire développe son terrain de manière permanente et visible durant une période donnée (plus de 10 ans), des droits de propriété lui sont accordés pour une superficie plafond de 30 hectares. Cet article ne donne néanmoins aucune indication détaillée sur les droits des occupants illégaux ne satisfaisant pas les conditions ci-dessus, ainsi que sur les compensations à leur accorder. Les acquisitions des terrains et les compensations sont décidées au cas par cas par les autorités d'exécution des projets.

Dans le projet «Bassins Versants et Périmètre Irrigués (BVPI)», exécuté avec une aide de la Banque Mondiale (BM) dans le bassin versant dans le nord-ouest du Lac Alaotra à proximité de la zone concernée par le présent projet, un «Cadre de Politique de Réinstallation (CPR)» a été élaboré. Ce Cadre de Politique de Réinstallation (CPR, mars 2006) est un texte indiquant les orientations pour l'élaboration d'un «Plan d'Action de Réinstallation», positionné comme correspondant au «Plan abrégé de Réinstallation de la BM» et au «Plan sommaire de Réinstallation» des Lignes Directrices pour les considérations environnementales et sociales de la JICA.

**Tableau 1-3-12 Matrice des droits dans le cadre de la Réinstallation du projet BVPI de la Banque Mondiale**

| Contenu                              | Conditions de compensation  | Compensation ou réinstallation  |
|--------------------------------------|---|---|
| Compensation des pertes des terrains | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrains enregistrés</li> <li>- Terrains dont l'occupation a été reconnue même sur terrain public</li> </ul> | <p>Fourniture du terrain pour réinstallation (totalité ou partie du terrain possédé)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Echange d'un hectare de terrain non irrigué par un terrain non irrigué de même valeur</li> <li>- Echange d'un hectare de terrain non irrigué par 5000 m<sup>2</sup> de terrain non irrigué</li> <li>- Echange d'un hectare de terrain irrigué par un terrain irrigué de même valeur</li> </ul> <p>Exception : (au cas où la superficie est extrêmement réduite et au cas où le terrain de réinstallation est éloigné du terrain d'origine)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1000 ariary par are (collines) et 40.000 ariary (terrain irrigué) en tant que compensation de la perte</li> </ul> |

|                            |                                 |  |
|----------------------------|---------------------------------|--|
|                            |                                 | d'occasion de revenus<br>- 1200 ariary par are pour les cultures pluviales et<br>2400 ariary pour les cultures irriguées en tant que<br>compensation des pertes annuelles  |
| Idem                       | Occupants illégaux des terrains | Non objet de compensation  |
| Idem                       | Fermiers                        | - Aide à la réinstallation<br>- Compensation en espèces ne fait pas l'objet du Projet  |
| Plantes pérennes et fruits | Paysans propriétaires           | Compensation des prix incluant celle des coûts de culture sur le site de réinstallation et des pertes de temps, allant de la réinstallation jusqu'à la première récolte  |
| Plantes annuelles          | Paysans propriétaires           | Compensation au prix du marché au moment de la récolte   |
| Bâtiments                  | Propriétaires des bâtiments     | - Compensation à la valeur normale, c.-à-d. 6000 ariary/m <sup>2</sup> pour une maison en torchis et 20.000 ariary/m <sup>2</sup> pour une maison en bois<br>- Pas de mesures particulières pour la construction prises par la maîtrise d'œuvre du Projet. A la condition que le bâtiment du propriétaire soit construit sur un terrain aménagé dans le lieu de réinstallation |
| Réinstallation             | Habitants                       | Allocation de réinstallation au montant fixe (par famille)   |
| Matériels d'habitation     | Propriétaires des bâtiments     | Droits de facturation des matériels  |

Source : BVPI-CPR

En cas de réinstallation des habitants dans le cadre du présent projet, dans le but de maintenir l'égalité et l'équité entre les habitants du voisinage, il faut élaborer un plan de réinstallation des habitants en respectant le CPR de la banque mondiale.

## **2) Orientations du projet relatives à l'acquisition des terrains et à la réinstallation des habitants**

Comme indiqué précédemment, le Cadre de Politique de Réinstallation élaboré dans le cadre du projet de la Banque Mondiale sur les bassins versants et périmètres irrigués (BVPI) sera respecté dans le but de maintenir l'égalité et l'équité entre les habitants du voisinage. Ce plan de réinstallation des habitants du BVPI est identique au plan de réinstallation des habitants mentionné dans les Lignes Directrices pour les considérations environnementales et sociales de la JICA.

Concrètement, lors de la conception détaillée des pistes rurales, les habitations construites sur des emplacements où la largeur prévue pour la route ne peut pas être assurée feront l'objet d'une compensation. Ces habitations n'ont aucune preuve juridique de leur droit d'occupation du terrain. Dans ce contexte, le plan de réinstallation des habitants du projet BVPI de la Banque Mondiale sera appliqué, des compensations des pertes des habitations (bâtiments) seront effectuées et un soutien pour la réinstallation sera apporté, sans compensation pour le terrain même, sans assurance d'un terrain de remplacement, ni fourniture de moyens d'existence de remplacement.

## **(3) Envergure et étendue de l'acquisition des terrains et de la réinstallation des habitants (y compris les résultats du recensement de la population, de l'étude sur les biens et les terrains et l'enquête sur les revenus et les dépenses des ménages)**

### 1) Présentation du système juridique malgache relatif à l'acquisition des terrains et à la réinstallation des habitants

Les 48 bâtiments d'habitations sans preuve légale sont concernés par ce recensement (le nombre réel d'habitations devant obligatoirement être déplacées sera déterminé par la suite dans la conception détaillée mais, d'après les résultats de l'étude sur le terrain, on peut supposer qu'il correspondra à 10% environ de l'ensemble, soit 4 ou 5 habitations.)

Un recensement a été effectué auprès de la totalité des 57 foyers devant éventuellement être réinstallés parallèlement à une enquête sur les revenus et les dépenses des ménages sur 16 foyers choisis aléatoirement. Les 57 foyers comptaient un total de 283 personnes, soit une moyenne de 4,96 habitants par foyer.

### 2) Etude des pertes de biens

Les terrains et les bâtiments des 48 habitations mentionnées ci-dessus peuvent subir des pertes par le fait du projet. Toutefois, les terrains sont des terrains publics (pistes rurales au-dessus de la digue des canaux) et il y a des propriétaires qui n'ont pas droit foncier légal (= occupants illégaux des terrains), d'ailleurs, ils le reconnaissent eux-mêmes lors de l'enquête. Les terrains des habitations et les types d'ouvrages sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1-3-13 Type d'ouvrages objet de l'étude**

| Habitations                         | Nombre              | Superficie totale  |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Maison en bois                      | 3                   | 55 m <sup>2</sup>  |
| Maisons en torchis                  | 32                  | 64 m <sup>2</sup>  |
| Maison en bloc de terre             | 15                  | 426 m <sup>2</sup> |
| Autres types de maison              | 7                   | 210 m <sup>2</sup> |
| Superficie du terrain (avec jardin) | 4.585m <sup>2</sup> |                    |

Source : Mission d'étude de la JICA (2015)

### 3) Résultats d'enquête sur les revenus et les dépenses des ménages

Les sources de revenus des 16 foyers choisis aléatoirement pour cette enquête étaient principalement la pêche<sup>1</sup> et le travail dans une boutique. Par conséquent, on peut en conclure que ces occupants illégaux habitent simplement sur les routes dans le périmètre irrigué PC23 et que leurs revenus ne proviennent pas du travail sur les terrains agricoles (qu'ils soient ou non dans la légalité) ni de la vente des produits qu'ils ont cultivés. D'après le montant des revenus et le nombre de foyers, les plus nombreux sont les 6 foyers qui ont des revenus de moins de 100.000 MGA et les 4 foyers ayant des revenus compris entre 100.000 et 200.000 MGA, avec un foyer de plus de 500.000 MGA et les 5 foyers restants ayant des revenus compris entre 200.000 et 500.000 MGA.

### 4) Personnes socialement défavorisées

Les lois et les ordonnances relatives aux considérations environnementales et sociales de Madagascar ne

<sup>1</sup> Etant donné qu'il ne s'agit pas de méthodes de pêche permanentes, comme la pêche à filet fixe, dans les canaux de PC23 à proximité des habitations, elle ne fera pas l'objet de compensation pour les moyens d'existence en raison de la réinstallation comme on le verra plus loin.

donnent pas de définition particulière sur les personnes socialement défavorisées. Toutefois, dans le Cadre de la Politique de Réinstallation (CPR) élaboré par la BM, elles désignent les personnes handicapées, les personnes déplacées dans le pays, les malades (notamment les personnes atteintes du SIDA), les personnes âgées (en particulier celles vivant seules), les veuves, les foyers séparés (divorcés), les minorités et les orphelins. Les méthodes concrètes de soins envers ces personnes défavorisées sont également mentionnées et les recommandations suivantes sont données pour ce qui est du contenu du soutien à accorder par rapport aux besoins ou aux souhaits des bénéficiaires :

- Soutien pour la procédure de compensation et de réinstallation (rédaction et explications des documents, visite conjointe des banques, etc.)
- Soutien au moment de la réception des indemnités (traitement et conservation des versements en espèces)
- Soutien au moment de la réinstallation (mise à disposition de véhicules, de renseignements sur les chemins, etc.)
- Aide à la nouvelle vie (fourniture de matériels), etc.

#### **(4) Mesures concrètes de compensation et de soutien (y compris les conditions à remplir par les bénéficiaires et les modes de calcul des indemnités)**

##### **1) Compensation des pertes**

1. Les propriétaires des habitations concernées seront dédommagés en espèces ou en matériels agricoles pour un équivalent des matériels de construction et de la superficie au plancher de leur habitation en compensation de leurs pertes
2. Des allocations de réinstallation d'un montant fixe (par foyer) seront versées en tant que soutien à la réinstallation.

##### **2) Matrice des droits**

Le CPR du projet de coopération BVPI de la Banque Mondiale est appliqué pour les compensations relatives à la réinstallation des habitants dans le cadre du présent projet. La matrice des droits est indiquée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1-3-14 Matrice des droits du présent projet**

| Contenu                      | Conditions de compensation  | Compensation ou réinstallation   |
|------------------------------|-----------------------------|--|
| Compensation des bâtiments   | Propriétaires des bâtiments | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compensation à la valeur normale, c.-à-d. 6000 ariary/m<sup>2</sup> pour une maison en torchis et 20000 ariary pour une maison en bois</li> <li>- Pas de mesures particulières pour réinstallation prises par la maîtrise d'œuvre du Projet.</li> </ul> |
| Allocation de réinstallation | Habitants                   | Allocation de réinstallation d'un montant fixe (20.000 ariary par famille)   |

##### **(5) Mécanismes de traitement des plaintes**

La procédure réelle de réinstallation des habitants dans le cadre du présent projet est effectuée par le

Ministère de l’Agriculture au niveau central, la DRDA au niveau régional et par une Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation qui est créée au niveau local. Cette Commission a été créée de manière identique à celle du BVPI de la Banque Mondiale indiqué ci-dessus. Ses fonctions (son rôle) ne portent pas uniquement sur la réinstallation des habitants mais englobent la réception des plaintes ainsi que la médiation en tant que tierce partie lors des conflits entre les intéressés, y compris les querelles entre les habitants eux-mêmes et entre les habitants et l’organisme d’exécution gouvernemental. Elle procède également, en apportant son soutien à la DRDA, au suivi des réinstallations des habitants et au paiement des indemnités.

Cette Commission est composée des représentants de la commune, des représentants des associations d’habitants dans la commune, des anciens (autorités du fokontany) et des représentants des ONG et des groupes religieux, et la DRDA y participe également en tant que membre.

### (6) Système d’exécution

La répartition des rôles des organismes en relation avec la réinstallation des habitants est indiquée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1-3-15 Répartition des rôles des organismes concernés**

| Organisme   | Rôle  |
|---|---|
| MinAgri<br>(Ministère de<br>l’Agriculture)<br>Service<br>responsable :<br>Direction générale<br>du génie civil) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renseignement sur le présent projet</li> <li>• Etude et approbation des documents relatifs à l’acquisition des terrains comme le plan de réinstallation des habitants</li> <li>• Suivi général et évaluation relative à l’acquisition des terrains (étude et approbation des résultats du suivi par la DRDA)</li> <li>• Confirmation du respect des lois de Madagascar et des normes internationales comme PO 4.12</li> </ul>  |
| DRDA de chaque<br>région  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition des terrains</li> <li>• Préparation des indemnités et, selon les besoins, élaboration d’un accord avec la commune</li> <li>• Etablissement de la Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation</li> <li>• Participation à la Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation</li> <li>• Formation et soutien technique aux personnes concernées pour l’amélioration de leurs capacités en relation avec la compensation</li> <li>• Dispositions budgétaires pour la compensation</li> <li>• Suivi exécuté conformément au plan de construction</li> <li>• Compensations égalitaires conformément aux lois et au plan d’action de réinstallation en collaboration avec la Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation</li> </ul> |
| Commission<br>médiatrice de<br>Réinstallation et<br>de Compensation   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soutien à la confirmation des personnes influencées</li> <li>• Détermination des propriétaires des terrains conformément au cadastre foncier</li> <li>• Education (des habitants de la région) sur l’acquisition des terrains</li> <li>• Suivi sur l’acquisition des terrains et le paiement des indemnités</li> <li>• Traitement des plaintes et des conflits</li> </ul>  |
| Personnes<br>affectées  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence lors de l’enquête sur les biens et les terrains</li> <li>• Fourniture des informations nécessaires pour la réinstallation</li> <li>• Participation à la réinstallation</li> </ul>   |

### (7) Calendrier d’exécution

La série des activités relatives à la réinstallation des habitants commence par la détermination des

habitations concernées lors de la conception détaillée. Le calendrier d'exécution peut être envisagé comme dans la figure ci-dessous. Il faudra probablement compter neuf mois de la détermination des habitations concernées par la conception détaillée jusqu'à la fin de la réinstallation.

| Travaux   | Calendrier mensuel des Travaux |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
|---|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|---------------------|---|
|   | 1er                            | 2e | 3e | 4e | 5e | 6e | 7e | 8e | 9e | Période de construction | Période d'opération |   |
| Finalisation de la liste des habitations concernées, sur la base de la conception détaillée | ▲                              |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 1. Etablissement de la Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation           | ↔                              |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 2. Annonce aux personnes affectées  | ↔                              |    |    |    |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 3. Recensement et révision de l'avant-projet de plan de réinstallation                      | Date limite                    | ↔  |    |    |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 4. Estimation des coûts de la réinstallation  | ▲                              |    | ↔  |    |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 5. Réunion de consultation sur le plan de réinstallation                                    |                                |    |    | ↔  |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 6. Publication du plan de réinstallation dans le Comité de la Commune                       |                                |    |    | ↔  |    |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 7. Finalisation du plan de réinstallation   |                                |    |    |    | ↔  |    |    |    |    |                         |                     |   |
| 8. Compensation   |                                |    |    |    |    | ↔  |    |    |    |                         |                     |   |
| 9. Réinstallation   |                                |    |    |    |    |    | ↔  |    |    |                         |                     |   |
| 10. Soutiens, comme le transfert  |                                |    |    |    |    |    |    | ↔  |    |                         |                     |   |
| 11. Suivi   | ←                              | ←  | ←  | ←  | ←  | ←  | ←  | ←  | ←  | ←                       | ←                   | ← |

**Figure 1-3-2 Calendrier d'exécution relatif aux réinstallations des habitants**

### (8) Coûts et ressources financières

Les coûts estimés pour les compensations prévues dans le présent projet ont été calculés comme suit.

**Tableau 1-3-16 Coûts requis pour les compensations**

| Rubrique                       | Contenu et détails  |
|--------------------------------|---|
| Conditions de calcul           | Habitations concernées par la réinstallation : 5 (nombre d'habitations déterminé par la conception détaillée)                                 |
|                                | Envergure d'une habitation : Bâtiment de 27 m <sup>2</sup> avec mur en torchis (d'après la valeur moyenne de l'étude des biens et des pertes) |
| ① Compensation des bâtiments   | 6.000 MGA x 27 m <sup>2</sup> x 5 bâtiments = 810.000 MGA   |
| ② Allocation de réinstallation | 20.000 MGA x 5 familles = 100.000 MGA   |
| Total                          | 900.000 MGA   |

Outre ce qui précède, les coûts de la création de la Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation et d'organisation des réunions et des formations à cet effet, d'un suivi et du traitement des

plaintes, ainsi que les coûts de recensement final et d'exécution de l'enquête sur les terrains et les biens sont indiqués ci-après.

**Tableau 1-3-17 Coûts de suivi**

| Activités  | Qté | Prix unitaire (MGA)* | Montant (MGA) |
|--|-----|----------------------|---------------|
| Réunion de création de la Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation | 1   | 340.000              | 340.000       |
| Indication du montant évalué des biens des personnes affectées                       | 2   | 340.000              | 680.000       |
| Soutien à la procédure de la compensation  | 2   | 340.000              | 680.000       |
| Traitement des plaintes, suivi   | 5   | 340.000              | 1.700.000     |
| Total  |     |                      | 3.400.000     |

\* Pour 120.000 MGA par réunion (location des véhicules : 180.000 MGA/jour, allocation des agents gouvernementaux 40.000 MGA/jour x 4 personnes/ jour), les activités incluant la création de la Commission, l'enquête sur les biens et les terrains ainsi que les réunions avec les personnes affectées.

Les frais ci-dessus seront en totalité pris en charge par le budget de la DRDA.

#### **(9) Système de suivi par l'organisme d'exécution, formulaire de suivi**

La Commission médiatrice de Réinstallation et de Compensation sera chargée du suivi interne, tandis que la DRDA sera responsable du suivi externe. Un formulaire de suivi (réinstallation des habitants) est présenté dans le tableau 1-3-10.

#### **(10) Réunion des habitants**

Lors de la première réunion des habitants, les questions et réponses concernant les réinstallations ont été les suivants.

**Tableau 1-3-18 Questions et réponses lors de la réunion des habitants**

| Enquêteur  | Contenu de la question  | Enquêté | Contenu de la réponse  |
|--|---|---------|--|
| Discussions du périmètre irrigué sud PC23 (20 août 2015) |   |         |  |
| M. Jean-François (paysan bénéficiaire)                   | - Est-ce que les droits des terrains des paysans habitant dans le périmètre irrigué seront assurés ?<br>Peux-je construire un bâtiment sur la rizière que je détiens légalement ? | DRDA    | - A l'avenir, au cas où des bâtiments sont construits sur les canaux, ils seront visés par les réinstallations, comme pour les routes publiques. Pour les compensations de réinstallation, les lois et règlements de Madagascar seront appliqués. Les détails sont actuellement en cours d'étude et seront déterminés lors de la conception de l'exécution, mais il est possible que seules les habitations soient indemnisées pour les occupants illégaux. Il n'y a pas de limitation de construction pour les terrains qui ont été acquis conformément aux lois. |

Les réunions des habitants auront probablement lieu à plusieurs reprises à l'avenir pour la procédure du permis d'environnement exécutée par la partie malgache. Des explications détaillées seront prévues à ce moment-là sur les réinstallations des habitants.





## **Chapitre 2    Contenu du Projet**



## **Chapitre 2 Contenu du Projet**

### **2-1 Concept de Base du Projet**

#### **2-1-1 Objectif général et objectif du projet**

La République de Madagascar a une superficie de 587.000 km<sup>2</sup> (environ 1,6 fois celle du Japon) et une population de 23,57 millions d'habitants. Avec un PIB de 440 dollars US par habitant, c'est un des pays les plus pauvres du monde.

Le riz est une culture essentielle pour les populations de ce pays, qui en consomment annuellement environ 120 kg par personne (environ 2,0 fois plus que le Japon). La production est fortement influencée par les catastrophes naturelles (cyclones, sécheresse, etc.) et les attaques des insectes, qui la font varier sensiblement tous les ans. Par ailleurs, une riziculture à faible rendement étant généralement pratiquée dans ce pays, l'intensification de la production par amélioration de la productivité est requise.

A Madagascar, la riziculture se caractérise par l'existence d'un système d'irrigation traditionnel, et se pratique dans beaucoup de régions du pays sur des rizières en terrasses. Depuis quelques années, dans beaucoup de zones rizicoles, les sédiments provenant des bassins versants en amont entraînent le mauvais fonctionnement des infrastructures d'irrigation. Cette situation est beaucoup plus cohérente avec la dégradation des zones forestières ayant pour principale fonction la conservation des sols, entraînée par le brûlis et l'abattage excessifs effectués par les habitants et les incendies de forêt. Il faudra envisager la gestion et la conservation des sols des bassins versants en amont pour éviter cette situation.

Dans ce contexte, le gouvernement de Madagascar a élaboré en 2006 un «Programme National de Gestion des Bassins Versants et des Périmètres irrigués (PN-BVPI)», un programme combinant des activités d'aménagement de l'irrigation sur environ 1 million d'hectares de rizières existant dans l'ensemble du pays ainsi que des activités de conservation et gestion durable des bassins en amont des périmètres irrigués par la revégétalisation et le reboisement en vue d'augmenter la production rizicole. Ce programme est poursuivi dans la région du Lac Alaotra, la plus grande région productrice de riz du pays, afin de consolider les bases de cette production rizicole.

Dans la région du Lac Alaotra, la terre et le sable des bassins versants s'écoulent et se sont accumulés dans les canaux d'irrigation, faisant obstacle aux bases mêmes de la production rizicole. Afin de remédier à ce problème, deux projets de coopération technique du Japon, le Projet de Développement de l'Approche Intégrée pour la Restauration environnementale et le Développement rural à Morarano Chrome (PRODAIRE) et le Projet d'Amélioration de la Productivité Rizicole sur les Hautes Terres Centrales (PAPRiz) sont en cours d'exécution en vue de procéder à la gestion des bassins versants et de renforcer les capacités des Fédérations des usagers de l'eau, chargées de l'exploitation, de la gestion et de la maintenance du système d'irrigation. Grâce à ce soutien, les Fédérations des usagers de l'eau procèdent de manière autonome au dragage des canaux et à la gestion et maintenance des installations mais en raison, entre autres, des insuffisances au niveau de leur budget et de leurs capacités de gestion, la réhabilitation des principales installations n'a pas encore été effectuée ce qui, avec la vétusté des

installations, a conduit à un mauvais fonctionnement de l'ensemble du système d'irrigation.

Du fait de cette situation, le présent projet contribuera, par la réhabilitation du système d'irrigation dans le périmètre PC23 dans le sud-ouest du Lac Alaotra, à l'augmentation de la production rizicole dans la région, en renforçant les capacités des Fédérations des usagers de l'eau, en permettant un approvisionnement stable en eau d'irrigation et en consolidant les bases de la production rizicole.

Objectif général : Contribuer à la sécurité alimentaire

Objectif du projet : Assurer un approvisionnement stable en eau d'irrigation par la réhabilitation du système d'irrigation

## 2-1-2 Présentation du Projet

### (1) Sites du Projet

Les sites concernés par le présent projet sont le périmètre irrigué PC23 dans le sud-ouest du Lac Alaotra (Fivoarana, Tsaravohi), le bassin versant en amont (Sahabe Miray) et la région environnante (Ezaka et Sahamilahy) et le contenu de la requête pour les différentes régions est le suivant.

**Tableau 2-1-1 Sites du projet et contenu de la requête**

|   | Nom du périmètre | Superficie irriguée (ha)* | Contenu de la requête                                   |
|---|------------------|---------------------------|---|
| a | Fivoarana        | 5.350 (4.540)             | Réhabilitation du système                               |
| b | Tsaravohi        | 4.520                     | Réhabilitation du système                               |
|   | Sous-total       | 9.870                     |   |
| c | Ezaka            | 700                       | Dragage des rivières                                    |
| d | Sahamilahy       | 1.700                     | Dragage des canaux dans le périmètre                    |
| e | Sahabe Miray     | 2.860                     | Amélioration de la fonction du déversoir du périmètre b |
|   | Total            | 15.130                    |   |

\* Remarque : Superficie mentionnée dans la requête. La superficie irrigable du périmètre Fivoarana a été estimée à 4.540 ha selon les résultats de l'étude du volume des ressources en eau exploitables.

### (2) Composants du Projet

Les composants suivants déterminés en tenant compte du contenu de la requête seront mis en œuvre dans ce Projet, afin d'atteindre l'objectif du Projet.

**Tableau 2-1-2 Contenu de la requête et composants à réaliser dans ce Projet**

| Catégorie              | Contenu de la requête  | Composants à réaliser dans le Projet   |
|------------------------|--|--|
| Travaux de génie civil | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation des installations (2 têtes de prise, canal principal et canal secondaire, et ouvrages hydrauliques)</li> <li>• Réhabilitation des pistes de maintenance</li> <li>• Dessableur</li> <li>• Reboisement et traitement des lavaka</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation des installations (2 têtes de prise, canal principal et canal secondaire, et ouvrages hydrauliques équipés pour canal principal et canal secondaire et collecteur nord)</li> <li>• Réhabilitation des pistes rurales (R1, R2) et des pistes de maintenance (RM)</li> <li>• Dessableur</li> <li>• Non inclus dans le projet *1</li> </ul> |

|   |  |   |
|---|--|---|
| Approvisionnement en matériels et équipements | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approvisionnement en matériels et équipements de dragage</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non inclus dans le projet *2</li> </ul>  |
| Composante soft                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement des capacités des Associations, Fédérations et des Comités des usagers de l'eau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboration des manuels de gestion et maintenance du système d'irrigation</li> <li>• Formation sur les techniques de gestion et maintenance du système d'irrigation</li> </ul> |
| Conception et supervision                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception et supervision de ce qui précède</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception et supervision de ce qui précède</li> </ul>   |

Remarque : \*1 ; Le reboisement et le traitement des lavaka indiqués dans la requête ainsi que le dragage des rivières compris dans la réhabilitation du système ne font pas l'objet du présent projet. Ce point a été discuté et confirmé dans le procès-verbal des discussions (PV) de l'étude à Madagascar.

\*2 ; Suite à nos recherches et études, ce composant a été exclu du Projet (voir la section 2-2-2-11 Approvisionnement en engins de dragage pour les détails)

Les composants du Projet réalisés dans chacun des sites sont indiqués ci-dessous.

**Tableau 2-1-3 Composants du Projet dans chaque site**

| Nom du périmètre | Contenu/ contexte de la requête   | Composants à réaliser dans le Projet  |
|------------------|---|---|
| a. Fivoarana     | Contenu de la requête : Réhabilitation des installations<br>L'approvisionnement stable en eau d'irrigation est entravé par la vétusté des installations.  | Réhabilitation des têtes de prise, des ouvrages de prise d'eau, des canaux principaux et des canaux secondaires du système d'irrigation<br>Renforcement des capacités des Associations des usagers de l'eau portant sur l'exploitation, la gestion et la maintenance du système d'irrigation.   |
| b. Tsaravohi     | Contenu de la requête : Réhabilitation des installations<br>L'approvisionnement stable en eau d'irrigation est entravé par la vétusté des installations.  | Réhabilitation des têtes de prise, des ouvrages de prise d'eau, des canaux principaux et des canaux secondaires du système d'irrigation<br>Renforcement des capacités des Associations des usagers de l'eau portant sur l'exploitation, la gestion et la maintenance du système d'irrigation.   |
| c. Ezaka         | Contenu de la requête : Dragage des rivières, renforcement des capacités des associations des usagers de l'eau (souhait d'adhérer au Comité des usagers de l'eau des périmètres a et b)<br>La capacité de conduite des eaux des rivières Ampasimena et Sahamena s'écoulant dans ce périmètre a été réduite par un ensablement chronique et, dans le bassin s'étendant de la partie en amont du périmètre jusqu'à la zone le long du canal principal P1, les inondations provoquent des écoulements de terre dans les rizières à proximité des rivières, portant préjudice à la production rizicole.<br>Un dragage du sable accumulé dans les deux rivières a été effectué en 2014 mais l'écoulement de sable du bassin versant en amont étant chronique, il est à prévoir que des inondations accompagnées d'éboulement de sable auront lieu au moment des crues. Ces deux rivières fournissent également les ressources en eau du collecteur nord.<br>L'insuffisance de la capacité du débit des rivières provoque une insuffisance des ressources en eau d'irrigation dans le périmètre de Fivoarana (périmètre irrigué P1) par une diminution du volume d'eau entrant dans le collecteur | Pas de dragage des rivières. Pas de renforcement des capacités des associations des usagers de l'eau<br>Raisons :<br>- Un dragage temporaire a déjà été effectué.<br>- Pour réduire les écoulements de sable pendant les inondations, des mesures à long terme du point de vue du contrôle des crues, incluant le traitement des lavaka dans les bassins en amont, sont nécessaires. Dans la situation où l'écoulement de sable de l'amont continue à se répéter, l'efficacité et la durabilité d'un dragage effectué uniquement sur une section spécifique par le présent projet sont mises en doute.<br>- Les deux rivières fournissent les ressources en eau dans le même périmètre et leurs eaux sont également les ressources du collecteur nord. Un dragage est indispensable pour assurer un |

| Nom du périmètre | Contenu/ contexte de la requête   | Composants à réaliser dans le Projet  |
|------------------|---|---|
|                  | nord.<br>Des dragages périodiques sont nécessaires pour prévenir les inondations et pour maintenir les capacités d'écoulement des eaux.   | approvisionnement stable en eau d'irrigation. Toutefois, comme indiqué ci-dessus, un dragage temporaire sur une section spécifique ne sera pas efficace à long terme. Il serait souhaitable d'y procéder parallèlement aux mesures de l'administration fluviale qui prévoient des dragages périodiques.                       |
| d. Sahamillahy   | Contenu de la requête : Dragage des rivières<br>Du sable est accumulé dans le canal Ampondra au confluent de la rivière Sahamillahy à l'endroit de la prise d'eau de la tête de prise P1. Ce canal étant parallèle à la route principale du périmètre, le dragage du canal est indispensable non seulement pour la riziculture mais également pour le maintien de la vie quotidienne. Dans cette optique, un petit dragage est effectué par l'Association des usagers de l'eau. Ce dragage permettra également d'atténuer les dégâts des inondations en aval du canal Ampondra.   | Le dragage des canaux ne sera pas effectué comme pour le cas de c. ci-dessus.<br>Raisons :<br>- Sa nécessité est évidente mais il est difficile d'assurer la durabilité des effets d'un dragage effectué dans le cadre d'un projet d'aide financière non remboursable.<br>- Un dragage, même temporaire, a déjà été effectué. |
| e. Sahabe Miray  | Contenu de la requête : Réhabilitation du déversoir de sécurité<br>Un périmètre irrigué d'une superficie de 1.930 ha est situé dans le bassin versant en amont de la rivière Sahabe. Dans la partie en aval de ce périmètre, des dégâts ont lieu pendant les inondations en raison de l'insuffisance des capacités de débit de la rivière Sahabe. Un déversoir de sécurité a été installé sur cette rivière afin d'atténuer ces dégâts. En vue de dégager les effets d'atténuation plus grands, il a été accordé entre l'Association des usagers de l'eau de Sahabe Miray en amont et celle de Tsaravohi en aval d'installer une nouvelle vanne mobile sur ce déversoir. Un barrage de déversement a été construit avec l'aide du projet PAPRiz mais aucune vanne mobile n'a été installée. | Réhabilitation du déversoir de sécurité<br>Elaboration d'un règlement entre les Associations des usagers de l'eau pour une bonne gestion du déversoir réhabilité.   |

### (3) Effets attendus

Dans ce Projet visant «un approvisionnement stable en eau d'irrigation», sont prévues la réhabilitation du système d'irrigation ainsi que la composante soft réalisée en vue d'assurer l'exploitation, la gestion et maintenance durable des installations réhabilitées. Les effets suivants seront attendus.

#### Effets quantitatifs

- ① Elargissement de la surface irriguée
- ② Réduction de l'afflux de sédiments

#### Effets qualitatifs

- ① Augmentation de la production de riz des zones bénéficiaires par la collaboration avec le projet de coopération technique
- ② Facilitation du dragage des sédiments grâce à la mise en place de dessableurs
- ③ Réduction de la perte d'eau s'écoulant et renforcement de l'efficacité d'utilisation de l'eau
- ④ Gestion de l'eau et maintenance des installations adéquates
- ⑤ Réduction des dégâts dus à l'inondation grâce à la réhabilitation des déversoirs de sécurité

## **2-2 Aperçu du Projet**

### **2-2-1 Orientations de la conception**

#### **(1) Orientations de base**

Les activités du présent projet seront planifiées conformément aux orientations de base suivantes afin d'atteindre l'objectif du projet, qui est « l'approvisionnement stable en eau d'irrigation », et en prenant en considération l'objectif général de la « contribution à la sécurité alimentaire ».

1) Préparer un plan d'opérations du Projet en s'appuyant sur le concept de la réhabilitation des installations existantes.

Un approvisionnement stable en eau d'irrigation sera recherché en assurant des volumes stables de prise d'eau par le renouvellement des têtes de prise (y compris les ouvrages de prise d'eau), en réduisant les écoulements de sédiments dans les canaux par la construction d'un nouveau dessableur et en récupérant les fonctions d'écoulement des eaux par l'augmentation des capacités de passage des canaux et le renouvellement des installations de régulation du niveau d'eau. L'impact du Projet sera optimisé en visant, dans la mesure du possible, un approvisionnement de l'eau d'irrigation sur l'ensemble de la surface prévue pour l'irrigation.

2) Accroître le nombre de paysans pratiquant la riziculture irriguée et augmenter la production de riz

Un accroissement du nombre de paysans bénéficiant de l'irrigation et une augmentation de la production rizicole seront recherchés par la réhabilitation du système d'irrigation qui constitue l'objectif principal du présent projet. Dans cette optique, la réhabilitation du système d'irrigation sera prioritaire, en intégrant toutefois, dans la mesure où le budget le permet, la réhabilitation des pistes rurales en vue de rendre les travaux de riziculture plus efficaces et d'augmenter ainsi la production rizicole.

3) Prévoir un système d'irrigation pouvant être facilement exploité, géré et maintenu par les paysans

Les Associations des usagers de l'eau seront chargées des activités de gestion de l'eau, dont la prise d'eau d'irrigation et la distribution égalitaire de cette eau. Le système d'irrigation devra par conséquent être réhabilité de façon à ce que ces associations puissent procéder facilement à son exploitation, sa gestion et sa maintenance.

4) Réhabiliter les installations pour rendre facile une distribution par rotation de l'eau

Les volumes de prise d'eau sont fluctuants car les eaux proviennent des rivières situées dans les périmètres irrigués. Le présent projet visera par conséquent une réhabilitation du système d'irrigation pour lui permettre la distribution par rotation de l'eau pendant la saison sèche. Concrètement, il s'agit d'une irrigation par rotation des mailles réalisée en fonction du volume de prise d'eau.

5) Procéder au renouvellement et à la réhabilitation du système conformément aux résultats de vérification des capacités de prise et d'envoi d'eau du système d'irrigation existant

Une vérification sera effectuée afin de déterminer si le système d'irrigation existant est doté des capacités suffisantes pour irriguer la superficie prévue du périmètre irrigué P1 (périmètre nord) et du périmètre irrigué P5 (périmètre sud), et le renouvellement ainsi que la réhabilitation du système seront effectués

conformément aux résultats de cette vérification.

6) Procéder à un examen détaillé et une analyse des causes des dysfonctionnements d'irrigation et intégrer les mesures à prendre dans les composants du présent projet

On dit que certains champs sont actuellement non irrigables. Ces problèmes ont généralement pour causes l'insuffisance des volumes d'eau, les défauts au niveau des installations d'envoi d'eau ou les inégalités des terrains. Lors de la présente étude, les causes seront étudiées et analysées et les résultats obtenus seront pris en considération lors de l'élaboration du Projet. Des recommandations seront en outre formulées pour les éléments nécessitant l'intervention du gouvernement malgache, comme le nivellement des champs accidentés.

7) Vérifier les dégâts provoqués par les inondations des rivières utilisées pour l'irrigation et étudier les mesures applicables dans le cadre du présent projet

L'état actuel du problème sera vérifié et les interventions appropriées pour le résoudre seront mises à l'étude parallèlement à la recherche de mesures pouvant être appliquées dans le cadre d'un projet d'aide financière non remboursable.

8) A propos de l'approvisionnement en engins de dragage

Le procès-verbal des discussions (PV) mentionne que la fourniture des engins de dragage sera déterminée sur la base des résultats de l'analyse des capacités des organismes concernés en exploitation, gestion et maintenance de ces équipements. Lors de la présente étude, la mission d'étude procèdera à une étude sur les engins des travaux publics détenus par l'Association des usagers de l'eau et la DRDA d'Alaotra Mangoro, ainsi que leurs capacités en matière de gestion et maintenance des équipements et de financement propre, en vue de vérifier leurs capacités en gestion et maintenance durable .

## **(2) Orientations à l'égard des conditions environnementales naturelles**

1) Topographie, géologie et conditions des sols

Les sites du Projet et leurs périmètres environnants présentent des niveaux d'inclinaison extrêmement faibles d'ouest en est et sont situés dans la plaine alluviale formée par les sols de la formation latéritique composée d'une roche mère de granits et de gneiss qui ont été transportés et sédimentés par l'action des courants de la rivière Sahabe. Les sols sont composés de sable fin incluant du limon ou de l'argile, avec une teneur en sable diminuant de l'amont vers l'aval de la rivière Sahabe. Lors de la conception du système d'irrigation, on recourt aux résultats de l'étude du concept de base menée par la JICA en 2009, ainsi qu'aux résultats de l'étude topographique et de l'analyse géologique effectuées par la présente étude sous forme de sous-traitance locale. Les fondations des principaux ouvrages seront conçues sur la base des résultats de l'étude géologique suivants.

① A l'emplacement du déversoir de sécurité

D'après le sondage (à une profondeur de 22 m) effectué à l'emplacement du déversoir de sécurité, la composition des sols va principalement des sables très fins jusqu'aux argiles, et malgré quelques variations de composition selon les profondeurs, présente une prédominance de limons dans l'ensemble.



Pour la nature des sols et la capacité portante à proximité des travaux de fondation, la couche de surface (jusqu'à 4 m de profondeur) composée de limons ou de sables très fins, avec une valeur N comprise entre 5 et 7, présente peu de résistance. Plus en profondeur (de 5 à 9 m), se trouve une couche de sable légèrement grossier d'une valeur N de 15 environ, suivie à une profondeur de 10 à 14 mètres d'une couche de sable mélangée de limons d'une valeur N = 6 à 13, pour arriver à une valeur N = 20 environ à une plus grande profondeur de 15 à 22 mètres.

② A l'emplacement de la tête de prise de la rivière Sahabe

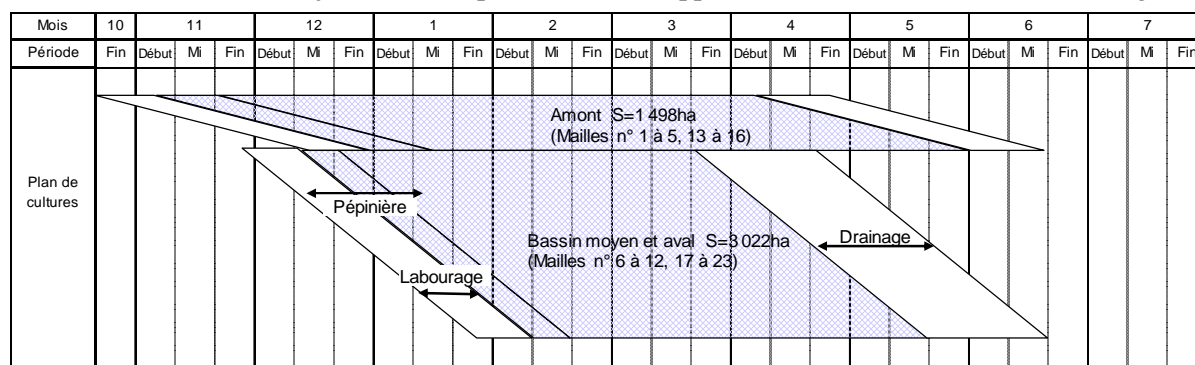
D'après les résultats du sondage (profondeur de 18 m), les sols sont composés d'une couche allant des limons aux sables ayant une granulométrie légèrement plus grosse que ceux de l'emplacement du déversoir de sécurité (avec intrusion d'agglomérats d'un diamètre maximum de 6 mm dans la partie la plus profonde de 18 m). Avec une valeur N = moins de 10, la couche supérieure d'une profondeur de 4 à 6 m a un socle de faible résistance et, à une plus grande profondeur (de 7 à 18 m), les sols sont sableux avec N = 16 à 25 environ.

2) Orientations à l'égard de la gestion agricole et des conditions d'irrigation

① Calculer les volumes d'eau conformément au plan de cultures

a) Plan de cultures des périmètres irrigués P1 et P5

Dans le périmètre irrigué P5, en fonction des relations géographiques entre les canaux et les terrains bénéficiaires, des précipitations, ainsi que de la période d'écoulement des eaux de la rivière Sahabe, les cultures se font entre la mi-novembre et la fin janvier. En tenant compte de ce système actuel de culture, deux systèmes de culture, celui de l'amont incluant les terrains agricoles de la Société commerciale et agricole d'Ambohimangakely (mailles N°1 à 5 et N°13 à 16) et celui du bassin moyen et de l'aval, seront adoptés pour le plan de cultures du Projet. Dans le bassin moyen et l'aval notamment, sera conçu le plan de cultures présupposant le passage des variétés tardives photosensibles (durée de culture de 180 jours) aux variétés non photosensibles à croissance moyenne (durée de culture de 135 jours) réalisé par le biais de l'approvisionnement stable de l'eau d'irrigation.

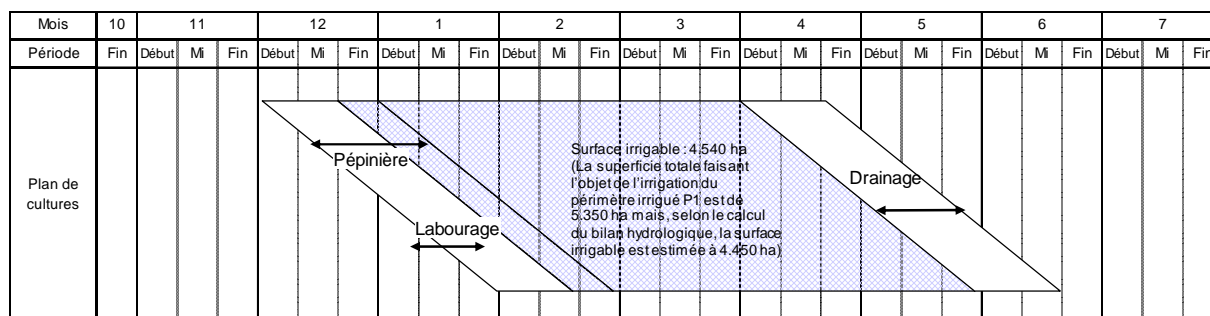


Source : Rapport de l'étude du concept de base du Projet d'amélioration du système d'irrigation dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

**Figure 2-2-1 Plan de cultures du périmètre irrigué P5**

Dans le périmètre irrigué P1, la mise en culture des variétés tardives photosensibles a pris du retard, ce qui conduit à une réduction chronique des quantités récoltées. Le plan de cultures ci-dessous sera donc

conçu en présupposant le changement des variétés précitées, en fonction de la période des crues de la rivière Sahamilahy et des 4 affluents.



Source : Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

**Figure 2-2-2 Plan de cultures du périmètre irrigué P1**

b) Plan de cultures du bassin versant en amont

Dans le bassin versant en amont des périmètres irrigués P1 et P5, il y a des périmètres irrigués qui utilisent la même rivière en tant que ressource. Les eaux de rivières de chaque bassin versant sont utilisées pour l'irrigation de l'amont et le reste de ces eaux sert à irriguer les périmètres en aval de Tsaravohi et de Fivoarana (périmètre irrigué P5 et périmètre irrigué P1). La période de début d'utilisation de l'eau d'irrigation sera située, comme actuellement, entre la fin octobre et le début décembre, conformément à la période d'écoulement des eaux de la rivière.

**Tableau 2-2-1 Superficie irriguée des bassins versants en amont et en aval du périmètre irrigué PC23**

| Rivière en tant que ressource                      | Superficie d'irrigation du bassin versant en amont (ha) | Périmètres irrigués en aval                              |
|--|---|--|
| Rivière Sahabe                                     | 1.930   | Périmètre de Tsaravohi : Périmètre irrigué P5 (4.520 ha) |
| Rivière Sahamilahy                                 | 360   | Périmètre de Fivoarana : Périmètre irrigué P1 (4.540 ha) |
| 4 affluents (ressources en eau du collecteur nord) | 1.240   |  |
| Rivière Ampasimena                                 | (300)   |  |
| Rivière Sahamena                                   | (120)   |  |
| Rivière Behengitra                                 | (290)   |  |
| Rivière Bemarenina                                 | (530)   |  |

Source : Rapports de l'étude de développement de la JICA (janvier 2008) et de l'Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009). La superficie du périmètre irrigué du bassin versant en aval a été légèrement ajustée conformément aux volumes d'eau utilisables.

② Etudier la surface irrigable en fonction du bilan hydrologique

a) Conditions de base

Conformément au plan de cultures, les volumes d'eau utilisés dans les champs seront calculés en ajoutant les volumes d'eau pour les cultures et les volumes d'eau pour le labourage et l'irrigation et les pépinières. Après avoir appliqué les quantités des précipitations et le volume d'écoulement des cours d'eaux en période de sécheresse avec une probabilité de 5 ans, le volume unitaire d'eau d'irrigation est

calculé en tenant compte des précipitations utiles. L'efficacité de l'irrigation et l'efficacité de prise d'eau sont les suivantes.

**Tableau 2-2-2 Efficacités de l'irrigation et efficacités de prise d'eau appliquées pour le calcul du bilan hydrologique**

| Irrigation/prise d'eau     | Conditions prédéfinies                                      | Mode de calcul  |
|----------------------------|---|---|
| Efficacité de l'irrigation | 57,6% pour les périmètres irrigués P1 et P5                 | Efficacité d'envoi d'eau : Canal principal 0,9, canaux secondaires et tertiaires 0,8<br>Efficacité appliquée aux champs : 0,8 (en tenant compte de l'amélioration des capacités de gestion de l'eau à l'avenir)<br>Efficacité de l'irrigation = $0,9 \times 0,8 \times 0,8 = 0,576$ |
|                            | 56% pour les Périmètres irrigués du bassin versant en amont | Efficacité d'envoi d'eau ; 0,8, Efficacité appliquée aux champs ; 0,7<br>Efficacité de l'irrigation = $0,8 \times 0,7 = 0,56$   |
| Efficacité de prise d'eau  | 90%   | Pertes des ouvrages de prise d'eau  |

Source : Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

#### b) Superficie d'irrigation du périmètre P5

Le volume des eaux de la rivière Sahabe et de son affluent la rivière Sahamilahy correspond au volume d'eau utilisable en tant que ressource. Ce volume est calculé en soustrayant le débit d'eau utilisée pour l'irrigation de l'amont, du débit des eaux de ruissellement de ces deux rivières en période de sécheresse avec une probabilité de 5 ans. Pour la rivière Sahamilahy, outre le débit des eaux utilisées pour l'irrigation de l'amont, le volume de prise d'eau de la tête de prise de Sahamilahy (conformément aux volumes d'eau d'irrigation du périmètre P1) est également soustrait.

Selon les résultats du calcul du bilan hydrologique entre le volume d'eau utilisable en tant que ressource et le volume d'eau d'irrigation nécessaire, il est possible de procéder à l'irrigation de la superficie de 4.520 ha du périmètre P5.

#### c) Superficie d'irrigation du périmètre P1

Les ressources en eau proviennent de la rivière Sahamilahy et de ses 4 affluents. Le volume d'eau utilisable en tant que ressource est le débit des eaux de rivière, obtenu en soustrayant le débit des eaux utilisées pour l'irrigation de l'amont, du débit des eaux de ruissellement de ces cinq cours d'eau en période de sécheresse avec une probabilité de 5 ans.

D'après le calcul du bilan hydrologique entre le volume d'eau utilisable en tant que ressource et le volume d'eau d'irrigation nécessaire pour la superficie prévue de 5.350 ha, le volume des ressources en eau est insuffisant dans la période allant de la fin mars à la mi-avril. D'après les résultats, ceci correspond à une fréquence de sécheresse d'une année sur cinq, mais en raison de l'insuffisance du volume des ressources en eau utilisables, on peut supposer qu'il sera difficile de procéder à l'irrigation de la superficie de 5.350 ha qui était prévue dans le plan initial. La surface irrigable dans ce cas est de 4.540 ha (fin mars) d'après le même calcul du bilan hydrologique. La surface non irrigable correspond donc à  $5.340 \text{ ha} - 4.540 \text{ ha} = 810 \text{ ha}$ . Il sera nécessaire, pour permettre

l'irrigation de la superficie totale prévue initialement de 5.350 ha, d'assurer des ressources en eau pour la superficie manquante pendant la période d'insuffisance, à la fin mars.

③ Calcul du volume d'eau requis pour le plan des capacités du système d'irrigation

a) Volume d'eau unitaire prévu

Dans le plan des capacités du système d'irrigation, le volume d'eau unitaire prévu est de 1,70 lit/sec./ha en tenant compte des points suivants. <sup>1</sup>

- Une période de dix jours sans précipitations se remarque entre la fin février et le début mars, qui correspond à la saison de pointe pour la consommation agroalimentaire, à une fréquence d'une fois tous les 3 ans et il est par conséquent pertinent de prévoir la capacité du système d'irrigation sans tenir compte des précipitations utiles. (D'après le calcul du bilan hydrologique ci-dessus, le volume d'eau unitaire maximum sans tenir compte des précipitations utiles est de 1,66 lit/sec/ha dans le périmètre irrigué P5 (fin février) et de 1,70 lit/sec/ha pour le périmètre irrigué P1 (fin février). En revanche, le volume d'eau unitaire maximum en tenant compte des précipitations utiles est de 1,26 lit/sec/ha dans le périmètre irrigué P5 (fin mars) et de 1,32 lit/sec/ha pour le périmètre irrigué P1 (fin mars).
- Dans le rapport du projet de réhabilitation de la SOMALAC (Société malgache d'aménagement du Lac Alaotra) en 1986, le volume d'eau unitaire du système d'irrigation existant prévu était de 1,70 lit/sec/ha.

b) Système d'eau d'irrigation prévue et volumes de prise prévus pour les ouvrages de prise d'eau

Le diagramme du système d'eau prévu est élaboré à partir du volume d'eau unitaire prévu de 1,70 lit/sec/ha et de la superficie irriguée de chaque maille. Les volumes de prise prévus pour les ouvrages de prise d'eau sont les suivants.

**Tableau 2-2-3 Volumes de prise d'eau prévus à partir des rivières en tant que ressource**

| Périmètre irrigué/ Rivières en tant que ressource | Ouvrages de prise d'eau            | Capacité actuelle (m <sup>3</sup> /sec) | Volumes de prise d'eau prévus selon les volumes d'eau d'irrigation (m <sup>3</sup> /sec) | Volumes de prise d'eau prévus (m <sup>3</sup> /sec) |
|---|------------------------------------|---|--|---|
| Périmètre irrigué P5                              |                                    |   |  |   |
| Rivière Sahabe                                    | Tête de prise de Sahabe            | 8,00                                    | 7,68   | 8,00  |
| Périmètre irrigué P1                              |                                    |   |  |   |
| Rivière Sahamilahy                                | Tête de prise de Sahamilahy        | 4,00                                    | 4,00   | 4,00  |
| Collecteur nord                                   | Tête de prise d'Andranotsimihoatra | 2,00 (Max=2,8)                          | 2,00   | 2,00 (Max=2,8)                                      |
|   | Tête de prise d'Ambodifarihy       | 0,51                                    | 0,43   | 0,51  |
|   | Tête de prise d'Amparamanina       | 1,00 (Max=1,5)                          | 1,13   | 1,00 (Max=1,5)                                      |
|   | 2 petits ouvrages de prise d'eau   | 0,17                                    | 0,16   | 0,17  |

\* Remarque : Conformément au schéma du système d'eau d'irrigation par la SOMALAC.

<sup>1</sup> Se reporter au rapport de l'Assistance spéciale pour la formulation de projet (SAPROF) pour le projet d'irrigation et de gestion des bassins versants dans le sud-ouest du Lac Alaotra (mars 2009)

### **(3) Orientations à l'égard des conditions socio-environnementales**

Les quantités de la production rizicole augmenteront en fonction de l'amélioration de la situation de la gestion agricole obtenue grâce à la réhabilitation du système d'irrigation du périmètre irrigué PC23. Le projet contribuera donc non seulement à l'amélioration des moyens de subsistance des bénéficiaires mais aura également un impact positif sur l'économie de la région. En outre, étant donné l'absence de grands propriétaires terriens dans la zone cible du Projet, ce projet de coopération pourra probablement profiter de manière égalitaire à l'ensemble des familles de paysans.

Ce projet de coopération a pour objectif de réhabiliter le système d'irrigation existant et n'entraînera pas de nouveaux développements de grande envergure dans la zone cible. Par conséquent, les coutumes et les traditions actuelles des populations de la région bénéficiaire seront préservées.

Du point de vue du genre également, les travaux agricoles dans les communautés et dans les familles sont, par tradition, effectués par une collaboration entre hommes et femmes. Une répartition des tâches a lieu durant les activités de production rizicole mais l'augmentation de la superficie de cultures obtenue grâce à l'approvisionnement stable en eau d'irrigation par le présent projet ne donnera pas lieu à une charge supplémentaire de travail pour les femmes uniquement.

### **(4) Orientations à l'égard des conditions de construction et d'approvisionnement**

#### ① Lois applicables

Les salaires minimum ainsi que les heures de travail seront conformes aux stipulations du Code du travail de Madagascar.

#### ② Normes applicables

Etant donné qu'il n'existe pas de normes pour la conception et le contrôle des travaux de construction à Madagascar, les spécifications, la qualité et la mise à l'essai des matériels et équipements ainsi que des travaux du présent projet seront conformes aux normes ISO et JIS. Ce point a été confirmé avec l'organisme d'exécution malgache.

#### ③ Situation du secteur de la construction

Il n'existe, dans la zone à proximité du Lac Alaotra prévue pour la construction des installations dans le cadre du présent projet, qu'une seule entreprise de construction d'envergure moyenne qui a entrepris les travaux de réhabilitation des installations du périmètre d'irrigation PC15 mis en œuvre par l'Agence Française de Développement (AFD) et qui possède plusieurs engins comme des pelles rétrocaveuses, camion-bennes et bulldozers. Cette entreprise a également effectué des travaux de dragage des rivières et des canaux dans la zone ciblée par le présent projet. Par ailleurs, il existe plusieurs grandes entreprises de construction à Antananarivo, la capitale du pays, qui ont effectué des travaux de construction d'immeubles et d'élargissement des routes. Ces entreprises possèdent les principaux engins de construction et ont également l'expérience et les capacités requises pour les travaux.

Dans le présent projet, les travaux auront lieu sur un grand nombre de petits sites disséminés et leur qualité ainsi que leurs délais pourront probablement être assurés s'ils sont confiés à l'entreprise de

construction moyenne.

#### ④ Matériels et équipements des travaux

Le ciment, le sable, les graviers et les matériaux de remblai disponibles à Madagascar seront les matériels fournis localement. Les engins de construction ordinaires comme les pelles rétrocaveuses, les bulldozers et les grues, etc., peuvent également être fournis à Madagascar. L'armature disponible sur le marché de Madagascar étant importée, la comparaison sera faite entre les produits actuels et les produits importés du Japon et le produit le plus avantageux sera adopté. En outre, les vannes en acier à installer sur les partiteurs ne sont ni produites ni distribuées à Madagascar, et elles seront fournies à partir du Japon pour garantir leur qualité et afin de respecter le calendrier des travaux.

#### **(5) Orientations à l'égard des entreprises locales (entreprises de construction)**

Pour les travaux de réhabilitation des partiteurs et le dragage des canaux, les orientations porteront sur l'utilisation d'entreprises de construction moyennes locales en tenant compte de l'envergure et du niveau de difficulté des travaux.

#### **(6) Orientations à l'égard de l'exploitation, la gestion et la maintenance des installations**

L'exploitation, la gestion et maintenance du système d'irrigation une fois réhabilité seront effectuées par la Fédération des usagers de l'eau, regroupant les paysans bénéficiaires, qui sera chargée de collecter les redevances de l'eau auprès de chacun des utilisateurs. Un renforcement organisationnel de cette Fédération a été effectué dans le cadre du projet de coopération technique du Japon PAPRiz, sans toutefois que ses capacités se soient suffisamment développées. Il sera par conséquent nécessaire de prévoir, parallèlement à la réhabilitation des installations, une amélioration des capacités de gestion et maintenance de cette organisation conformément aux orientations suivantes.

- Les installations faisant l'objet du présent projet nécessitent obligatoirement une gestion et maintenance. Les techniques de gestion et maintenance basées sur les principes de préservation et de conservation devront donc être acquises pour les installations réhabilitées.
- Les méthodologies de contrôle de l'eau (manœuvre des vannes) appropriées devront être acquises afin de permettre aux installations réhabilitées de fonctionner pleinement leurs capacités rétablies.

Pour ces deux points, des activités de soutien seront prévues dans le cadre de la composante soft, et une gestion et maintenance durables du système seront recherchées par l'acquisition des connaissances et des techniques nécessaires.

#### **(7) Orientations à l'égard de la détermination du grade des installations et des équipements**

Des vannes et des distributeurs à fonctionnement automatique selon les différences de niveau d'eau étaient installés afin d'effectuer la régulation du niveau d'eau et du débit des ouvrages de prise d'eau et des canaux. Toutefois, si ces équipements sont faciles à utiliser, ils présentent l'inconvénient de ne pas pouvoir être réparés et réutilisés à Madagascar car leurs pièces de rechange sont très difficiles à se procurer. Par conséquent, le système tout entier est inutilisable en cas de défaut d'une petite partie des

équipements et il est laissé à l'abandon puisque les manœuvres de prise d'eau et de distribution appropriées ne peuvent pas être effectuées.

Ces équipements seront donc enlevés dans le cadre du présent projet et remplacés, comme dans le périmètre PC15 voisin, par des vannes fonctionnant manuellement, dont la manœuvre et la gestion et maintenance peuvent être effectuées facilement. Une formation sur la manœuvre, la gestion et maintenance de ces vannes sera donnée lors de la composante soft mentionnée au paragraphe précédent (6).

#### **(8) Orientations à l'égard des méthodes des travaux et d'approvisionnement en équipements et de la période d'exécution des travaux**

Les travaux de construction du présent projet seront effectués pendant la saison sèche (de la mi-avril à la mi-décembre) afin de ne pas gêner les activités agricoles de la saison des pluies dans les périmètres irrigués. Les travaux porteront sur les déversoirs de sécurité, les têtes de prise, les bassins de dessablement, le dragage des canaux, les partiteurs et les pistes rurales et seront disséminés sur l'ensemble des 10.000 ha environ du périmètre irrigué PC23. Ils seront prévus sur trois saisons sèches en raison de leur grande envergure. Ces travaux portent en totalité uniquement sur la construction d'ouvrages ordinaires et n'incluent aucune opération particulière comme l'amélioration des sols.

La construction d'ouvrages provisoires sera envisagée pour faire face aux crues des eaux des rivières dans la saison sèche. Pour ce qui est également du transport terrestre, de l'approvisionnement en machines de construction, des travaux de terrassement, de l'approvisionnement en matériels de construction et de la main d'œuvre, des efforts seront effectués afin de réduire les coûts en faisant appel aux entrepreneurs locaux.

## 2-2-2 Plan directeur

### (1) Contenu de la réhabilitation

Une réhabilitation visant à rétablir les fonctions du système d'irrigation existant sera effectuée afin d'atteindre l'objectif de « l'approvisionnement stable en eau d'irrigation ». Le contenu de la réhabilitation pour les installations concernées, les raisons et les orientations de cette réhabilitation sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2-2-4 Plan de réhabilitation**

| Installation                               | Raison de la réhabilitation  | Contenu de la réhabilitation  |
|--|--|---|
| 1. Réhabilitation du déversoir de sécurité | La structure du déversoir de sécurité existant manque de stabilité. Une vanne mobile sera ajoutée au déversoir conformément aux souhaits du secteur de Sahabe Miray.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation d'une nouvelle vanne mobile : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,0 m x 1</li> <li>• Réhabilitation totale du barrage de déversement : Béton ordinaire, Longueur = 10,0 m, fondation sur pieux en béton armé</li> <li>• Travaux subsidiaires : Installations de blocs de protection du lit, d'un mur de soutènement en maçonnerie humide et de gabions</li> </ul>  |
| 2. Réhabilitation de la tête de prise P5   | <p><b>【Corps principal de la tête de prise】</b><br/>Le barrage fixe de palplanches en acier manque de stabilité. La vanne déversoir est également vétuste.</p> <p><b>【Ouvrage de prise d'eau】</b> La mise en place d'un nouvel ouvrage de prise d'eau permettra de réduire l'écoulement de sable pendant les crues et les périodes sans irrigation.</p> <p><b>【Dessableur】</b><br/>Un nouveau dessableur sera construit pour sédimenter le sable écoulé et réduire l'écoulement de sable dans les canaux terminaux (rigoles) par une gestion et maintenance stables.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation totale du déversoir de sécurité : Béton ordinaire, Longueur = 55,9 m, fondation sur pieux en béton armé</li> <li>• Réhabilitation totale du déversoir : Béton armé, Longueur = 8,4 m, fondation sur pieux en béton armé, Vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,8 m x 3 unités</li> <li>• Installation nouvel ouvrage de prise d'eau : Béton armé, Largeur = 18,8 m, fondation sur pieux en béton armé, Vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,9 m x 8 unités</li> <li>• Installation nouveau dessableur : Largeur = 16,0 m, Longueur = 60,0 m, fondation sur pieux en béton armé</li> <li>• Travaux subsidiaires : Installations de blocs de protection du lit, d'un mur de soutènement en maçonnerie humide et de gabions</li> </ul> |
| 3. Réhabilitation de la tête de prise P1   | <p><b>【Corps principal de la tête de prise】</b><br/>La vanne déversoir sera réhabilitée en raison de sa vétusté et de la baisse de ses fonctions.</p> <p><b>【Ouvrage de prise d'eau】</b><br/>L'ouvrage de prise d'eau actuel sera réhabilité car il ne fonctionne plus.</p> <p><b>【Dessableur】</b><br/>Un nouveau dessableur sera construit pour sédimenter le sable écoulé et réduire l'écoulement de sable dans les canaux terminaux (rigoles) par une gestion et maintenance stables.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,8 m x 0,8 m x 3 unités</li> <li>• Réhabilitation ouvrage de prise d'eau : Béton armé, fondations directes, Vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,5 m x 1,3 m x 2 unités</li> <li>• Installation nouveau dessableur : Largeur = 10,0 m, Longueur = 60,0 m, fondation sur pieux en bois</li> <li>• Travaux subsidiaires : Installations d'un mur de soutènement en maçonnerie humide</li> </ul>  |



| Installation  | Raison de la réhabilitation  | Contenu de la réhabilitation   |
|---|--|--|
| 4. Réhabilitation de la tête de prise d'Andranotsimihotra | L'ouvrage de prise d'eau actuel sera réhabilité car il ne fonctionne plus. Un dessableur sera également mis en place.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 0,6 m x 0,8 m x 4 unités</li> <li>• Réhabilitation ouvrage de prise d'eau : Béton armé, fondation sur pieux en béton armé, Vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,3 m x 1,1 m x 2 unités</li> <li>• Installation nouveau dessableur : Béton armé, Largeur = 6,0 m, Longueur = 50,0 m, fondation sur pieux en bois</li> <li>• Travaux subsidiaires : Installations d'un mur de soutènement en maçonnerie humide</li> </ul>  |
| 5. Réhabilitation de la tête de prise d'Ambodifarihy      | Pas de problème concernant la structure de la tête de prise et de l'ouvrage de prise d'eau existants. La vanne déversoir et la vanne de prise d'eau qui sont vétustes et ne fonctionnent plus seront remplacées. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 0,7 m x 1,2 m x 2 unités</li> <li>• Remplacement de la vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 0,8 m x 1,2 m x 2 unités</li> </ul>  |
| 6. Réhabilitation de la tête de prise d'Amparamanina      | Pas de problème concernant la structure de la tête de prise et de l'ouvrage de prise d'eau existants. La vanne déversoir et la vanne de prise d'eau qui sont vétustes et ne fonctionnent plus seront remplacées. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacement vanne déversoir : Largeur x Hauteur x Nombre = 1,1 m x 1,1 m x 2 unités</li> <li>• Remplacement de la vanne de prise d'eau : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 2,0 m x 1 unité</li> </ul>   |
| 7. Réhabilitation du canal principal P5                   | Etant donné l'accumulation du sable qui s'est écoulé dans les canaux existants, un dragage sera effectué pour maintenir les capacités d'écoulement des canaux.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 6.235 km</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 4 emplacements, réhabilitation partielle 1 emplacement, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul>  |
| 8. Réhabilitation du canal secondaire P5                  | Idem   | <ul style="list-style-type: none"> <li>[C5.3] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 0,65 km</li> <li>[C5.5] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 7,876 km</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 8 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> <li>[C5.6] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 8,914 km</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 9 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul>   |
| 9. Réhabilitation du canal principal P1                   | Idem   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 23,974 km</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 16 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul>  |
| 10. Réhabilitation du canal secondaire P1                 | Idem   | <ul style="list-style-type: none"> <li>[C1.0] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 1,955 km</li> <li>[C1.1] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 1,898 km</li> <li>[C1.2] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 0,876 m</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 1 emplacement, installation béton armé et vanne de partiteur</li> <li>[C1.3] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 7,914 km</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 5 emplacements, nouvelle construction : 3 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> <li>[C1.4] Dragage du sable accumulé, façonnage de la section transversale du canal : Longueur = 2,253 km</li> <li>• Réhabilitation du partiteur : réhabilitation totale 2 emplacements, installation béton armé et vanne de partiteur</li> </ul> |

| Installation   | Raison de la réhabilitation   | Contenu de la réhabilitation   |
|--|---|--|
| 11. Réhabilitation des installations de régulation du niveau d'eau | La vanne de régulation du niveau d'eau existante ne fonctionne pas, elle sera retirée et une nouvelle vanne, de gestion et maintenance faciles, sera installée.   | Réhabilitation totale 2 emplacements, installation béton armé et vanne : Largeur x Hauteur x Nombre = 2,0 m x 1,6 m x 1 unité  |
| 12. Réhabilitation des pistes rurales                              | Réhabilitation car ces pistes font obstacle à la bonne circulation pendant les travaux agricoles et à la gestion et maintenance.  | <p><u>Périmètre irrigué P5</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation de la piste rurale RM : Longueur = 6,235km</li> <li>• Réhabilitation de la piste rurale R2 : Longueur = 18,358km (S1=7,891km, S2=10,467km)</li> <li>• Réhabilitation de la piste rurale R1 : Longueur =4,922km</li> </ul> <p><u>Périmètre irrigué P1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réhabilitation de la piste rurale RM : Longueur =23,913km</li> <li>• Réhabilitation de la piste rurale R2 : Longueur = 21,570km (N1=3,398km, N2=8,860km)</li> <li>• Réhabilitation de la piste rurale R1 : Longueur = 17,120km (N1=14,297km, N2=2,823km)</li> </ul> |
| 13. Composante soft  | Après la réhabilitation du système d'irrigation, élaboration d'un manuel de gestion du système d'irrigation pour assurer la durabilité de la gestion agricole et réalisation des formations sur les techniques de gestion et maintenance du système d'irrigation. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboration d'un manuel de gestion du système d'irrigation et réalisation des formations sur les techniques de gestion et maintenance du système d'irrigation.</li> </ul>   |

(2) Plan de situation des installations concernées

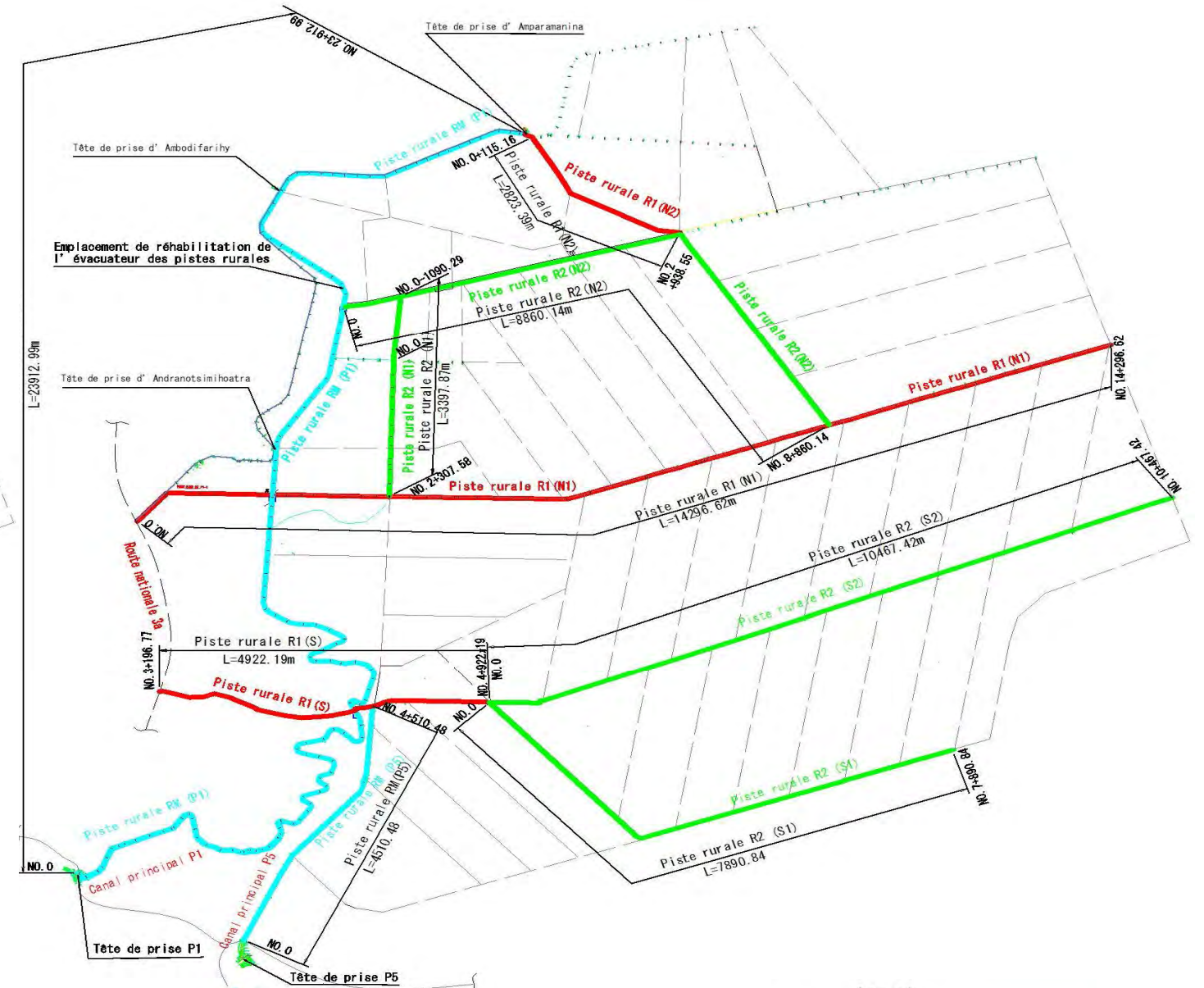
Plan de situation de réhabilitation des installations d'irrigation



Légende

|   |  |
|---|--|
| Collecteur nord                             |  |
| Canal principal                             |  |
| Canal secondaire                            |  |
| Canal tertiaire (hors projet)               |  |
| Canal de drainage (hors projet)             |  |
| Partiteurs du canal principal et secondaire |  |
| Numéro de maille P5                         |  |
| Numéro de maille PI                         |  |
| Vanne de régulation du niveau d' eau        |  |

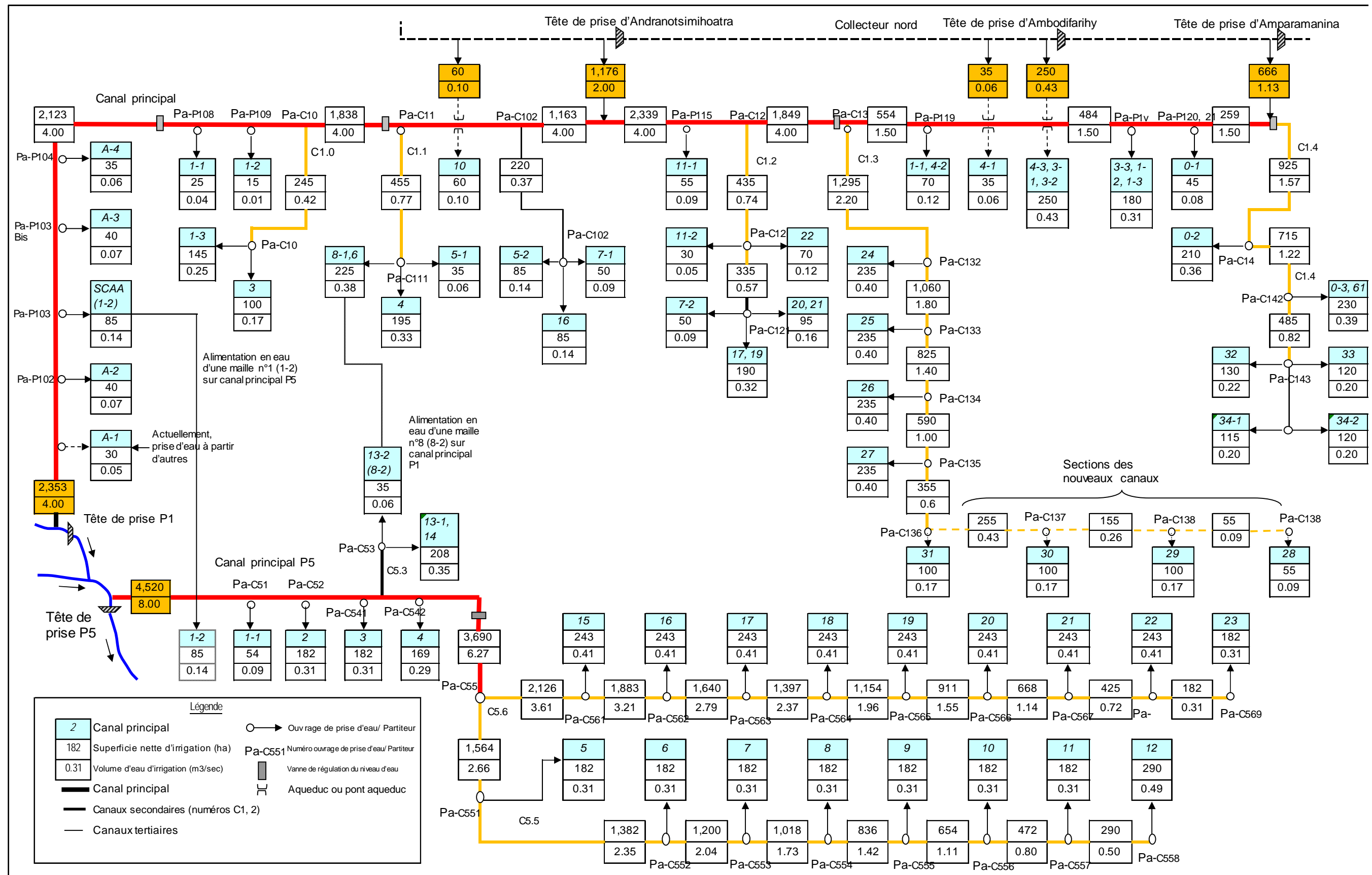
Plan de situation de réhabilitation des pistes rurales d'irrigation



Légende

|                  |  |
|------------------|--|
| R1 (principale)  |  |
| R2 (secondaire)  |  |
| RM (maintenance) |  |

(2) Schéma des eaux d'irrigation



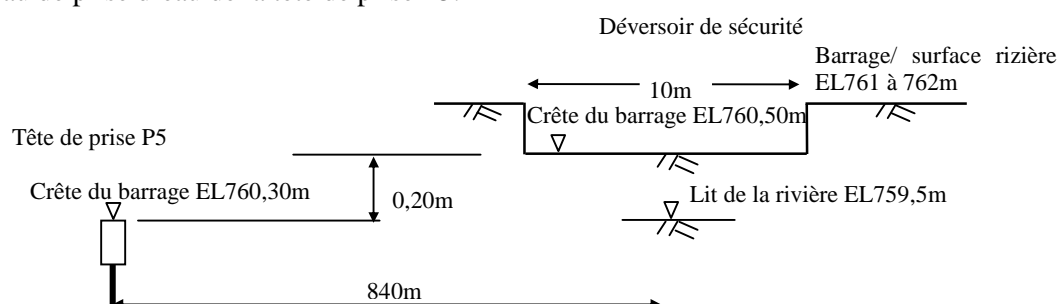
## 2-2-2-1 Réhabilitation du déversoir de sécurité

### (1) Orientations de la réhabilitation

- Le déversoir de sécurité actuel sera réhabilité afin de réduire les dégâts des inondations dans la partie en aval des périmètres irrigués situés en amont de la rivière Sahabe.
- L'étude sur la stabilité structurelle, comme la longueur de la trajectoire de percolation, ainsi que la longueur et l'épaisseur du radier du barrage, effectuée conformément au plan simplifié des structures du déversoir existant construit par le PAPRiz, a montré que les valeurs requises n'étaient pas obtenues. Le déversoir est par conséquent structurellement instable et nécessite une réhabilitation totale.
- Les travaux comprendront, outre la réhabilitation du barrage de déversement, la mise en place d'une vanne mobile sur la base de l'accord conclu entre les Associations des usagers de l'eau en amont et en aval. Le volume de décharge sera conforme aux capacités d'écoulement de la rivière de décharge.

### (2) Calcul des caractéristiques hydrauliques

Lors de la réhabilitation, l'élévation de la crête du barrage ne sera pas modifiée (EL 760,5 m) afin d'assurer le niveau de prise d'eau de la tête de prise P5.

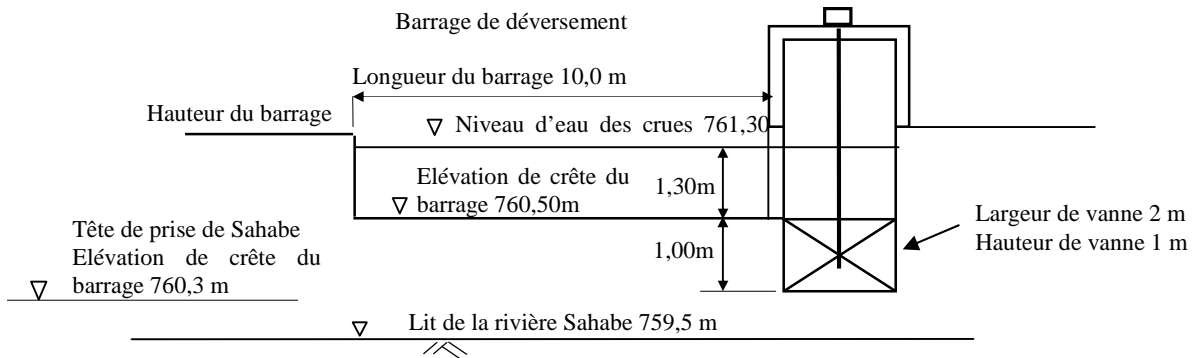


**Figure 2-2-3 Caractéristiques du Plan hydraulique du déversoir de sécurité**

Des terrains agricoles étant situés en aval de la rivière de décharge du déversoir de sécurité, pour l'envergure du déversoir, on planifiera les dimensions de la vanne et la longueur du barrage de déversement (longueur actuelle de 10 m) ne dépassant pas les capacités d'écoulement de la rivière de décharge, et les caractéristiques de base seront déterminées par les démarches hydrauliques ci-dessous.

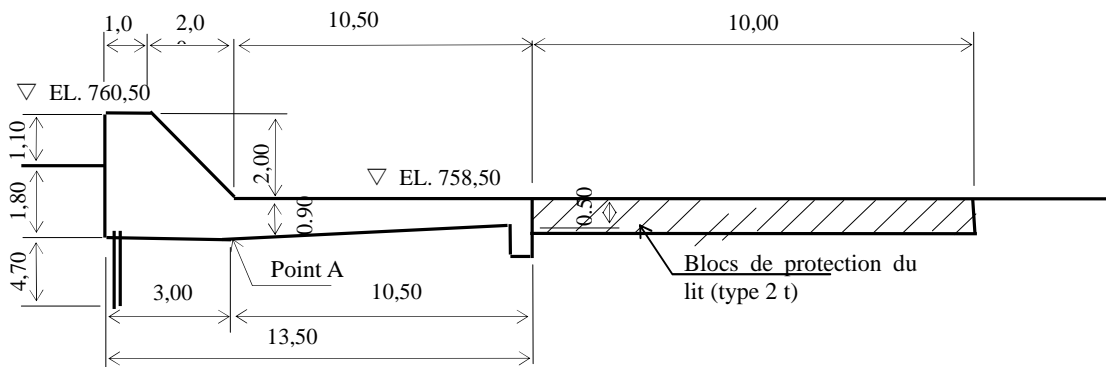
- 1) La forme de la rivière de décharge est extrêmement irrégulière et ses capacités d'écoulement sont au maximum  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$ , supposées à partir de la forme du profil longitudinal et transversal de la rivière en amont et en aval de la section transversale de la route nationale.
- 2) La longueur de 10 m du barrage de déversement actuel a été décidée avec l'accord des paysans et cette longueur sera conservée.
- 3) L'estimation d'une longueur du barrage et de l'envergure de la vanne à partir des capacités d'écoulement de la rivière de décharge ( $Q = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$  environ) et de la largeur actuelle de la

rivière, conduit à une conclusion qu'une longueur de barrage de 10 m et une vanne de 2 m de largeur x 1 m de hauteur sont appropriées. Le débit de décharge dans ce cas sera de  $Q = 41,5 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $\approx 40 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) (partie barrage  $29,6 \text{ m}^3$  + partie vanne  $11,9 \text{ m}^3$ ).



**Figure 2-2-4 Schéma de la réhabilitation du déversoir de sécurité**

### (3) Conception du barrage fixe



**Figure 2-2-5 Plan en coupe du barrage fixe du déversoir de sécurité**

#### 1) Calcul de la longueur du radier en aval

Un radier sera installé du côté en aval de l'ouvrage de consolidation du lit pour éviter l'affouillement du lit de la rivière en aval. La longueur du radier en aval est recherchée selon la formule de Bligh.

$$l_1 = 0,6 \cdot C \cdot \sqrt{D_1} = 0,6 \times 12 \times \sqrt{2,0} = 10,18\text{m} \leq 10,50\text{m} \quad (\text{OK})$$

Dans laquelle  $l_1$  : Longueur du radier en aval (m)

$D_1$  : Hauteur de la surface supérieure du barrage à la surface supérieure du radier (m)

$$D_1 = \text{EL } 760,5\text{m} - \text{EL } 758,5\text{m} = 2,00\text{m}$$

$C$  : Sable grossier ( $C=12$ ) selon les coefficients de Bligh et les résultats de l'étude géologique

#### 2) Etude de la longueur de la trajectoire de percolation du radier en aval

Pour éviter le phénomène de renard, la longueur de la trajectoire de percolation sera gardée le long de la surface de fondation du barrage fixe (longueur de fluage). La plus grande des valeurs calculées à partir de la méthode Bligh (i) et de la méthode Lane (ii) sera la longueur de la trajectoire de percolation devant être gardée.

i) Méthode Bligh

$$S \geq C \cdot \Delta H = 12 \times 2,00 = 24,0\text{m} \leq 25,2\text{m} \quad (\text{OK})$$

Dans laquelle S : Longueur de la trajectoire de percolation mesurée le long de la surface de fondation du barrage (m)  $S = 1,8 + 4,7 \times 2 + 13,5 + 0,5 = 25,2\text{m}$

C : Coefficient de Bligh (sable grossier)  $C = 12$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = \text{EL. } 760,5\text{m} - \text{EL. } 758,5\text{m} = 2,00\text{m}$

ii) Méthode de Lane

$$L \geq C' \cdot \Delta H = 5,0 \times 2,00 = 10,00\text{m} \leq 16,03\text{m} \quad (\text{OK})$$

Dans laquelle L : Trajectoire de percolation pondérée (m),  $L = \sum \ell_v + 1/3 \cdot \sum \ell_h = (1,8 + 4,7 \times 2 + 0,5) + 1/3 \times 13,5 = 16,2\text{m}$

C' : Coefficient de fluage pondéré de Lane (sable grossier)  $C' = 5,0$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = 2,00\text{m}$

On utilise le sable grossier en tant que socle de fondation pour le coefficient C de Bligh et le coefficient C' de fluage pondéré de Lane dans i) et ii).

En fonction des résultats ci-dessus, une longueur de radier en aval de 10,50 m satisfait les deux formules et assure la sécurité.

### 3) Etude de l'épaisseur du radier en aval

L'épaisseur du radier en aval est recherchée par la formule ci-dessous relative à l'équilibre de la sous-pression.

$$t \geq 4/3 \cdot (\Delta H - H_f) / (\gamma - 1) = 4/3 \times (2,00 - 1,13) / (2,35 - 1) = 0,86 \text{ m} \leq 0,90\text{m}$$

Dans laquelle t : Epaisseur du radier à l'emplacement de l'étude (m),

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = 2,00\text{m}$

H<sub>f</sub> : Pertes de charge de l'eau de percolation jusqu'à l'emplacement de l'étude (m)

$\gamma$  : Poids spécifique des matériaux du barrage et du radier  $\gamma = 2,35 \text{ tf/m}^3$

4/3 : Taux de sécurité

Longueur totale de la trajectoire de percolation : Pression libérée par tuyau à l'extrémité du radier

$$L = 25,20\text{m}$$

Longueur de la trajectoire de percolation jusqu'au point A :

$$L_A = 1,80 + 4,7 \times 2 + 3,0 = 14,20\text{m}$$

$$\text{Pertes de charge de l'eau de percolation jusqu'au point A : } H_f = L_A/L \times \Delta H = 14,20 / 25,20 \times 2,00 = 1,13\text{m}$$

#### 4) Etude de la longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval

La longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval est étudiée avec la méthode de Bligh qui est la formule empirique.

$$L_r = L - l_a$$

$$L = 0,67 \cdot C \cdot \sqrt{\Delta H \cdot q} \cdot f = 0,67 \times 12 \times \sqrt{(2,00 \times 3,2)} \times 1,0 \text{ (Taux de sécurité) } = 20,3\text{m}$$

Dans laquelle  $L_r$  : Longueur de l'ouvrage de protection du lit

$L$  : Longueur totale de l'ouvrage de protection (m) y compris longueur du radier ( $l_a$ ) et longueur de l'ouvrage de protection du lit ( $L_r$ )

$l_a$  : Longueur du radier en aval  $l_a = 10,50$  m

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau

$$\Delta H = \text{EL. } 760,5\text{m} - \text{EL. } 758,5\text{m} = 2,00 \text{ m}$$

$q$  : Débit par largeur unitaire au moment du débit maximum ( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ )

$$q = 40\text{m}^3/\text{sec} \div 12,5\text{m} = 3,2 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$$

Par conséquent, la longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval est  $L_r = 20,3 - 10,5 = 9,8 \text{ m} \approx 10,0$  m

#### 5) Etude des blocs pour la protection du lit en aval

La grosseur d'un bloc de protection du lit en aval sera de 2 tf/unité en tenant compte d'une inclinaison du cours d'eau plus faible que celle des travaux ordinaires pour les rivières de 1/1.000 (pour le barrage concerné 1/2.200).

#### 6) Conception des travaux de fondation

L'étude des pieux de fondation sera menée conformément aux conditions géologiques ci-dessous. En résultat de l'étude, les pieux de fondation seront en béton armé, en carrés de 0,25 m et d'une longueur de 4 m et ils seront disposés comme indiqué sur la figure ci-dessous.



## Déversoir de sécurité Conception des pieux

Pieux et nature des sols

| Profondeur | Élévation | Longueur de pieu | Valeur N | fi = 0,2N | Épaisseur de couche (li) | Σfixli |
|------------|-----------|------------------|----------|-----------|--------------------------|--------|
| GL         | 760,3     |                  | 4        |           |                          |        |
| 1          | 759,3     |                  | 7        |           |                          |        |
| 2          | 758,3     | 758,0m           | 3        |           |                          |        |
| 3          | 757,3     |                  | 7        | 1,4       | 0,7                      | 1,0    |
| 4          | 756,3     |                  | 5        | 1,0       | 1,0                      | 1,0    |
| 5          | 755,3     | 5m               | 14       | 2,8       | 1,0                      | 2,8    |
| 6          | 754,3     |                  | 16       | 3,2       | 1,0                      | 3,2    |
| 7          | 753,3     |                  | 17       | 3,4       | 1,0                      | 3,4    |
| 8          | 752,3     |                  | 15       |           |                          |        |
| 9          | 751,3     |                  | 16       |           |                          |        |
| 10         | 750,3     |                  | 6        |           |                          |        |
| 11         | 749,3     |                  | 9        |           |                          |        |
| 12         | 748,3     |                  | 8        |           |                          |        |
| 13         | 747,3     |                  | 12       |           |                          |        |
|            |           | Total            | Σlixfi   | 6,6       | 2                        | 11,4   |

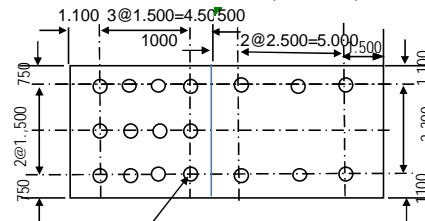
$$\text{Longueur d'enfoncement} = 3,0 / 0,25 = 12,0 \rightarrow 5D$$

$$\text{Valeur N moyenne} = (17 + 14) / 2 = 15$$

$$\begin{aligned} \text{Force portante à l'extrémité} &= 30 \text{ NavexAp} = 30 \times 15 \times 0,25 \times 0,25 \\ &= 28,1 \text{ tonnes} \end{aligned}$$

Disposition des pieux

|                                    |   |      |
|------------------------------------|---|------|
| Diamètre (m)                       | Rectangle   | 0,25 |
| Force de frottement latéral        | $= 11,4 \times 0,25 \times 4 =$                     | 11,4 |
| Force portante à l'extrémité       |   | 28,1 |
| Force portante limite              |   | 39,5 |
| Taux de sécurité                   | Pieu de friction (pieu porteur incomplet)           | 4    |
| Force portante admissible par pieu |   | 10   |
| Charge                             | 103,7 tonnes au radier amont 4,5 m x 6 m / 10       |      |
|                                    | $= 10,4 \text{ pieux} \rightarrow 12 \text{ pieux}$ |      |



Pieu en béton armé  $\square 0,25 \times 0,25$ m

Charge 56t au radier aval 4,5m x 7,5m / 10  
 $= 5,6 \text{ pieux} \rightarrow 6 \text{ pieux}$

Nombre de pieux (au radier) 18 pieux

**Figure 2-2-6 Conception des pieux de fondation**

### 2-2-2-2 Réhabilitation de la tête de prise P5

#### (1) Situation actuelle et orientations de la réhabilitation

- Les principales structures du corps du barrage de la tête de prise P5 et des ouvrages de revêtement des rives sont fabriquées en palplanches d'acier et deux vannes déversoirs (vannes coulissantes manuelles de 1,8 m de largeur x 1,0 m de hauteur, construites en 1971) sont installées sur la rive gauche.
- Le calcul de l'autostabilité des palplanches du corps du barrage a été effectué conformément au plan des travaux de la tête de prise mis en œuvre (aux environs de 1986) par la SOMALAC lors de la réhabilitation du chaperon de muret en béton de la partie supérieure des palplanches du corps du barrage et d'une partie de la vanne déversoir. La longueur d'enfoncement des palplanches dans le sable est insuffisante et on a jugé qu'elles manquaient de stabilité pour une utilisation ultérieure.
- Une prise d'eau est installée sur la rive gauche mais il s'agit d'une structure de prise naturelle dépourvue d'ouvrage et l'écoulement de sable dans le canal principal est inévitable pendant la saison des crues qu'il y ait ou non de prise d'eau.
- Des vannes de prise d'eau (vanne coulissante manuelle de 2,2 m de travée nette x 2 unités, construites en 1971) sont installées à environ 300 m en aval de la bouche de prise d'eau. Il s'agit de vannes de type deux broches, mais elles sont vétustes et ne fonctionnent plus. D'après le test

au scléromètre (marteau Schmidt), la résistance du béton des pieux des vannes est suffisante.

- Le revêtement des rives droite et gauche est en palplanches d'acier renforcées par des barres de liaison. La construction ayant eu lieu aux environs de 1971, la corrosion de la partie inférieure des palplanches est probablement avancée et il est difficile de considérer qu'elles pourront résister à une utilisation quasi-permanente à l'avenir. Par ailleurs, l'effondrement du talus en pierres en aval du revêtement en palplanches d'acier de la rive gauche se poursuit et l'ensemble du revêtement de ces rives en palplanches risque de s'écrouler si ce talus est laissé tel quel.
- Selon ce qui précède, le plan de réhabilitation portera sur la réhabilitation du barrage fixe, du déversoir et de l'ensemble du revêtement des rives. En outre, des vannes de prise d'eau et un dessableur seront installés afin d'éviter la pénétration de sable. La vanne existant actuellement en aval de la prise d'eau est nécessaire à l'exécution de la maintenance du dessableur. Par conséquent, le corps en béton sera conservé et les deux vannes coulissantes seront remplacées par de nouvelles dans le plan de réhabilitation.

## **(2) Concept de base**

### **1) Débit de crues de conception**

#### **① Année de probabilité d'excédent relative au projet de réhabilitation**

L'étude de l'année de probabilité d'excédent à partir de l'importance de la rivière et de l'envergure du projet au moment de la conception a montré que la rivière Sahabe était un cours d'eau ordinaire s'écoulant de la zone montagneuse vers l'aval, et l'on peut considérer qu'une envergure de projet de moins dix ans de probabilité d'excédent est appropriée.

#### **② Débit de crues à l'emplacement de la tête de prise P5**

Le débit de crues de la rivière Sahabe avec probabilité de dix ans est de 2.837 m<sup>3</sup>/sec à l'emplacement du pont traversant la route nationale 3a (selon l'étude de développement de la JICA en janvier 2008). D'autre part, la tête de prise P5 a été construite à 135 m en aval du pont traversant la route nationale 3a. Etant donné le rétrécissement d'une zone où se trouve ce pont, on peut supposer qu'au moment des crues, le bassin versant en amont du pont transversal fera office de plaine de débordement qui sert au contrôle des inondations et que le débit de crues s'écoulant du pont en aval diminuera en fonction des capacités d'écoulement de la rivière à l'emplacement du pont.

Par ailleurs, les résultats de l'observation des traces d'inondation sur la culée en béton du pont ferroviaire traversant la route nationale ont montré un niveau d'eau de 761,9 m en tant que niveau d'eau au moment des crues (à savoir environ 1,6 m plus haut que les 761,29 m d'altitude de la crête du barrage en palplanches actuel de la tête de prise P5).

D'après l'enquête verbale effectuée auprès des paysans et des pêcheurs locaux, les crues n'ont jamais dépassé les barrages des deux rives situées entre la tête de prise P5 et la route nationale en amont par le passé. D'autre part, d'après le plan de réhabilitation de la tête de prise établi par la SOMALAC, la hauteur du barrage est de EL762,5 m. La différence avec le niveau d'eau de 761,9 m relevé lors de l'observation des traces de crues est uniquement de 0,6 m et, en tenant compte de la hauteur de vague au

moment des crues, on peut considérer que la hauteur des traces mesurée correspond à la hauteur maximum du niveau d'eau. Les résultats des analyses de ces études ont permis de conclure qu'un débit de crues de conception de  $160 \text{ m}^3/\text{sec}$  à l'emplacement de la tête de prise P5 était pertinent.

### ③ Inclinaison du lit de la rivière Sahabe

L'inclinaison du lit d'une rivière peut être calculée à partir de la granulométrie de la terre composant ce lit. Elle est recherchée par la formule des relations entre l'inclinaison du lit  $i$  et le diamètre moyen des graviers  $dm$ .

$$dm = 19,86 \times 104(\sqrt{i})^{3,764} - 39 \times 106(\sqrt{i})^{6,31} \quad (\sqrt{I} < 0,1)$$

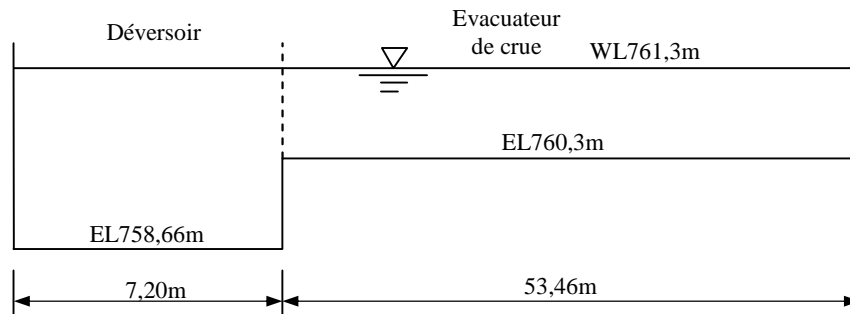
Le diamètre moyen à proximité de la prise d'eau du canal principal recherchée et analysée dans le cadre du présent projet est de  $dm = d_{60} = 1,2 \text{ mm}$ . Le diamètre moyen obtenu à partir des données des résultats de l'analyse granulométrique (N°3) du lit de la rivière à proximité de la tête de prise P5 lors de l'étude du concept de base par la JICA (2008) était de  $d_{60} = 0,85 \text{ mm}$ . En fonction des résultats de ces études, en prenant  $d_{60} = 0,85$  à  $1,2 \text{ mm}$  comme diamètre moyen, l'inclinaison du lit de la rivière obtenue est de  $i = 1/2000$  à  $1/2400$ .

Selon ce qui précède, la valeur moyenne pour l'inclinaison du lit est supposée être  $i = 1/2200$ .

### ④ Profondeur en aval du barrage au moment de ruissellement du débit de crue de conception

Pour une inclinaison du lit de  $i = 1/2200$ , la profondeur en aval du barrage au moment de ruissellement d'un débit de crue de conception de  $160 \text{ m}^3/\text{sec}$  est de  $2,2 \text{ m}$ .

### ⑤ Niveau d'eau au moment de ruissellement du débit de crue de conception



**Figure 2-2-7 Niveau d'eau à l'écoulement du débit conçu de crue pour la tête de prise P5**

Etant donné que le niveau d'eau en aval du barrage au moment de ruissellement d'un débit de crue de conception de  $160 \text{ m}^3/\text{sec}$  est supposé être environ de  $2,2 \text{ m}$  de profondeur, le niveau d'eau correspond à  $EL 758,5 \text{ m}$  de hauteur du lit de la rivière en aval +  $2,2 \text{ m} = EL 760,7 \text{ m}$ . Le rapport de la profondeur des cours d'eau entre l'amont et l'aval à la crête du barrage est  $d_2/d_1 = 0,4 < 2/3$ , ce qui laisse supposer un déversement total. Par conséquent, le coefficient du débit de déversement du barrage fixe de l'évacuateur de crue correspond à  $K = 2,0$ , la partie déversoir est considérée comme un barrage de crête large et le débit est calculé en appliquant un coefficient de débit  $K = 1,7$ .

$$Q = K \cdot L \cdot d1^{3/2}$$

Dans laquelle

Q : débit de déversement du barrage (m<sup>3</sup>/sec)

d1 : profondeur de déversement en amont du barrage (m)

L : largeur de déversement du barrage (m)

K : coefficient de débit

Le calcul hydraulique montre que le débit de crues de conception s'écoule dans une proportion de 107 m<sup>3</sup>/sec à l'évacuateur de crues et de 53 m<sup>3</sup>/sec au déversoir, à partir d'un niveau d'eau en amont du barrage de 761,3 m, pour un total de 160 m<sup>3</sup>/sec. On peut par conséquent considérer que la hauteur actuelle du barrage par rapport aux crues de conception (environ EL 762,5 m) présente une sécurité suffisante contre les crues.

## **2) Type de barrage**

Le barrage sera de type flottant identique au barrage actuel et composé d'un évacuateur de crues de barrage fixe, d'un déversoir et d'un ouvrage de prise d'eau.

## **3) Conception du déversoir**

### **① Débit standard de refoulement**

L'inclinaison du lit de la rivière étant de  $i = 1/2.200$ , le déversoir sera prévu pour une rivière à cours modéré et le débit standard de refoulement de sable sera le débit moyen de la période d'irrigation d'environ 20 m<sup>3</sup>/sec.

### **② Largeur du déversoir**

La largeur du déversoir est déterminée en fonction de l'envergure de la vanne déversoir et de la pile de vanne, ainsi que du nombre de vannes. La vanne déversoir sera manuelle, avec une largeur d'ouverture de 2,0 m x hauteur de 2,0 m. L'épaisseur de la pile sera de 0,6 m.

La hauteur de fondation de l'orifice d'entrée du déversoir a été décidée à EL758,9 m environ à partir de la situation actuelle du lit de la rivière, et la hauteur du lit en aval du radier de déversoir sera de EL758,5 m. Par ailleurs, au moment du charriage du déversoir, le nombre de Froude objectif sera de  $Fr = 1,75$  environ pour un écoulement supercritique, et la conception se fera pour que le niveau d'eau à l'orifice d'entrée du déversoir soit à peu près identique à celui de prise de conception du barrage de 760,3 m environ. De plus, la profondeur d'eau conjuguée au ressaut hydraulique se produisant en aval du déversoir sera conçue de manière à ne pas être beaucoup plus élevée que le niveau d'eau de 759,5 m en aval au moment de ruissellement de 20 m<sup>3</sup>/sec.

Si trois vannes déversoirs sont prévues, la largeur de déversoir est de 7,2 m, le niveau d'eau à l'orifice d'entrée du déversoir devient 760,28 m, ce qui correspond au niveau d'eau de conception. En outre, la profondeur conjuguée en aval présente une différence de 0,25 m environ et aucun problème particulier n'est à prévoir pour l'ouvrage de protection du lit.

### **③ Conception hydraulique du déversoir**

Le calcul hydraulique est effectué pour une largeur de déversoir de 7,2 m, un débit standard de

refoulement de sable de  $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ , une longueur de radier de 43 m, un coefficient de rugosité de  $n = 0,017$  et une hauteur du lit de la rivière en aval de 758,5 m, et une inclinaison du déversoir de  $1/108,5$ , le nombre de Froude de 1,67, une hauteur de fondation à l'orifice d'entrée de 758,9 m et un niveau d'eau à l'orifice d'entrée de 760,28 m ont été obtenus.

#### ④ Conception du radier de déversoir

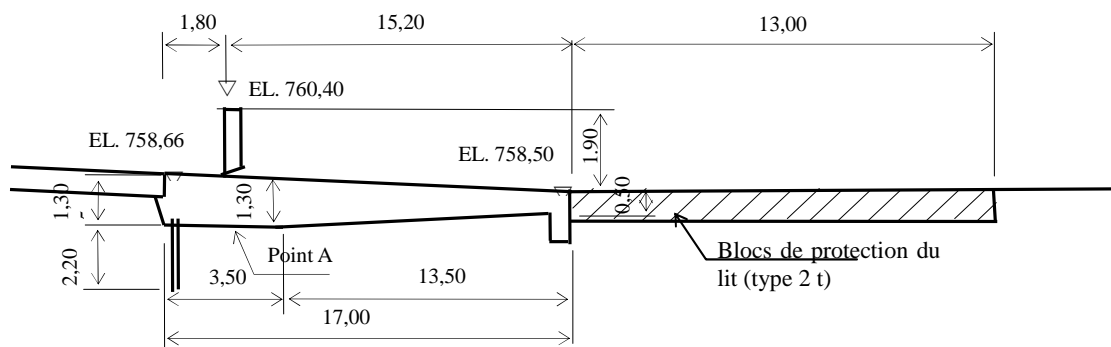


Figure 2-2-8 Plan en coupe standard du radier de déversoir

##### a) Longueur du radier

La longueur du radier est calculée selon la formule de Bligh.

$$l_1 = 0,9 \cdot C \sqrt{D_1} = 0,9 \times 12 \times \sqrt{1,9} = 14,89 \text{ m} \leq 15,20 \text{ m}$$

Dans laquelle  $l_1$  : Longueur du radier en aval (m)

$D_1$  : Hauteur de la surface supérieure de la vanne déversoir à la surface supérieure du radier (m)

$$D_1 = \text{EL } 760,40 \text{ m} - \text{EL } 758,50 \text{ m} = 1,90 \text{ m}$$

$C$  : Coefficient de Bligh (sable grossier)  $C = 12$

Par conséquent, la longueur du radier de déversoir sera de 15,20 m.

##### b) Méthode d'étude de la longueur de la trajectoire de percolation

Pour éviter le phénomène de renard, la longueur de la trajectoire de percolation sera gardée. La plus grande des valeurs calculées à partir de la méthode Bligh (i) et de la méthode Lane (ii) sera la longueur de la trajectoire de percolation devant être gardée.

##### i) Méthode Bligh

$$S \geq C \cdot \Delta H = 12 \times 1,9 = 22,8 \text{ m} \leq 23,70 \text{ m}$$

Dans laquelle,  $S$  : Longueur de la trajectoire de percolation mesurée le long de la surface de fondation du radier (m)

$$S = 3,50 + 2,2 + 2,3 + 15,2 + 0,5 = 23,70 \text{ m}$$

$C$  : Coefficient de Bligh (sable grossier)  $C = 12$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = \text{EL. } 760,40 \text{ m} - \text{EL. } 758,50 \text{ m} = 1,90 \text{ m}$

## ii) Méthode de Lane

$$L \geq C' \cdot \Delta H = 5,0 \times 1,90 = 9,50\text{m} \leq 12,03\text{m}$$

Dans laquelle  $L$  : Trajectoire de percolation pondérée (m),  $L = \sum \ell_v + 1/3 \cdot \sum \ell_h$

$$L = 6,20 + 1/3 \times 17,5 = 12,03\text{m}$$

$C'$  : Coefficient de fluage pondéré de Lane (sable grossier)  $C' = 5,0$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = 1,90\text{m}$

En fonction des résultats ci-dessus, une longueur de radier de 15,20 m satisfait les deux formules et assure la sécurité.

## c) Epaisseur du radier

L'épaisseur du radier en aval est recherchée par la formule ci-dessous relative à l'équilibre de la sous-pression.

$$t \geq 4/3 \cdot (\Delta H - H_f) / (\gamma - 1)$$

Dans laquelle  $t$  : Epaisseur du radier à l'emplacement de l'étude (m)

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = 1,90\text{m}$

$H_f$  : Pertes de charge de l'eau de percolation jusqu'à l'emplacement de l'étude (m)

$\gamma$  : Poids spécifique des matériaux du barrage et du radier  $\gamma = 2,35 \text{ t/m}^3$

$4/3$  : Taux de sécurité

Longueur totale de la trajectoire de percolation : Pression libérée par tuyau à l'extrémité du radier

$$L = 3,50 + 2,2 + 2,3 + 15,2 + 0,5 = 23,70\text{m}$$

Longueur de la trajectoire de percolation jusqu'au point A :  $L_A = 3,50 + 2,2 + 0,5 + 1,8 = 8,00\text{m}$

Pertes de charge de l'eau de percolation jusqu'au point A :  $H_f = L_A/L \times \Delta H = 8,00 / 23,70 \times 1,90 = 0,64\text{m}$

Epaisseur du radier :  $t \geq 4/3 \cdot (\Delta H - H_f) / (\gamma - 1) = 4/3 \times (1,90 - 0,64) / (2,35 - 1) = 1,24\text{m} \leq 1,30\text{m}$

Par conséquent, l'épaisseur du radier au point A est  $t = 1,30 \text{ m}$ .

## d) Longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval

La longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval est étudiée avec la méthode de Bligh qui est la formule empirique.

$$L_r = L - l_a$$

$$L = 0,67 \cdot C \cdot \sqrt{\Delta H \cdot q} \cdot f$$

Dans laquelle  $L_r$  : Longueur de l'ouvrage de protection du lit

$L$  : Longueur totale de l'ouvrage de protection (m) y compris longueur du radier ( $l_a$ ) et longueur de l'ouvrage de protection du lit ( $L_r$ )

$l_a$  : Longueur du radier  $l_a = 15,20\text{m}$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau (m)

$$\Delta H = \text{EL. } 760,40\text{m} - \text{EL. } 758,50\text{m} = 1,90 \text{ m}$$

$q$  : Débit par largeur unitaire au moment du débit maximum ( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ )

$$q = 20 \text{ m}^3/\text{sec} \div 7,2 \text{ m} = 2,78 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$$

$$L = 0,67 \times 12 \times \sqrt{(1,90 \times 2,78) \times 1,5} \text{ (Taux de sécurité)} = 27,72 \text{ m}$$

Par conséquent, la longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval est  $L_r = 27,72 - 15,20 = 12,52 \text{ m} \approx 13,00 \text{ m}$

#### e) Poids de l'ouvrage de protection du lit en aval

La grosseur d'un bloc de protection du lit en aval sera de 2 tf/unité en tenant compte d'une inclinaison du cours d'eau plus faible que celle des travaux ordinaires pour les rivières de 1/1.000 (pour le barrage concerné 1/2.200).

#### 4) Conception du barrage fixe

L'élévation de crête du barrage fixe sera de EL 760,30 m en fonction de l'élévation de crête du chaperon de muret en béton actuel de EL 760,29 m. Le profil en coupe de base est en forme de trapèze comme le montre la figure ci-dessous. La largeur de la crête est de 1,0 m.

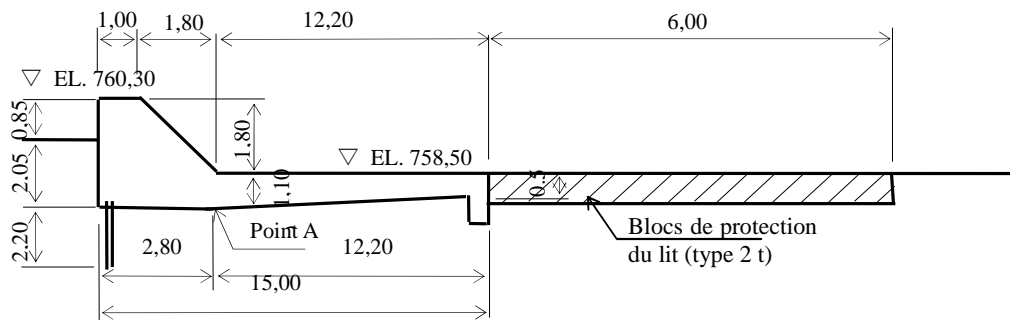


Figure 2-2-9 Plan en coupe standard du barrage fixe

#### ① Radier en aval

##### a) Longueur du radier en aval

La longueur du radier en aval est calculée selon la formule de Bligh.

$$l_1 = 0,6 \cdot C \cdot \sqrt{D_1} = 0,6 \times 12 \times \sqrt{1,8} = 9,66 \text{ m} \leq 12,20 \text{ m}$$

Dans laquelle  $l_1$  : Longueur du radier en aval (m)

$D_1$  : Hauteur de la surface supérieure de la vanne déversoir à la surface supérieure du radier (m)

$$D_1 = \text{EL } 760,30 \text{ m} - \text{EL } 758,50 \text{ m} = 1,80 \text{ m}$$

$C$  : Coefficient de Bligh (sable grossier)  $C = 12$

Par conséquent, la longueur du radier en aval sera de 12,20 m.

##### b) Etude de la longueur de la trajectoire de percolation

Pour éviter le phénomène de renard, la longueur de la trajectoire de percolation sera gardée. La plus grande des valeurs calculées à partir de la méthode Bligh (i) et de la méthode Lane (ii) sera la longueur de la trajectoire de percolation devant être gardée.

##### i) Méthode Bligh

$$S \geq C \cdot \Delta H = 12 \times 1,8 = 21,6\text{m} \leq 21,95\text{m}$$

Dans laquelle  $S$  : Longueur de la trajectoire de percolation mesurée le long de la surface de fondation du barrage (m)

$$S = 4,25 + 2,2 + 2,8 + 12,2 + 0,5 = 21,95\text{m}$$

$C$  : Coefficient de Bligh (sable grossier)  $C = 12$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = \text{EL. } 760,30\text{m} - \text{EL. } 758,50\text{m} = 1,80\text{m}$

#### ii) Méthode de Lane

$$L \geq C' \cdot \Delta H = 5,0 \times 1,80 = 9,00\text{m} \leq 11,85\text{m}$$

Dans laquelle  $L$  : Trajectoire de percolation pondérée (m),  $L = \sum \ell_v + 1/3 \cdot \sum \ell_h$

$$L = 6,95 + 1/3 \times 15,0 = 11,85\text{m}$$

$C'$  : Coefficient de fluage pondéré de Lane (sable grossier)  $C' = 5,0$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = 1,80\text{m}$

En fonction des résultats ci-dessus, une longueur de radier en aval de 12,20 m satisfait les deux formules et assure la sécurité.

#### c) Epaisseur du radier en aval

L'épaisseur du radier en aval est recherchée par la formule ci-dessous relative à l'équilibre de la sous-pression.

$$t \geq 4/3 \cdot (\Delta H - H_f) / (\gamma - 1)$$

Dans laquelle  $t$  : Epaisseur du radier à l'emplacement de l'étude (m),

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau entre amont et aval  $\Delta H = 1,80\text{m}$

$H_f$  : Pertes de charge de l'eau de percolation jusqu'à l'emplacement de l'étude (m)

$\gamma$  : Poids spécifique des matériaux du barrage et du radier  $\gamma = 2,35 \text{ tf/m}^3$

4/3 : Taux de sécurité

Longueur totale de la trajectoire de percolation : Pression libérée par tuyau à l'extrémité du radier  $L = 21,85\text{m}$

Longueur de la trajectoire de percolation jusqu'au point A :  $L_A = 9,15\text{m}$

Pertes de charge de l'eau de percolation jusqu'au point A :  $H_f = L_A/L \times \Delta H = 9,15/21,85 \times 1,80 = 0,75\text{m}$

Epaisseur du radier :  $t \geq 4/3 \cdot (\Delta H - H_f) / (\gamma - 1) = 4/3 \times (1,80 - 0,75) / (2,35 - 1) = 1,04\text{m} \leq 1,10\text{m}$

Par conséquent, l'épaisseur du radier au point A est  $t = 1,10 \text{ m}$ .

#### d) Ouvrage de protection du lit en aval

##### Longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval

La longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval est étudiée avec la méthode de Bligh qui est la formule empirique.

$$L_r = L - l_a = 0,67 \times 12 \times \sqrt{(1,80 \times 2,68)} \times 1,0 \text{ (taux de sécurité)} = 17,66\text{m}$$

$$L = 0,67 \cdot C \cdot \sqrt{\Delta H \cdot q} \cdot f$$



Dans laquelle  $L_r$  : Longueur de l'ouvrage de protection du lit

$L$  : Longueur totale de l'ouvrage de protection (m) y compris longueur du radier ( $l_a$ ) et longueur de l'ouvrage de protection du lit ( $L_r$ )

$l_a$  : Longueur du radier en aval  $l_a = 12,20\text{m}$

$\Delta H$  : Différence maximum de niveau d'eau (m)  $\Delta H = \text{EL. } 760,30\text{m} - \text{EL. } 758,50\text{m} = 1,80\text{m}$

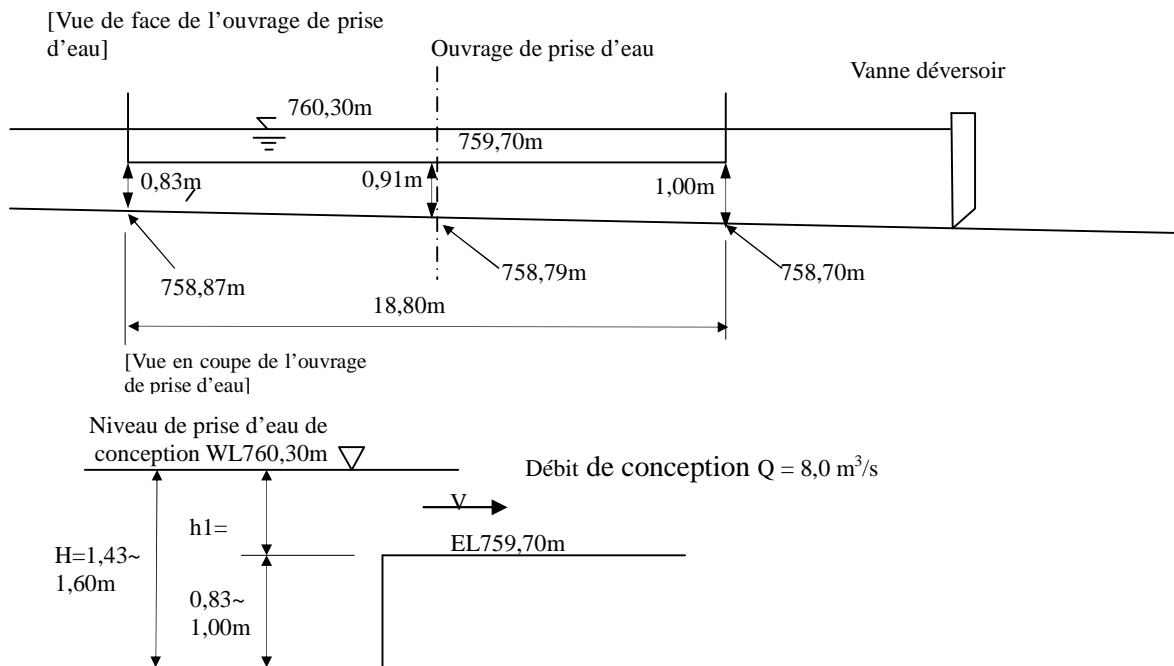
$Q$  : Débit par largeur unitaire au moment du débit maximum ( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ )  $q = 165\text{m}^3/\text{sec} \div 61,6\text{m} = 2,68\text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$

Par conséquent, la longueur de l'ouvrage de protection du lit en aval est  $L_r = 17,66 - 12,20 = 5,46\text{m} \approx 6,00\text{m}$

#### Poids de l'ouvrage de protection du lit en aval

La grosseur d'un bloc de protection du lit en aval sera de 2 tf/unité en tenant compte d'une inclinaison du cours d'eau plus faible que celle des travaux ordinaires pour les rivières de 1/1.000 (pour le barrage concerné 1/2.200).

#### 5) Conception de l'ouvrage de prise d'eau



**Figure 2-2-10 Hauteur de fondation à la prise d'eau de la tête de prise P5**

#### ① Hauteur de fondation de la bouche de prise d'eau

Elle sera conforme à la figure ci-dessus. La profondeur d'eau de la fondation du déversoir jusqu'au niveau de prise d'eau de conception est  $H =$  de 1,43 à 1,60 m, et comme il serait souhaitable que la hauteur de fondation de la prise d'eau soit inférieure de  $h_1 = 0,4H$  au niveau d'eau de conception, elle sera de 0,6 m. La hauteur de fondation de la prise d'eau sera El 759,70 m.

## ② Vitesse de courant entrant et largeur d'entrée

La vitesse de courant entrant pour un débit de conception de  $8,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ . est comprise entre 0,6 et 1,0 m/sec environ et elle est calculée selon la formule suivante.

$$B = Q / (h1 \cdot V) = 8,0 / (0,6 \times 0,6 \sim 1,0) = 22,22\text{m} \sim 13,3\text{m}$$

Dans laquelle B : largeur d'entrée (m)

Q : Débit de prise d'eau d'entrée de conception ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ) =  $8,0 \text{ m}^3/\text{sec}$

h1 : Profondeur d'eau d'entrée (m) = 0,60 m

V : Vitesse de courant entrant (m/s) = 0,6 à 1,0 m/sec

La largeur de la vanne coulissante installée à l'entrée de la prise d'eau est de 2,0 m/ vanne. Une largeur de la pile de vanne minimum de 0,4 m est nécessaire. Pour calculer la largeur d'entrée, la vitesse de courant est de 0,98 m/sec pour 8 vannes de prise d'eau et une profondeur d'eau de 0,51 m à l'entrée de prise, et la largeur totale de la bouche prise d'eau est de 18,8 m, un résultat satisfaisant la valeur de la prise d'eau de la formule ci-dessus.

$$\text{Largeur } B = 2,0 \text{ m} \times 8 \text{ vannes} + 0,4 \text{ m} \times 7 \text{ piles} = 18,8 \text{ m}$$

$$\text{Vitesse } V = (8,0 / 8) / (2,0\text{m} \times 0,51\text{m}) = 0,98 \text{ m/sec}$$

## ③ Calcul hydraulique de l'ouvrage de prise d'eau

L'eau prise pour l'irrigation s'écoule de la bouche de prise → canal d'accès 46,25 m → entrée du dessableur 19 m → dessableur 60 m → partie d'accès au canal principal P5 15 m, et à 140,25 m en aval de la bouche de prise d'eau, elle rejoint le canal principal P5. Selon la conception hydraulique de ce tronçon, les caractéristiques hydrauliques de la jonction au canal principal P5 au point 140,25 m sont les suivants.

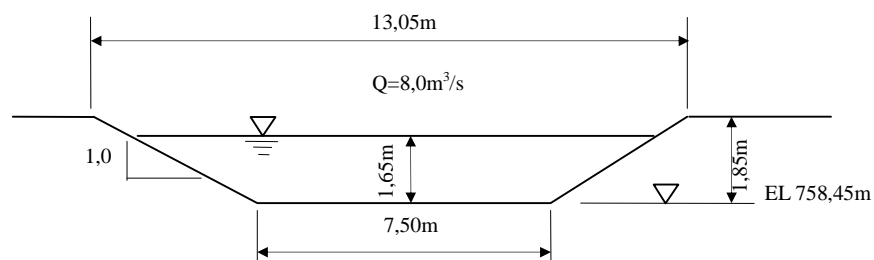
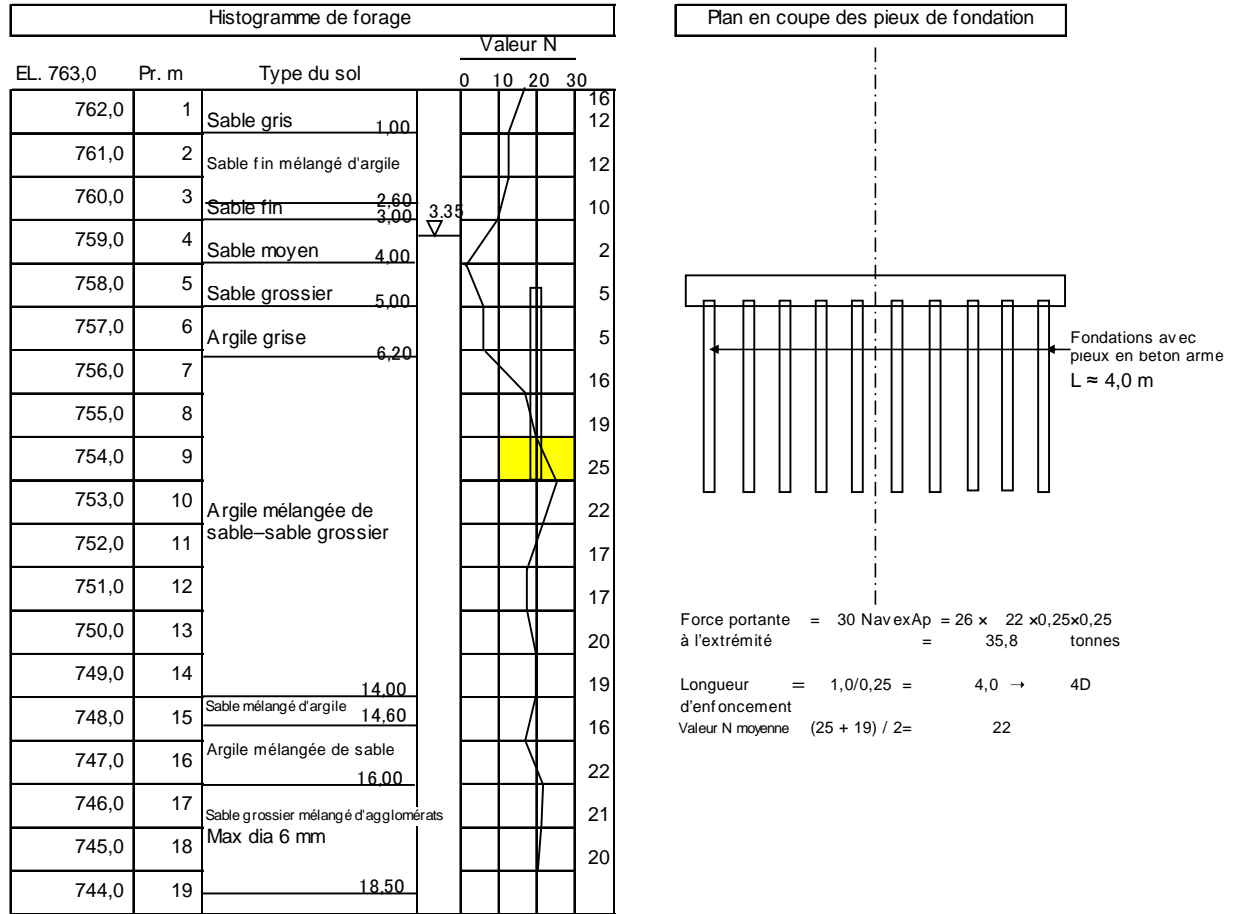


Figure 2-2-11 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal principal P5

## 6) Conception des pieux de fondation

L'étude des pieux de fondation sera menée conformément aux conditions géologiques ci-dessous. En résultat de l'étude, des pieux en béton armé (carrés 0,25 x 4 m) seront utilisés comme pieux de fondation de l'ouvrage de prise d'eau et seront disposés comme le montre la figure ci-dessous.

### Fondation des pieux de l'ouvrage de prise d'eau et conditions géologiques



### Conception des pieux

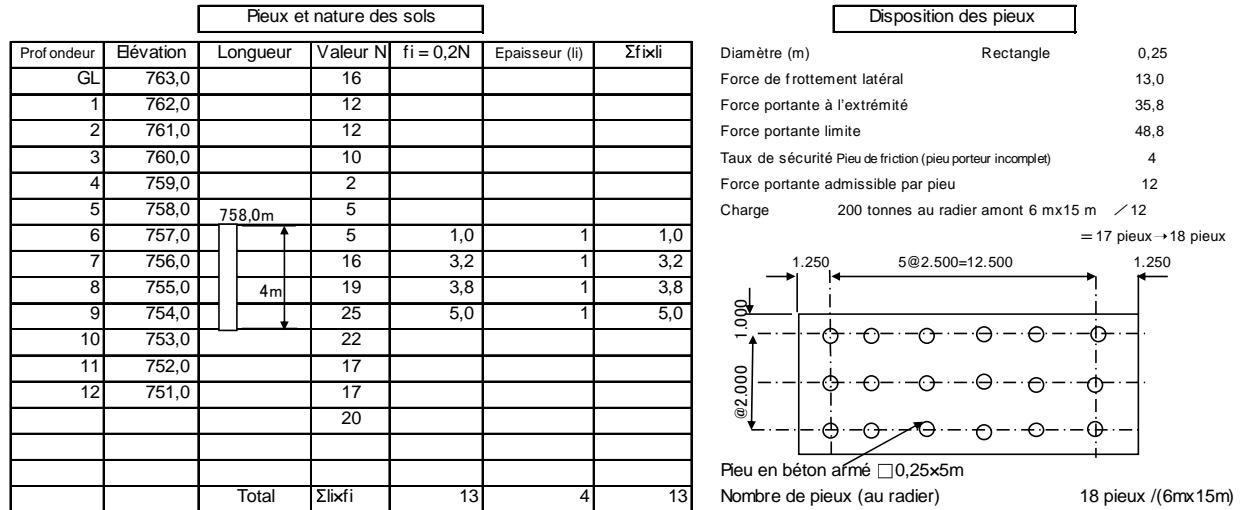


Figure 2-2-12 Conception des pieux de fondation de l'ouvrage de la tête de prise P5

### **2-2-2-3 Réhabilitation de la tête de prise P1**

#### **(1) Situation actuelle et orientations de la réhabilitation**

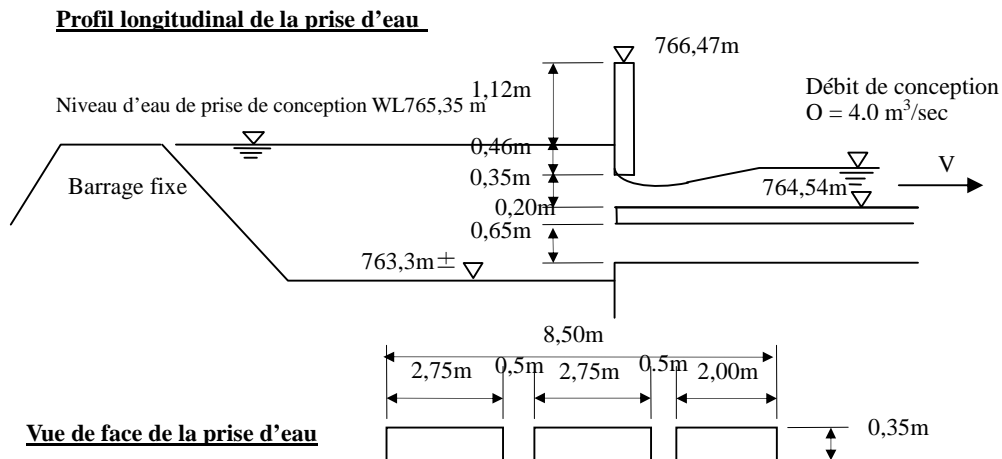
- La tête de prise P1 est un barrage fixe en béton en forme de trapèze construit à 3 km environ en amont du point de confluence de la rivière Sahamilahy et de la rivière Sahabe. La longueur du barrage est de 65 m, avec un déversoir et un ouvrage de prise d'eau sur la rive gauche du barrage fixe. La partie où le déversoir et l'ouvrage de prise d'eau sont en bloc a une structure à deux niveaux.
- La largeur de la crête du barrage trapézoïdal en béton est de 3 m, l'inclinaison du talus en amont d'environ 1 :2, et de 1,5 :2 en aval. Une vérification de la résistance du béton à l'aide du marteau de Schmidt a montré que sa résistance était suffisante. Comme des fuites n'ont pas non plus été décelées, on peut considérer que le corps du barrage dans son ensemble est en bon état. Le déversoir et l'ouvrage de prise d'eau en béton ont également présenté une résistance suffisante. Par conséquent, ces structures en béton ne seront pas réhabilitées et elles seront utilisées dans leur état actuel.
- La vanne déversoir est composée de 3 séries de vannes coulissantes manuelles de 1,7 m de largeur x 0,65 m de hauteur. Elle est vétuste et ne fonctionne pas. On peut considérer qu'une fois renouvelée et correctement opérée, cette vanne pourra assurer une fonction nécessaire à l'évacuation du sable.
- La vanne de prise d'eau est une vanne coulissante manuelle d'une largeur de 2,5 m mais la dégradation de la vanne elle-même est considérable et son opération correcte devient impossible. En outre, la vanne Avio installée directement en aval de la vanne de prise d'eau ne fonctionne plus actuellement.
- Le canal principal P1 après la prise d'eau ne fait pas l'objet d'une maintenance, comme le dragage par exemple. Le canal est entièrement ensablé.
- Lors de la réhabilitation, la prise d'eau et le bassin de mise en charge en béton seront utilisés en l'état. La vanne de prise d'eau et la vanne Avio actuelles seront retirées et remplacées par des vannes coulissantes manuelles.
- Un dessableur sera mis en place avant l'ouvrage d'accès au canal principal P1. Le dessableur ne peut pas procéder naturellement à l'évacuation du sable et la mise en place d'un dessableur mécanique sera comprise dans la conception.

#### **(2) Concept de base**

##### **1) Forme de la prise d'eau**

Aucune modification fondamentale ne sera apportée à la forme actuelle de la prise d'eau. La prise d'eau actuelle est une structure à deux niveaux où le dessableur et l'ouvrage de prise sont assemblés. La partie du premier niveau est un ponceau du déversoir et la partie du second niveau au-dessus correspond au bassin de mise en charge de l'ouvrage de prise d'eau. Trois séries d'ouverture du déversoir sont mises en place à la partie inférieure du mur vertical en béton installé à un angle de 45 degrés environ par rapport au barrage fixe. Dans la partie supérieure également, trois séries de bouches de prise d'eau sont installées. L'eau d'irrigation provenant de la prise d'eau de la partie supérieure change de direction, s'écoule vers la

gauche à un angle de 45 degrés et se jette dans le canal principal P1 en passant par la vanne.



**Figure 2-2-13 Forme de la prise d'eau de la tête de prise P1**

Dans le plan de réhabilitation, la prise d'eau et le bassin de mise en charge en béton actuels seront utilisés en l'état et la réhabilitation portera sur une structure en béton qui sera construite dans la partie en aval à partir du raccordement en amont de la vanne à réglage actuelle.

## 2) Caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage de prise d'eau et plan de la vanne de prise d'eau

### ① Débit possible de prise d'eau

Le niveau de prise d'eau de conception sera identique à l'altitude de la crête du barrage fixe, à savoir WL765,35 m. La prise d'eau se fait par un orifice, la forme de la prise d'eau actuelle ne sera pas modifiée et on vérifiera si la prise d'eau d'un débit de 4,0 m<sup>3</sup>/sec est possible comme prévu.

$$Q = m \cdot B \cdot h_o \sqrt{2g \cdot (h_1 - h_o/2)}$$

Dans laquelle Q : Débit d'entrée d'eau (m<sup>3</sup>/sec)

B : Largeur d'entrée à la prise d'eau (m)

h<sub>1</sub> : Profondeur d'entrée mesurée à partir de la hauteur de fondation de la prise d'eau (m) = 0,81 m

h<sub>o</sub> : Hauteur de l'ouverture (m/sec) = 0,35 m

m : Coefficient de débit de 0,62 à 0,66, 0,65 m dans la conception

g : Vitesse par gravité (9,8 m/sec<sup>2</sup>)

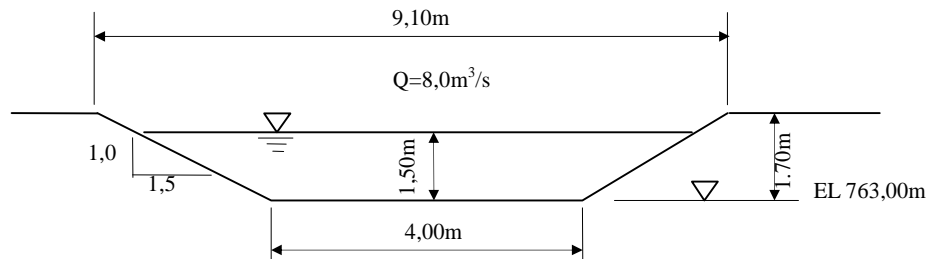
$Q = 0,65 \times (2,75 \times 2 + 2,00) \times 0,35 \times \sqrt{(2 \times 9,8 \times (0,81 - 0,35/2))} = 6,02 \text{ m}^3/\text{s}$  est devient égal = 6,02 m<sup>3</sup>/sec, et le débit de prise d'eau de 4,0 m<sup>3</sup>/sec. du plan est donc possible.

### ② Vanne de prise d'eau

Une vanne coulissante manuelle sera installée à la prise d'eau afin d'éviter la pénétration du sable dans la prise d'eau durant les crues et en période sans irrigation. En fonction de l'envergure du canal d'accès et du ponceau, cette vanne aura une largeur de 1,5 m x hauteur de 1,3 m x 2 unités. Une rainure à batardeau sera installée à l'avant de la vanne. La pile de vanne doit avoir au minimum une largeur de 0,4 m.

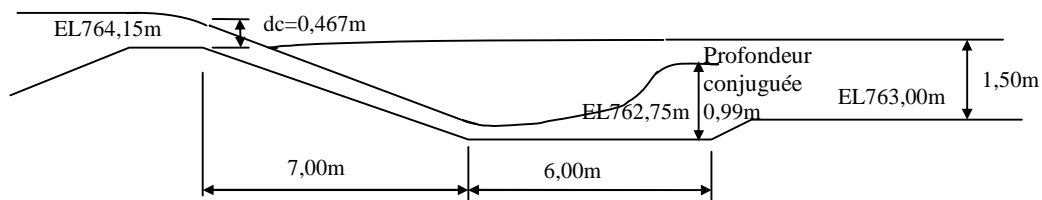
### 3) Conception hydraulique de l'ouvrage de prise d'eau

Une fois captée par la prise d'eau d'un ouvrage de prise d'eau, l'eau passe de la vanne de prise et du ponceau au canal d'accès avec deux séries de Flume 108,00 m → partie d'entrée d'eau du dessableur 14 m → dessableur 60 m → ouvrage de chute 22,0 m → bassin d'amortissement en I 8,0 m et rejoint le canal principal P1 au point 220 m en aval du point de départ de l'ouvrage de prise d'eau. D'après les résultats du calcul hydraulique, les caractéristiques hydrauliques lorsque l'eau rejoint le canal principal P1 au point 220 m en aval sont les suivants.



**Figure 2-2-14 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal principal P1**

Entre le dessableur et la partie d'accès au canal principal P1, un ouvrage de chute et un bassin d'amortissement seront installés dans l'objectif de ralentir la chute d'eau en excès. Pour l'ouvrage de chute, une partie avec une inclinaison de 1:5 sera construite et la chute d'eau sera ralentie dans un bassin d'amortissement en I de 6 m.



**Figure 2-2-15 Caractéristiques hydrauliques du dessableur et de la section d'accès au canal principal P1**

### 4) Conception des fondations

La structure de l'ouvrage de prise d'eau est relativement de petite envergure, composée de légers Flumes et d'un mur d'une hauteur de 1,85 m environ. Pour l'ouvrage de ponceau à proximité du point de départ de la prise d'eau, la partie des fondations de la structure existante sera conservée, et les fondations seront construites en remblayant avec de la terre de bonne qualité qui sera compactée. La partie faible d'une épaisseur de 1 m environ formant les fondations du Flume du canal d'accès et du dessableur aura des fondations par remplacement avec de la terre de bonne qualité. En outre, la partie du mur de dessableur aura des fondations avec des pieux en bois de diamètre 150 mm et de 4,0 m de longueur.

#### 2-2-2-4 Réhabilitation de la tête de prise du collecteur nord

##### (1) Situation actuelle et orientations de la réhabilitation

### **1) Tête de prise d'Andranotsimihotra**

- Le point de confluence de la rivière Sahamena et de la rivière Ampasimena correspond au collecteur nord. Cette tête de prise est située à environ 300 m en aval du point de confluence et cette installation prend l'eau à partir du collecteur nord pour la verser dans le canal principal P1.
- La tête de prise actuelle est un barrage fixe en béton de forme trapézoïdale d'une largeur de 3 m sur une longueur totale de 45 m et, comportant un déversoir (largeur totale de 6,8 m) avec 4 vannes déversoirs (vanne coulissante manuelle : largeur 0,6 m x hauteur 0,8 m) installé sur la rive droite. L'ouvrage de prise d'eau est situé sur la rive droite du barrage et la prise d'eau a lieu par un orifice rectangulaire d'une hauteur de 0,3 m et d'une longueur de 6 m.
- Le barrage fixe est totalement ensablé et il est invisible de la partie supérieure.
- Pour le déversoir, la partie barrage fixe est une structure de ponceau. Les vannes déversoirs sont dégradées et leur dispositif d'ouverture et de fermeture est cassé. Il ne fonctionne plus et doit donc être réhabilité.
- L'orifice à l'entrée d'eau de l'ouvrage de prise d'eau ne comporte pas de vanne à réglage et l'eau s'écoule librement à partir du collecteur nord. En outre, la vanne Avio installée en aval de l'ouvrage de prise d'eau ne peut plus être actionnée et a totalement perdu sa fonction de régulation du débit. Par conséquent, lorsque le débit provenant de l'orifice augmente, l'eau déborde du réservoir au-dessus de la vanne et s'écoule dans le canal principal P1. En période de crues en particulier, le sable produit en amont du collecteur nord vient s'écouler et s'accumuler en grandes quantités dans le canal principal. Il est donc nécessaire de remplacer la vanne Avio par une nouvelle vanne de régulation.
- En fonction de la situation ci-dessus, le plan de réhabilitation portera sur la reconstruction de l'ouvrage de prise d'eau et l'installation d'une vanne pour empêcher l'écoulement de sable au moment des crues en fermant la vanne. La vanne Avio actuelle sera retirée et une nouvelle vanne coulissante manuelle sera installée.
- D'autre part, un dessableur sera prévu étant donné qu'il est impossible d'éviter l'écoulement de sable très fin depuis la prise d'eau. L'évacuation du sable accumulé dans le dessableur sera effectuée par à la fois main d'œuvre et mécaniquement. Un ouvrage de confluence avec le canal principal P1 sera prévu en aval du dessableur.
- Afin d'éviter l'écoulement des eaux de crues de l'ouvrage de prise d'eau vers le canal principal P1, la hauteur du mur des installations de prise d'eau et la hauteur de la route de maintenance seront supérieures au niveau de crues, d'ailleurs environ 0,3 m plus que les hauteurs actuelles.
- Même s'il est difficile d'espérer une fonction suffisante des installations de déversement, les vannes déversoirs seront remplacées pour assurer un fonctionnement normal (vanne coulissante manuelle : largeur 600mm x hauteur 800mm x 4 unités).

### **2) Tête de prise d'Ambodifarihy**

- Cette tête de prise est située à environ 5,2 km en aval de la tête de prise d'Andranotsimihotra. Elle

prend l'eau de la rivière Behengitra qui s'écoule à environ 2 km en amont, traverse le canal principal P1 par un aqueduc (débit d'écoulement 0,51 m<sup>3</sup>/sec) et la déverse dans le périmètre irrigué P1.

- Le corps est un barrage fixe en béton permettant le passage des véhicules. Le déversoir et la prise d'eau sont situés sur la rive droite du barrage et sont tous deux équipés de deux vannes coulissantes manuelles (travée nette de vanne déversoir : 1,0 m, travée nette de prise d'eau : 0,8 m). L'aqueduc est doté d'une fonction d'évacuation de déversement latéral et, au cas où le débit de prise du barrage est en excès, le trop-plein d'eau est déversé dans le canal principal P1.
- La vanne de prise d'eau et la vanne déversoir sont vétustes et sont difficiles à manœuvrer. Elles seront retirées et renouvelées. Le béton du barrage a montré une résistance suffisante lors des tests au marteau de Schmidt. Les installations en dehors des vannes fonctionnent normalement et ne présentent pas de problème particulier.

### **3) Tête de prise d'Amparamanina**

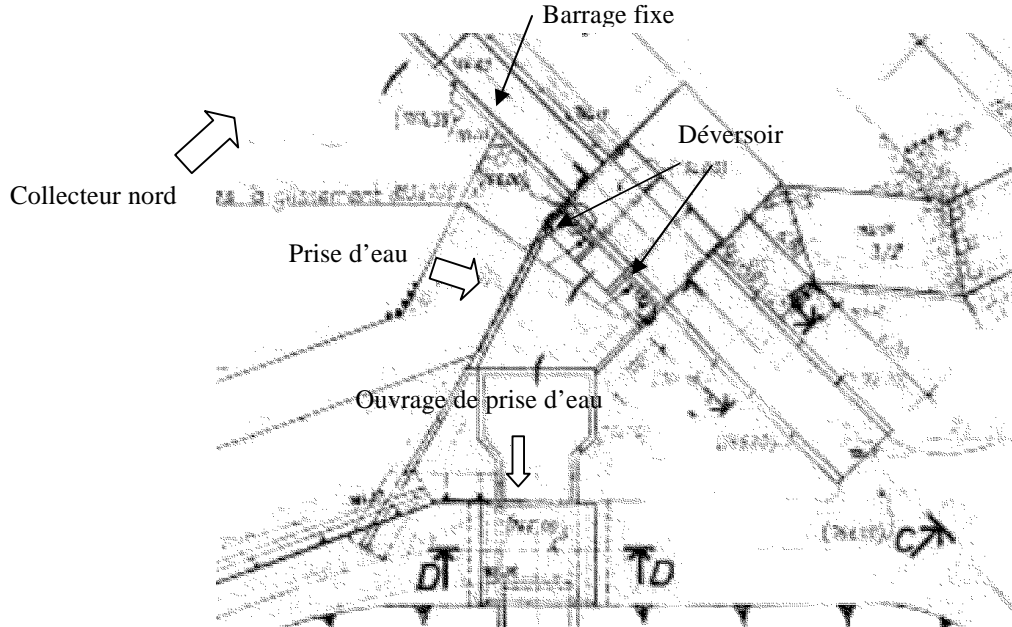
- Cette tête de prise est située à environ 9,1 km en aval de la tête de prise d'Andranotsimihoatra, au point terminal du collecteur nord. Le barrage fixe est une structure en béton de forme trapézoïdale, avec une largeur de crête de 4 m. Sur la rive droite, sont installés un déversoir équipé de deux vannes coulissantes manuelles et un ouvrage de prise d'eau doté d'une vanne coulissante manuelle (1 unité, travée nette 2,0 m) pour déverser l'eau dans le canal secondaire C1.4.
- L'eau d'irrigation qui a été prise s'écoule dans le bassin de confluence semblant faire office de dessableur, avant de s'écouler dans le canal secondaire C1.4. Le bassin de confluence est situé au terminal du cours du canal principal P1 et constitue le point de confluence de l'eau provenant du canal principal P1 et du collecteur nord. Une vanne Avio dotée d'une vanne coulissante à réglage (largeur 1,0 m x hauteur 0,8 m) avait été installée au moment de la construction mais, actuellement, cette vanne Avio a été retirée et le niveau d'eau est contrôlé uniquement avec la vanne à réglage.
- Toutes ces vannes sont vétustes et difficiles à manœuvrer. Elles seront retirées et renouvelées.
- Les installations en dehors des vannes fonctionnent normalement et ne présentent pas de problème particulier. D'autre part, le bassin de confluence est ensablé et manque de profondeur d'eau mais aucun problème ne devrait survenir si une gestion et maintenance appropriée, comme un dragage, sont effectués.
- Le béton actuellement utilisé pour un barrage etc. a montré une résistance suffisante lors des tests au marteau de Schmidt et ces structures en béton seront utilisées en l'état.



**(2) Conception de la tête de prise d'Andranotsimihoatra**

**1) Conception de l'ouvrage de prise d'eau et du dessableur**

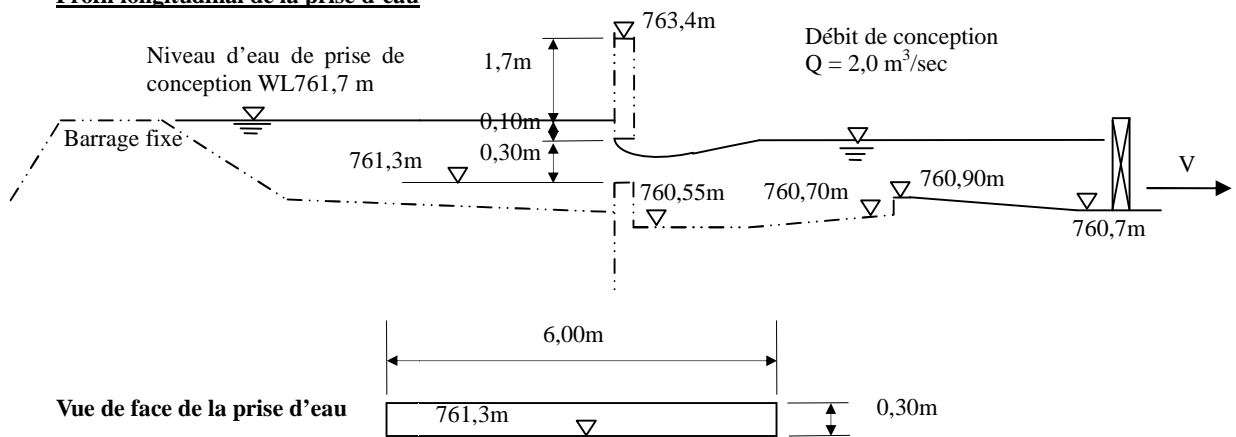
**Vue en plan de la prise d'eau**



**Figure 2-2-16 Plan de masse de la tête de prise existante d'Andranotsimihoatra**

La figure ci-dessus a pris pour référence le plan de réhabilitation de la Société malgache d'aménagement du Lac Alaotra (SOMALAC). Les mesures effectuées lors de la présente étude montrent une altitude inférieure de 2,6 m à celle du plan et le calcul ci-dessous ainsi que le plan de conception ont été ajustés à l'altitude mesurée cette fois-ci.

**Profil longitudinal de la prise d'eau**



**Figure 2-2-17 Forme longitudinale et plan de masse de la prise d'eau de la tête de prise d'Andranotsimihoatra**

Dans l'ouvrage de prise d'eau actuel, l'eau est captée par un orifice, puis dérivée du bassin de mise en charge vers le déversoir et l'ouvrage de prise d'eau. L'eau écoulee depuis l'orifice change de direction,

s'écoule vers la gauche à un angle de 45 degrés et se jette dans le canal principal P1 en passant par le ponceau traversant la route et par la vanne Avio.

Dans le plan de réhabilitation, la prise d'eau et le bassin de mise en charge actuels seront utilisés en l'état et la réhabilitation portera sur une structure en béton qui sera construite dans la partie en aval à partir du raccordement actuel. En outre, la vanne Avio sera retirée et remplacée par des vannes coulissantes manuelles (largeur 1,3 m x hauteur 1,1 m x 2 unités). Après la vanne, un canal de prise d'eau (canal de raccordement) et un dessableur seront construits pour assurer la confluence avec le canal principal P1. Le dessableur n'a pas la hauteur de chute efficace pour procéder naturellement à l'évacuation du sable et la mise en place d'un dessableur mécanique sera comprise dans la conception.

## 2) Caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage de prise d'eau et plan de la vanne de prise d'eau

### ① Débit possible de prise d'eau

Le niveau de prise d'eau de conception correspondra à l'altitude de la crête du barrage fixe actuel de WL761,70 m (actuellement ensablé). Comme la prise d'eau se fait par un orifice, la forme de la prise d'eau actuelle ne sera pas modifiée et on vérifiera si la prise d'eau d'un débit de 2,0 m<sup>3</sup>/sec est possible comme prévu.

$$Q = m \cdot B \cdot h_o \sqrt{2g \cdot (h_1 - h_o/2)}$$

Dans laquelle Q : Débit d'entrée d'eau (m<sup>3</sup>/sec)

B : Largeur d'entrée à la prise d'eau (m)

h<sub>1</sub> : Profondeur d'entrée mesurée à partir de la hauteur de fondation de la prise d'eau (m) = 0,81 m

h<sub>o</sub> : Hauteur de l'ouverture (m/sec) = 0,35 m

m : Coefficient de débit de 0,62 à 0,66, 0,65 m dans la conception

g : Vitesse par gravité (9,8 m/sec<sup>2</sup>)

Au cas où le niveau d'eau en aval de l'orifice n'a pas d'impact,  $Q = 0,65 \times 6,0 \times 0,30 \times \sqrt{(2 \times 9,8 \times (0,40 - 0,30/2))} = 2,59 \text{ m}^3/\text{s}$  et la prise d'eau d'un débit de 2,0 m<sup>3</sup>/sec. du plan est donc possible.

### ② Vanne de prise d'eau

Une vanne coulissante manuelle sera installée à la prise d'eau afin d'empêcher l'écoulement du sable. En fonction de l'envergure du canal d'accès et du ponceau, cette vanne aura une largeur de 1,3 m x hauteur de 1,1 m x 2 unités. Une rainure à batardeau sera installée à l'avant de la vanne. La pile de vanne doit avoir une largeur de 0,4 m au minimum.

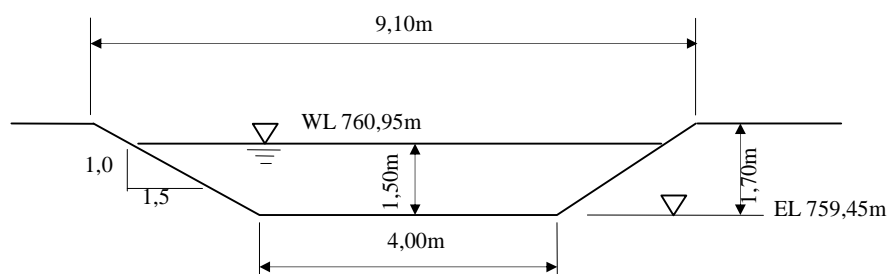
### ③ Conception hydraulique de l'ouvrage de prise d'eau

L'eau d'irrigation captée s'écoule de la vanne de prise et du ponceau au canal d'accès avec deux séries de Flumes (longueur totale de 33,384 m) pour passer ensuite de la partie d'entrée d'eau du dessableur 10 m → dessableur 50 m → ouvrage de chute doté d'un barrage de déversement 15,5 m → bassin d'amortissement en I 6,0 m → canal d'accès (longueur totale de 38,2 m) et rejoint le canal principal P1.

Le point de confluence est situé à 155,11 m en aval à partir du point de départ de l'ouvrage de prise d'eau. Les orientations de base pour la conception hydraulique de cette section sont les suivants.

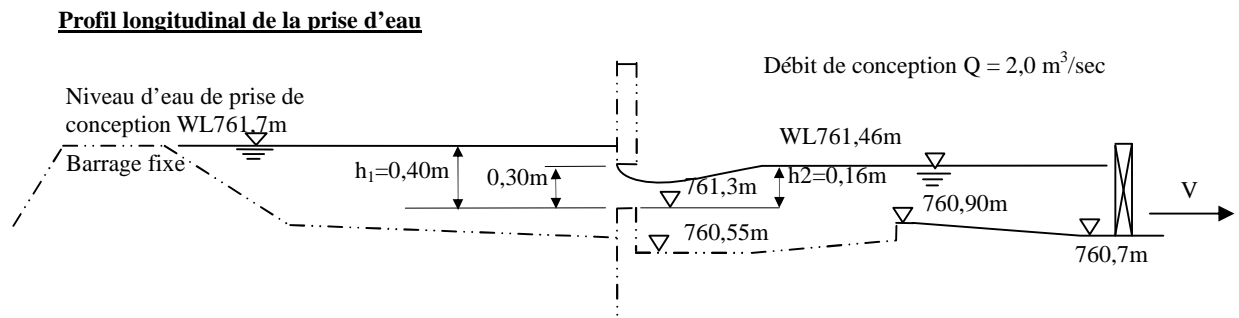
- Afin de stabiliser le régime de débit dans le canal d'accès, le nombre de Froude (Fr) sera inférieur à 0,54 environ.
- Afin d'éviter l'accumulation de sable dans le ponceau, la vitesse de courant sera 1,3 fois plus vite qu'un courant du canal ouvert.
- Pour le ponceau, afin d'assurer la stabilité de sa structure et la facilité de construction, sa hauteur sera déterminée pour que le débit conçu s'écoule à environ 80% de la hauteur en coupe, et un type ponceau en caisson de 1,3 m x 1,0 m x 2 séries sera sélectionné.
- La partie courbe du canal d'accès allant du ponceau au dessableur sera une structure de 2 séries de Flumes dotés de mur de guidage pour assurer l'écoulement laminaire.
- Le calcul de débit irrégulier s'effectue dans l'hypothèse où le sable s'accumule dans le dessableur.
- La largeur des canaux et la hauteur de fondation de chacune des installations seront déterminées pour assurer un niveau de prise d'eau de conception de 761,7 m à la prise d'eau en amont au moment de chute d'eau d'un débit conçu de 2,0 m<sup>3</sup>/sec.

D'après les résultats du calcul hydraulique, les caractéristiques hydrauliques lorsque l'eau rejoint le canal principal P1 au point 155,1 m sont les suivants.



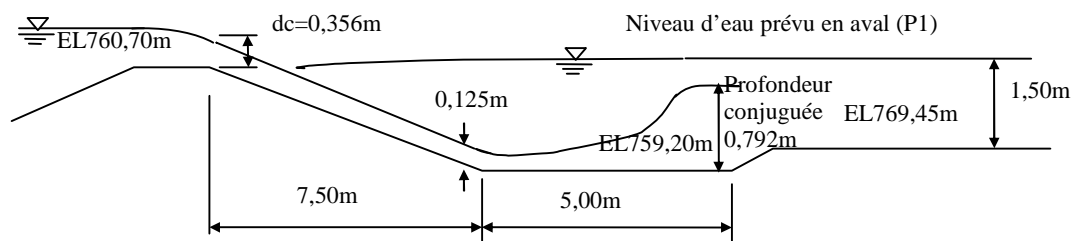
**Figure 2-2-18 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal principal P1 pour la tête de prise d'Andranotsimihoatra**

D'après les résultats du calcul hydraulique, le profil longitudinal de la prise d'eau est comme suit, le courant de l'orifice devient libre et un débit de prise d'eau conçu de 2,0 m<sup>3</sup>/sec a été confirmé.



**Figure 2-2-19 Caractéristiques hydrauliques de la prise d'eau pour la tête de prise d'Andranotsimihoatra**

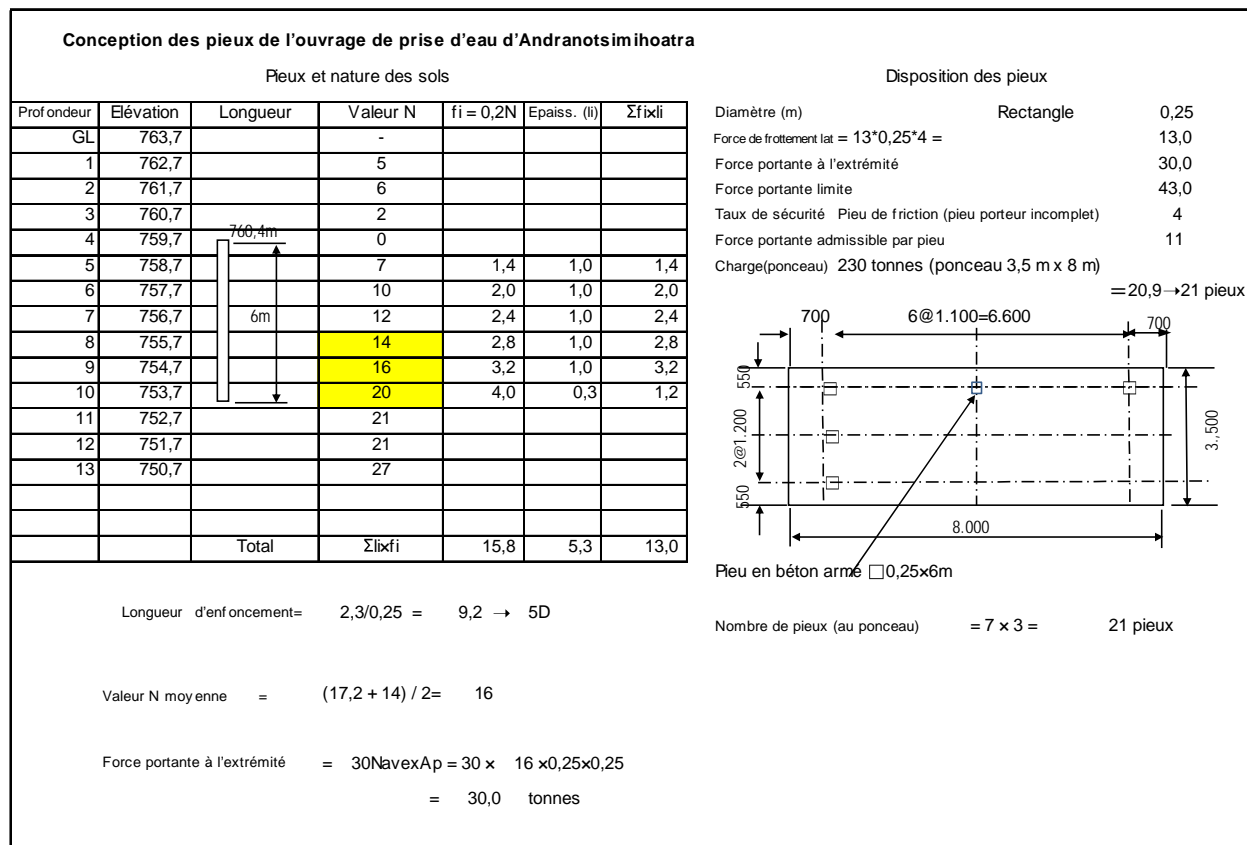
Entre le dessableur et la partie d'accès au canal principal P1, un ouvrage de chute et un bassin d'amortissement seront installés dans l'objectif de ralentir la chute d'eau en excès. Pour l'ouvrage de chute, la chute avec une inclinaison de 1:5 sera prévue pour ralentir la vitesse du courant dans un bassin d'amortissement en I de 5m.



**Figure 2-2-20 Caractéristiques hydrauliques au moment de rejoindre le canal principal P1 pour la tête de prise d'Andranotsimihoatra**

### 3) Conception des fondations

La structure de l'ouvrage de prise d'eau est relativement de petite envergure, composée de légers Flumes et d'un mur d'une hauteur de 1,75 m environ. Les fondations de l'ouvrage de ponceau à proximité du point de départ de la prise d'eau seront composées d'une rangée de 21 pieux en béton armé de 0,25 m x 0,25 m de 6 m de longueur, d'après le calcul ci-dessous. Les Flumes en amont du dessableur seront construits dans la partie supérieure du remblai après retrait des structures existantes, leurs fondations seront remblayées avec de la terre de bonne qualité et compactées pour obtenir la force portante suffisante. La partie faible d'une épaisseur de 1 m environ formant les fondations du Flume et du dessableur aura des fondations par remplacement avec de la terre de bonne qualité. En outre, le mur de dessableur aura des fondations avec des pieux en bois de diamètre 150 mm et 4,0 m de longueur.



**Figure 2-2-21 Conception des pieux de fondation de l'ouvrage de prise d'eau d'Andranotsimihotra**

### 2-2-2-5 Construction du dessableur

#### (1) Orientations de base des mesures contre l'ensablement

- Il serait nécessaire, afin d'identifier le débit de sortie du sable de la rivière à l'emplacement de la tête de prise et le volume de sable entrant dans le périmètre, de procéder à une investigation à long terme de l'ensablement annuel mais celle-ci n'a pas été effectuée dans des études antécédentes.
- D'après l'étude de développement de la JICA (2008) le volume de sable sortant du bassin versant en amont du périmètre PC23 est supposé être de 1,4 millions de tonnes par an dans l'ensemble du bassin versant. Cet écoulement de sable se caractérise par l'accumulation de sable grossier et de sable moyen dans le tronçon d'envoi de l'eau à une vitesse du courant de la rivière. Par conséquent, si la totalité du sable de la rivière ne pénètre pas dans le périmètre PC23, le sable accumulé dans le canal au moment des crues s'écoule à l'emplacement de la tête de prise. Au cas où il n'y a pas d'installation de contrôle de la pénétration du sable au moment de la prise d'eau, cette pénétration de sable est sans limite. Le projet prévoira la mise en place d'une vanne à réglage et le volume de pénétration du sable dans le périmètre irrigué sera réduit en contrôlant le débit et la période de prise d'eau.
- Pour le calcul du volume de pénétration de sable dans le périmètre irrigué, le volume de pénétration

au cas où la prise d'eau naturelle n'est pas contrôlée sera pris à partir des relevés de dragage du canal principal P5 effectués jusqu'à présent. Le contrôle par vanne pendant la période de prise d'eau et la période de crues sera ensuite envisagé pour réduire le volume de sable entrant. Le sable qui a pénétré sera sédimenté dans le dessableur et l'écoulement vers les champs sera limité au maximum.

- Le cas du canal principal P5 ci-dessus sera repris dans le plan du dessableur des autres têtes de prise.

## (2) Estimation du volume de pénétration du sable dans le canal principal P5

### 1) Estimation du volume annuel de pénétration du sable à partir de relevés de dragage

S'il n'existe pas de données d'étude sur le volume de pénétration du sable dans le périmètre irrigué, les volumes de dragage qui ont été enregistrés sous forme de données permettent d'estimer ce volume. Les volumes de dragage peuvent être estimés de la manière suivante à partir des résultats des travaux de dragage des canaux principaux P1 et P5 confiés à une entreprise de génie civil locale par la DRDA en 2003.

**Tableau 2-2-5 Volume de dragage des périmètres irrigués P1 et P5 (2003)**

| Périmètre irrigué | Source du courant de sable            | Emplacement du dragage   | Longueur totale du canal (m) | Volume de dragage (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------------|
| Périmètre P1      | Rivières Ampasimena et Sahamena, etc. | De l'emplacement de prise d'eau du collecteur nord à la partie en aval du canal principal P1 | 2.570                        | 20.478                              |
| Périmètre P5      | Rivière Sahabe                        | De la tête de prise de la rivière Sahabe à la partie en amont du canal principal P5          | 3.641                        | 28.942                              |
|                   |                                       | Total  | 6.211                        | 49.420                              |

Source : Rapport de l'étude de développement menée par la JICA en janvier 2008 (travaux de dragage par le bureau de la DRDA)

Par ailleurs, d'après les résultats des mesures du canal principal P5 effectuées en 2008 <sup>1</sup> le volume d'ensablement dans le canal entre la prise d'eau du canal principal P5 et la vanne de prise d'eau existante (environ 280 m) est d'environ 4.300 m<sup>3</sup> et le volume d'ensablement de la vanne de prise d'eau existante jusqu'au point terminal du canal principal (environ 5.920 m) est d'environ 23.900 m<sup>3</sup>. Le volume total d'ensablement dans le canal principal est donc de 28.200 m<sup>3</sup>. D'après le dragage effectué en 2003 (volume dragué 28,942 m<sup>3</sup>), on peut supposer que le volume de sable mesuré (28.200 m<sup>3</sup>) correspond à un ensablement pendant 5 ans, de 2003 à 2008. Par conséquent, le volume d'ensablement annuel est environ 5.640 m<sup>3</sup> (= 28.200/ 5) et on peut supposer qu'il s'agit du volume annuel de pénétration du sable dans le périmètre irrigué P5.

<sup>1</sup> Etude préliminaire de l'Etude du concept de base pour le projet d'amélioration du système d'irrigation dans le sud-ouest du Lac Alaotra (2008)

## **2) Calcul du volume de sable objet des mesures contre l'ensablement**

### **① Détermination du diamètre des grains de sable objet**

La totalité des 5.640 m<sup>3</sup> de sable écoulé ne correspond pas au volume de sable traité dans le dessableur. En général, étant donné que le sable ayant un diamètre de grain de sable supérieur à 0,3 mm a une influence néfaste sur les récoltes de riz, les dessableurs pour l'irrigation sont conçus ayant pour norme un diamètre de grain de sable de 0,3 mm (Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols - Conception «Têtes de prise»). Dans le présent projet, le plan prévoira de réduire l'écoulement de sable dans les rizières en sédimentant le sable de plus de 0,3 mm dans le dessableur.

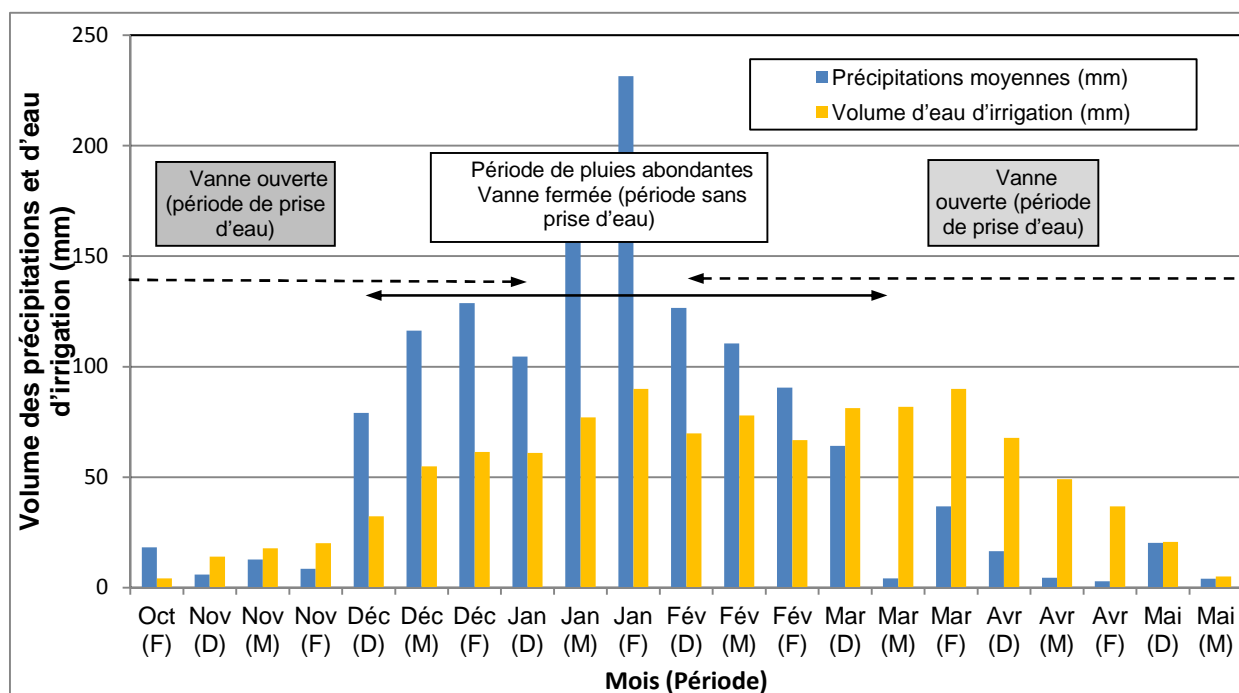
D'après les résultats de l'analyse granulométrique du sable accumulé dans le canal existant (Rapport de l'étude du concept de base, mars 2009), 40% du sable accumulé dans le canal existant a montré un diamètre des grains de sable supérieur à 0,3 mm (pour un volume d'ensablement de 28,200 m<sup>3</sup> en 5 ans, 564 m<sup>3</sup> de plus de 2 mm + 9,775 m<sup>3</sup> de moins de 2 mm et plus de 0,3 mm = 10.339 m<sup>3</sup>). D'après les résultats de l'analyse de l'étude, on peut supposer que des effets de sédimentation suffisants pourront être obtenus en prenant un diamètre des grains de sable de sédimentation de plus de 0,3 mm.

### **② Calcul du volume de sable objet**

Parmi les 5.640 m<sup>3</sup> du volume annuel total, le volume de pénétration de sable d'un diamètre de grain de sable de plus de 0,3 mm peut être estimé à 2.070 m<sup>3</sup>/an (564 m<sup>3</sup>/5 ans + 9.775 m<sup>3</sup>/5 ans = 2.068 m<sup>3</sup>/an) d'après les résultats des dragages (pendant 5 ans) effectués lors de l'étude préliminaire de l'étude du concept de base ci-dessus et les résultats des analyses granulométriques effectuées dans l'étude du concept de base en 2009.

### **③ Réduction du volume de pénétration du sable par réglage de la vanne de prise d'eau pendant la riziculture irriguée**

Le modèle d'écoulement de l'eau contenant du sable de la rivière Sahabe change en moyenne de manière identique au modèle de répartition des précipitations et présente une période de pointe de la fin janvier au début février. D'autre part, la période de prise d'eau de la rivière est influencée par les pluies et par le volume d'eau d'irrigation nécessaire et si ce volume est satisfait par les précipitations, la prise d'eau à partir de la rivière Sahabe n'est pas nécessaire. Si la vanne de prise d'eau est fermée à ce moment-là, l'eau chargée de sable ne peut pas s'écouler dans le canal principal P5.



**Figure 2-2-22 Répartition des précipitations, période d'écoulement des rivières et manœuvre d'ouverture et fermeture des vannes de prise d'eau**

La période pendant laquelle les précipitations sont suffisantes pour l'irrigation correspond à environ 50 des 60 jours de pluies abondantes de la fin décembre à la mi-février, selon les évolutions des pluies et des volumes d'eau nécessaire par période. Le volume de précipitations pendant cette période représente 52% du volume moyen annuel des précipitations (1.456,4 mm). Par ailleurs, pour le modèle d'écoulement de la rivière Sahabe également, comme pour un modèle de répartition des pluies, dans le cas d'une période de sécheresse avec une probabilité de 5 ans, le calcul à partir du modèle d'écoulement montre que 51% de la totalité du volume d'écoulement (281 MCM) durant la période d'irrigation s'écoule entre la fin décembre et la mi-février.

Cette période correspond au moment où il est possible de fermer les vannes. (la manœuvre réelle des vannes varie selon la différence de temps entre la période d'écoulement et la période de demande d'irrigation par les terrains bénéficiaires, des précipitations, des prévisions des crues, de la nécessité de l'eau de maintenance et de la méthode de manœuvre des vannes, entre autres. On ne peut pas conclure que toutes les vannes seront fermées pendant toute cette période.) Après la mi-février, une fois la période de pointe de crues passée, les vannes sont ouvertes et la prise d'eau a lieu en continu jusqu'à la mi-mai. Pendant cette période, l'eau de la rivière s'écoule dans le canal. Après la mi-mai, notamment après le drainage des eaux résiduelles, il est logiquement possible de fermer les vannes. (En réalité, il est nécessaire d'assurer l'eau de maintenance durant cette période également, et elles sont fermées durant toute la période. Le volume d'écoulement de la rivière pendant cette période est très faible, avec de 2 à 3% du débit total, et les effets de réduction du volume de pénétration de sable par la manœuvre des vannes peuvent être considérés comme faibles.)



En fonction de ce qui précède, il est possible de limiter le volume de pénétration à partir de la rivière en fermant les vannes de prise d'eau. On peut considérer d'après le pourcentage de débit (51%) pendant la période où il est possible de fermer les vannes (entre fin décembre et mi-février) par rapport à la totalité du débit d'écoulement que ce volume peut être réduit de 50% environ au minimum.

En fonction de ce qui précède, on peut juger que le volume de pénétration du sable (2.070 m<sup>3</sup> du volume de sable d'un diamètre de plus de 0,3 mm accumulé annuellement) calculé par la prise d'eau naturelle (sans contrôle de prise d'eau) pourra être réduit de 50% en fermant les vannes.

Par ailleurs, la période de riziculture actuelle est de 180 jours mais, à l'avenir, l'approvisionnement en eau d'irrigation sera stabilisé et lorsque de nouvelles variétés non photosensibles à croissance rapide seront introduites, la durée de culture sera raccourcie à environ 135 jours. En réduisant la période de prise d'eau jusqu'à 75%, à savoir 135 jours contre 180 jours, il sera possible de réduire le volume de pénétration par la fermeture des vannes durant cette période.

En fonction de ce qui précède, le volume d'ensablement annuel sera réduit de  $50\% \times 75\% = 37,5\%$ .

#### ④ Volume d'ensablement de conception dans le dessableur du canal principal P5

En considérant des effets de réduction annuelle de 37,5% du volume de pénétration indiqués ci-dessus, le volume d'ensablement avec du sable de plus de 0,3 mm par an est de 777 m<sup>3</sup> (2.070 m<sup>3</sup> x 0,375).

### (3) Volume d'ensablement pour le dessableur de la tête de prise P1 et de la tête de prise d'Andranotsimihotra

Selon les résultats des études effectuées jusqu'à présent, les bassins versants des rivières ainsi que les volumes annuels d'écoulement de sable pour chacune des têtes de prise peuvent être estimés de la manière suivante. Toutefois, il n'existe pas de relevés annuels de dragage ni de données permettant d'estimer les volumes d'ensablement pour ces deux têtes de prise. Il est par conséquent difficile d'identifier le volume annuel de pénétration du sable selon une procédure identique à celle ci-dessus.

**Tableau 2-2-6 Bassins versants des rivières et volume annuel d'écoulement de sable unitaire des têtes de prise**

| Nom de Tête de prise              | Rivière                         | Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) | Débit de prise d'eau conçu (m <sup>3</sup> /sec) | Volume annuel d'écoulement de sable unitaire (tonne/ha/an) |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Tête de prise P5                  | Rivière Sahabe                  | 903   | 4,0  | 10,1   |
| Tête de prise P1                  | Sahamilahy                      | 249   | 8,0  | 12,4   |
| Tête de prise d'Andranotsimihotra | Rivières Sahamena et Ampasimena | 146   | 2,0  | 12,3*  |

Remarque : Le volume d'écoulement de sable unitaire est de 12,3 tonnes/ha pour la rivière Sahamena et de 9,4 tonnes/ha pour la rivière Ampasimena. Le volume d'écoulement de la rivière Sahamena a été appliqué ici.

Source : Rapport de l'étude de développement de la JICA (janvier 2008)

Par conséquent, en prenant pour base le volume d'ensablement de conception de 777 m<sup>3</sup> pour la tête de prise P5 ci-dessus, le volume d'ensablement pour la conception du dessableur à l'emplacement de chaque tête de prise est calculé à partir du rapport entre le débit de prise d'eau conçu et le volume annuel d'écoulement de sable unitaire. Les données de base obtenues à partir du volume d'ensablement pour la

conception du dessableur de la tête de prise P5 sont indiquées ci-dessous.

**Tableau 2-2-7 Données de base obtenues à partir du volume d'ensablement pour la conception du dessableur de la tête de prise P5**

| Rubrique   | Unité                                | Valeurs |
|--|--------------------------------------|---------|
| (1) Volume d'écoulement de sable unitaire du bassin versant  | tonne/ha/an                          | 10,1    |
| (2) Volume d'ensablement pour la conception  | m <sup>3</sup>                       | 777     |
| (3) Débit de prise d'eau conçu   | m <sup>3</sup> /s                    | 8,0     |
| (4) Volume d'ensablement pour la conception par débit de prise d'eau de 1,0 m <sup>3</sup> ((2)/(3))   | m <sup>3</sup> /( m <sup>3</sup> /s) | 97,125  |
| (5) Volume d'ensablement pour la conception par débit de prise d'eau de 1,0 m <sup>3</sup> par volume d'écoulement de sable unitaire ((4)/(1)) | m <sup>3</sup> /(tonne/ha)           | 9,616   |

Conformément à ces données de base, le calcul du volume d'ensablement annuel pour la conception du dessableur de chaque tête de prise est le suivant.

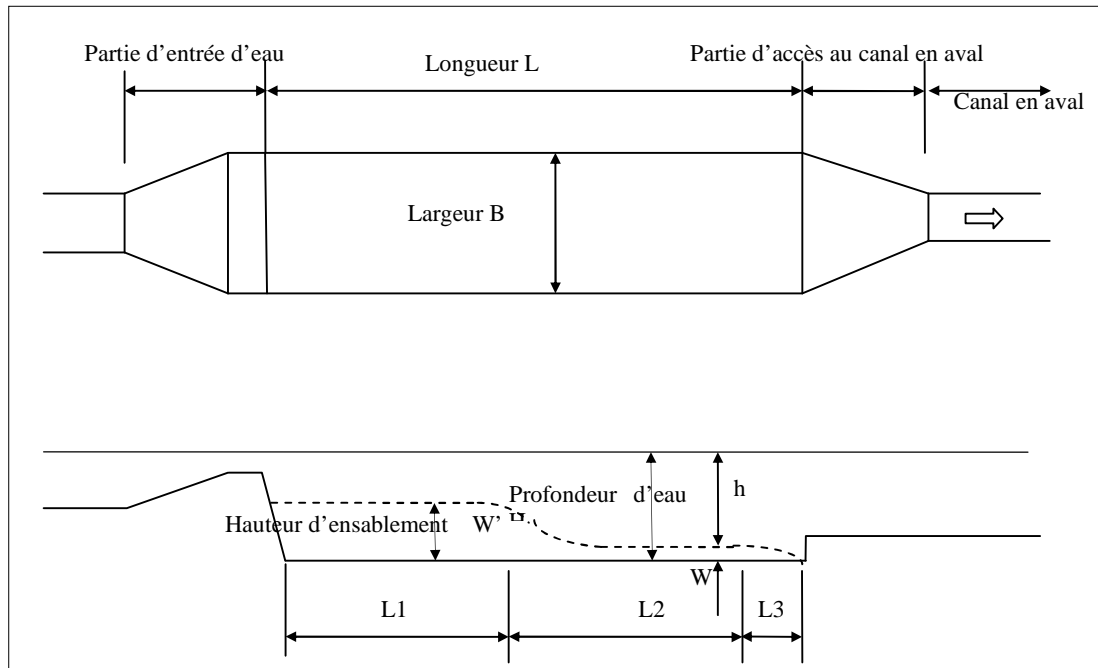
- Pour la tête de prise P1, le volume d'ensablement annuel calculé à partir du volume d'écoulement de sable unitaire de 12,4 tonnes/ha/an du bassin versant et du débit de prise d'eau conçu de 4,0 m<sup>3</sup>/sec est de 477 m<sup>3</sup> (= 9,616 x 12,4 x 4,0).
- Pour la tête de prise d'Andranotsimihotra, le volume d'ensablement annuel calculé à partir du volume d'écoulement de sable unitaire de 12,3 tonnes/ha/an du bassin versant et du débit de prise d'eau conçu de 2,0 m<sup>3</sup>/sec est de 237 m<sup>3</sup> (= 9,616 x 12,3 x 2,0).

#### **(4) Plan du dessableur**

##### **1) Capacités**

Selon l'étude ci-dessus, le volume d'ensablement pour la conception du dessableur de chaque tête de prise est de 777 m<sup>3</sup> pour la tête de prise P5, de 477 m<sup>3</sup> pour la tête de prise P1 et de 237 m<sup>3</sup> pour la tête de prise d'Andranotsimihotra.

## 2) Forme de base



**Figure 2-2-23 Forme de base du dessableur**

## 3) Orientations de base du calcul de l'envergure du dessableur

La profondeur d'eau de conception du dessableur est déterminée en fonction de la largeur et de la longueur du dessableur. D'autre part, vu que le plan prévoit l'évacuation du sable accumulé par un engin de dragage, la hauteur d'ensablement dans le dessableur doit nécessairement être inférieure à 1 m (à peu près identique au diamètre des roues avant de l'engin) pour permettre l'accès de la machine. En tenant compte du rayon opérationnel de l'engin de dragage et des véhicules de transport du sable, il est nécessaire d'assurer une largeur de fond à l'intérieur du dessableur de plus de 5 m environ. En outre, la hauteur de fondation du dessableur doit être déterminée pour une profondeur d'eau de 0,3 m ou moins après l'évacuation naturelle de l'eau afin de ne pas gêner le déplacement des engins de dragage, etc. En tenant compte des conditions ci-dessus et de la topographie à l'emplacement prévu pour la construction du dessableur, les caractéristiques de conception sont déterminées par le calcul prévisionnel.

## 4) Largeur et longueur du dessableur

### ① Largeur

Elle est calculée selon la formule suivante.

$$B = Q / (h \cdot U_c)$$

Dans laquelle,

- B : Largeur du fossé de décantation(m)
- h : profondeur d'eau en surface d'ensablement au point de terminaison de l'accumulation prévue de sable d'un diamètre minimum à la limite admissible de dessablement (m)  
 $h = H$  (profondeur d'eau totale) – W (hauteur d'ensablement au point de terminaison de l'accumulation prévue de sable d'un diamètre minimum à la limite admissible de dessablement)

Q : Débit d'écoulement d'eau dans la conception du fossé de décantation (m<sup>3</sup>/sec)

$U_c$  : Vitesse limite prévue pour le charriage des grains de sable (m/sec)

La vitesse limite de charriage de des grains de sable  $U_c$  peut être obtenue par la formule suivante.

$$U_c = U_{*c} \cdot R^{1/6} / n \cdot g^{1/2}$$

Dans laquelle,

$U_{*c}$  : Vitesse limite de friction (m/sec) [  $U_{*c}^2 = 8,41 \text{ dm}^{11/32}$  ]

$R$  : Rayon hydraulique de la surface supérieure d'ensablement à la terminaison de l'accumulation prévue des grains de sable(m)

$n$  : Coefficient de rugosité de la surface d'ensablement = 0,0018

$g$  : Vitesse d'accélération sous l'effet de gravitation (m/sec<sup>2</sup>)

## ② Longueur du dessableur

La longueur du dessableur est obtenue en comparant les valeurs obtenues par la «méthode basée sur la théorie de sédimentation» et par la «méthode basée sur la formule de séparation au niveau du déversoir à étages», la plus grande valeur étant appliquée.

### Méthode basée sur la théorie de sédimentation

$$L_a = K \cdot (h/V_g) \cdot U = K \cdot Q / (B \cdot V_g)$$

Dans laquelle,

$L_a$  : Longueur du fossé de décantation (m)

$K$  : 1,5 – 2,0 (facteur de sécurité)

$h$  : profondeur d'eau en surface d'ensablement au point de terminaison de l'accumulation prévue de sable d'un diamètre minimum à la limite admissible de dessablement (m)

$B$  : Largeur du fossé de décantation (m)

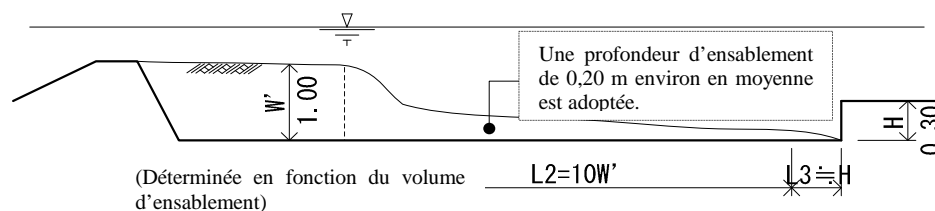
$U=U_c$  : valeur obtenue par la formule (2) (m/sec)

$V_g$  : Vitesse limite de sédimentation prévue des grains de sable d'un diamètre minimum (m/sec)

$Q$  : Débit de conception du fossé de décantation (m<sup>3</sup>/sec)

### Méthode basée sur la formule de séparation au niveau du déversoir à étages

Avec cette méthode, la longueur du dessableur correspond à  $L_1 + L_2 + L_3$  dans la figure ci-dessous. Ici, comme le montre la figure, à partir de la profondeur d'ensablement de conception  $W' = 1,00$  m et de la hauteur de la sortie du dessableur 0,30 m, on obtient  $L_2 = 10 \times 1,00 \text{ m} = 10,0 \text{ m}$ ,  $L_3 = 0,3 \text{ m}$ .  $L_1$  est recherché à partir du volume d'ensablement du plan et du volume d'ensablement entre les sections  $L_2$  et  $L_3$ .



**Figure 2-2-24 Orientation de conception de la longueur du dessableur**

Selon les résultats de l'étude ci-dessus, l'envergure du dessableur de chaque tête de prise sera prévue de

la manière suivante.

**Tableau 2-2-8 Différentes têtes de prise et envergure du dessableur**

| Dessableur   | Débit de conception Q (m <sup>3</sup> /sec) | Volume d'ensablement annuel Sv (m <sup>3</sup> ) | Hauteur d'ensablement W'(m) | Profondeur totale d'eau H (m) | Longueur L (m) | Largeur B (m) |
|--|---|--|-----------------------------|-------------------------------|----------------|---------------|
| Dessableur de la tête de prise P5                  | 8,0   | 777  | 1,0                         | 2,0                           | 60             | 16,0          |
| Dessableur de la tête de prise P1                  | 4,0   | 477  | 1,0                         | 1,7                           | 60             | 10,0          |
| Dessableur de la tête de prise d'Andranotsimihotra | 2,0   | 237  | 1,0                         | 1,5                           | 50             | 6,0           |

## 2-2-2-6 Réhabilitation du canal principal et des canaux secondaires

### (1) Orientations de la conception

#### 1) Orientations de base

- Pour les canaux, un dragage sera effectué pour assurer les capacités d'écoulement de l'eau dans les sections où ces capacités ont diminué en raison de l'accumulation de terre et de sable et de la densité de la végétation.
- Les digues des canaux (RM) seront rajoutée dans les sections où l'eau risque de déborder en raison d'une revanche insuffisante due à la détérioration des talus et l'affaissement des routes de maintenance/ digues des canaux.
- Le dragage ne sera pas effectué dans les sections où la hauteur de fond prévue pour un canal est assurée et où la surface d'écoulement de l'eau requise est également acquise.
- L'élargissement de la surface d'écoulement de l'eau impliquant un élargissement des terrains du canal existant ne sera pas prévu.
- L'inclinaison du canal existant sera gardée en principe, mais l'inclinaison permettant d'assurer la vitesse de courant réduisant au maximum l'ensablement sera également prévue.

#### 2) Orientations de la conception de la coupe du canal

##### ① Formule hydraulique de base

La coupe du canal sera planifiée en appliquant la formule de Manning.

$$Q = A \cdot V$$

Dans laquelle, Q : débit (m<sup>3</sup>/sec), A : surface d'écoulement de l'eau (m<sup>2</sup>), V : vitesse moyenne de courant (m/sec)

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dans laquelle, n : coefficient de rugosité, R : rayon hydraulique (m), I : inclinaison du fond du canal

##### ② Inclinaison du fond du canal

Elle est déterminée en fonction des résultats des mesures de la hauteur de fondation du canal existant.

### ③ Coefficient de rugosité

$n = 0,033$  sera appliqué.

Référence : Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols –  
Conception «Canal»

: Manuel du technicien du génie rural (Manuel technique de Madagascar)

### ④ Vitesse de courant appliquée

La vitesse de courant souhaitable pour les canaux où les sédiments en suspension risquent de s'accumuler est comprise entre 0,45 et 0,9 m/sec. Toutefois, dans le présent projet, une vitesse de courant par diamètre de grain de sable sera prise en considération. Dans le dessableur, le sable d'un diamètre de plus de 0,3 mm sera sédimenté et, dans la mesure possible, le sable ayant un diamètre plus inférieur ne sera pas sédimenté dans le canal mais sera écoulé en suspension jusqu'aux champs d'irrigation. Par conséquent, une vitesse de courant permettant de limiter la sédimentation dans le canal doit être assurée. Une vitesse de courant minimale d'environ 0,3 m/sec doit être assurée au moment de la conception du débit en tenant compte de la vitesse de courant minimale admissible obtenue en recourant à la vitesse de sédimentation des grains de sable d'un diamètre de moins de 0,3 mm et à la vitesse de friction indiquées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2-2-9 Vitesse d'écoulement d'eau appliquée pour le canal**

| Vitesse de courant admissible du canal |                  |  |   |  |  |
|--|------------------|--|---|--|--|
| Vitesse de courant minimale admissible | 0,45 à 0,90m/sec |  | Canaux où les sédiments en suspension risquent de s'accumuler |  |  |
| Vitesse de courant maximale admissible | 0,45m/sec        |  | Sols sableux  |  |  |

Source : Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols - Conception «Canal».

| Vitesse de courant minimale admissible par diamètre de grain de sable |  |                            |   |                            |   |
|---|--|----------------------------|---|----------------------------|---|
| Diamètre (mm)   | Vitesse de courant minimale par vitesse de sédimentation |                            | Vitesse de courant minimale par vitesse de friction |                            | Remarques   |
|   | Vitesse de sédimentation (cm/sec)                        | Vitesse de courant (m/sec) | Vitesse limite de friction (cm/sec)                 | Vitesse de courant (m/sec) |   |
| 1,0   | 9,0  | 0,7 à 2,2                  | 2,0   | 0,16 à 0,50                | Le sable d'un diamètre de plus de 0,3 mm est sédimenté dans le dessableur.  |
| 0,3   | 4,0  | 0,3 à 1,0                  | 1,5   | 0,12 à 0,37                | Le sable d'un diamètre de moins de 0,3 mm n'est pas sédimenté dans le canal et aura une vitesse de courant ne permettant pas la sédimentation pour s'écouler jusqu'aux champs d'irrigation. |
| 0,1   | 1,0  | 0,08 à 0,25                | 1,3   | 0,10 à 0,33                |   |
| 0,05  | 0,3  | 0,02 à 0,07                | 1,0   | 0,08 à 0,25                |   |

|      |     |             |     |             |      |
|------|-----|-------------|-----|-------------|------|
| 0,03 | 0,1 | 0,01 à 0,02 | 0,9 | 0,07 à 0,23 | Idem |
| 0,01 |     |             | 0,6 | 0,05 à 0,15 | Idem |

Source : Calcul sur la base des articles 13. Canaux de drainage, 13.1 Inclinaisons et sections, Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols et Plan d'exploitation et d'explication «Drainage».

## ⑤ Revanche

La revanche peut être recherchée selon la formule ci-dessous sur la base des normes suivantes relatives à la profondeur d'eau du plan et à la vitesse de courant.

$$F_b = 0,05d + hv + (0,05 \sim 0,15m)$$

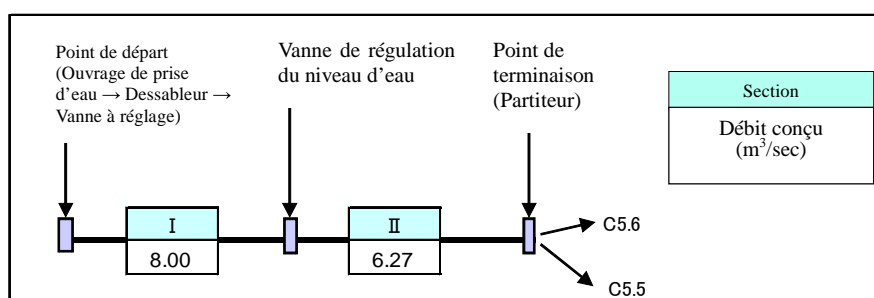
Dans laquelle,  $F_b$  : revanche (m),  $hv$  : charge de la vitesse (m), 0,05 à 0,15 m : hauteur de la houle

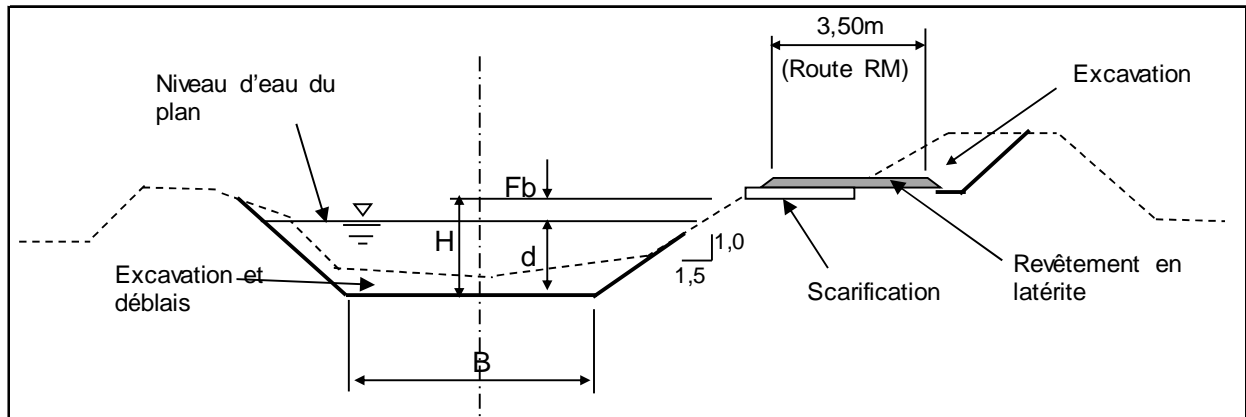
(Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols - Conception «Canal»)  
 (A Madagascar, les critères concernant la revanche ne sont pas clairs, il n'y a pas d'ailleurs des manuels ou autres à se référer. D'après les enquêtes locales faites lors de l'étude du concept de base en 2009, la revanche serait égale à  $0,2 \cdot d$  (profondeur d'eau) et le calcul a été effectué en tant que valeur de référence et comparé avec la valeur obtenue par la formule ci-dessus. Une valeur  $F_b \leq 0,2 \cdot d$  a été obtenue pour tous les canaux. Comme il ne s'agit pas d'une valeur obtenue par une formule standard, la valeur  $F_b$  de la formule ci-dessus a été appliquée pour les périmètres cibles.)

## (2) Périmètre irrigué P5

### 1) Canal principal P5

Le canal principal P5 (longueur totale = 6,4 km) comporte deux sections ayant une vitesse de courant différente dans la partie en amont et la partie en aval, en fonction de la vanne de régulation du niveau d'eau. Le débit conçu pour chaque section a été calculé à partir d'une surface d'écoulement de l'eau assurée conformément aux conditions ci-dessus.





| Rubrique/ Section                           | Section I | Section II |
|---|-----------|------------|
| Débit de conception Q (m <sup>3</sup> /sec) | 8,00      | 6,27       |
| Inclinaison du canal                        | 1/5.000   | 1/5.000    |
| Largeur de fond du canal B (m)              | 7,5       | 6,0        |
| Profondeur d'eau de conception d (m)        | 1,65      | 1,65       |
| Section mouillée A (m <sup>2</sup> )        | 16,36     | 13,41      |
| Vitesse de courant V (m/sec)                | 0,49      | 0,47       |
| Revanche Fb (m)                             | 0,194     | 0,191      |
| Hauteur de canal H (m)                      | 1,85      | 1,85       |

**Figure 2-2-25 Coupe standard du canal principal P5 et caractéristiques hydrauliques**

## 2) Canaux secondaires

### ① Canal C5.3

Ce canal est un canal d'irrigation pour distribuer de l'eau aux mailles n°13 et 14 et à une partie de la maille n°8 faisant partie du canal d'irrigation P1. Il est extrêmement petit comparé aux autres canaux secondaires.

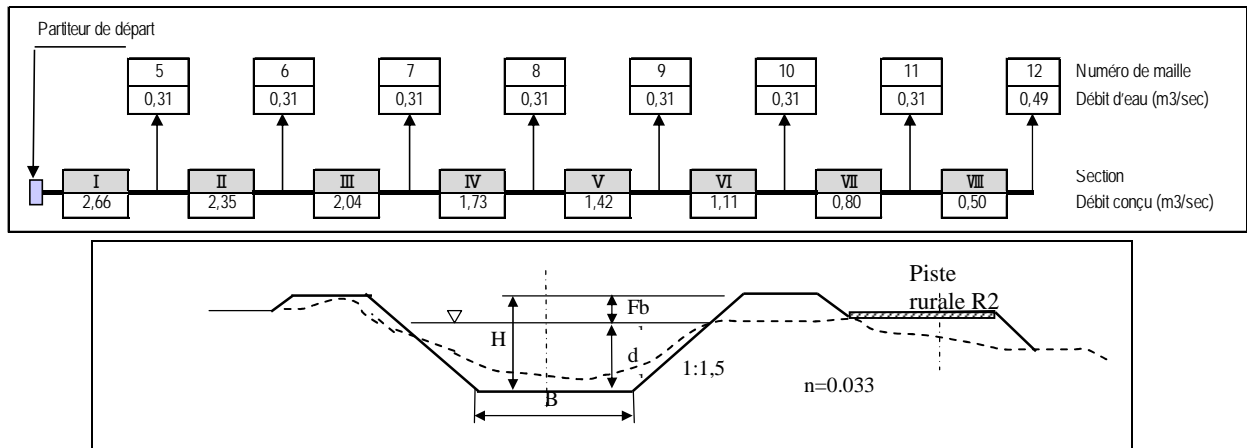
|   |        |  |
|---|--------|--|
| Débit de conception Q (m <sup>3</sup> /sec) | 0,43   |  |
| Largeur du canal B (m)                      | 1,0    |  |
| Inclinaison du canal                        | 1/5000 |  |
| Profondeur d'eau de conception d (m)        | 0,80   |  |
| Section mouillée A (m <sup>2</sup> )        | 1,72   |  |
| Vitesse de courant V (m/sec)                | 0,251  |  |
| Revanche Fb (m)                             | 0,143  |  |
| Hauteur de canal H (m)                      | 0,95   |  |

**Figure 2-2-26 Coupe standard du canal C-5.3 et caractéristiques hydrauliques**



## ② Canal C-5.5

Ce canal est parallèle à la piste rurale (R2) objet de la réhabilitation et peut être utilisé également comme route de maintenance des canaux. Il existe 8 sections ayant un débit de conception différencié selon le partiteur vers les canaux tertiaires.

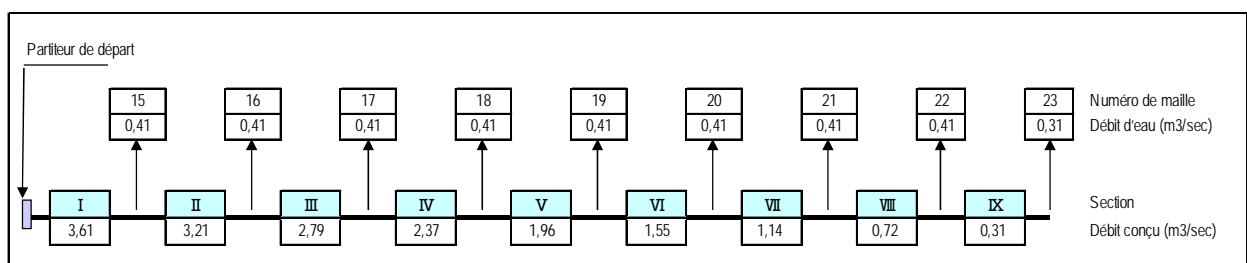


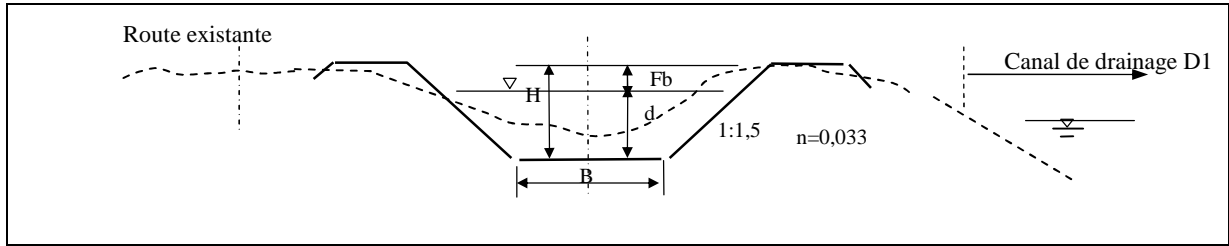
| Caractéristiques hydrauliques               | Sections |         |         |         |         |         |         |         |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | I        | II      | III     | IV      | V       | VI      | VII     | VIII    |
| Débit de conception Q (m <sup>3</sup> /sec) | 2,66     | 2,35    | 2,04    | 1,73    | 1,42    | 1,11    | 0,80    | 0,50    |
| Largeur du canal B (m)                      | 2,7      | 2,5     | 2,0     | 2,0     | 1,5     | 1,2     | 1,0     | 0,5     |
| Inclinaison du canal                        | 1/5.000  | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 |
| Profondeur d'eau de conception d (m)        | 1,45     | 1,40    | 1,40    | 1,26    | 1,25    | 1,20    | 1,10    | 1,00    |
| Section mouillée A (m <sup>2</sup> )        | 6,80     | 6,19    | 5,53    | 4,90    | 4,20    | 3,49    | 2,72    | 1,91    |
| Vitesse de courant V (m/sec)                | 0,391    | 0,380   | 0,369   | 0,353   | 0,338   | 0,319   | 0,294   | 0,261   |
| Revanche Fb (m)                             | 0,180    | 0,177   | 0,177   | 0,169   | 0,168   | 0,165   | 0,159   | 0,153   |
| Hauteur de canal H (m)                      | 1,65     | 1,60    | 1,60    | 1,45    | 1,45    | 1,40    | 1,30    | 1,20    |

Figure 2-2-27 Coupe standard du canal C-5.5 et caractéristiques hydrauliques

## ③ Canal C-5.6

La route de maintenance parallèle à ce canal est en mauvais état et des réparations avec de la terre de bonne qualité sont nécessaires mais la réhabilitation du canal lui-même sera prioritaire. Cette route sera utilisée pour les travaux comme ceux des partiteurs.





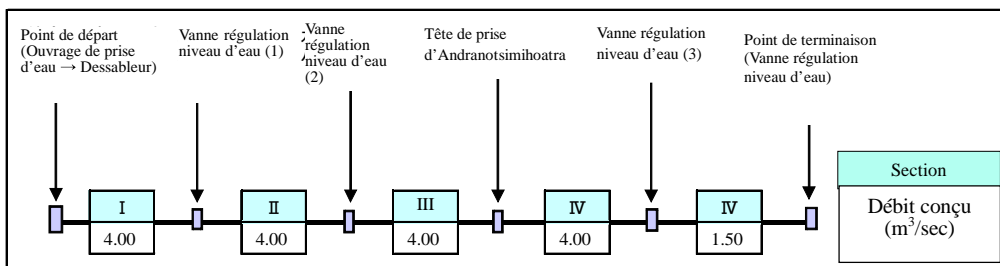
| Caractéristiques hydrauliques               | Sections |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | I        | II      | III     | IV      | V       | VI      | VII     | VIII    | IX      |
| Débit de conception Q (m <sup>3</sup> /sec) | 3,61     | 3,21    | 2,79    | 2,37    | 1,96    | 1,55    | 1,14    | 0,72    | 0,31    |
| Largeur du canal B (m)                      | 3,2      | 3,0     | 2,5     | 2,0     | 1,7     | 1,5     | 1,0     | 0,8     | 0,5     |
| Inclinaison du canal                        | 1/5.000  | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 |
| Profondeur d'eau de conception d (m)        | 1,60     | 1,63    | 1,65    | 1,65    | 1,60    | 1,50    | 1,45    | 1,25    | 0,95    |
| Section mouillée (m <sup>2</sup> )          | 8,57     | 7,53    | 6,74    | 5,94    | 5,15    | 4,31    | 3,43    | 2,43    | 1,30    |
| Vitesse de courant (m/sec)                  | 0,421    | 0,426   | 0,413   | 0,399   | 0,381   | 0,359   | 0,333   | 0,297   | 0,240   |
| Revanche Fb (m)                             | 0,189    | 0,191   | 0,191   | 0,191   | 0,187   | 0,182   | 0,178   | 0,167   | 0,150   |
| Hauteur de canal H (m)                      | 1,80     | 1,85    | 1,85    | 1,85    | 1,80    | 1,70    | 1,65    | 1,45    | 1,15    |

Figure 2-2-28 Coupe standard du canal C-5.6 et caractéristiques hydrauliques

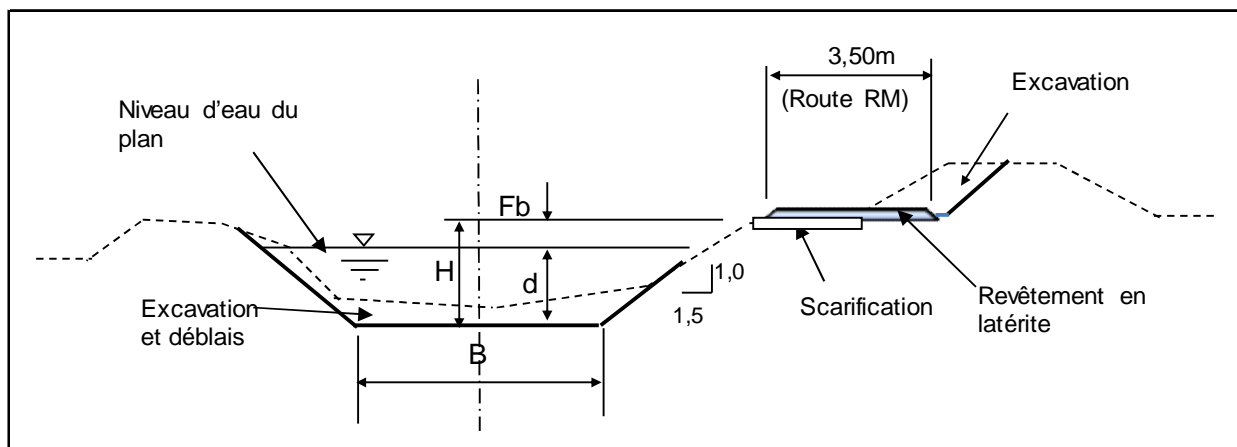
### (3) Périmètre irrigué P1

#### 1) Canal principal P1

Le canal principal P1 (longueur L = 24 km) présente de nombreux emplacements avec sédimentation de sable, revanche insuffisante et affaissement de la digue des canaux. Il est donc nécessaire d'assurer la surface d'écoulement de l'eau. Dans le canal, des vannes de régulation du niveau d'eau sont installées en 3 emplacements. Le canal consiste en 5 sections comme dans la figure ci-dessous. La route de maintenance (RM) parallèle à ce canal fera également l'objet de la réhabilitation.



La coupe du canal sera conçue sur la base de l'inclinaison et de la forme en coupe actuelles du canal.



| Sections                                  | I       | II      | III     | IV       | V        |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|
| Débit de conception (m <sup>3</sup> /sec) | 4,00    | 4,00    | 4,00    | 1,50     | 1,50     |
| Inclinaison du canal                      | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/5.000 | 1/10.000 | 1/10.000 |
| Largeur du canal B (m)                    | 4,00    | 4,00    | 4,00    | 4,00     | 2,00     |
| Profondeur d'eau de conception d (m)      | 1,50    | 1,50    | 1,50    | 1,80     | 1,40     |
| Section mouillée A (m <sup>2</sup> )      | 9,37    | 9,37    | 9,37    | 12,04    | 5,70     |
| Vitesse de courant V (m/sec)              | 0,43    | 0,43    | 0,43    | 0,33     | 0,26     |
| Revanche Fb (m)                           | 0,184   | 0,184   | 0,184   | 0,196    | 0,173    |
| Hauteur de canal H (m)                    | 1,70    | 1,70    | 1,70    | 2,00     | 1,60     |

Figure 2-2-29 Coupe standard du canal principal P1 et caractéristiques hydrauliques

## 2) Canaux secondaires

### ① Canal C1.0

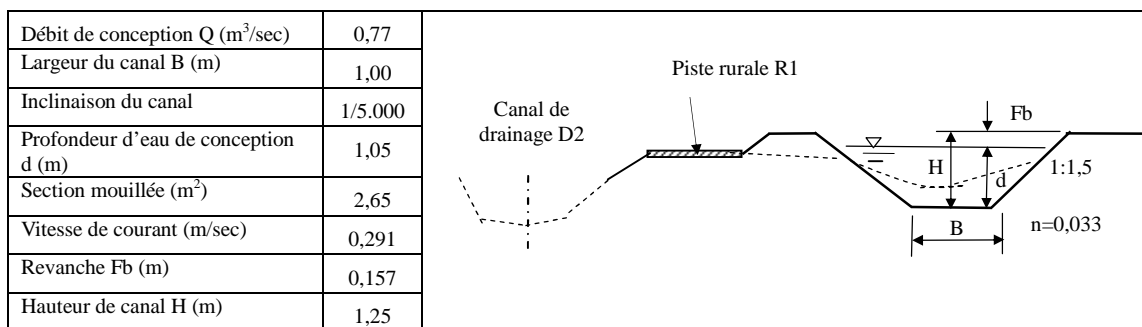
Ce canal dérive directement du canal principal P1 et sert à irriguer les mailles adjacentes. Son débit de conception de 0,42 m<sup>3</sup>/sec est faible par rapport aux autres canaux secondaires.

|   |         |  |
|---|---------|--|
| Débit de conception Q (m <sup>3</sup> /sec) | 0,42    |  |
| Largeur du canal B (m)                      | 1,0     |  |
| Inclinaison du canal                        | 1/5.000 |  |
| Profondeur d'eau de conception d (m)        | 0,80    |  |
| Section mouillée A (m <sup>2</sup> )        | 1,69    |  |
| Vitesse de courant (m/sec) V                | 0,249   |  |
| Revanche Fb (m)                             | 0,143   |  |
| Hauteur de canal H (m)                      | 0,95    |  |

Figure 2-2-30 Coupe standard du canal principal C1.0 et caractéristiques hydrauliques

### ② Canal C1.1

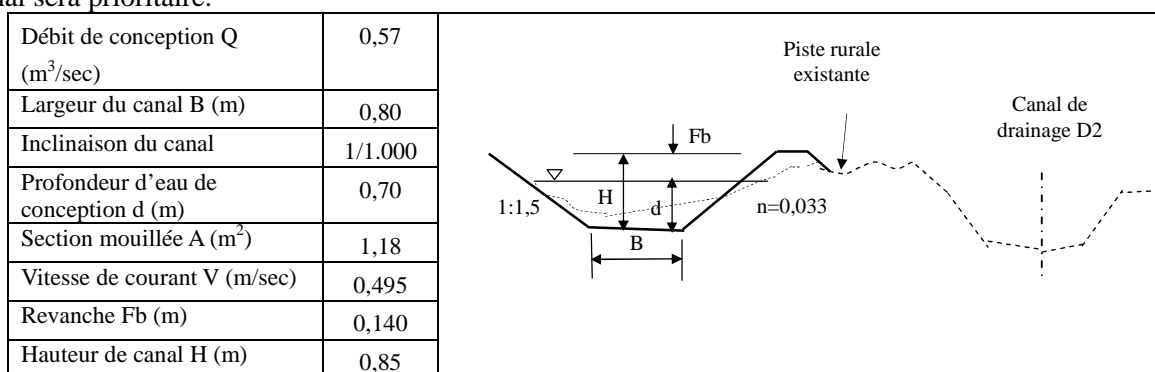
L'eau de ce canal est également utilisée pour les besoins de la vie quotidienne. Le canal est parallèle à la route R1 qui traverse le périmètre d'est en ouest et qui deviendra une route de maintenance.



**Figure 2-2-31 Coupe standard du canal principal C1.1 et caractéristiques hydrauliques**

### ③ Canal C1.2

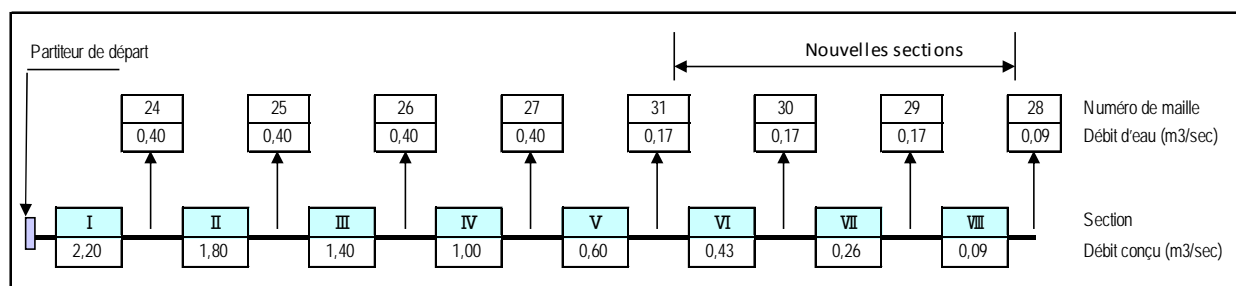
Après dérivation vers les champs à proximité du canal principal P1, ce canal dérive dans le canal tertiaire vers les mailles 20, 21, 17 et 19. La piste rurale qui lui est parallèle peut être utilisée comme route de maintenance mais elle est difficilement praticable en raison de nombreux emplacements qui sont affaissés ou irréguliers. Il serait nécessaire de la réparer simultanément à la réhabilitation du canal. Toutefois, cette réparation n'étant pas prévue, l'assurance de la surface d'écoulement de l'eau dans le canal sera prioritaire.

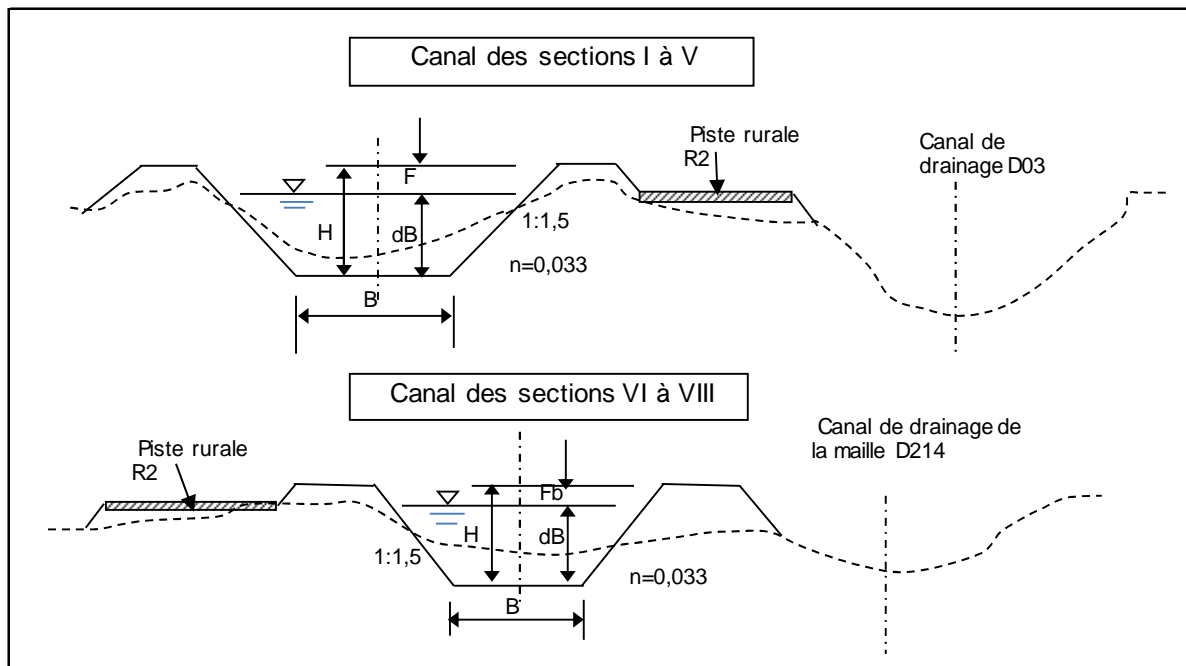


**Figure 2-2-32 Coupe standard du canal principal C1.2 et caractéristiques hydrauliques**

### ④ Canal C1.3

Ce canal dérive vers les mailles n°24 à 27. Vu la différence de niveau d'eau, un ouvrage de chute sera installé au canal. Le canal dérivant vers les mailles n°28 à 31 sera construit. Parallèle à route rurale R2, il pourra être utilisé comme route de maintenance.





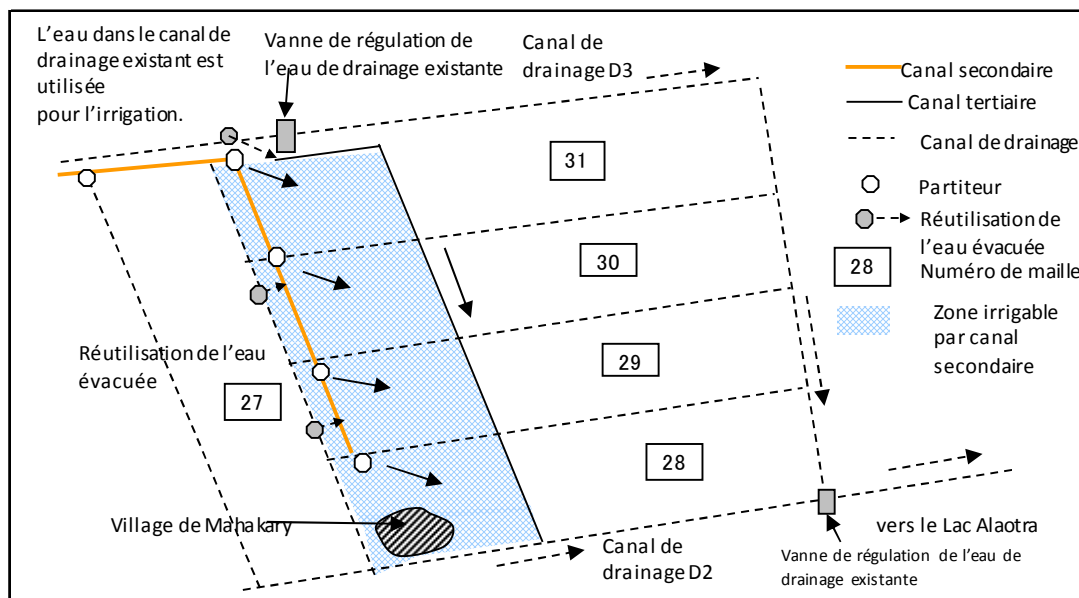
| Sections                                  | I      | II     | III    | IV     | V      | VI     | VII    | VIII   |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Débit de conception (m <sup>3</sup> /sec) | 2,20   | 1,80   | 1,40   | 1,00   | 0,60   | 0,43   | 0,26   | 0,09   |
| Inclinaison du canal                      | 1/1.50 | 1/1.50 | 1/1.50 | 1/1.50 | 1/1.50 | 1/5.00 | 1/5.00 | 1/5.00 |
| Largeur du canal B (m)                    | 1,50   | 1,50   | 1,50   | 1,20   | 1,00   | 1,00   | 1,00   | 0,70   |
| Profondeur d'eau de conception d (m)      | 1,20   | 1,20   | 1,10   | 1,00   | 0,80   | 0,90   | 0,70   | 0,45   |
| Section mouillée A (m <sup>2</sup> )      | 3,72   | 3,08   | 2,56   | 1,98   | 1,35   | 1,65   | 1,14   | 0,52   |
| Vitesse de courant V (m/sec)              | 0,592  | 0,584  | 0,547  | 0,504  | 0,444  | 0,260  | 0,229  | 0,175  |
| Revanche Fb (m)                           | 0,178  | 0,177  | 0,170  | 0,163  | 0,150  | 0,148  | 0,138  | 0,124  |
| Hauteur de canal H (m)                    | 1,40   | 1,40   | 1,30   | 1,20   | 1,00   | 1,05   | 0,85   | 0,55   |

**Figure 2-2-33 Coupe standard du canal principal C1.3 et caractéristiques hydrauliques**

### Système d'irrigation dans les nouvelles sections (mailles n°28 à 31)

Le volume d'eau utilisable en tant que ressource dans le périmètre irrigué P1 est limité et la partie en aval des 4 mailles (n°28 à 31) situés à l'extrémité du périmètre irrigué est inadaptée à l'irrigation. D'après le calcul du bilan hydraulique, la surface irrigable de ces 4 mailles est limitée à environ un tiers (355 ha) de la superficie totale d'irrigation du plan (1.165 ha). Pour les 2/3 restants (1.165 ha - 355 ha = 810 ha), un système d'irrigation ayant de nouvelles ressources en eau doit être prévu. Du fait de la difficulté d'élargir jusqu'à présent les canaux secondaires (sections I à V), le projet portera sur la réutilisation de l'eau évacuée du canal de drainage D3 à proximité en tant que nouvelle ressource d'eau pour l'irrigation. Dans les périmètres P1 et P5, l'eau d'irrigation et l'eau de drainage sont en principe séparées mais, en raison des relations entre l'altitude des champs d'irrigation et des canaux d'irrigation et de drainage, il est possible de réutiliser l'eau de drainage et cette eau est déjà réutilisée dans certaines zones. Les mailles

n°28 à 31 sont situés à l'extrémité du périmètre irrigué, à l'endroit où les eaux de drainage des mailles en amont sont collectées, et la réutilisation des eaux de drainage est possible. Dans le projet, les installations existantes seront utilisées, les eaux collectées dans le canal de drainage D3 seront réutilisées et la partie en aval de chacun des mailles (810 ha) sera irriguée. La réutilisation des eaux de drainage de la maille n°27 situé en amont sera également prévue.

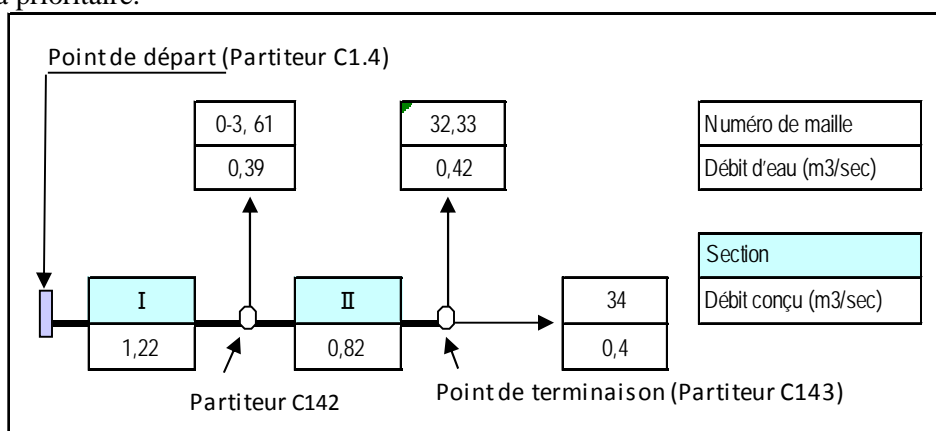


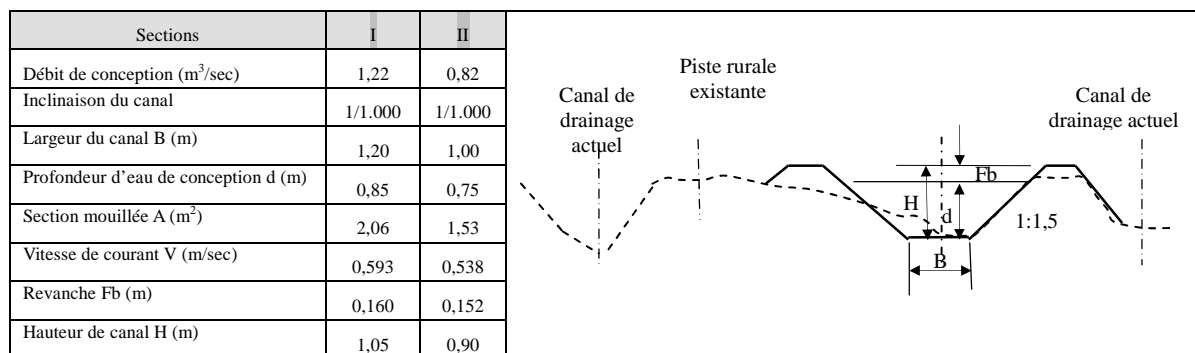
**Figure 2-2-34 Système d'irrigation dans les nouvelles sections du canal secondaire**

D'autre part, afin que la riziculture soit possible dans ces mailles, il sera nécessaire de procéder à un nivellement et de prévoir des mesures contre les crues.

**⑤ Canal C1.4**

Ce canal dérive l'eau de l'ouvrage terminal du canal principal P1 et il est parallèle à la piste rurale existante ainsi qu'au canal tertiaire et au canal de drainage. La piste rurale comporte de nombreux emplacements irréguliers et affaissés et devrait être réparée mais l'assurance de la surface d'écoulement de l'eau sera prioritaire.





**Figure 2-2-35 Coupe standard du canal principal C1.4 et caractéristiques hydrauliques**

### 2-2-2-7 Réhabilitation du partiteur des canaux d'irrigation

#### (1) Situation actuelle et orientations de la réhabilitation

- Dans la dérivation des eaux allant du canal principal → canal secondaire (ou canal tertiaire direct) → canal tertiaire, la quantité d'eau divisée est contrôlée en installant des vannes coulissantes sur le mur du côté des canaux majeurs. En outre, après la prise d'eau, la quantité d'eau divisée vers les champs d'irrigation et les petits canaux est contrôlée par un distributeur. Ce distributeur est une installation captant l'eau selon un débit prescrit associant des dispositifs de 5 litres/sec à 1.000 litres/sec, sous un niveau d'eau défini du côté des canaux majeurs. Le distributeur installé est composé de 4 à 6 dispositifs en fonction de la quantité et de la direction de la dérivation. Toutefois, les portes en plaques ou en éventail de tous ces dispositifs sont usées ou manquantes et il sera par conséquent difficile à faire fonctionner à l'avenir. Des réparations sont nécessaires pour continuer les opérations.
- Toutefois, les pièces de rechange de ces dispositifs sont difficiles à se procurer à Madagascar et les réparations sont donc impossibles. Le distributeur existant sera enlevé. Après son retrait, en prenant pour référence l'exemple du périmètre irrigué PC15, il sera remplacé par un partiteur avec vanne coulissante manuelle et un barrage rectangulaire facile à opérer et à entretenir. Comme la quantité d'eau à diviser sera contrôlée par vanne manuelle, une formation sur les techniques de mesure du débit et de manœuvre des vannes sera donnée aux Associations des usagers de l'eau dans le cadre de la composante soft afin que ces Associations puissent assurer une gestion de l'eau appropriée.

#### (2) Orientations de la conception

- Le niveau d'eau et le débit seront contrôlés par des vannes coulissantes et un barrage rectangulaire. Le niveau et le débit seront mesurés par le barrage et le volume de prise d'eau sera contrôlé par une vanne coulissante installée à la prise d'eau.
- Une échelle limnimétrique sera installée afin d'identifier le degré d'ouverture de la vanne et le volume de prise d'eau. Pour la dérivation vers les canaux tertiaires, les largeurs des canaux et des vannes seront proportionnelles à la quantité d'eau à diviser et un ratio fixe de cette quantité sera

respecté même sans manœuvre.

- Pour le côté canal majeur, une vanne coulissante et un barrage fixe seront installés, et le niveau d'eau ainsi que le débit du canal majeur seront contrôlés. Pour la mise en place du barrage fixe, sa longueur et sa hauteur de fondation (profondeur d'eau de déversement) seront déterminées au préalable de sorte que le volume d'écoulement vers l'aval soit satisfait même au cas où la vanne est entièrement fermée, la fréquence de manœuvre des vannes sera réduite et la précision du volume d'écoulement vers l'aval sera maintenue.
- La réhabilitation porte sur 54 emplacements et le style de structure est différent pour chaque emplacement selon le mode de la dérivation des eaux. Par conséquent, lors de l'élaboration du concept de base, les structures seront subdivisées en type tuyau et type vanne en fonction de la quantité et de la direction de l'eau divisée, à l'exception du partiteur terminal du canal principal P5, selon les types ci-dessous.

**Tableau 2-2-10 Différents types de partiteur**

| Type    | Mode de dérivation des eaux   |
|---------|---|
| Type -A | L'eau est divisée des canaux majeurs (canal principal, canal secondaire) au canal d'irrigation des champs ou au canal secondaire.<br>A-1 : Dérivation par tuyau (1 ligne) à partir des canaux majeurs avec quantité d'eau à diviser inférieure à 0,25 m <sup>3</sup> /sec environ (type tuyau)<br>A-2 : Dérivation par tuyau (2 lignes) à partir des canaux majeurs avec quantité d'eau à diviser supérieure à 0,25 m <sup>3</sup> /sec environ (type tuyau)<br>A-3 : Après dérivation par type tuyau, un barrage en gradins sera installé et connecté au puisard de partiteur (type tuyau)<br>A-4 : Dérivation par écoulement libre ou écoulement noyé en fonction du degré d'ouverture des vannes (type vanne)                |
| Type -B | Avec un style d'ouvrage partiteur de type tuyau, la dérivation des eaux se fait des canaux majeurs (canaux secondaires) au canal tertiaire de chaque maille. Pour l'ajustement et le contrôle du débit entre les zones en amont et aval, un évacuateur d'eau et un canal de dérivation du barrage fixe sont installés sur les canaux majeurs. Les types sont différents selon le débit du canal de dérivation et la longueur du barrage de déversement.<br>B-1 : Débit de dérivation inférieur à 0,3 m <sup>3</sup> /sec, longueur du barrage de déversement constante de 1,5 m (type tuyau)<br>B-2 : Débit de dérivation supérieur à 0,3 m <sup>3</sup> /sec, longueur du barrage de déversement de plus de 1,5 m (type tuyau) |

### (3) Calcul des caractéristiques de conception du plan hydraulique

#### 1) Partiteur de type tuyau

Il s'agit d'un ouvrage dérivant l'eau par tuyau à partir des canaux majeurs, et la quantité d'eau à diviser est obtenue selon la formule suivante.

$$Q = A \times (2g \times h / (f_c + f_o + f \times L/D))^{0,5}$$

Dans laquelle,

Q : Quantité d'eau à diviser (m<sup>3</sup>/sec)

A : Surface d'écoulement de l'eau du tuyau de dérivateur (m<sup>2</sup>)

f<sub>e</sub> : Facteur de pertes à l'entrée d'eau  $f_e = c / (F \times d) + 0,5$

$c = 0,37m$  (m : pente d'un talus du mur latéral du canal majeur (cotθ))



$$d=1,5/m^{0,5}$$

$$F=V/(g \times D)^{0,5} \quad V : \text{Vitesse de courant dans le tuyau (m/sec)}$$

$$f : \text{Facteur de pertes de charge par frottement du tuyau } f=124,5n^2/D^{1/3}$$

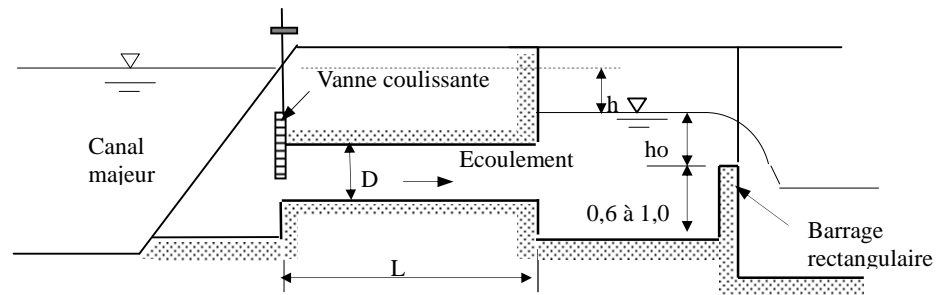
$n$  : Coefficient de rugosité du tuyau (tuyau en béton 0,013)

$L, D$  : Longueur de tuyau de dérivateur (m), diamètre tuyau (m)

$h$  : Différence entre le niveau d'eau du canal majeur et à la sortie du tuyau (m)

$g$  : Vitesse d'accélération sous l'effet de gravitation 9,8 (m/s<sup>2</sup>)

$f_0$  : Facteur de pertes à la sortie d'eau ( $f_0=1,0$ )



**Figure 2-2-36 Plan longitudinal du partiteur de type tuyau**

## 2) Comptage d'eau par barrage rectangulaire

Afin d'identifier la quantité d'eau à diviser, un compteur d'eau de type barrage rectangulaire sera annexée à l'ouvrage partiteur. Pour ce compteur d'eau, la formule de Francis sera utilisée.

$$Q=1,83 \times b \times h_0^{3/2}$$

Dans laquelle,  $Q$  : débit (m<sup>3</sup>/sec),  $b$  : largeur du barrage,  $h_0$  : profondeur de déversement (m)

## 3) Partiteur de type vanne

Ce système contrôle la prise d'eau par vanne, et l'eau passe par écoulement libre ou écoulement noyé en fonction du degré d'ouverture de la vanne.

$$Q=C_a \times b \times d \times (2g \times h_1)^{0,5}$$

Dans laquelle,

$Q$  : Quantité d'eau à diviser (m<sup>3</sup>/sec)

$C_a$  : Coefficient de débit

$b, d$  : Largeur d'ouverture dans la vanne, hauteur d'ouverture (m)

$h_1$  : Profondeur d'eau en amont de la vanne (canal majeur) (m)

$h_2$  : Profondeur d'eau en aval de la vanne (canal de dérivation) (m)

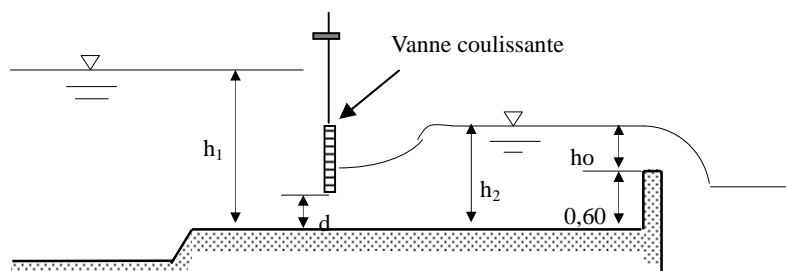


Figure 2-2-37 Plan longitudinal du partiteur de type vanne

#### 4) Conception de la dérivation

Pour l'ouvrage partiteur du canal majeur (canaux secondaires), un canal de dérivation du barrage fixe sera installé conjointement à une vanne coulissante. Le débit de dérivation correspondra au débit de conception des sections en aval après dérivation de l'eau.

$$Q = C \cdot L \cdot \text{Hem}^{3/2}$$

Dans laquelle,

Q: Débit (m<sup>3</sup>/sec)

C: Coefficient de débit

$$C = 1,838 \times (1 + 0,0012/\text{Hem}) \times (1,0 - (\text{Hem}/L)^{0,5}/10)$$

Hem: Profondeur moyenne de déversement (m)

L: Longueur du barrage de déversement (m)

#### 5) Caractéristiques hydrauliques de chaque partiteur

Les caractéristiques hydrauliques de chaque partiteur calculées au débit de conception sont les suivantes.

Tableau 2-2-11 Caractéristiques hydrauliques des partiteurs

a) Partiteur de type tuyau (Types : A-1, A-2, A-3)

| Partiteur                       | Partie tuyau |  |                       |                |                            |                               | Partie barrage rectangulaire |                                  |
|---------------------------------|--------------|--|-----------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
|                                 | Type         | Quantité d'eau à diviser Q (m <sup>3</sup> /sec) | Diamètre tuyau D (mm) | Longueur L (m) | Vitesse dans tuyau V (m/s) | Différence niveau d'eau h (m) | Largeur barrage b (m)        | Profondeur de déversement ho (m) |
| Partiteur du canal principal P1 |              |  |                       |                |                            |                               |                              |                                  |
| Pa-P102                         | A-1          | 0,07   | 300                   | 7,0            | 0,99                       | 0,14                          | 0,5                          | 0,18                             |
| Pa-P109                         | A-1          | 0,01   | 300                   | 6,0            | 0,14                       | 0,01                          | 0,4                          | 0,06                             |
| Pa-C10                          | A-2          | 0,42   | 500×2                 | 12,0           | 1,07                       | 0,16                          | 1,4                          | 0,30                             |
| Pa-C11                          | A-2          | 0,77   | 600×2                 | 14,0           | 1,36                       | 0,25                          | 2,0                          | 0,35                             |
| Pa-C102                         | A-2          | 0,37   | 500×2                 | 10,0           | 0,94                       | 0,13                          | 1,2                          | 0,31                             |
| Pa-P115                         | A-3          | 0,09   | 500                   | 8,0            | 0,46                       | 0,03                          | 0,5                          | 0,21                             |
| Pa-C12                          | A-2          | 0,74   | 600×2                 | 10,0           | 1,31                       | 0,21                          | 2,0                          | 0,34                             |
| Pa-C13                          | A-2          | 2,20   | 1.000×2               | 26,0           | 1,40                       | 0,27                          | 6,0                          | 0,34                             |
| Pa-P119                         | A-1          | 0,12   | 500                   | 6,0            | 0,61                       | 0,05                          | 0,7                          | 0,21                             |
| Pa-P1v                          | A-2          | 0,31   | 500×2                 | 23,0           | 0,79                       | 0,12                          | 1,2                          | 0,27                             |

| Partiteur                       | Partie tuyau |  |                       |                |                            |                               | Partie barrage rectangulaire |                                  |
|---------------------------------|--------------|--|-----------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
|                                 | Type         | Quantité d'eau à diviser Q (m <sup>3</sup> /sec) | Diamètre tuyau D (mm) | Longueur L (m) | Vitesse dans tuyau V (m/s) | Différence niveau d'eau h (m) | Largeur barrage b (m)        | Profondeur de déversement ho (m) |
| Pa-P120, 21                     | A-3          | 0,08   | 500                   | 7,0            | 0,41                       | 0,03                          | 0,5                          | 0,20                             |
| Pa-C14                          | A-2          | 0,36   | 500×2                 | 10,0           | 0,92                       | 0,12                          | 1,2                          | 0,30                             |
| Pa-C142                         | A-2          | 0,82   | 600×2                 | 14,0           | 1,45                       | 0,28                          | 2,5                          | 0,32                             |
| Pa-C137                         | A-1          | 0,17   | 500                   | 5,0            | 0,87                       | 0,09                          | 0,8                          | 0,24                             |
| Pa-C138                         | A-1          | 0,17   | 500                   | 5,0            | 0,87                       | 0,09                          | 0,8                          | 0,24                             |
| Pa-C139                         | A-1          | 0,17   | 500                   | 5,0            | 0,87                       | 0,09                          | 0,8                          | 0,24                             |
| Partiteur du canal principal P5 |              |  |                       |                |                            |                               |                              |                                  |
| Pa-C51                          | A-1          | 0,09   | 300                   | 4,0            | 1,27                       | 0,19                          | 0,5                          | 0,21                             |
| Pa-C541                         | A-2          | 0,31   | 400×2                 | 7,0            | 1,23                       | 0,20                          | 1,1                          | 0,29                             |
| Pa-C542                         | A-2          | 0,29   | 400×2                 | 20,0           | 1,15                       | 0,25                          | 1,0                          | 0,29                             |

### b) Partiteur de type vanne (Type : A-4)

| Partiteur/type                  | Partie tuyau                                     |                     |                               |                         |                         |                         | Partie barrage rectangulaire |                                  |
|---------------------------------|--|---------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|
|                                 | Quantité d'eau à diviser Q (m <sup>3</sup> /sec) | Largeur vanne b (m) | Degré d'ouverture vanne d (m) | Profondeur d'eau h1 (m) | Profondeur d'eau h2 (m) | Coefficient de débit Ca | Largeur barrage b (m)        | Profondeur de déversement ho (m) |
| Partiteur du canal principal P1 |  |                     |                               |                         |                         |                         |                              |                                  |
| Pa-P103                         | A-4  | 0,14                | 0,5                           | 0,15                    | 1,10                    | 0,83                    | 0,40                         | 0,50                             |
| Pa-P103<br>Bis                  | A-4  | 0,07                | 0,3                           | 0,13                    | 1,10                    | 0,78                    | 0,39                         | 0,5                              |
| Pa-P104                         | A-4  | 0,06                | 0,3                           | 0,12                    | 1,10                    | 0,79                    | 0,36                         | 0,4                              |
| Pa-P108                         | A-4  | 0,04                | 0,3                           | 0,07                    | 1,10                    | 0,74                    | 0,41                         | 0,4                              |
| Partiteur du canal principal P5 |  |                     |                               |                         |                         |                         |                              |                                  |
| Pa-C53                          | A-4  | 0,41                | 1,5                           | 0,24                    | 1,10                    | 0,85                    | 0,37                         | 1,8                              |

### c) Partiteur de type tuyau (Types : B-1, B-2)

| Partiteur                             | Débit du canal (m <sup>3</sup> /sec) | Partie tuyau                                     |                       |                |                            |                               | Barrage rectangulaire        |                                  | Canal de dérivation         |                                 |                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|
|                                       |                                      | Quantité d'eau à diviser Q (m <sup>3</sup> /sec) | Diamètre tuyau D (mm) | Longueur L (m) | Vitesse dans tuyau V (m/s) | Différence niveau d'eau h (m) | Largeur de déversement b (m) | Profondeur de déversement ho (m) | Débit (m <sup>3</sup> /sec) | Profondeur de déversement H (m) | Longueur barrage (m) |
| Partiteur du canal principal P1 (B-1) |                                      |  |                       |                |                            |                               |                              |                                  |                             |                                 |                      |
| Pa-C111                               | 0,77                                 | 0,44   | 800                   | 17,0           | 0,88                       | 0,11                          | 1,4                          | 0,31                             | 0,33                        | 0,25                            | 1,50                 |
| Pa-C121                               | 0,57                                 | 0,25   | 800                   | 6,0            | 0,50                       | 0,04                          | 1,4                          | 0,21                             | 0,32                        | 0,24                            | 1,50                 |
| Pa-C136                               | 0,60                                 | 0,17   | 800                   | 20,0           | 0,34                       | 0,02                          | 1,4                          | 0,16                             | 0,17                        | 0,20                            | 1,50                 |
| Pa-C143                               | 0,82                                 | 0,82   | 800                   | 6,0            | 1,63                       | 0,28                          | 1,4                          | 0,47                             | 0,42                        | 0,29                            | 1,50                 |
| Partiteur du canal principal P1 (B-2) |                                      |  |                       |                |                            |                               |                              |                                  |                             |                                 |                      |
| Pa-C132                               | 0,77                                 | 0,40   | 800                   | 11,0           | 0,80                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,29                             | 1,80                        | 0,24                            | 8,44                 |

| Partiteur                             | Débit du canal (m <sup>3</sup> /sec) | Partie tuyau                                     |                       |                |                            |                               | Barrage rectangulaire        |                                  | Canal de dérivation         |                              |                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|
|                                       |                                      | Quantité d'eau à diviser Q (m <sup>3</sup> /sec) | Diamètre tuyau D (mm) | Longueur L (m) | Vitesse dans tuyau V (m/s) | Différence niveau d'eau h (m) | Largeur de déversement b (m) | Profondeur de déversement ho (m) | Débit (m <sup>3</sup> /sec) | Profondeur déversement H (m) | Longueur barrage (m) |
| Pa-C133                               | 1,80                                 | 0,40   | 800                   | 11,0           | 0,80                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,29                             | 1,40                        | 0,21                         | 8,44                 |
| Pa-C134                               | 1,40                                 | 0,40   | 800                   | 11,0           | 0,80                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,29                             | 1,00                        | 0,22                         | 5,36                 |
| Pa-C135                               | 1,40                                 | 0,40   | 800                   | 10,0           | 0,80                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,29                             | 0,60                        | 0,21                         | 3,40                 |
| Pa-D136                               | 0,78                                 | 0,35   | 800                   | 7,0            | 0,70                       | 0,06                          | 1,4                          | 0,27                             | 0,43                        | 0,17                         | 3,40                 |
| Partiteur du canal principal P5 (B-1) |                                      |  |                       |                |                            |                               |                              |                                  |                             |                              |                      |
| Pa-C532                               | 0,62                                 | 0,35   | 800                   | 8,0            | 0,70                       | 0,06                          | 1,4                          | 0,27                             | 0,31                        | 0,24                         | 1,50                 |
| Pa-C558                               | 0,50                                 | 0,50   | 800                   | 8,0            | 0,98                       | 0,11                          | 1,4                          | 0,20                             | 0,24                        | 0,20                         | 1,50                 |
| Pa-C568                               | 0,72                                 | 0,41   | 800                   | 8,0            | 0,82                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,30                             | 0,31                        | 0,24                         | 1,50                 |
| Pa-C569                               | 0,31                                 | 0,31   | 800                   | 8,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 0,24                        | 0,20                         | 1,50                 |
| Partiteur du canal principal P5 (B-2) |                                      |  |                       |                |                            |                               |                              |                                  |                             |                              |                      |
| Pa-C551                               | 2,66                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 0,24                        | 0,24                         | 11,42                |
| Pa-C552                               | 2,35                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 2,0                         | 0,22                         | 11,42                |
| Pa-C553                               | 2,04                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 1,73                        | 0,24                         | 8,44                 |
| Pa-C554                               | 1,73                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 1,42                        | 0,21                         | 8,44                 |
| Pa-C555                               | 1,42                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 1,11                        | 0,24                         | 5,36                 |
| Pa-C556                               | 1,11                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 0,80                        | 0,26                         | 3,40                 |
| Pa-C557                               | 0,80                                 | 0,31   | 800                   | 5,0            | 0,62                       | 0,05                          | 1,4                          | 0,24                             | 0,50                        | 0,20                         | 3,40                 |
| Pa-C561                               | 3,61                                 | 0,41   | 800                   | 15,0           | 0,82                       | 0,09                          | 1,4                          | 0,30                             | 3,21                        | 0,26                         | 13,42                |
| Pa-C562                               | 3,21                                 | 0,41   | 800                   | 8,0            | 0,82                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,30                             | 2,79                        | 0,24                         | 13,42                |
| Pa-C563                               | 2,79                                 | 0,41   | 800                   | 8,0            | 0,82                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,30                             | 2,37                        | 0,24                         | 11,42                |
| Pa-C564                               | 2,37                                 | 0,41   | 800                   | 8,0            | 0,82                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,30                             | 1,96                        | 0,26                         | 8,44                 |
| Pa-C565                               | 1,96                                 | 0,41   | 800                   | 10,0           | 0,82                       | 0,09                          | 1,4                          | 0,30                             | 1,55                        | 0,22                         | 8,44                 |
| Pa-C566                               | 1,55                                 | 0,41   | 800                   | 8,0            | 0,82                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,30                             | 1,14                        | 0,25                         | 5,36                 |
| Pa-C567                               | 1,14                                 | 0,41   | 800                   | 8,0            | 0,82                       | 0,08                          | 1,4                          | 0,30                             | 0,72                        | 0,26                         | 3,40                 |

#### (4) Partiteur terminal' du canal principal P5 (partiteur 55)

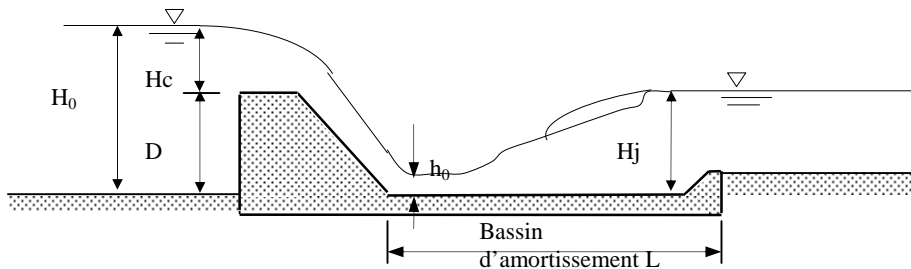
Il s'agit d'un ouvrage partiteur installé au point terminal du canal principal P5 qui n'entre dans aucune catégorie. Dans ce projet, la réhabilitation doit être effectuée en utilisant au maximum les structures existantes. Le distributeur actuel sera remplacé par une vanne coulissante manuelle afin de s'adapter aux fluctuations de débit et permettre d'identifier le débit d'eau et le degré d'ouverture de la vanne. La largeur du canal (largeur de vanne) sera proportionnelle au débit des canaux secondaires C5.5 et C5.6 et un débit de ratio constant devra être respecté sans manœuvre. Dans la conception des caractéristiques des

structures, une profondeur de déversement appropriée sera attribuée et la longueur du bassin d'amortissement existant sera étudiée à partir du nombre de Froude, etc., afin de déterminer si elle est pertinente ou non.

**Tableau 2-2-12 Débit d'eau au partiteur terminal du canal principal P5 et caractéristiques de la vanne**

| Canaux secondaires | Quantité d'eau à diviser (m <sup>3</sup> /sec) | Vanne coulissante (largeur (m) x hauteur (m) x nombre de vannes) |
|--------------------|--|--|
| C5.5               | 2,66   | 1,05×1,25×2  |
| C5.6               | 3,61   | 1,70×1,25×2  |

Calcul des caractéristiques hydrauliques



**Figure 2-2-38 Conception des caractéristiques hydrauliques du partiteur terminal**

Les caractéristiques hydrauliques sont calculées de la manière suivante.

$$h_0^3 - E_0 \cdot h_0^2 + q^2/2g = 0$$

$$E_0 = D + (2/3) \cdot H_c \quad H_c = (Q/1,7 \times B)^{2/3}$$

$$q = Q/B \text{ (m}^3\text{/s/m)}$$

$$H_j = (h_0/2) \times (((8q^2/g/h_0) + 1)^{0,5} - 1)$$

**Tableau 2-2-13 Caractéristiques hydrauliques du partiteur terminal du canal principal P5**

| Caractéristiques hydrauliques                                 | C5.5  | C5.6  | Remarques   |
|---|-------|-------|---|
| Débit de conception : Q (m <sup>3</sup> /sec)                 | 2,66  | 3,61  |   |
| Largeur du canal : B (m)                                      | 2,10  | 3,40  | Largeur x 2   |
| Profondeur de déversement Hc (m)                              | 0,822 | 0,731 |   |
| Débit unitaire par largeur : q (m <sup>3</sup> /s/m)          | 1,267 | 1,062 |   |
| Hauteur de barrage : D (m)                                    | 1,60  | 1,69  | Réglage hauteur de déversoir, faire correspondre à H0 |
| Profondeur d'eau du pied du talus en aval du barrage : h0 (m) | 0,192 | 0,160 |   |
| Nombre de Froude avant ressaut hydraulique : Fr               | 4,81  | 5,30  |   |
| Profondeur conjuguée du côté amont par rapport à h0 : Hj (m)  | 1,213 | 1,122 |   |
| Longueur du bassin d'amortissement (type III) : L (m)         |       |       |   |
| Longueur de calcul*   | 3,64  | 3,37  |   |
| Longueur de conception  | 4,00  | 5,23  | Utilisation installation actuelle                     |

\* : Type III = 3Hj environ, voir p252 Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols «Canal»

## **2-2-2-8 Réhabilitation des installations de régulation du niveau d'eau**

### **(1) Situation actuelle et orientations de la réhabilitation**

#### **1) Vanne AMIL du canal principal P5**

- Le contrepois de la vanne AMIL (vanne de régulation automatique du niveau d'eau en amont) installée dans le canal est défectueux et une réhabilitation est nécessaire pour assurer un fonctionnement durable à l'avenir. Par ailleurs, en vue de poursuivre l'utilisation de cette vanne, des mesures devront être prises par rapport aux problèmes suivants.
  - (i) Cette vanne ayant une fonction permettant d'assurer un niveau d'eau constant du côté en amont, elle peut conserver un niveau prescrit d'eau à diviser en amont mais, au cas où le contrôle de la quantité et du niveau d'eau à diviser n'est pas effectué, la priorité est donnée à l'eau à diviser en amont et il est impossible d'assurer l'écoulement de l'eau en aval. Ce phénomène se remarque en particulier pendant les périodes où le débit du canal est réduit (les 5 ouvrages partiteurs ne contrôlent pas la quantité d'eau à diviser, y compris celle vers les mailles SCAA (n°1 à n°3) en amont et la prise d'eau est effectuée prioritairement, ce qui fait que l'écoulement de l'eau vers les sections en aval de la vanne n'est pas assuré.)
  - (ii) Lorsque la prise d'eau côté amont est effectuée prioritairement et que l'écoulement de l'eau vers l'aval n'est pas assuré, l'eau stagne et il est difficile d'assurer une vitesse de courant prescrite dans le canal. En résultat, le sable qui a pénétré dans le canal se sédimente et provoque une diminution des capacités d'écoulement de l'eau dans le canal.
- Au cas où la vanne AMIL est réparée et remise en fonctionnement, il sera nécessaire, pour assurer l'écoulement de l'eau vers l'aval, d'obtenir un accord entre les bénéficiaires de la zone en amont de la vanne comprenant les mailles SCAA, et ceux de la zone en aval pour les opérations d'ouverture et de fermeture de la vanne du partiteur en amont.
- A Madagascar, les réparations sont difficiles à effectuer car les pièces de rechange des vannes AMIL ne sont pas disponibles et il est impossible de procéder à une utilisation continue. Par conséquent, ces vannes seront retirées et remplacées. Des vannes coulissantes manuelles pouvant être exploitées, gérées et maintenues à Madagascar seront installées aux mêmes endroits que les emplacements actuels. L'ouverture et la fermeture des vannes étant manuelle, un accord sera obtenu auprès des Associations des usagers de l'eau sur l'ouverture et la fermeture d'une vanne située dans l'espace avant le partiteur en amont et la manœuvre de cette vanne, ainsi que des directives et une formation sur les méthodes de fonctionnement leur seront prodiguées dans le cadre de la composante soft.
- La résistance de la vanne en tant que structure en béton existante est suffisante mais le béton présente des usures en surface ainsi que des fissures et des bulles d'air. La structure en béton actuelle sera réhabilitée conjointement au remplacement des vannes.

#### **2) Vannes AVIO/AVIS du canal principal P1**

- Sur ce canal, à l'exception de la vanne AVIO de la tête de prise, des vannes AVIS (vanne de

régulation automatique du niveau d'eau en aval, utilisée en cas de petite différence de niveau d'eau entre l'amont et l'aval) sont installées en 3 emplacements et une vanne AVIO (vanne de régulation automatique du niveau d'eau en aval, utilisée en cas de grande différence de niveau d'eau entre l'amont et l'aval) est installée au point terminal du canal. Ces vannes n'assurent plus la régulation du niveau d'eau et ne fonctionnent plus. Leurs pièces sont vétustes et elles sont laissées à l'abandon en état d'ouverture complète ou partielle.

- Afin de pouvoir assurer leur fonctionnement durable, une réhabilitation totale serait nécessaire mais, comme pour les vannes AMIL, les réparations sont difficiles à effectuer car leurs pièces de rechange ne sont pas disponibles à Madagascar. Elles seront retirées et remplacées par des vannes coulissantes manuelles pouvant être réparées dans le pays. Parallèlement, des directives et une formation sur la méthode de fonctionnement des vannes pour assurer le niveau d'eau de dérivation en amont et assurer le débit d'écoulement en aval du canal seront données aux Associations des usagers de l'eau dans le cadre de la composante soft.
- La vanne AVIO au point terminal du canal a déjà été retirée. La vanne coulissante installée à l'avant de la vanne sera renouvelée, le niveau d'eau en amont sera assuré et l'écoulement en aval sera limité.

## **(2) Orientations de la conception**

- Des vannes coulissantes manuelles permettant de régler le niveau et le débit d'eau par main d'œuvre seront installées.
- Un canal de dérivation de type déversement sera installé conjointement pour diminuer la fréquence de réglage par fonctionnement manuel et pour permettre le réglage du niveau et du débit d'eau dans les sections en amont et en aval de la vanne.
- Les emplacements des installations de régulation du niveau d'eau seront déterminés en considérant des conditions telles que l'assurance des fonctions de maintien du niveau d'eau et du niveau d'eau à diviser ainsi que la mise en place de mailles par rotation. Le nombre de ces emplacements ne sera pas modifié.

## **(3) Détermination des caractéristiques hydrauliques**

Un canal de dérivation du barrage fixe de type déversement sera installé conjointement à la vanne coulissante. Le débit de dérivation correspondra au débit de conception de la section en aval.

### Calcul hydraulique

$$Q = C \cdot L \cdot \text{Hem}^{3/2}$$

Dans laquelle,

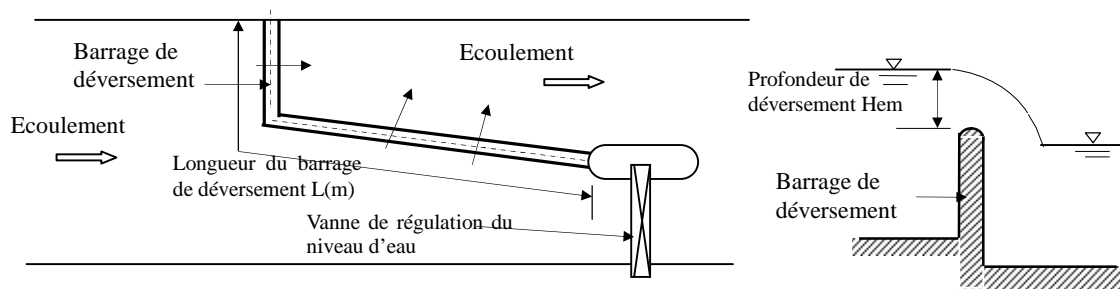
Q: Débit de dérivation (m<sup>3</sup>/sec)

C: Coefficient de déversement

$$C = 1,838 \times (1 + 0,0012/\text{Hem}) \times (1,0 - (\text{Hem}/L)^{0,5}/10)$$

Hem: Profondeur moyenne de déversement (m)

L: Longueur du barrage de déversement (m)



**Figure 2-2-39 Calcul hydraulique de l'installation de régulation du niveau d'eau**

**Tableau 2-2-14 Détermination du débit de dérivation et de la longueur du barrage de déversement**

|          | Débit de déversement (m <sup>3</sup> /sec) | Profondeur moyenne de déversement (m) | Coefficient de déversement C | Longueur du barrage de déversement nécessaire(m) | Longueur du barrage de déversement de conception (m) |
|----------|--|---------------------------------------|------------------------------|--|--|
| Canal P1 | 4,00                                       | 0,30                                  | 1,818                        | 13,39  | 13,5   |
| Canal P5 | 6,27                                       | 0,26                                  | 1,829                        | 26,66  | 27,0   |

### 2-2-2-9 Réhabilitation des pistes rurales

#### (1) Situation actuelle et orientations de la réhabilitation

Toutes les pistes dans les périmètres concernés présentent d'importants affaissements et des irrégularités et le passage des véhicules est difficile. Dans le présent projet de coopération, la réhabilitation a été prévue pour 9 routes au total parmi les pistes principales (Piste rurale R1), les pistes secondaires (Piste rurale R2) et les pistes de maintenance (RM). Par ailleurs, les autres routes que les pistes rurales à réhabiliter seront utilisées en tant que routes provisoires pour les travaux selon la nécessité.

**Tableau 2-2-15 Différents types de pistes rurales et pistes à réhabiliter**

| Type                                   | Description   | Réhabilitation ou non       |
|--|---|-----------------------------|
| Piste principale (Piste rurale R1)     | Pistes principales avec circulation importante de chariots à bœuf reliant la route nationale 3a et les périmètres concernés, ainsi que l'intérieur de ces périmètres.           | Objet de réhabilitation     |
| Piste secondaire (Piste rurale R2)     | Routes majeures venant après les pistes principales R1, situées à l'intérieur des périmètres irrigués et parallèles aux canaux secondaires ou aux canaux de drainage primaires. | Objet de réhabilitation     |
| Route de maintenance (Piste rurale RM) | Routes destinées à la maintenance, et parallèles aux canaux principaux P1 et P5.  | Objet de réhabilitation     |
| Route de culture (Piste rurale R3)     | Routes faisant partie des mailles et parallèles aux canaux tertiaires et aux canaux de drainage secondaires.  | Non objet de réhabilitation |
| Route pour travaux                     | Routes de dérivation provisoire des pistes rurales existantes pendant les travaux ou routes pour les travaux.   | —                           |

#### (2) Orientations de la conception

##### 1) Piste principale (Piste rurale R1)

- La largeur de piste sera de 4,0 m comme actuellement.



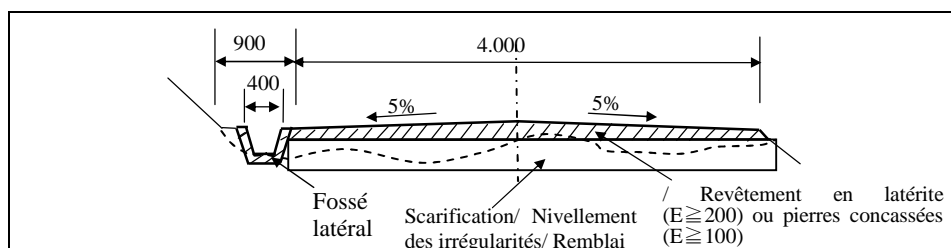
- La piste allant de la route nationale 3a au point terminal du canal principal P5 comporte une section à forte pente (section dans laquelle la surface de la route avait été érodée et le revêtement a été fait avec des pierres) traversant le village. Le revêtement en pierres concassées sera maintenu dans cette section. Dans la section de déblai de cette piste, un fossé latéral en maçonnerie humide sera construit dans la section en forte pente de plus de 2% environ et, dans les sections ayant une pente inférieure, un fossé latéral en terre sera construit afin d'éviter la pénétration des eaux de pluie à la surface de la route.
- Un revêtement en latérite sera prévu dans les sections à faible pente.
- Pour les matériaux de remblai, de la terre sableuse latérite sera transportée, mise en place et compactée à une densité Proctor de plus de 90%.
- Les matériaux de remblai seront de la terre comprenant de l'argile comptant pour moins de 35% de terre fine de moins de 5 µm.

**Tableau 2-2-16 Normes de mélange de sable et d'argile des matériaux de remblai des pistes (%)**

| Type                                    | Proportion idéale | Plage de proportion adéquate |
|---|-------------------|------------------------------|
| Argile                                  | 7,5               | 5 à 10                       |
| Limon                                   | 15,0              | 10 à 20                      |
| Sable<br>(diamètre de 75 µm à 425 µm)   | 25,0              | 20 à 40                      |
| Sable<br>(diamètre de 425 µm à 2,36 µm) | 52,5              | 45 à 60                      |

Source : Normes de conception pour les projets d'amélioration des sols – Conception «Piste rurale»

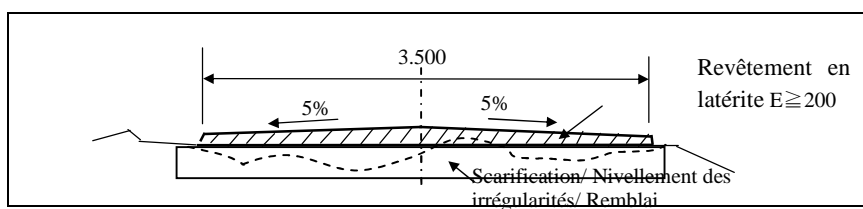
- La pente transversale de la piste sera de 3 à 6% en standard et en forme de parabole.
- La terre de faible résistance sur la piste actuelle (section boueuse) sera retirée et mise au rebut comme terre en surplus.
- L'épaisseur de revêtement (E) sera  $E = 0,20$  m ou plus pour la latérite et  $E = 0,10$  m ou plus pour les pierres concassées, et une couche au minimum sera compactée.



**Figure 2-2-40 Coupe standard de piste rurale (R1)**

## 2) Piste secondaire (Piste rurale R2)

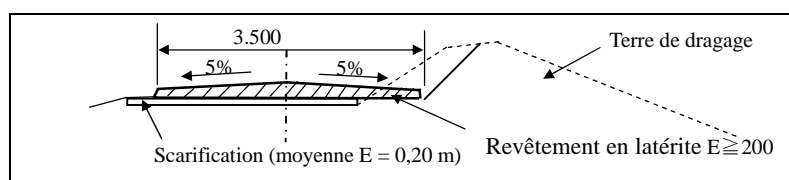
- La largeur de la piste sera de 3,5 m et la réhabilitation aura lieu conformément aux normes de la piste rurale R1.



**Figure 2-2-41 Coupe standard de piste rurale (R2)**

### 3) Route de maintenance (Piste rurale RM)

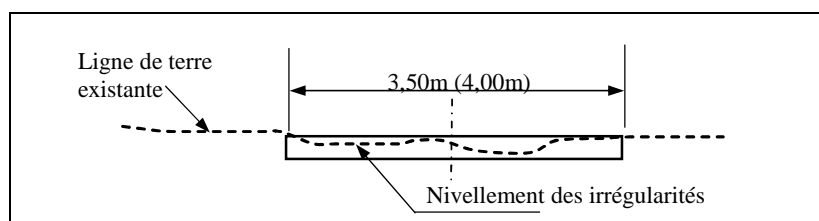
- La largeur de la piste sera de 3,5 m et la réhabilitation aura lieu conformément aux normes des pistes rurales R1 et R2.
- Une partie de la piste rurale RM n'est pas parallèle au canal mais la réhabilitation aura lieu selon le tracé actuel.



**Figure 2-2-42 Coupe standard de route de maintenance (RM)**

### 4) Route pour travaux

- Des quantités importantes de matériaux de remblai et de déblais seront transportés pendant les travaux et les véhicules pour les travaux de construction circuleront à une grande fréquence dans cette zone à ce moment-là. On peut également prévoir que, durant la saison sèche, les pistes rurales seront encombrées par le passage des véhicules et des chariots à bœuf transportant les récoltes et par le déplacement du bétail. Par conséquent, des pistes rurales existantes, celles exclues de l'objet de réhabilitation confondues, seront aménagées pendant les travaux et utilisées en tant que routes pour les travaux.
- Les pistes auront en principe une qualité suffisante pour assurer leur utilisation pendant les travaux mais elles continueront probablement à être utilisées comme pistes rurales après la fin des travaux. Des réparations comme le nivellement des irrégularités et des affaissements seront donc prévues.



**Figure 2-2-43 Coupe standard de route pour travaux**

### 2-2-2-10 Plan directeur de la composante soft

Afin que les effets du projet se poursuivent durablement, l'exploitation, la gestion et maintenance appropriée du système d'irrigation réhabilité sont indispensables. A cet effet, les deux fédérations des

usagers de l'eau concernées devront, parallèlement à l'amélioration du pourcentage de collecte des redevances de l'eau, trouver des solutions aux problèmes suivants.

### **(1) Instabilité de la gestion du système d'irrigation**

Les deux fédérations des usagers de l'eau ne possèdent pas de règlements écrits indiquant clairement la distribution de l'eau d'irrigation. Lorsqu'une gestion appropriée n'est pas assurée pour le système, l'eau d'irrigation n'est pas suffisamment distribuée vers les champs en aval. Afin d'assurer une distribution d'eau stable et égalitaire, il sera nécessaire d'établir clairement les règles et les orientations relatives à la gestion de l'eau, d'élaborer des directives relatives à la gestion du système et des manuels consacrés à son fonctionnement et de les faire largement connaître aux personnes concernées, y compris les membres des Associations des usagers de l'eau. La DRDA ne dispose pas actuellement ces directives et ces manuels. Afin que les effets du projet se poursuivent durablement, il est également nécessaire que la DRDA prenne l'initiative des mesures pour élaborer ces directives.

### **(2) Insuffisance des connaissances et des techniques relatives à la gestion et maintenance du système d'irrigation**

Comme le reconnaissent les deux fédérations d'usagers, des techniciens dotés des connaissances et des techniques relatives à la gestion et maintenance du système ne font pas partie de leurs membres et non seulement aucune activité de gestion et maintenance du système n'est effectuée au quotidien mais les réparations simples ne sont même pas exécutées. Si des réparations des canaux en faisant appel à des contractants privés locaux ainsi que le nettoyage des canaux par les paysans ont été effectuées de façon irrégulière dans la saison sèche, il est indispensable de procéder à des activités de gestion et maintenance quotidiennes pour pouvoir distribuer stablement l'eau d'irrigation. A cet effet, il sera nécessaire de procéder à la formation de techniciens ayant des connaissances et des techniques relatives à la gestion et maintenance du système d'irrigation au sein des fédérations d'usagers et de créer un système permettant de transmettre les techniques et les connaissances.

### **(3) Gestion soigneuse du déversoir de sécurité de la rivière Sahabe**

Le présent projet prévoit la construction d'un déversoir de sécurité sur la rivière Sahabe. En cas de crues dans le bassin versant de la Sahabe pendant la période de riziculture, les Fédérations des usagers de l'eau de Sahabe Miray et de Sahamilahy du côté amont cherchent à baisser le plus rapidement possible le niveau d'eau de la rivière Sahabe, mais la Fédération des usagers de Tsaravohi du côté aval ne donne pas facilement son accord pour le déversement des eaux en aval puisqu'elle doit protéger son niveau de l'eau. En tenant compte de cette situation où les intérêts sont opposés, il sera nécessaire de prévoir une gestion soigneuse du déversoir de sécurité. A l'heure actuelle, le Comité sud PC23 a discuté des méthodes de gestion et un accord a été obtenu pour que l'opérateur recruté par la Fédération des usagers de Tsaravohi se charge du fonctionnement réel du déversoir. Il sera nécessaire, afin d'éviter les conflits dus à une mauvaise gestion et d'assurer un fonctionnement égalitaire et correct, que des règles claires soient

établies après discussions entre la DRDA et le Comité sud PC23 et que la DRDA élabore des directives de gestion du système.

En considérant les problèmes ci-dessus, des activités de composante soft seront exécutées dans le cadre du présent projet afin que les Fédérations des usagers de l'eau puissent procéder de manière appropriée aux activités d'exploitation, de gestion et maintenance du système sous la supervision et les directives de la DRDA. Etant donné que les installations objet du projet sont le canal principal et les canaux secondaires contrôlés par la Fédération des usagers, les Associations des usagers ne feront pas toutes directement l'objet d'un soutien technique par la composante soft mais on peut considérer qu'elles bénéficieront suffisamment des retombées de l'aide technique par l'intermédiaire des Fédérations.

Les objectifs et les effets attendus de la composante soft sont les suivants.

### **1) Stabilisation de la gestion du système d'irrigation**

Objectif 1 : Les règles de gestion du système d'irrigation sont clairement établies par écrit par chaque Fédération et sont connues des personnes concernées, dont les paysans.

Effet 1-1 : Des directives de gestion du système d'irrigation sont élaborées.

Effet 1-2 : Un manuel d'utilisation du système d'irrigation est élaboré.

Effet 1-3 : Des réunions d'explications seront organisées plus de deux fois pour chaque Fédération des usagers.

### **2) Création d'un système de gestion et maintenance du système d'irrigation**

Objectif 2 : Les Fédérations des usagers de l'eau procèdent d'elles-mêmes aux activités de gestion et maintenance de manière quotidienne.

Effet 2-1 : Des techniciens ayant des connaissances et des techniques relatives à la gestion et maintenance du système d'irrigation seront formés au sein des Fédérations des usagers de l'eau.

Effet 2-2 : Des directives de gestion et maintenance du système d'irrigation sont élaborées.

Effet 2-3 : Un manuel d'opération pour la gestion et maintenance du système d'irrigation est élaboré.

Effet 2-4 : Dans les canaux tertiaires recevant l'eau des canaux secondaires réhabilités par le projet, des travaux de gestion et maintenance sont exécutés une fois ou plus par chaque Fédération des usagers et des Associations sous leur tutelle conformément au manuel d'opération.

### **3) Création d'un système de gestion du déversoir de la rivière Sahabe**

Objectif 3 : Les règles d'exploitation, gestion et maintenance du système sont clairement établies par écrit et sont connues des personnes concernées, dont les paysans.

Effet 3-1 : Des directives d'exploitation, gestion et maintenance du système sont élaborées.

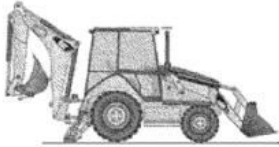
Effet 3-2 : Un manuel d'utilisation et d'opération pour la gestion et maintenance du système est élaboré.

Effet 3-3 : Des réunions d'explications seront organisées plus de deux fois par le Comité sud PC23

### 2-2-2-11 Approvisionnement en engin de dragage

Un dessableur sera nouvellement construit dans le cadre du projet et un engin de dragage (pelle rétrocaveuse) a fait l'objet d'une requête présentée par le gouvernement de Madagascar. Afin de décider si cet équipement sera fourni ou non, les capacités d'exploitation, de gestion et maintenance de la DRDA et des Associations des usagers auxquelles la pelle rétrocaveuse est destinée seront étudiés parallèlement aux dispositions budgétaires prises à cet effet.

**Tableau 2-2-17 Proposition de spécifications de l'équipement approvisionné**

| Type d'engin                    | Pelle rétrocaveuse   |
|---------------------------------|--|
| Illustration                    |  |
| Capacité du godet rétro         | 0,3 à 0,4m <sup>3</sup>  |
| Capacité de la pelle            | 0,95 à 1,05 m <sup>3</sup>   |
| Profondeur d'excavation maximum | 4,2 à 4,8m   |
| Moteur                          | 68kW/93CV  |
| Prix estimé (hors taxe)         | 365.000.000 MGA (environ 15,33 millions de yens) 1 MGA= 0,042 yens                 |

En cas de fourniture de la pelle rétrocaveuse ci-dessus, les coûts annuels requis, y compris le renouvellement des pièces, est comme suit.

**Tableau 2-2-18 Coûts annuels requis pour la pelle rétrocaveuse**

|  |
|--|
| (a) Frais de location annuels = Prix de base x pourcentage de location par jour de service x nombre de jours de service standard annuel :<br>$365.000.000 \text{ MGA} \times 0,001281 \times 170 \text{ jours} = 79.486.050 \text{ MGA}$ (environ 3,338 millions de yens)<br>Conditions de calcul : Nombre d'années standard d'utilisation de la pelle rétrocaveuse : 11,5 ans<br>Heures de fonctionnement standard par an : 520 heures<br>Nombre de jours de fonctionnement standard par an : 110 jours<br>Nombre de jours de service standard par an : 170 jours |
| (b) Frais de fonctionnement (prix carburant) = Heures de fonctionnement standard par an x puissance du moteur x pourcentage des frais de consommation en carburant x prix du carburant :<br>$520 \text{ heures} \times 68 \text{ kW} \times 0,175 \text{ l/kW/h} \times 3,150 \text{ MGA} = 19.492.200 \text{ MGA}$ (environ 819.000 yens)   |
| (c) Frais de personnel = 1 opérateur x nombre de jours de fonctionnement standard par an :<br>$35.000 \text{ MGA/jour} \times 110 \text{ jours} = 3.850.000 \text{ MGA}$ (environ 162.000 yens)  |
| Total des frais requis annuellement : 102.858.250 MGA (environ 4,319 millions de yens) 1 MGA= 0,042 yens   |

D'autre part, le bilan du budget de la DRDA et des Fédérations des usagers de l'eau pendant trois dernières années est le suivant.

**Tableau 2-2-19 Dépenses de la DRDA pendant 3 dernières années (Unité : million de MGA)**

| Rubrique   | 2012  | 2013  | 2014  |
|--|-------|-------|-------|
| Frais généraux (frais de personnel, frais de bureau, etc.)   | 93,4  | 79,7  | 158,1 |
| Frais d'activités (préservation des bassins versants, gestion et maintenance du système d'irrigation, développement du milieu rural, etc.) | 485,4 | 122,3 | 456,0 |
| Total  | 578,8 | 202,0 | 614,1 |

**Tableau 2-2-20 Dépenses des Fédérations des usagers de l'eau pendant 3 dernières années**

| Rubrique   | 2012  | 2013                    | 2014  |
|--|-------|-------------------------|-------|
| <b>Fédération des usagers de Tsaravohi (périmètre sud PC23)</b>  |       |                         |       |
| Frais généraux (frais de personnel, frais de transport, etc.)  | 37,1  | 46,6                    | 98,8  |
| Frais de gestion et maintenance du système (réhabilitation des pistes rurales, des canaux et des vannes) | 73,2  | 86,3                    | 78,1  |
| Sous-total   | 110,3 | 132,9                   | 176,9 |
| <b>Fédération des usagers de Fivoarana (périmètre nord PC23)</b>   |       |                         |       |
| Frais généraux (frais de personnel, frais de transport, etc.)  | 0,8   | Données non disponibles | 4,0   |
| Frais de gestion et maintenance du système (réhabilitation des pistes rurales, des canaux et des vannes) | 15,3  | Données non disponibles | 20,2  |
| Sous-total   | 16,1  | -                       | 24,2  |
| Total des frais généraux   | 37,9  | -                       | 102,8 |
| Total des frais de gestion et maintenance du système   | 88,5  | -                       | 98,3  |
| Total  | 126,4 | -                       | 201,1 |

En cas de fourniture d'une pelle rétrocaveuse, les frais requis annuellement sont de 102,8 millions de MGA selon le calcul ci-dessus. Les frais généraux annuels de la DRDA sont actuellement compris entre 79,7 millions et 158,1 millions de MGA et l'on peut considérer qu'il sera difficile d'assurer le budget pour couvrir les frais annuels requis de l'équipement fourni.

En outre, les frais annuels de gestion et maintenance du système des fédérations des usagers sont actuellement compris entre 88,5 millions et 98,3 millions de MGA, et il faut nécessairement en conclure que ces Fédérations ne peuvent pas posséder un engin de dragage ni procéder à sa gestion et maintenance durables.

Dans le périmètre d'irrigation PC23, le dragage a été effectué jusqu'à présent sur la base d'un contrat selon les nécessités avec une entreprise locale qui possède les équipements de dragage nécessaires. Par conséquent, en considérant les frais de gestion et maintenance de l'équipement, on doit obligatoirement en conclure qu'il est préférable, plutôt que les Fédérations procèdent aux travaux avec un équipement leur appartenant, de confier ces travaux à une entreprise locale.

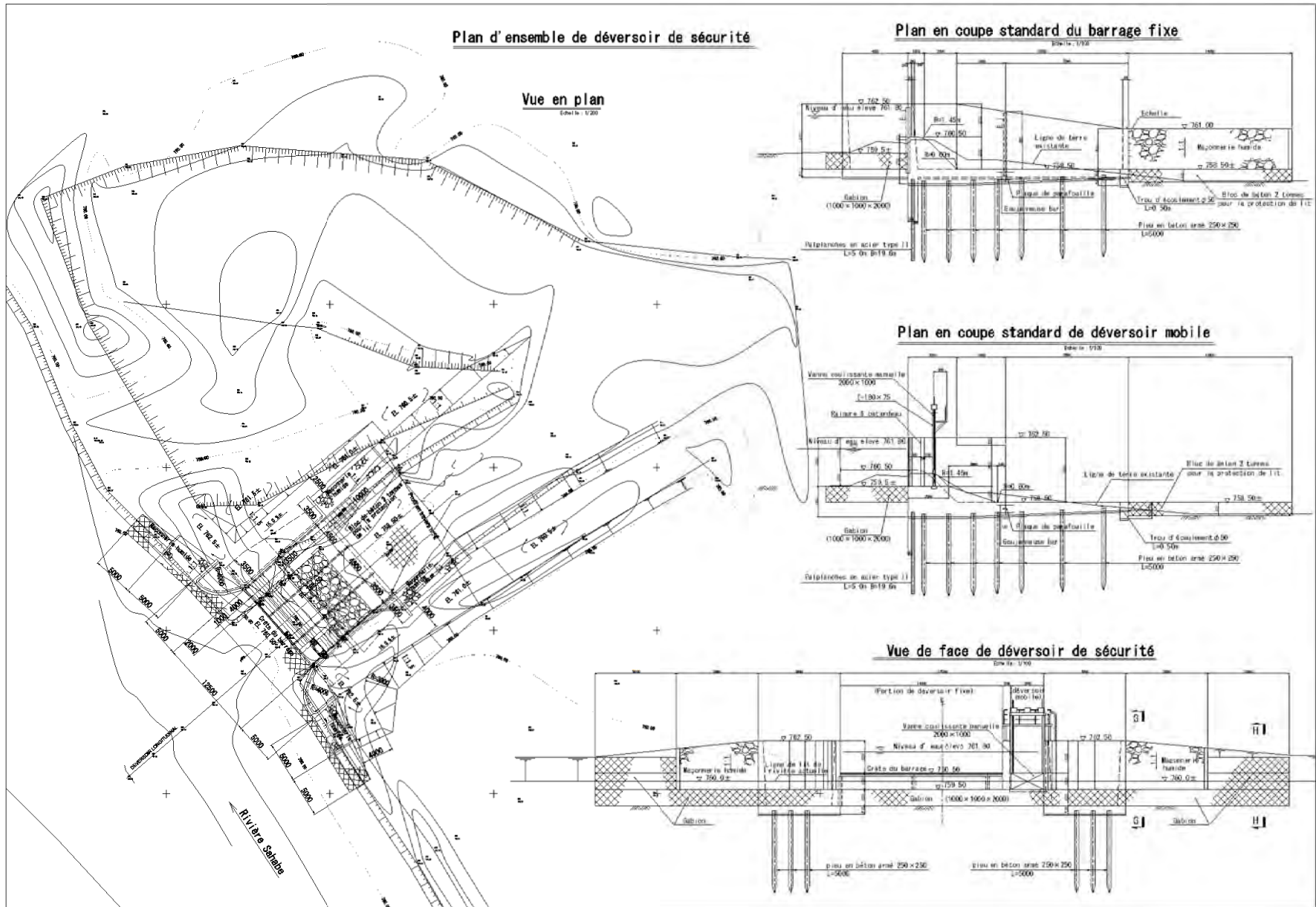
En conclusion, et à partir de la situation mentionnée ci-dessus, la fourniture d'un engin de dragage ne sera pas comprise dans le présent projet.

### 2-2-3 Plans de conception sommaire

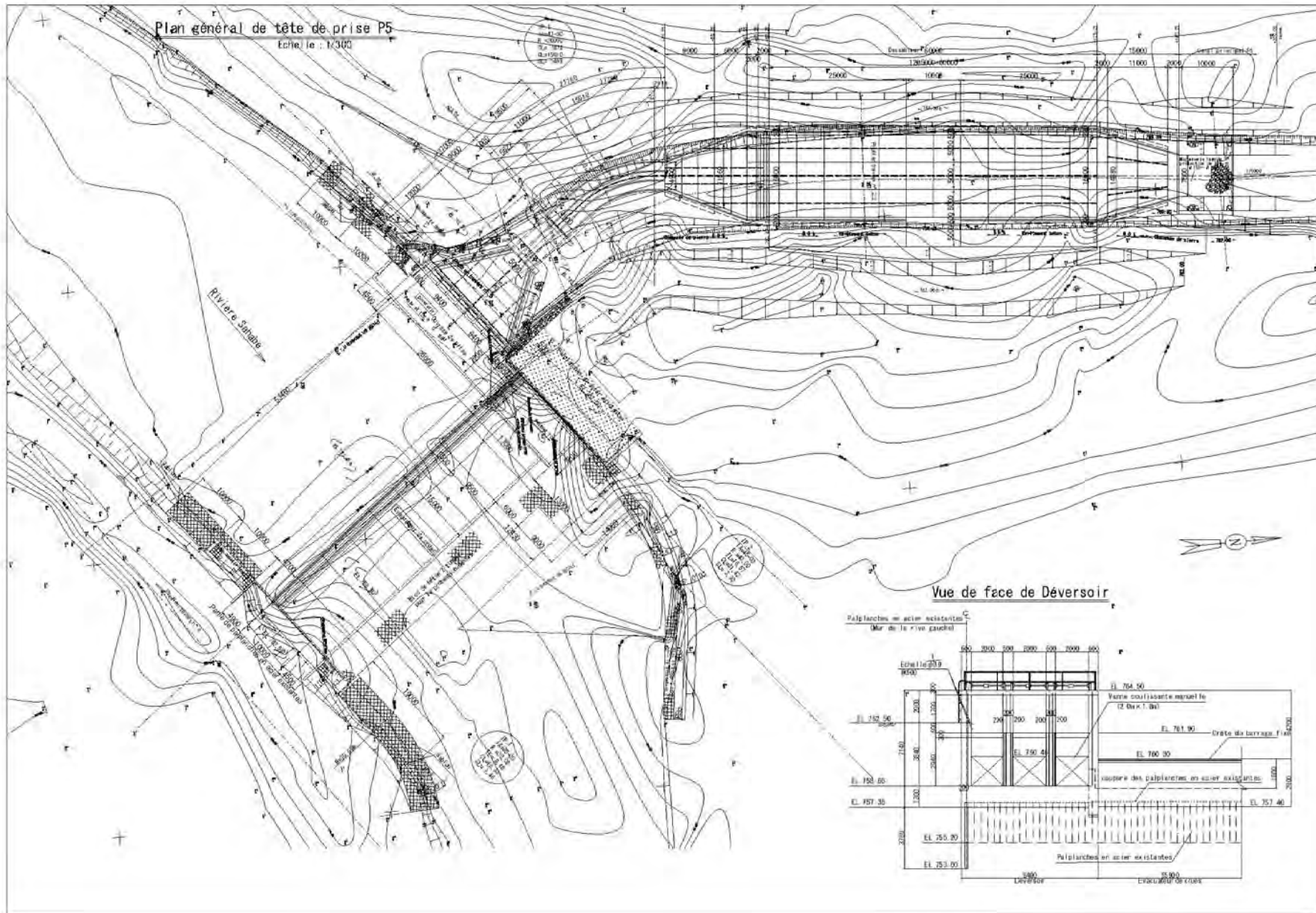
| PLAN N° | Désignation  | Nombre |
|---------|--|--------|
| 1       | Plan d'ensemble de déversoir de sécurité   | 1      |
| 2       | Plan général de tête de prise P5   | 1      |
| 3       | Plan général de tête de prise P1   | 1      |
| 4       | Plan général de tête de prise d'Andranotsimihoatra                               | 1      |
| 5       | Plan longitudinal du canal principal P5 et de la piste de maintenance (RM)       | 1      |
| 6       | Plan longitudinal du canal principal P1 et de la piste de maintenance (RM)       | 1      |
| 7       | Plan longitudinal de la piste rurale R1 (S)                                      | 1      |
| 8       | Plan standard de partiteurs de canal   | 1      |
| 9       | Plan standard d'installation de régulation de niveau d'eau du canal principal P1 | 1      |
|         | Total  | 9      |



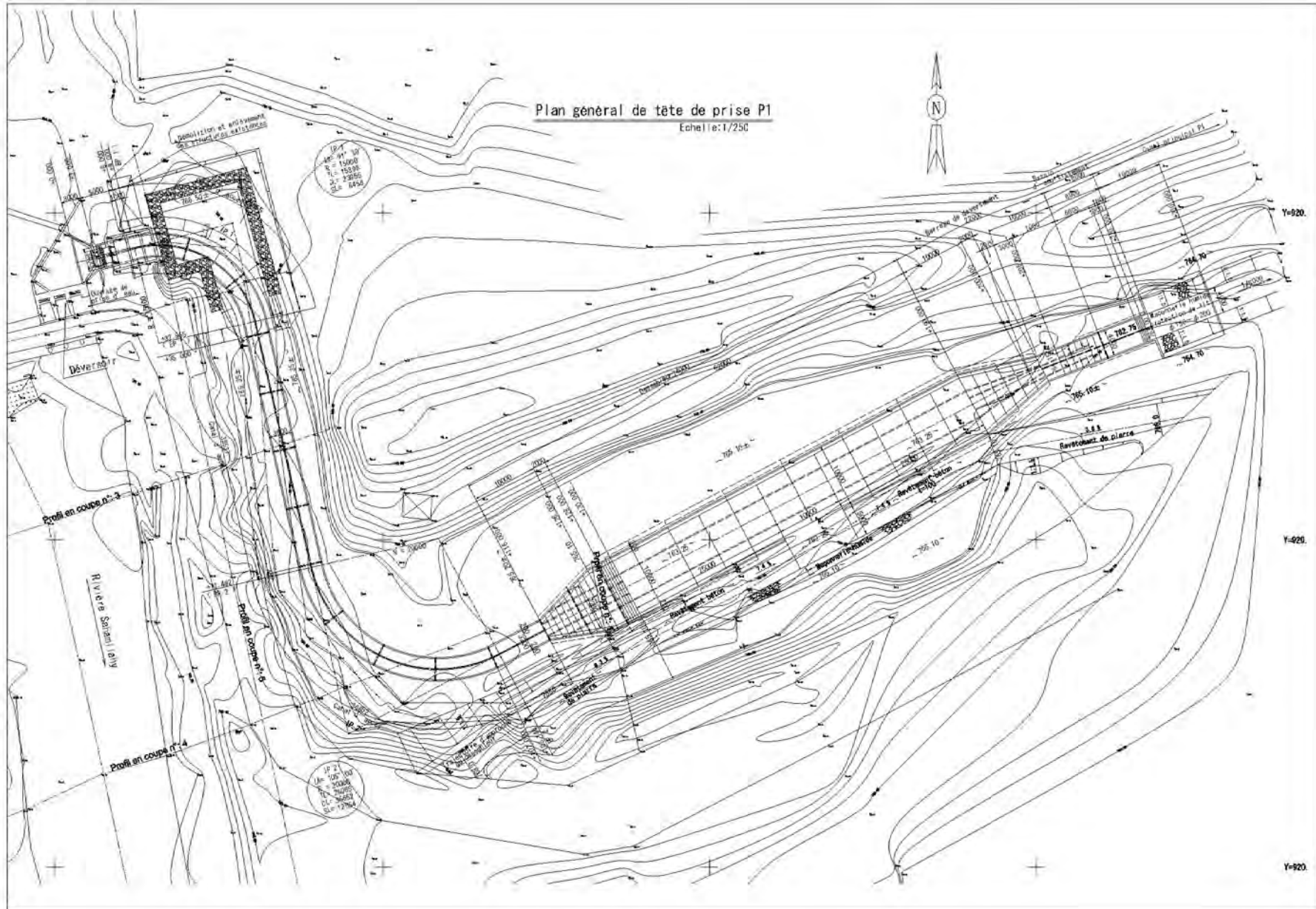




PLAN N°-1 Plan d'ensemble de déversoir de sécurité



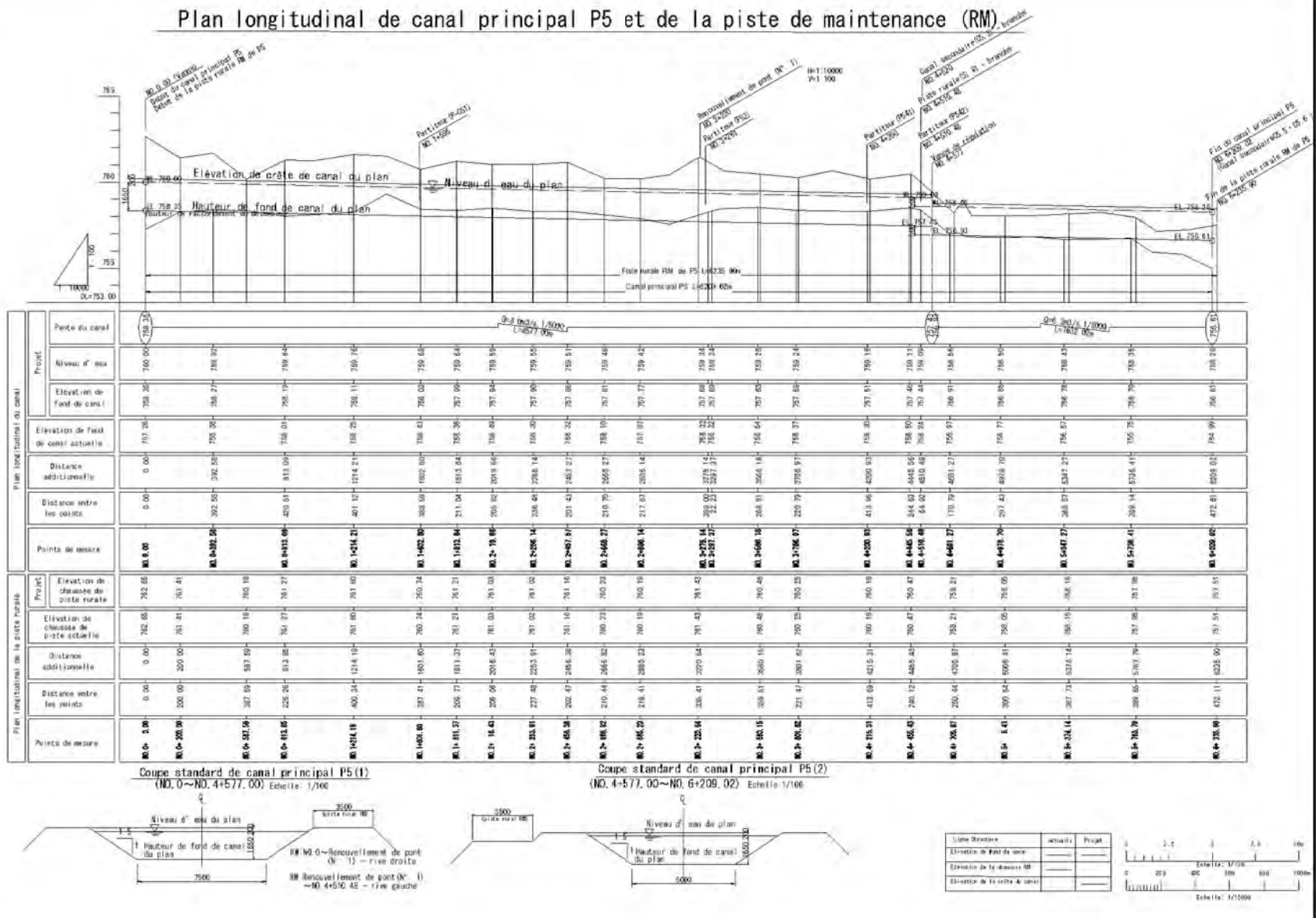
PLAN N°-2 Plan général de tête de prise P5



PLAN N°-3 Plan général de tête de prise P1



### Plan longitudinal de canal principal P5 et de la piste de maintenance (RM)

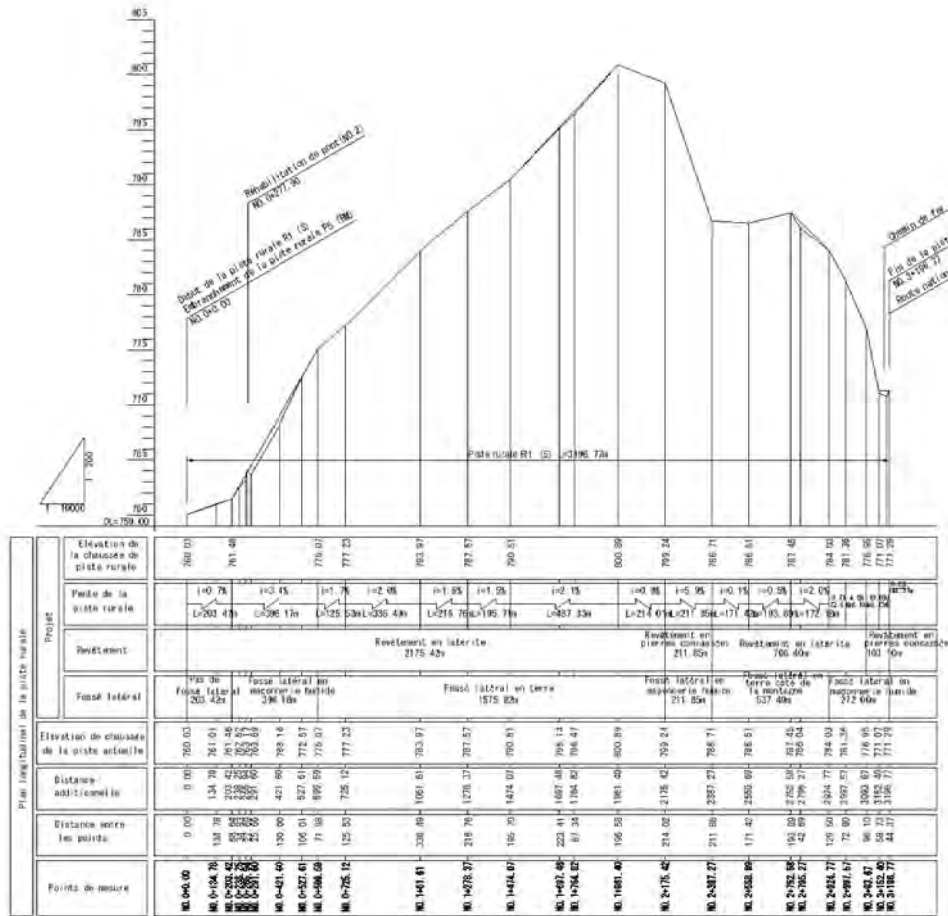


PLAN N°-5 Plan longitudinal du canal principal P5 et de la piste de maintenance (RM)

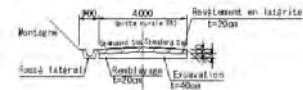


### Plan longitudinal de piste rurale R1(S)

N° 1/1000  
V.1/200



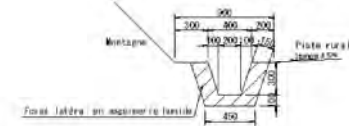
Plan en coupe standard de piste rurale R1(1)  
Echelle: 1/100



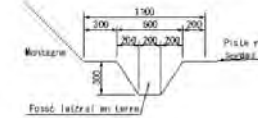
Plan en coupe standard de piste rurale R1(2)  
Echelle: 1/100



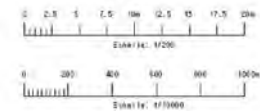
Plan détaillé de Fossé latéral côté maçonnerie  
Echelle: 1/20



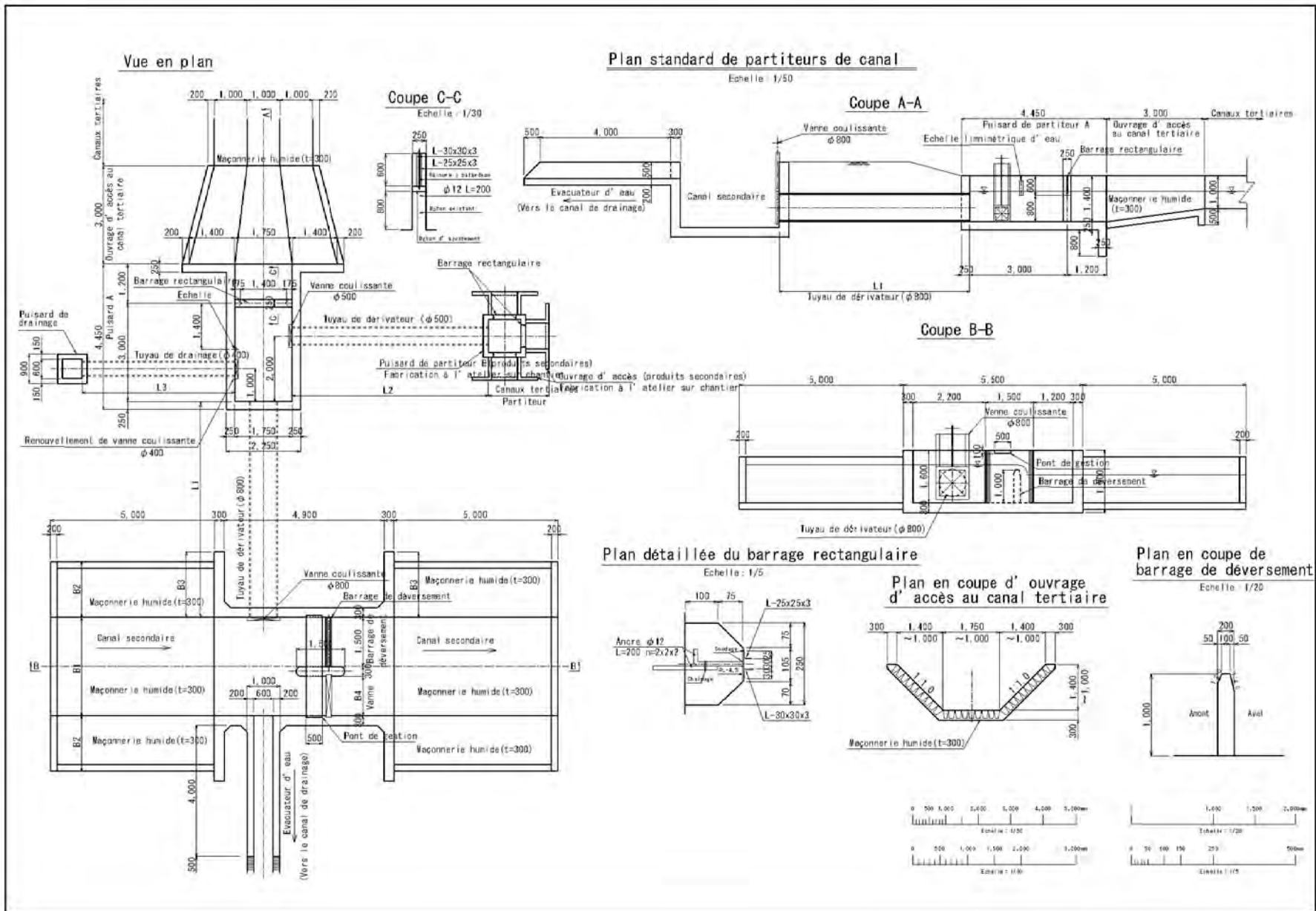
Plan détaillé de fossé latéral côté sol  
Echelle: 1/20



| Largeur                        | Actuelle | Projet |
|--------------------------------|----------|--------|
| Elevation de chaussée de piste |          |        |
|                                |          |        |



PLAN N°—7 Plan longitudinal de la piste rurale R1 (S)



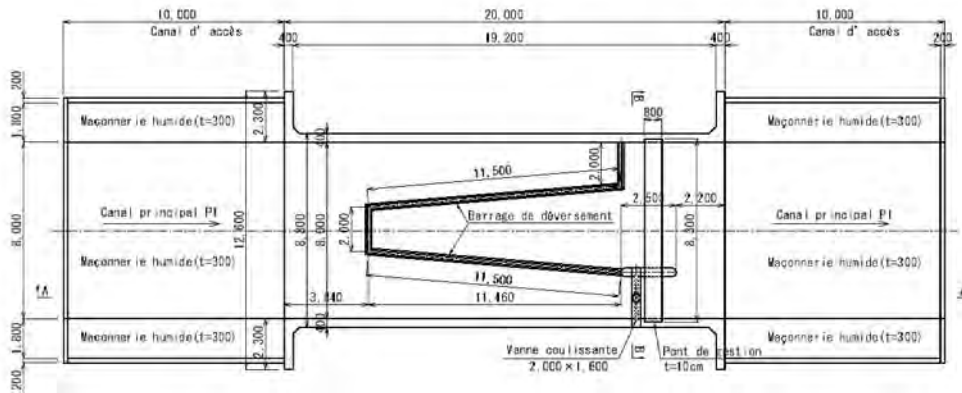
PLAN N°-8 Plan standard de partiteurs de canal



Plan standard de l'installation de régulation du niveau d'eau du canal principal PI

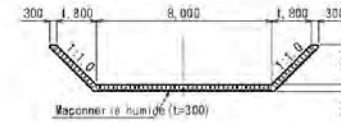
Echelle: 1/100

Vue en plan



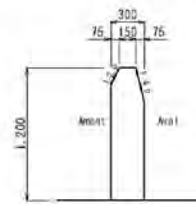
Coupe du canal d'accès

Echelle 1/100



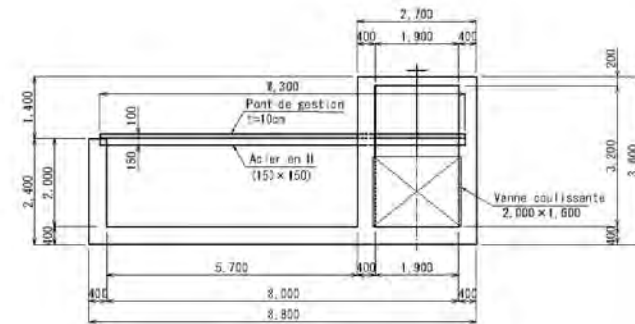
Plan en coupe de barrage de déversement

Echelle 1/20

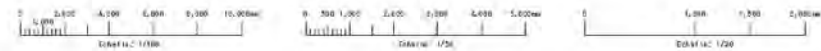
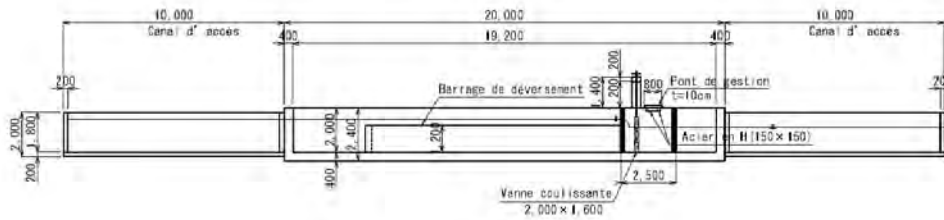


Coupe B-B

Echelle 1/50



Coupe A-A





## 2-2-4 Plan d'exécution

### 2-2-4-1 Orientations de l'exécution des travaux et de l'approvisionnement

#### (1) Eléments de base en relation avec le projet

En ce qui concerne l'exécution du présent projet, un Accord de Don (A/D) est signé entre la JICA et le gouvernement de Madagascar après la signature de l'Echange de Notes (E/N) entre le gouvernement du Japon et le gouvernement de Madagascar. Un accord est conclu par la suite entre le gouvernement de Madagascar et un consultant de nationalité japonaise.

Le consultant procède aux préparatifs pour l'appel d'offres nécessaire aux travaux (élaboration des plans et dessins, spécifications, de la documentation nécessaire à l'appel d'offres pour les travaux et à la passation du contrat) et, après approbation par le gouvernement malgache, une entreprise de construction japonaise est choisie par appel d'offres après avoir passé la pré-qualification et présenté les documents de soumission pour examen. Les travaux de construction sont exécutés sur la base du contrat signé entre le gouvernement de Madagascar et l'entreprise de construction retenue.

La durée totale des travaux du présent projet inclura 1 an, de la conception de l'exécution jusqu'aux préparatifs de l'appel d'offres, et 3,5 ans de l'exécution de l'appel d'offres à la fin des travaux de construction, en tenant compte de l'envergure et du contenu des installations à construire ainsi que de la situation des sites prévus pour la construction. Les travaux auront lieu pendant la saison sèche (de mai à novembre). Le calendrier d'exécution du Projet est indiqué ci-dessous.

**Tableau 2-2-21 Calendrier d'exécution du Projet**

| Année fiscale                   | 2016     |          | 2017     |          |                          | 2018 |       | 2019 |       | 2020 |   |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------------|------|-------|------|-------|------|---|
|                                 | Avril    | Mars     | Avril    | Mars     | Avril                    | Mars | Avril | Mars | Avril | Mars |   |
| Passation de contrats           | E/N<br>▼ | A/D<br>▼ | E/N<br>▼ | A/D<br>▼ | Contrat des travaux<br>▽ |      |       |      |       |      |   |
| Conception de l'exécution       | ■        |          |          |          |                          |      |       |      |       |      |   |
| Préparatifs de l'appel d'offres |          |          | ■        |          |                          |      |       |      |       |      |   |
| Appel d'offres                  |          |          |          | ●        |                          |      |       |      |       |      |   |
| Approvisionnement en matériels  |          |          |          | ■        |                          |      |       |      |       |      |   |
| Travaux de construction         |          |          |          |          | ■                        | ■    | ■     | ■    | ■     | ■    | ■ |
| Composante soft                 |          |          |          |          | ■                        |      | ■     |      | ■     |      | ■ |

Diagramme de saisonnalité : Saison des pluies (indiquée par des double flèches horizontales) et Saison sèche (indiquée par des double flèches horizontales) sont représentés au-dessus des années correspondantes.

#### (2) Orientations de l'exécution des travaux

##### a) Maîtrise d'œuvre du Projet

L'organisme d'exécution du Projet sera la Direction Régionale du Développement de l'Agriculture (DRDA) rattachée au Ministère de l'Agriculture (MinAgri) de Madagascar qui sera en charge de la supervision. Afin d'assurer la bonne exécution du Projet, le MinAgri devra être en contact étroit et avoir des discussions avec le consultant japonais et il devra nommer des responsables du Projet à cet effet.

##### b) Consultant

Le consultant japonais procédera à la conception de l'exécution ainsi qu'à la supervision des travaux relatifs au présent projet, après passation d'un accord de consultation avec le MinAgri pour les travaux d'étude et de supervision, en vue d'exécuter la construction des ouvrages de génie civil et de procéder à l'approvisionnement en matériels. En outre, le consultant élaborera le dossier d'appel d'offres et représentera le MinAgri lors de la procédure de l'appel d'offres.

#### **c) Entrepreneur de travaux de construction**

Conformément au cadre de l'aide financière non remboursable du Japon, un entrepreneur de travaux japonais sélectionné par appel d'offres ouvert exécutera les travaux de construction des ouvrages de génie civil et procédera à l'approvisionnement en matériels dans le cadre du présent projet. Cette entreprise sera sélectionnée en tenant dûment compte de la capacité des communications et de la coordination après la remise en main des ouvrages, vu la nécessité d'assurer des services suivis pour la réhabilitation et la réparation après la fin des travaux. Les entreprises de construction de Madagascar, principalement situées à Antananarivo, se chargent de divers travaux architecturaux et de génie civil et possèdent une expérience suffisante et l'on peut considérer qu'elles interviendront de manière efficace dans le cadre du présent projet également.

#### **d) Nécessité d'envoi de techniciens**

L'envoi de techniciens n'est pas nécessaire dans le cadre du présent projet car aucune méthode spéciale de construction, telle que l'amélioration des sols lors de la construction des ouvrages de génie civil, n'est nécessaire.

#### **e) Orientations de l'exécution des travaux de construction du système d'irrigation**

Les matériels et équipements locaux seront utilisés le plus efficacement possible et des efforts seront accomplis pour la bonne exécution des travaux et la réduction de leurs coûts.

### **(3) Orientations de l'approvisionnement**

Dans l'exécution des travaux du Projet, l'emploi des entreprises de construction locales dans les secteurs du transport terrestre, de l'acquisition des équipements de construction, des travaux de terrassement, l'approvisionnement en matériaux de construction et en main d'œuvre sera envisagé pour réduire les coûts des travaux. Une pelle rétrocaveuse avait été sollicitée dans la requête mais, en raison des problèmes sur le plan de sa gestion et maintenance, elle ne sera pas fournie.

#### **2-2-4-2 Points à considérer pour l'exécution des travaux et de l'approvisionnement**

##### **(1) Points à considérer pour l'exécution des travaux**

Les points à prendre particulièrement en considération lors de l'exécution du présent projet sont les suivants.

##### **a) Limitations de la distribution de l'eau d'irrigation et de l'eau pour la vie quotidienne**

Les travaux du présent projet ayant lieu pendant trois saisons sèches, le projet sera conçu de manière à ce que les travaux soient exécutés efficacement et sans retard et à minimiser les entraves aux activités

agricoles de la région bénéficiaire. Il est par conséquent nécessaire que, du côté de Madagascar, les ajustements requis soient achevés avant le début des travaux entre les personnes concernées pour que les arrêts de prise d'eau dans le périmètre soient bien respectés (de la mi-avril à la mi-décembre) et en vue d'assurer l'eau pour la vie quotidienne des habitants pendant ces arrêts.

#### **b) Assurance de la sécurité du passage dans la zone des travaux**

Les travaux du présent projet seront exécutés en aménageant et en utilisant les routes de maintenance qui sont les pistes rurales existantes. Ces pistes servies pour la circulation des véhicules pendant les travaux sont également utilisées pour la vie quotidienne et les activités agricoles des habitants locaux et elles serviront forcément pour ces deux usages. Par conséquent, il est nécessaire que la sécurité des populations locales soit assurée, non seulement en plaçant des agents de la circulation ou par des limitations de vitesse des véhicules de construction dans la zone, mais également par l'intervention de la partie malgache pour que les habitants soient vigilants pendant la durée des travaux.

#### **c) Mesures de protection de l'environnement pendant les travaux**

Les travaux étant très étendus, le contrôle et le rangement des matériels devront être effectués rigoureusement afin que les matériels ne soient pas éparpillés ou oubliés sur les terrains sans être récupérés.

#### **d) Contrôle de l'approvisionnement en vannes et matériels**

Les vannes en acier pour les ouvrages de prise d'eau et les canaux d'irrigation seront fournies par un fabricant japonais. Les travaux du projet ayant lieu uniquement pendant trois saisons sèches (de la mi-avril à la mi-décembre), il sera nécessaire de procéder sans retard à l'acquisition des engins et des matériels de construction et de contrôler l'approvisionnement afin que les travaux de montage des vannes en acier soient achevés durant la période des travaux.

### **(2) Points à considérer pour l'approvisionnement**

L'expédition sur les sites des matériels importés ainsi que le transport terrestre des matériels requis à partir d'Antananarivo auront lieu par camions.

#### **2-2-4-3 Répartition des travaux et de l'approvisionnement**

La réhabilitation du système ne nécessite pas l'acquisition de terrains. Les terrains nécessaires pour les travaux provisoires seront mis à la disposition du Projet par le gouvernement de Madagascar dans les sites des travaux. La répartition des travaux entre les deux pays pour les aires provisoires est indiquée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2-2-22 Répartition des travaux pour les aires provisoires**

| Lieu                              | Préparation du site et autorisation d'utilisation | Frais des terrains | Nivellement | Réhabilitation | Remblayage | Remise en état |
|-----------------------------------|---|--------------------|-------------|----------------|------------|----------------|
| Ouvrage de prise d'eau Dessableur | M   | M                  | M           | J              | J          | J              |
| Déversoir de sécurité             | M   | M                  | M           | J              | J          | J              |
| Canaux, pistes rurales            | M   | M                  | M           | J              | J          | J              |

J : prise en charge par le Japon M : prise en charge par Madagascar

#### 2-2-4-4 Plan de supervision d'exécution des travaux et de l'approvisionnement

##### (1) Supervision de la conception et de l'exécution des travaux par le consultant

Le présent projet est exécuté dans le cadre d'un emprunt d'Etat A. Lors de la conception de l'exécution après l'E/N de la première année, la supervision par le consultant va de de la conception détaillée à l'élaboration du dossier d'appel d'offres et jusqu'à l'approbation de ce dernier. Par ailleurs, après la signature de l'E/N de la seconde année, le consultant procède à l'annonce officielle de l'appel d'offres, au dépouillement des soumissions et à leur évaluation. Le plan du personnel est présenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2-2-23 Plan du personnel pour la conception de l'exécution par le consultant**

| Métier   | Rang | Durée (H/M) |      |       | Responsabilité  |
|--|------|-------------|------|-------|---|
|  |      | Japon       | Mada | Total |   |
| Chef du Projet   | 2    | 2,00        | 2,00 | 4,00  | Organisation du contenu de la conception de chaque secteur et préparation de la conception d'exécution et le dossier d'appel d'offres.  |
| Ingénieur civil A (élaboration du plan de conception des têtes de prise, etc. et des spécifications des travaux de génie civil)      | 3    | 3,00        | 1,50 | 4,50  | Prise en charge de la conception des têtes de prise, des ouvrages de prise d'eau, des canaux d'accès et du dessableur, et de la conception du déversoir de sécurité. Préparation des spécifications relatives aux structures de génie civil.                              |
| Ingénieur civil B (élaboration du plan de conception des canaux d'irrigation, etc. et des spécifications des travaux de génie civil) | 3    | 3,00        | 2,00 | 5,00  | Prise en charge de la conception du canal principal, des canaux secondaires, des ouvrages partiteurs, des installations de régulation du niveau d'eau et des pistes rurales. Préparation des spécifications relatives aux installations des canaux et aux pistes rurales. |
| Ingénieur civil C (Calcul hydraulique et de structure)   | 4    | 4,00        | 1,50 | 5,50  | Prise en charge du calcul hydraulique et de structure des têtes de prise, des ouvrages de prise d'eau, des canaux d'accès, du dessableur et du déversoir de sécurité.   |
| Ingénieur civil D (Calcul hydraulique et de structure)   | 4    | 4,00        | 2,00 | 6,00  | Calcul hydraulique et de structure des canaux d'irrigation et des installations des canaux. Calcul de structure des installations relatives aux pistes rurales.   |
| Ingénieur civil E (Conception des vannes)  | 4    | 1,00        | —    | 1,00  | Prise en charge de la conception des têtes de prise, du déversoir de sécurité, des installations de régulation du niveau d'eau et des vannes des partiteurs.  |
| Ingénieur civil F (Plan d'exécution des travaux et estimation des coûts)   | 4    | 1,00        | 1,00 | 2,00  | Vérification, par une étude de terrain, la pertinence du plan d'exécution des travaux élaboré lors de l'étude préparatoire. Ré-estimation des principaux équipements et révision des coûts estimés lors de l'étude préparatoire.  |
| Dessinateur de plans   | 6    | 5,00        | —    | 5,00  | Elaboration des plans détaillés des structures de génie civil, des canaux d'irrigation et des installations connexes, organisation des plans.   |

| Métier     | Rang | Durée (H/M) |       |       | Responsabilité  |
|------------|------|-------------|-------|-------|---|
|            |      | Japon       | Mada  | Total |   |
| Technicien | 6    | 5,00        | —     | 5,00  | Assistance au calcul hydraulique et de structure pour les structures de génie civil, les canaux d'irrigation et les installations connexes et calcul des quantités. |
| Interprète | 4    | —           | 3,00  | 3,00  |   |
| Total      |      | 28,00       | 13,00 | 41,00 |   |

Pour ce qui est de l'appel d'offres et de la supervision des travaux, le plan du personnel sera conçu en vue de la bonne exécution sans retard des travaux. En particulier, le présent projet comprend un grand nombre de travaux différents sur les sites comme la réhabilitation des barrages existants (têtes de prise, déversoir de sécurité), la construction de dessableurs, la réhabilitation des canaux d'irrigation et celle des pistes rurales. Il sera par conséquent nécessaire de sélectionner comme superviseur résident un ingénieur ayant des connaissances sur la conception et les travaux des systèmes d'irrigation et sur la gestion et maintenance des installations. Par ailleurs, un interprète sera prévu lors des travaux d'appel d'offres, Madagascar étant un pays francophone.

**Tableau 2-2-24 Plan du personnel 1 relatif aux travaux d'appel d'offres par le consultant (de l'élaboration à l'approbation du dossier d'appel d'offres)**

| Métier                                  | Rang | Durée (H/M) |      |       | Responsabilité  |
|---|------|-------------|------|-------|---|
|   |      | Japon       | Mada | Total |   |
| Chef du Projet                          | 2    | 0,50        | 0,37 | 0,87  | Préparation du dossier d'appel d'offres et organisation des divers documents.                           |
| Ingénieur civil                         | 3    | —           | 0,37 | 0,37  | Préparation du dossier d'appel d'offres et organisation des divers documents.                           |
| Responsable du dossier d'appel d'offres | 3    | 1,50        | 0,37 | 1,87  | Collecte des résultats de la conception détaillée et leur intégration dans le dossier d'appel d'offres. |
| Interprète                              | 4    | —           | 0,37 | 0,37  |   |
| Total                                   |      | 2,00        | 1,48 | 3,48  |   |

Les travaux d'appel d'offres 2 après l'E/N de la deuxième année vont de l'annonce officielle de l'appel d'offres au dépouillement des soumissions et à leur évaluation. Un interprète (japonais ↔ français) sera prévu pour le dépouillement des soumissions et la passation d'un contrat d'exécution.

**Tableau 2-2-25 Plan du personnel 2 relatif aux travaux d'appel d'offres par le consultant (de l'annonce officielle de l'appel d'offres au dépouillement des soumissions et à leur évaluation)**

| Métier                                  | Rang | Durée (H/M) |      |       | Responsabilité  |
|---|------|-------------|------|-------|---|
|   |      | Japon       | Mada | Total |   |
| Chef du Projet                          | 2    | 0,25        | 0,37 | 0,62  | Annonce officielle de l'appel d'offres, examen PQ, explication sur les sites, remise des plans et évaluation des soumissions et évaluation technique. |
| Responsable du dossier d'appel d'offres | 3    | 0,25        | 0,37 | 0,62  | Annonce officielle de l'appel d'offres, examen PQ, explication sur les sites, remise des plans et évaluation des soumissions et évaluation technique. |
| Interprète                              | 4    | 0,37        | —    | 0,37  | Services d'interprétariat auprès de la partie malgache sur l'appel d'offres et leur évaluation.   |
| Total                                   |      | 0,87        | 0,74 | 1,61  |   |

Pour ce qui est de la supervision des travaux, le présent projet comprend un grand nombre de travaux différents sur les sites comme la réhabilitation des barrages existants (têtes de prise, déversoir de sécurité), la construction de dessableurs, la réhabilitation des canaux d'irrigation et celle des pistes rurales. Il sera par conséquent nécessaire de sélectionner comme superviseur résident un ingénieur ayant des connaissances sur la conception et les travaux des systèmes d'irrigation.

**Tableau 2-2-26 Plan du personnel de supervision des travaux par le consultant**

| Métier                         | Rang | Durée (H/M) |       |       | Responsabilité   |
|--------------------------------|------|-------------|-------|-------|--|
|                                |      | Japon       | Mada  | Total |  |
| Chef du Projet                 | 2    | —           | 1,00  | 1,00  | Assistance au début à la fin des travaux et coordination avec les organismes concernés. Fourniture d'un soutien à l'ingénieur-superviseur résident.  |
| Ingénieur-superviseur résident | 3    | —           | 24,50 | 24,50 | Prise en charge de la supervision de la totalité des travaux de génie civil. Assistance et coordination, et des recommandations sur le calendrier, la qualité et la sécurité des travaux. Approbation des plans de génie civil et des modifications de la conception, et recommandations et directives sur les méthodes de gestion et maintenance. |
| Inspecteur des travaux achevés | 3    | —           | 0,23  | 0,23  | Inspection un an après l'achèvement des travaux, après la remise en main du système chaque année.  |
| Total                          |      | —           | 25,73 | 25,73 |  |

Les sites du projet étant répartis sur une grande étendue et du fait des grandes longueurs des travaux sur les canaux et les pistes rurales ainsi que du grand nombre de structures, deux techniciens assistants seront recrutés sur place en tant que personnel local. Ils aideront à la supervision des travaux, sous la direction de l'ingénieur superviseur résident.

**Tableau 2-2-27 Plan du personnel local de supervision des travaux par le consultant**

| Métier  | Rang | Durée (H/M) |        |        | Responsabilité  |
|---|------|-------------|--------|--------|---|
|   |      | Japon       | Mada   | Total  |   |
| Technicien assistant A (expérience de 10 ans) | —    | —           | 19,50  | 19,50  | Aide des travaux de supervision par le technicien japonais, confirmation des spécifications locales et visites aux instances gouvernementales avec le technicien japonais pour la collecte des documents comme les lois et réglementations. |
| Technicien assistant B (expérience de 10 ans) | —    | —           | 19,50  | 19,50  | Aide des travaux de supervision par le technicien japonais, confirmation des spécifications locales et visites aux instances gouvernementales avec le technicien japonais pour la collecte des documents comme les lois et réglementations. |
| Chauffeur A                                   | —    | —           | 24,50  | 24,50  | Conduite des véhicules pour la supervision des travaux et leur entretien et réparation.   |
| Chauffeur B                                   | —    | —           | 19,50  | 19,50  | Conduite des véhicules pour la supervision des travaux et leur entretien et réparation.   |
| Employé de bureau                             | —    | —           | 19,50  | 19,50  | Travaux divers dans le bureau (classement des factures, aide au classement des documents et au maintien de l'hygiène, rangement du bureau)  |
| Interprète-traducteur                         | —    | —           | 24,50  | 24,50  | Interprète auprès des populations locales. Traduction et rédaction des documents, rapports et lettres.  |
| Total   |      | —           | 127,00 | 127,00 |   |

En vue d'assurer la qualité des travaux, des réunions de contrôle de qualité réunissant l'organisme d'exécution de Madagascar, le consultant, l'entreprise et la JICA seront organisées. L'organisme



d'exécution de Madagascar sera l'organisateur de ces réunions et le consultant assurera les travaux de secrétariat.

**Tableau 2-2-28 Plan du personnel pour les réunions de contrôle de qualité par le consultant**

| Métier         | Rang | Durée (H/M) |      |       | Responsabilité   |
|----------------|------|-------------|------|-------|--|
|                |      | Japon       | Mada | Total |  |
| Chef du Projet | 2    | —           | 0,90 | 0,90  | Secrétariat des réunions de contrôle de qualité. Vérification et concertation durant les réunions sur les points à considérer pour les travaux, les mesures pour assurer la qualité et la sécurité des travaux, sur les éléments techniques relatifs aux modifications de la conception, la remise en main et l'inspection après la fin des travaux, ainsi que sur la bonne exécution des dispositions à prendre par la partie malgache. |
| Total          |      | —           | 0,90 | 0,90  |  |

## (2) Plan de contrôle des travaux par l'entrepreneur

Le plan du personnel de l'entrepreneur prévoit la mise en place des ingénieurs et des techniciens japonais comme indiqué ci-dessous.

**Tableau 2-2-29 Plan de personnel des ingénieurs japonais de l'entrepreneur**

| Métier                                 | Rang | Durée (mois) | Responsabilité   |
|--|------|--------------|--|
| Directeur du bureau                    | 2    | 24,50        | Contrôle global de la totalité des travaux, de la sécurité et de l'hygiène et assurance de la coordination avec le maître de l'ouvrage. En maintenant une liaison avec l'ingénieur en chef surtout au début des travaux, il procède au contrôle des routes pour les travaux sur le terrain.    |
| Ingénieur en chef                      | 3    | 23,50        | Contrôle global des différents travaux et contrôle du calendrier d'exécution des travaux. Responsabilité des travaux des installations comme des canaux, des pistes rurales et des partiteurs. Soutien apporté aux travaux des routes pour les travaux, des têtes de prise et des dessableurs. |
| Contrôleur des travaux (génie civil) A | 4    | 23,00        | Responsabilité des travaux relatifs aux structures de génie civil comme des têtes de prise, ouvrages de prise d'eau, canaux d'accès et dessableurs.  |
| Contrôleur des travaux (génie civil) B | 4    | 21,00        | Responsabilité des travaux des installations comme des canaux principaux, canaux secondaires, des partiteurs et des installations de régulation du niveau d'eau.   |
| Contrôleur des travaux (vannes) C      | 4    | 6,00         | Responsabilité des travaux de mise en place des installations comme des vannes de prise d'eau des têtes de prise, des vannes déversoirs et des vannes des partiteurs.  |
| Responsable de l'administration        | 4    | 24,50        | Responsabilité du dédouanement et du transport des matériels, du contrôle du travail du personnel recruté, de l'aménagement des conditions de vie, de la sécurité et de l'hygiène et des mesures pour les alentours.   |
| Total                                  |      | 122,50       |  |

**Tableau 2-2-30 Plan du personnel local de l'entrepreneur**

| Métier   | Durée (mois) | Responsabilité   |
|--|--------------|--|
| Technicien en génie civil A (expérience de 15 ans) | 24,50        | Responsabilité de l'ensemble des travaux de génie civil, sous la direction de l'ingénieur en chef.<br>Responsabilité en particulier de la coordination avec le personnel local et les travailleurs de terrain, et des achats. Responsabilité, notamment au début des travaux, des routes pour les travaux, sous la direction du directeur du bureau et de l'ingénieur en chef. |
| Technicien en génie civil B (expérience de 10 ans) | 21,00        | Responsabilité des travaux des installations comme des routes pour les travaux, des canaux, des pistes rurales et des partiteurs, sous la direction de l'ingénieur en chef.  |

|   |                                  |  |
|---|----------------------------------|--|
| Technicien en génie civil C<br>(expérience de 10 ans) | 19,50                            | Responsabilité des travaux des structures de génie civil comme des têtes de prise, ouvrages de prise d'eau, canaux d'accès et dessableur, sous la direction du contrôleur des travaux (génie civil).                       |
| Technicien en génie civil D<br>(expérience de 10 ans) | 19,50                            | Responsabilité des travaux des installations comme des canaux principaux, canaux secondaires, des partiteurs et des installations de régulation du niveau d'eau sous la direction du contrôleur des travaux (génie civil). |
| Arpenteur-topographe                                  | 21,00                            | Responsabilité des travaux topographiques pour les routes pour les travaux, les têtes de prise, ouvrages de prise d'eau, canaux d'accès et dessableur, sous la direction du contrôleur des travaux et du technicien local. |
| Arpenteur-topographe assistant                        | 21,00                            | Assistance des travaux topographiques de l'arpenteur-topographe.   |
| Dessinateur de plans                                  | 19,50                            | Elaboration des plans/dessins pour approbation et des plans/dessins d'exécution des travaux, sous la direction du contrôleur des travaux et du technicien local.   |
| Secrétaire  | 19,50                            | Dédouanement et transport des matériels, contrôle du travail du personnel local, de la comptabilité et prise des mesures pour les alentours, sous la direction du responsable de l'administration.                         |
| Employé de bureau                                     | 19,50                            | Travaux à l'intérieur du bureau, sous la direction du secrétaire.<br>(classement des factures, aide au classement des documents et au maintien de l'hygiène, rangement du bureau)  |
| Chauffeur A<br>B<br>C<br>D                            | 24,50<br>24,50<br>19,50<br>19,50 | Conduite, entretien et réparations des véhicules.  |
| Interprète-traducteur                                 | 24,50                            | Interprète auprès des populations locales. Traduction et rédaction des documents, rapports et lettres.   |
| Total   | 297,50                           |  |

L'entrepreneur enverra les personnels japonais pour leur faire participer aux réunions de contrôle de la qualité des travaux.

**Tableau 2-2-31 Plan du personnel pour les réunions de contrôle de qualité de l'entrepreneur**

| Métier            | Rang | Durée (H/M) |      |       | Responsabilité  |
|-------------------|------|-------------|------|-------|---|
|                   |      | Japon       | Mada | Total |   |
| Ingénieur civil A | 2    | —           | 0,90 | 0,90  | Vérification et concertation durant les réunions sur les points à considérer pour les travaux, les mesures pour assurer la qualité et la sécurité des travaux, sur les éléments techniques relatifs aux modifications de la conception, la remise en main et l'inspection après la fin des travaux, ainsi que sur la bonne exécution des dispositions à prendre par la partie malgache. |
| Ingénieur civil B | 3    | —           | 0,90 | 0,90  |   |
| Total             |      | —           | 1,80 | 1,80  |   |

### (3) Système de contrôle de la sécurité

Des mesures de sécurité seront prises aux alentours des sites, avec la mise en place de gardiens et d'agents de la circulation ainsi que la pose de barrières de protection. Les barrières de protection aux alentours des sites seront des pieux en bois de grume (Longueur = 2,5 m) avec fils de fer barbelés (Largeur = 1,25 m). Les agents de la circulation seront postés à l'entrée de la route nationale et des pistes rurales (routes pour les travaux), aux carrefours et à proximité des villages dans la zone cible des travaux. Des gardiens seront prévus respectivement pour les têtes de prise, les travaux de dessableur, le déversoir de sécurité et le bureau de chantier sur 2 roulements, jour et nuit.

**Tableau 2-2-32 Affectation du personnel en gardiennage et circulation**

|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
| Agents de la circulation | <p>Deuxième année (périmètre P5)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Point d'entrée de la route nationale au site de la tête de prise P5</li> <li>2) A proximité des villages le long de la route nationale</li> <li>3) Carrefour route nationale et piste rurale R1 (S)</li> <li>4) Carrefour route nationale et piste rurale R1 (N1-1)</li> <li>5) Point d'entrée de la route nationale à la carrière d'emprunt n°1</li> <li>6) Proximité des villages le long de la piste rurale RM (P5)</li> <li>7) Carrefour piste rurale RM (P5) et piste rurale R1 (N-1)</li> <li>8) Carrefour piste rurale R2 (S1) et piste rurale R2 (S2)</li> <li>9) Carrefour piste rurale R2 (S1) et route pour les travaux</li> <li>10) Carrefour piste rurale R2 (S2) et route pour les travaux</li> <li>11) Carrefour piste rurale R1 (N1-2) et route pour les travaux</li> </ol> <p>Troisième année (périmètre P1)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Point d'entrée de la route nationale au site du déversoir de sécurité</li> <li>2) A proximité des villages le long de la route nationale</li> <li>3) Carrefour route nationale et piste rurale RM (P1-1)</li> <li>4) Carrefour route nationale et piste rurale R1 (N1-1)</li> <li>5) Carrefour route nationale et piste rurale R1 (N1-1)</li> <li>6) Point d'entrée de la route nationale à la carrière d'emprunt n°1</li> <li>7) Carrefour piste rurale R1 (S) et piste rurale RM (P1-1)</li> <li>8) Carrefour piste rurale R1 (N1-1) et piste rurale RM (P1-1)</li> <li>9) Carrefour piste rurale R1 (N1-1) et piste rurale R2 (N-1)</li> <li>10) Carrefour piste rurale R1 (N1-2) et piste rurale R2 (N2-2)</li> <li>11) Carrefour piste rurale R2 (N2-1) et piste rurale R2 (N2-2)</li> <li>12) Proximité des villages le long de la piste rurale R1 (N2)</li> </ol> <p>Quatrième année (périmètre P1)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Carrefour route nationale et piste rurale R1 (N1-1)</li> <li>2) Carrefour piste rurale R1 (N1-1) et piste rurale RM (P1-2)</li> <li>3) Carrefour piste rurale R1 (N1-1) et piste rurale R2 (N1)</li> <li>4) Carrefour piste rurale R1 (N1-2) et piste rurale R2 (N2-2)</li> <li>5) Carrefour piste rurale R2 (N2-1) et piste rurale R2 (N2-2)</li> <li>6) Proximité des villages le long de la piste rurale R1 (N2)</li> <li>7) Carrefour piste rurale R2 (N1) et piste rurale R2 (N2-1)</li> <li>8) Carrefour piste rurale R2 (N2-1) et piste rurale RM (P1-2)</li> </ol> | <p>(8 jours de congé par mois)</p> <p>1 personne x 5,3 mois</p> <p>1 personne x 5,3 mois</p> <p>1 personne x 5,3 mois</p> <p>1 personne x 5,3 mois</p> <p>1 personne x 5,3 mois</p> <p>1 personne x 4,7 mois</p> <p>1 personne x 4,7 mois</p> <p>1 personne x 4,3 mois</p> <p>1 personne x 2,7 mois</p> <p>1 personne x 4,3 mois</p> <p><u>1 personne x 4,3 mois</u></p> <p>Total 51,5 mois×(30-8)jours = 1133jours</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 3,7 mois</p> <p>1 personne x 6,0 mois</p> <p>1 personne x 6,0 mois</p> <p>1 personne x 2,1 mois</p> <p>1 personne x 2,1 mois</p> <p><u>1 personne x 2,1 mois</u></p> <p>Total 44,2 mois×(30-8)jours = 972 jours</p> <p>1 personne x 6,0 mois</p> <p>1 personne x 6,0 mois</p> <p>1 personne x 6,0 mois</p> <p>1 personne x 3,5 mois</p> <p>1 personne x 3,5 mois</p> <p>1 personne x 3,5 mois</p> <p>1 personne x 5,7 mois</p> <p><u>1 personne x 5,7 mois</u></p> <p>Total 39,9 mois×(30-8)jours = 878 jours</p> <p>Au total 2983 jours</p> |
| Gardien                  | <p>Aire des travaux provisoires</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Travaux tête de prise P5, dessableur</li> <li>▪ Travaux déversoir de sécurité</li> <li>▪ Travaux tête de prise P1, dessableur</li> <li>▪ Travaux tête de prise d'Andranotsimihotra, dessableur</li> </ul> <p>Bureau de chantier</p>   | <p>1 personne 2 roulements jour et nuit x 1 emplacement x 5,3 mois</p> <p>1 personne 2 roulements jour et nuit x 1 emplacement x 3,0 mois</p> <p>1 personne 2 roulements jour et nuit x 1 emplacement x 4,0 mois</p> <p><u>1 personne 2 roulements jour et nuit x 1 emplacement x 4,0 mois</u></p> <p>Total 32,6 mois×30 jours = 978 jours</p> <p>1 personne 2 roulements jour et nuit x 12 mois x 30 jours x 3 ans = 2160 jours</p>   |

## 2-2-4-5 Plan du contrôle de la qualité

### (1) Equipements de contrôle des travaux

Des équipements informatiques seront prévus pour élaborer les rapports sur le contrôle de qualité et les progrès des travaux de génie civil, de béton, des machines et des travaux électriques, ainsi que pour élaborer les rapports de contrôle des travaux topographiques, des plans/dessins, et des photographies qui servent du contrôle du calendrier d'exécution des travaux.

### (2) Plan du contrôle de la qualité

Le plan suivant sera prévu pour le contrôle de la qualité des travaux de génie civil et de béton.

**Tableau 2-2-33 Plan du contrôle de la qualité des travaux**

| Travaux                    | Elément de contrôle    | Méthode                              | Fréquence   |
|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|---|
| Nivellement                | Situation des sols     | Visuelle                             | Chaque section principale                               |
|                            | Largeur, hauteur       | Mesures dimensions et hauteur        | Chaque section principale                               |
|                            | Force portante         | Profondeur de pénétration des pieux  | 1 fois par structure principale                         |
| Remblai                    | Degré de compactage    | Densité sur chantier                 | Tous les 500 m <sup>2</sup>                             |
| Béton                      | Agrégats               | Analyse granulométrique              | 3 fois  |
|                            | Ciment                 | Essais physiques et chimiques        | 3 fois  |
|                            | Béton                  | Affaissement                         | A chaque coulée   |
|                            | Résistance du béton    | Essai de résistance à la compression | Chaque section de coulée ou tous les 200 m <sup>3</sup> |
| Armature                   | Résistance             | Force de tension                     | 3 fois  |
|                            | Disposition armature   | Inspection disposition armature      | Chaque section de coulée                                |
| Forme finie des structures | Dimensions forme finie | Mesure des dimensions                | Chaque matériel principal                               |

## 2-2-4-6 Plan d'approvisionnement en matériels et équipements

### (1) Situation générale de l'approvisionnement à Madagascar

De nombreuses entreprises pouvant construire des immeubles ou effectuer de grands travaux routiers sont implantées à Madagascar et la plupart des équipements de construction y sont disponibles. Toutefois, ces équipements ne sont pas pour la plupart fabriqués dans le pays et sont principalement importés de l'Afrique du Sud et d'Europe. Par conséquent, les équipements de construction sont relativement plus chers à Madagascar que dans les autres pays capables de fabriquer eux-mêmes les équipements. En outre, les sites des travaux étant situés à environ 230 km de la capitale Antananarivo, les prix (unitaires) augmentent car il faut ajouter les frais de transport.

Par ailleurs, une enquête sur les prix des équipements pour les travaux a été effectuée directement auprès des entreprises de construction de Madagascar et trois d'entre elles y ont répondu. Ces prix correspondent en principe à des prix unitaires jusqu'au site et comprenant les frais de transport. Des documents relatifs aux prix des équipements de construction ont été également demandés à la Direction Régionale du Développement Agricole (DRDA). Cependant, d'après les réponses des entreprises de

construction d'Antananarivo, il n'existe pas de prix unitaires pour la main d'œuvre et les équipements et matériaux fixés au niveau national et chacune des entreprises décide elle-même de ses prix qui ne sont pas révélés puisqu'ils sont en rapport avec les bénéfices et que les entreprises sont en compétition.

## (2) Situation relative à l'approvisionnement en main d'œuvre

Les travailleurs ordinaires, les gardiens et les employés de bureau pourront être recrutés à Ambatondrazaka et dans les villes et villages à proximité des sites mais les travailleurs ayant capacités techniques suffisantes seront difficiles à trouver. Par conséquent, les techniciens en génie civile, les arpenteurs-topographes, les coordinateurs ordinaires, les travailleurs spécialisés, les conducteurs d'engins lourds et les mécaniciens seront recrutés à Antananarivo.

**Tableau 2-2-34 Situation relative au recrutement des techniciens et des travailleurs ordinaires à Madagascar**

|                       | Métier                                    | Lieu de recrutement     | Remarques |
|-----------------------|---|-------------------------|-----------|
| Paielement journalier | Coordinateur ordinaire                    | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Travailleur spécialisé                    | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Travailleur ordinaire                     | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Echafauteur                               | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Technicien armature                       | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Conducteur spécialisé                     | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Chauffeur ordinaire                       | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Charpentier                               | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Maçon                                     | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Peintre                                   | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Soudeur                                   | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Electricien                               | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Mécanicien                                | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Plombier                                  | Site : Ambatondrazaka   |           |
| Gardien               | Site : Ambatondrazaka                     |                         |           |
| Paielement mensuel    | Ingénieur civil (expérience 20 ans)       | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Ingénieur civil (expérience 15 ans)       | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Ingénieur civil (expérience 10 ans)       | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Arpenteur-topographe                      | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Arpenteur-topographe assistant            | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Opérateur CAO                             | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Comptable                                 | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Employé de bureau                         | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Chauffeur                                 | Site : Ambatondrazaka   |           |
|                       | Ingénieur mécanicien (expérience 10 ans)  | Capitale : Antananarivo |           |
|                       | Ingénieur électricien (expérience 10 ans) | Site : Ambatondrazaka   |           |

## (3) Situation relative à l'approvisionnement en équipements de construction à Madagascar

### [Equipements de construction ordinaires]

La plupart des matériaux et équipements de construction comme le ciment, les armatures, les produits en acier léger, les éléments de menuiserie et les équipements de ventilation et d'éclairage sont disponibles à Madagascar. Toutefois, ces équipements ne sont pas pour la plupart fabriqués dans le pays et sont principalement importés de l'Afrique du Sud et d'Europe. Par conséquent, les équipements de construction ordinaires nécessaires aux travaux seront fournis à partir de la capitale Antananarivo où sont concentrés tous les produits de consommation.

### [Matériaux de remblai et pierres]

Les matériaux de remblai et les pierres seront approvisionnés à partir des carrières ou emprunts situés à proximité des sites du Projet.

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Matériaux de remblayage sableux : | Emprunt le long de la route nationale situé à environ 8 km de la tête de prise P5 |
| Pierres :                         | Carrière située à environ 21 km de la tête de prise P5                            |
| Sable pour béton :                | Sable de la rivière en amont et aval à proximité de la tête de prise P5           |
| Matériaux de remblai :            | Trois emprunts dans les périmètres.   |

### [Matériaux des vannes]

Pour les vannes coulissantes dont l'acquisition est prévue dans le cadre du Projet, leurs dimensions seront très variables et iront de (Largeur) 300 x (Hauteur) 300 à (Largeur) 2200 x (Hauteur) 2000 et le nombre nécessaire à acquérir est de 194. Il n'y a pas de fabricant spécialisé dans les vannes à Madagascar et les techniques de fabrication, l'expérience, la qualité et les capacités d'approvisionnement (délais) en aciéries existantes présentent des risques. Par conséquent, afin d'assurer la qualité des vannes fournies par le projet d'aide financière non remboursable du Japon, la totalité de ces produits sera de fabrication japonaise.

**Tableau 2-2-35 Partage des travaux d'approvisionnement entre les deux pays (matériaux pour les travaux)**

| Catégorie                  | Désignation                              | Japon/Madagascar |       | Remarques (raison de l'approvisionnement) |
|----------------------------|--|------------------|-------|---|
|                            |  | Madagascar       | Japon |   |
| Matériaux pour les travaux | Pieu en bois                             | ○                |       |   |
|                            | Barre difforme                           |                  | ○     | Puisque c'est avantageux économiquement   |
|                            | Fils barbelés                            | ○                |       |   |
|                            | Ciment                                   | ○                |       |   |
|                            | Agrégats fins                            | ○                |       |   |
|                            | Agrégats grossiers                       | ○                |       |   |
|                            | Plastifiant du béton                     | ○                |       |   |
|                            | Matériaux de remblai                     | ○                |       |   |
|                            | Pierres perdues, pierres pour maçonnerie | ○                |       |   |
|                            | Pierres concassées                       | ○                |       |   |
|                            | Bois équarri                             | ○                |       |   |
|                            | Coffrage en contreplaqué                 | ○                |       |   |
|                            | Matériaux de support                     | ○                |       |   |
|                            | Echafaudage métallique (tubulaire)       | ○                |       |   |
|                            | Gasoil                                   | ○                |       |   |

|  |                       |   |   |   |
|--|-----------------------|---|---|---|
|  | Essence               | ○ |   |   |
|  | Tuyau centrifuge      | ○ |   |   |
|  | Matériaux des vannes  |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |
|  | Palplanches d'acier   |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |
|  | Plaque de parafouille |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |
|  | Joint de dilatation   |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |
|  | Bâche anti-siphonnage |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |
|  | Marche-pied           |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |
|  | Trou d'écoulement     |   | ○ | Approvisionnement impossible localement |

※ L'approvisionnement à partir d'un pays tiers n'est pas nécessaire dans le cadre du présent projet.

#### (4) Engins pour les travaux

Les entreprises de construction de Madagascar possèdent la plupart des engins de construction ordinaires comme les pelles rétrocaveuses, les bulldozers, les camions grues, les chargeurs sur pneus, les niveleuses, les rouleaux compresseurs et les génératrices de réserve. Des entreprises de location existent également et ces machines peuvent donc être louées. Toutefois, ces engins ne sont pas disponibles à proximité des sites et ils seront en totalité approvisionnés à partir d'Antananarivo et transportés jusqu'aux sites.

Le partage de l'approvisionnement des engins pour les travaux est comme indiqué ci-dessous.

**Tableau 2-2-36 Partage de l'approvisionnement (engins pour les travaux)**

| Catégorie               | Désignation  | Japon/Madagascar | Remarques            |
|-------------------------|--|------------------|----------------------|
|                         |  | Madagascar       |                      |
| Engins pour les travaux | Bulldozer (15 tonnes)                                    | ○                |                      |
|                         | Bulldozer (21 tonnes)                                    | ○                |                      |
|                         | Pelle rétrocaveuse (capacité à ras 0,6 m <sup>3</sup> )  | ○                |                      |
|                         | Pelle rétrocaveuse (capacité à ras 0,35 m <sup>3</sup> ) | ○                |                      |
|                         | Camion benne (10 t)                                      | ○                | Transport automobile |
|                         | Camion grue (5 t/2,9 t)                                  | ○                | Transport automobile |
|                         | Grue tout terrain (25 t)                                 | ○                | Transport automobile |
|                         | Chargeuse sur pneus (8-20 t)                             | ○                |                      |
|                         | Rouleau compresseur (10 t)                               | ○                |                      |
|                         | Bétonneuse (0,5 m <sup>3</sup> )                         | ○                |                      |
|                         | Génératrice (10 kva) à (200 kva)                         | ○                |                      |

#### 2-2-4-7 Plan des directives de fonctionnement initial et des directives d'exploitation

Toutes les vannes qui seront installées par le présent projet pour les têtes de prise, les ouvrages de prise d'eau, les déversoirs de sécurité et les partiteurs seront des vannes manuelles. Par conséquent, un technicien japonais appartenant à l'entreprise de construction chargée des travaux fournira les directives nécessaires sur les techniques d'ouverture et de fermeture de ces vannes au moment de la remise en mains du système d'irrigation. Cependant, les directives d'exploitation relatives à la manœuvre des vannes pour la prise et la dérivation de l'eau conformément au programme d'irrigation, ainsi qu'à celle des vannes utilisées au moment des crues feront partie du plan de la composante soft.

### 2-2-4-8 Plan de la composante soft

L'assistance fournie par la composante soft comprend un programme de stabilisation de l'exploitation et de la gestion du système d'irrigation, un programme d'aménagement de l'organisation de gestion et maintenance du système d'irrigation ainsi qu'un programme d'aménagement du système de gestion du déversoir de sécurité de la rivière Sahabe qui sont destinés à la DRDA, aux deux Fédérations des usagers de l'eau et aux Associations des usagers sous leur tutelle. Les programmes d'assistance et le contenu de leurs activités sont indiqués dans le tableau suivant.

**Tableau 2-2-37 Programme d'aide et contenu des activités par la composante soft**

| Nom du programme d'aide   | Destiné à   | Contenu des activités  |
|---|---|--|
| Stabilisation de l'exploitation et de la gestion du système d'irrigation        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRDA</li> <li>- Fédération des usagers de l'eau de Fivoarana</li> <li>- Fédération des usagers de l'eau de Tsaravohi</li> <li>- Associations des usagers de l'eau sous leur tutelle</li> <li>- Membres des associations (paysans)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboration des directives d'exploitation et de gestion du système d'irrigation</li> <li>- Elaboration du manuel de fonctionnement du système d'irrigation</li> <li>- Confirmation et discussions avec la DRDA sur les directives et le manuel</li> <li>- Explications des directives et du manuel à chaque Fédération des usagers de l'eau</li> <li>- Aide à l'organisation, par chaque Fédération, de réunions d'explications sur les directives et le manuel aux Associations d'usagers sous leur tutelle et aux paysans</li> <li>- Révision des directives et du manuel en fonction des leçons obtenues par les activités de l'année précédente.</li> </ul>   |
| Aménagement de l'organisation de gestion et maintenance du système d'irrigation |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation des techniciens chargés de l'exploitation, la gestion et maintenance du système</li> <li>- Elaboration des directives de gestion et maintenance du système d'irrigation</li> <li>- Elaboration du manuel des travaux de gestion et maintenance du système d'irrigation</li> <li>- Confirmation et discussions avec la DRDA sur les directives et le manuel</li> <li>- Explications des directives et du manuel à chaque Fédération des usagers de l'eau</li> <li>- Aide à l'organisation, par chaque Fédération, de réunions d'explications sur les directives et le manuel aux associations d'usagers sous leur tutelle et aux paysans</li> <li>- Révision des directives et du manuel en fonction des leçons obtenues par les activités de l'année précédente.</li> </ul> |
| Aménagement du système de gestion du déversoir de sécurité de la rivière Sahabe | <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRDA</li> <li>- Comité sud PC23</li> <li>- Membres des associations sous leur tutelle (paysans)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboration des directives d'exploitation, de gestion et maintenance du système</li> <li>- Elaboration du manuel des travaux d'exploitation, gestion et maintenance du système</li> <li>- Explications des directives et du manuel aux Comités des usagers de l'eau</li> <li>- Aide à l'organisation, par les Comités des usagers de l'eau, de réunions d'explications sur les directives et le manuel destinées aux Fédérations et aux Associations des usagers de l'eau sous leur tutelle ainsi qu'aux habitants.</li> </ul>  |



Le personnel du consultant japonais apportera directement son assistance aux activités proposées ci-dessus. Le personnel du consultant local sera également affecté de manière appropriée pour soutenir ces activités et le plan prévoit en outre la participation de deux homologues de la partie malgache.

|   |  |
|---|--|
| Personnel du consultant japonais :      | 1 personne (techniques de gestion de l'eau/ plan de formation)                                     |
| Personnel du consultant local :         | 1 personne (formation/ exploitation, gestion et maintenance du système/ interprète)                |
| Homologues de l'organisme d'exécution : | 2 personnes (responsable du renforcement des associations d'habitants, technicien de l'irrigation) |

Les activités de la composante soft débiteront immédiatement après la fin de la première phase des travaux et auront lieu pendant un total de 8 mois sur 3 ans. Dans les périmètres irrigués P1 et P5 également, les activités auront lieu afin que les directives et le manuel relatifs à l'exploitation, la gestion et maintenance des programmes d'irrigation ci-dessus soient préparés après la fin des travaux et au moment de la remise en main.

## 2-2-4-9 Calendrier d'exécution des travaux

### (1) Ordre d'exécution des travaux

La zone concernée par le présent projet comprend une vaste étendue qui peut être néanmoins subdivisée en deux grandes zones, celle du périmètre irrigué P1 et celle du périmètre irrigué P5. Pour l'ordre d'exécution, les travaux commenceront par le périmètre irrigué P5, puis se continueront dans le périmètre P1. Les travaux dans l'un et l'autre de ces périmètres peuvent être subdivisés dans deux grandes catégories de travaux ponctuels sur les têtes de prise, les dessableurs et les déversoirs de sécurité, et de travaux linéaires sur les canaux et les pistes rurales, mais ils seront exécutés simultanément.

### (2) Conditions de fixation de la durée des travaux

#### • Facteur d'arrêt de travail

Le facteur d'arrêt de travail sera de 1,35 car les travaux auront lieu pendant la saison sèche (de la mi-mai à novembre), et du fait que des phénomènes naturels particuliers autres que les pluies, comme la houle, les grandes marées et les vents violents, n'auront pas d'influence sur les travaux et que des coutumes ou des causes d'ordre environnemental et social particulières à la région n'auront pas d'incidence sur l'exécution des travaux.

**Tableau 2-2-38 Facteur d'arrêt de travail**

|   | Facteur d'arrêt de travail |                |
|---|----------------------------|----------------|
| 1. Travaux de division ordinaire (type de travail, contenu des travaux)         | 1,35                       | Facteur adopté |
| 2. Travaux sans influence par les pluies (type de travail, contenu des travaux) | 1,20                       |                |

Source : Manuel d'estimation des coûts de conception Volume complémentaire (Secteur génie civil), p.12

• **Heures de travail par jour**

Les heures de travail standard à Madagascar vont de 8 h 00 à 17 h 00 (9 heures obligatoires) et, en comptant une heure de pause, les heures réelles de travail standard par jour sont de 8 heures. Dans le présent projet, les heures de travail seront prévues sur ce standard de 8 heures et le paiement des heures supplémentaires ne sera pas inclus.

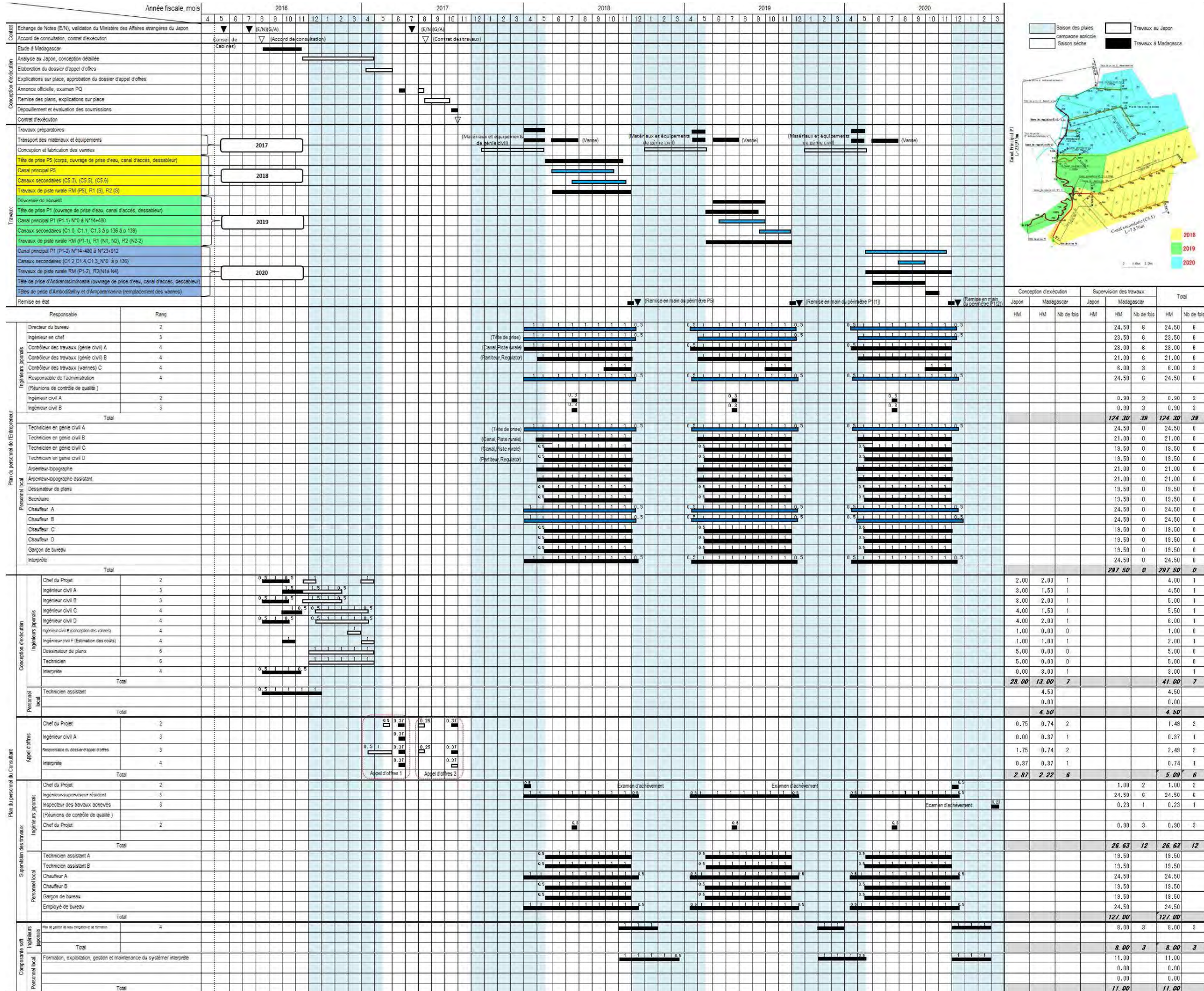
**(3) Calcul des jours de travail**

Le nombre de jours de travail pour chaque type de travail calculé à partir des quantités des travaux et des capacités de travail par jour des machines correspondra approximativement à ce qui suit.

**Tableau 2-2-39 Nombre de jours de travail pour chaque type de travail**

| Type de travail  | Nombre de jours |
|--|-----------------|
| Corps, ouvrage de prise d'eau et canal d'accès de la tête de prise P5                        | 160             |
| Dessableur de la tête de prise P5  | 100             |
| Canal principal P5, piste rurale RM, piste rurale R1   | 140             |
| Périmètre P5 Canaux secondaires (C5.3), (C5.5), piste rurale R2 (S1)                         | 105             |
| Périmètre P5 Canaux secondaires (C5.6), piste rurale R2 (S2)                                 | 130             |
| Périmètre P5 travaux du déversoir de sécurité  | 110             |
| Ouvrage de prise d'eau, canal d'accès et dessableur de la tête de prise P1                   | 110             |
| Troisième année : Canal principal P1, piste rurale RM, piste rurale R1, piste rurale R2      | 180             |
| Périmètre P1 Canaux secondaires (C1.0), (C1.1), (C1.3 Partiteur 136 au point de terminaison) | 80              |
| Quatrième année : Canal principal P1, piste rurale RM, piste rurale R2                       | 180             |
| Périmètre P1 Canaux secondaires (C1.2), (C1.3 point de départ au partiteur 136), (C1.4)      | 75              |
| Ouvrage de prise d'eau, canal d'accès et dessableur de la tête de prise d'Andranotsimihotra  | 110             |

Tableau 2-2-40 Calendrier d'exécution des travaux



### **2-3 Dispositions à prendre par la partie malgache**

- 1) Fournir les documents et les informations nécessaires à la conception détaillée établie par le consultant japonais après la décision de la mise en œuvre du présent projet.
- 2) Assurer les terrains requis pour la mise en place des installations et des équipements et matériels qui seront aménagés dans le cadre du présent projet.
- 3) S'acquitter des commissions bancaires requises conformément à l'Arrangement bancaire.
- 4) Procéder rapidement au débarquement, au dédouanement et à la procédure d'exonération des taxes sur les matériels et équipements importés pour le présent projet.
- 5) Exonérer ou prendre en charge les droits de douane, les taxes intérieures et les autres levées fiscales en vigueur à Madagascar relatives à la fourniture des matériels et équipements et des services par des ressortissants japonais dans le cadre du présent projet.
- 6) Assurer les facilités nécessaires pour l'entrée et le séjour à Madagascar des ressortissants japonais fournissant leurs services pour l'exécution du Projet.
- 7) Gérer et entretenir de manière appropriée et efficace les installations et les équipements et matériels aménagés par le Projet. Informer la partie japonaise sur la situation relative à l'utilisation des installations et des équipements, en réponse à la demande de ce dernier.
- 8) Prendre en charge la totalité des frais nécessaires qui ne sont pas couverts dans le cadre de l'aide financière non remboursable du Japon.
- 9) Assurer les arrêts de prise d'eau dans le périmètre (de la mi-avril à la mi-décembre) et procéder aux ajustements entre les personnes concernées en vue d'assurer l'eau pour la vie quotidienne des habitants pendant ces arrêts avant le début des travaux.
- 10) Expliquer aux habitants que les pistes actuellement utilisées pour leur vie quotidienne et les travaux agricoles serviront également de routes pour les travaux et les inciter à être vigilants pendant la période des travaux.
- 11) Achever la procédure d'autorisation d'une utilisation du terrain pour le bureau et le logement sur le chantier le long de la route nationale 3a et de la piste principale (piste rurale R1), et terminer les travaux de nivellement avant le début des travaux.
- 12) Achever le raccordement du bureau de chantier au réseau électrique avant le début des travaux.
- 13) Procéder à l'entretien des routes afin de ne pas gêner le transport des matériels et équipements de la capitale Antananarivo et du port de Toamasina.
- 14) Achever la sélection d'une entreprise dûment capable de procéder aux exonérations des taxes et aux travaux de dédouanement des matériels et équipements importés, avant le début des travaux.
- 15) Avec la participation des Fédérations des usagers de l'eau, procéder au nivellement des champs situés aux emplacements où l'eau s'écoule mal dans le périmètre PC23, à l'aménagement des canaux tertiaires et des canaux plus inférieurs et au retrait des autres éléments pouvant faire obstacle au bon approvisionnement en eau jusqu'aux terminaux des

champs.

- 16) Assurer les emprunts et les dépôts de déblais ainsi que les terrains suffisants nécessaires aux travaux de réhabilitation du système d'irrigation.
- 17) Procéder aux travaux en relation avec l'évaluation de l'impact sur l'environnement.
- 18) Pendant la mise en œuvre de la composante soft, des homologues seront affectés qui assisteront les activités des Fédérations des usagers de l'eau. Et après l'exécution de la composante soft, ils effectueront en continu le monitoring des activités de gestion et maintenance effectuées par les Fédérations des usagers de l'eau et des Associations sous leur tutelle, et leur apporteront les instructions et l'assistance nécessaires.

## 2-4 Plan d'opération du Projet

### 2-4-1 Système d'exploitation, gestion et maintenance du Projet

Le système d'irrigation et de drainage qui fera l'objet d'une réhabilitation dans le cadre du présent projet comprend (1) la tête de prise P1, (2) la tête de prise P5, (3) le déversoir de sécurité, (4) la tête de prise du collecteur nord (3 unités), (5) les canaux principaux et leurs structures auxiliaires, (6) les canaux secondaires et leurs structures auxiliaires et (7) une partie des pistes rurales dans le périmètre PC23. L'exploitation, la gestion et maintenance de ce système seront confiés à deux fédérations des usagers de l'eau, la fédération de Tsaravohi (chargée du périmètre sud PC23 faisant partie du canal principal P5) et la fédération de Fivoarana (chargée du périmètre nord PC23 faisant partie du canal principal P1) sous la tutelle du bureau de la DRDA, conformément à la Loi de 1990 réglementant la gestion, l'entretien et la police des réseaux hydro-agricoles de Madagascar (révisé en 2014). En outre, le déversoir de sécurité (3) étant situé en dehors du périmètre irrigué faisant partie du canal principal P5, son exploitation et sa gestion seront prises en charge par le Comité sud PC23 (regroupant les Fédérations de Tsaravohi, de Sahamilahy et de Sahabe Miray).

Les responsables de l'exploitation, la gestion et maintenance du système d'irrigation et de drainage des périmètres concernés par le projet sont les suivants.

**Tableau 2-4-1 Responsables de la gestion et maintenance du système d'irrigation et de drainage**

| Installation   | Responsable de l'exploitation, gestion et maintenance                               |
|--|---|
| (Déversoir de protection contre les crues)   | Fédérations des usagers de l'eau  |
| Déversoir de sécurité * <sup>1</sup>   | DRDA, Fédérations des usagers de l'eau, Comités des usagers de l'eau * <sup>3</sup> |
| Tête de prise * <sup>1</sup>   | DRDA, Fédérations des usagers de l'eau  |
| Canal principal  | Fédérations des usagers de l'eau  |
| (canal de drainage principal)  | Fédérations des usagers de l'eau  |
| Piste rurale principale, piste rurale secondaire, piste de maintenance des canaux principaux | Fédérations des usagers de l'eau  |
| Canaux secondaires, (canaux de drainage secondaires), (piste de maintenance) * <sup>2</sup>  | Associations et Fédérations des usagers de l'eau                                    |
| (Canaux tertiaires) (canaux de drainage tertiaires), (route à l'intérieur des champs)        | Associations des usagers de l'eau   |

\*<sup>1</sup>: La DRDA est gestionnaire-responsable du système, il confie l'exploitation, la gestion et maintenance du système au Comité et aux Fédérations des usagers de l'eau.

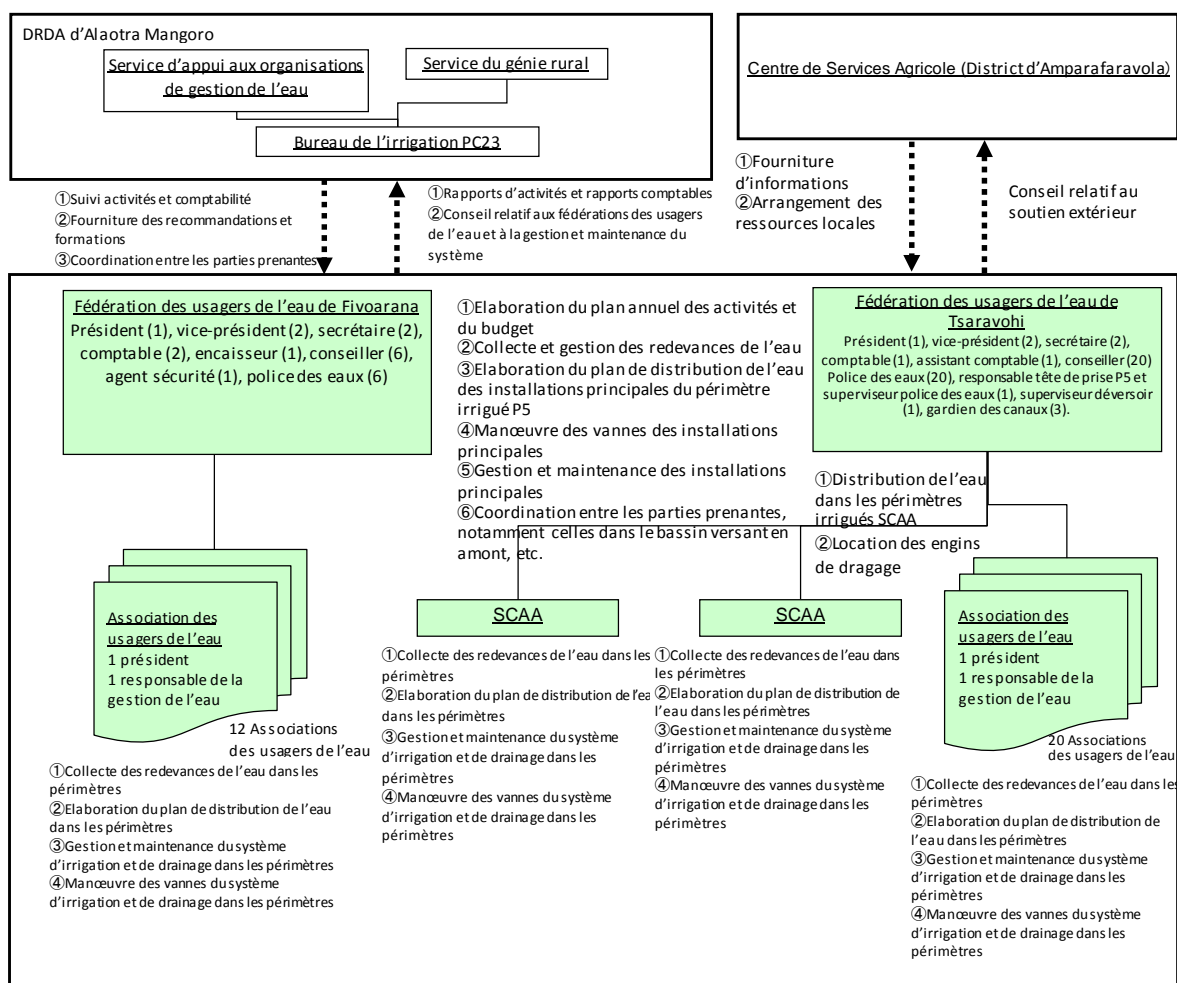
\*<sup>2</sup>: Les responsables sont différents selon l'envergure (Fédération des usagers pour les grandes envergures, et Associations des usagers pour les petites.)

\*<sup>3</sup>: Les statuts du Comité des usagers de l'eau ne sont pas élaborés ni formulés sous forme de règlement.

( ) : Non inclus dans le présent projet

Source : DRDA, Mission d'étude (d'après les enquêtes verbales auprès de chaque Fédération des usagers de l'eau)

En outre, le dispositif d'exploitation, gestion et maintenance des Fédérations des usagers de l'eau est présenté dans la figure ci-dessous.



**Figure 2-4-1 Dispositif d'exploitation, gestion et maintenance des Fédérations des usagers de l'eau**

### (1) Fédération des usagers de l'eau

La Fédération des usagers de l'eau de Tsaravohi regroupe 20 Associations d'usagers et la Fédération des usagers de l'eau de Fivoarana en compte 12. Dans la Fédération de Tsaravohi, le président de chacune des associations est administrateur (conseiller) chargé de l'élaboration et de l'exécution du plan annuel des activités, de la planification et du suivi de budgétisation ainsi que de l'établissement du plan de distribution de l'eau et du plan de gestion et maintenance. La Fédération des usagers de l'eau de Fivoarana a des responsabilités identiques mais des conseillers ne sont pas sélectionnés dans toutes les associations. Un bureau est établi sous la tutelle de l'administrateur et se charge de l'ensemble des travaux de secrétariat en relation avec les activités des associations. La police des eaux recrutée par le bureau (responsable de la gestion des eaux et de la supervision) procède à la manœuvre des vannes des canaux principaux d'irrigation et de drainage et des canaux primaires. La collecte des redevances de l'eau est effectuée par l'intermédiaire des Associations des usagers de l'eau.

### (2) Associations des usagers de l'eau

Les Associations des usagers de l'eau qui ont un statut de personne juridique sont composées du

président et des membres du conseil d'administration qui ont été élus et elles recrutent les responsables de la gestion des eaux. Ces responsables sont chargés de l'élaboration du plan de distribution des eaux et de son exécution dans les mailles sous leur tutelle ainsi que de la gestion et maintenance des canaux de drainage secondaires et des pistes rurales 3. Ils procèdent également au suivi des usagers de l'eau d'irrigation et à la collecte des redevances de l'eau. Pour les redevances de l'eau qui ont été collectés, ils sont reversés en totalité à la fédération, dans le cas de la Fédération des usagers de l'eau de Tsaravohi, et par moitié dans le cas de celle de Fivoarana.

### (3) DRDA d'Alaotra Mangoro

La DRDA d'Alaotra Mangoro a pour organe de liaison le bureau du périmètre d'irrigation PC23 et elle est chargée du suivi des activités des Fédérations et des Associations des usagers de l'eau. Elle fournit également les recommandations appropriées et organise les formations en vue du développement des capacités, selon les besoins.

#### 2-4-2 Plan d'exploitation, de gestion et maintenance du Projet

Le partage des responsabilités dans le plan d'exploitation, de gestion et maintenance du Projet est indiqué ci-dessous. En outre, des plans de gestion et maintenance à court et moyen termes seront élaborés avec la participation de la DRDA, des Fédérations et des Associations des usagers de l'eau, en appliquant l'approche participative.

**Tableau 2-4-2 Partage des responsabilités dans l'exploitation, la gestion et maintenance du Projet**

| Rubrique                  | DRDA d'Alaotra Mangoro  | Fédération des usagers de l'eau  | Association des usagers de l'eau   |
|---------------------------|---|--|--|
| Gestion organisationnelle | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan annuel des activités, directives, soutien et approbation de l'élaboration du budget</li> <li>- Discussions sur les dispositions à prendre pour la gestion et maintenance avec les Fédérations des usagers de l'eau</li> <li>- Gestion des redevances de l'eau</li> <li>- Fourniture des recommandations adéquates et organisation des formations</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan annuel des activités, élaboration du budget</li> <li>- Coordination entre les parties prenantes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboration du plan des activités dans les zones sous la juridiction des Associations des usagers de l'eau</li> <li>- Demande aux Fédérations en cas de gestion et maintenance et de travaux de réparations excédant les compétences des Associations des usagers de l'eau et paiement aux fédérations</li> </ul> |
| Gestion de l'eau          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encadrement technique pour l'élaboration du plan de gestion de l'eau</li> <li>- Suivi des activités de gestion de l'eau</li> <li>- Arbitrage dans les conflits de l'eau et coordination entre les parties prenantes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboration du plan de distribution de l'eau dans les périmètres irrigués</li> <li>- Manœuvre des vannes des principales installations par les responsables de la gestion de l'eau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboration du plan de distribution de l'eau dans les mailles sous tutelle</li> <li>- Manœuvre des vannes des canaux plus inférieurs que les canaux secondaires</li> </ul>  |



| Rubrique  | DRDA d'Alaotra Mangoro   | Fédération des usagers de l'eau  | Association des usagers de l'eau   |
|---|--|--|--|
| Gestion et maintenance annuelles                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conseils techniques aux Associations des usagers de l'eau pour la gestion et maintenance et la passation du contrat avec une entreprise sous-traitante</li> <li>- Directives techniques et suivi des activités de gestion et maintenance</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestion et maintenance des installations principales</li> <li>- Dragage du dessableur</li> <li>- Surveillance de la manœuvre et lubrification des vannes</li> <li>- Réparations des canaux majeurs (canal principal et canaux secondaires)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestion et maintenance des installations plus inférieures que les canaux d'irrigation et de drainage secondaires, dragage manuel</li> </ul> |
| Grands et moyens travaux de réparations (tous les 10 ans) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approbation des plans de réparations élaborés par les Fédérations des usagers de l'eau</li> <li>- Travaux périodiques de dragage des rivières et de consolidation du remblai des barrages</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboration du plan de réparations</li> <li>- Réparations des canaux et des installations majeurs, remplacement des pièces et réparations des vannes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réparations des installations plus inférieures que les canaux secondaires</li> </ul>  |

## 2-5 Coûts approximatifs du Projet

### 2-5-1 Coûts du projet de coopération

- (1) **Coûts approximatifs de la coopération :** Pour la confidentialité, cette page est fermée.
- (2) **Coûts pris en charge par la partie japonaise :** Pour la confidentialité, cette page est fermée.
- (3) **Coûts pris en charge par le gouvernement de Madagascar :** 829,15 millions Ar (ariary)  
(environ 34,8 millions de yens)

|   |                           |   |
|---|---------------------------|---|
| 1. Travaux de nivellement du terrain du bureau de chantier et du logement sur le site et de raccordement de ces bureau et logement au réseau électrique | 4,00 millions Ar          | (environ 0,17 millions de yens)         |
| 2. Travaux d'aménagement des canaux tertiaires et de nivellement des champs   | 7,24 millions Ar          | (environ 30,41 millions de yens)        |
| 3. Travaux de dédouanement et d'exonération de taxes  | 4,13 millions Ar          | (environ 0,17 millions de yens)         |
| 4. Frais de mise en œuvre de l'étude d'impact sur l'environnement et d'obtention des permissions  | 11,56 millions Ar         | (environ 0,49 millions de yens)         |
| 5. Frais de mise en œuvre de la composante soft   | 13,32 millions Ar         | (environ 0,56 millions de yens)         |
| 6. Commissions bancaires  | 72,14 millions Ar         | (environ 3,03 millions de yens)         |
| <b>Total</b>  | <b>829,15 millions Ar</b> | <b>(environ 34,83 millions de yens)</b> |

### (4) Conditions d'estimation

1. Date : septembre 2015
2. Taux de change : 1 US\$ = 124,40 yens  
: 1 Ar (ariary) = 0,042 yens
3. Durée des travaux : Durée de la conception détaillée et d'exécution des travaux comme indiquée dans le calendrier des travaux.
4. Autres : L'estimation des coûts s'effectue conformément au système de l'aide financière non remboursable du gouvernement du Japon.

### 2-5-2 Coûts d'exploitation, de gestion et maintenance

Les résultats du calcul des coûts annuels en relation avec l'exploitation, la gestion et maintenance ainsi que le fonds constitué pour les travaux de réparation par la DRDA et les Fédérations et Associations des usagers de l'eau, conformément à «4. Plan d'exploitation, gestion et maintenance du Projet», sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2-5-1 Coûts annuels d'exploitation, gestion et maintenance et fonds constitué pour travaux de réparation par les fédérations et la DRDA**

| Rubriques                        |   | Coûts (ariary) |
|----------------------------------|---|----------------|
| Fédérations des usagers de l'eau | Coûts annuels d'exploitation, gestion et maintenance                | 437.242.700    |
|                                  | Fonds constitué pour réparations                                    | 118.932.000    |
|                                  | Total   | 556.174.700    |
| DRDA                             | Fonds annuel constitué pour travaux de réparations tous les dix ans | 118.932.000    |

Les coûts d'exploitation, gestion et maintenance couvrent les frais de personnel des employés des

Fédérations des usagers de l'eau et des responsables de la gestion de l'eau (police des eaux, etc.), les frais de dragage du dessableur et les frais de réparations des canaux et des routes. On peut supposer que la collecte des redevances d'utilisation de l'eau d'un montant annuel de 556 millions d'ariary est nécessaire pour que les Fédérations des usagers puissent prendre en charge ces coûts. Ce montant peut être obtenu par la collecte des redevances actuels de l'eau (riz brut 100 kg/ha) par superficie de projet stipulés par la Fédération de Tsaravohi (à partir du prix de vente du riz brut de 600 à 700 Ar/kg, redevances de l'eau collectés =  $100 \text{ kg} \times 9,870 \text{ ha} \times (600 \text{ à } 700) \text{ Ar/kg} = 592 \text{ à } 690 \text{ millions ariary}$ ). Afin de collecter ce montant, une action de longue durée doit être entreprise en réalisant la gestion et maintenance des installations permettant un approvisionnement en eau stable et la distribution impartiale de l'eau. D'autre part, les deux Fédérations des usagers de l'eau de Tsaravohi et Fivoarana collectent une redevance d'eau fixe auprès d'une partie des paysans bénéficiaires de l'eau d'irrigation, et elles ont l'expérience de l'exécution de travaux de maintenance tels que «dragage des canaux» en recourant au fonds constitué. A en juger par ces activités, bien qu'une assistance extérieure telle que celle de la DRDA soit nécessaire pour les techniques d'exploitation, de gestion et maintenance, on peut juger que ces Fédérations des usagers de l'eau sont capables d'effectuer elles-mêmes une gestion et maintenance des installations en utilisant la redevance d'eau collectée. Par ailleurs, pour réaliser cela, la DRDA devra affecter un personnel en charge de l'assistance aux activités des Fédérations des usagers de l'eau et couvrir en continu les dépenses nécessaires.

Il faut que la DRDA obtienne et mette en réserve un montant de 119 millions ariary par an sur le budget de développement du Ministère de l'Agriculture en tant que frais des réparations de grande envergure des installations à effectuer une fois tous les 10 ans. Ce montant ne dépassant pas 1,0% du budget de développement de ce ministère, l'obtention de ce budget est jugée tout à fait possible. La DRDA devra agir auprès du ministère afin d'obtenir et de mettre en réserve ce budget.

## **Chapitre 3 Evaluation du Projet**



## **Chapitre 3 Evaluation du Projet**

### **3-1 Conditions préalables à l'exécution du Projet**

#### **(1) Appropriation des terrains de construction des installations, obtention des permis de construire et notification et explications aux habitants de la zone cible concernant les travaux**

Le présent projet ayant pour objectif « l'approvisionnement stable en eau d'irrigation » du périmètre irrigué PC23 dans le sud-ouest du Lac Alaotra, consiste en réhabilitation des têtes de prise et des partiteurs existants, le dragage des canaux existants, la réhabilitation des pistes agricoles, et ne prévoyant pas la construction de nouvelles installations, il sera inutile d'obtenir de nouveaux terrains pour la construction des installations. Avant le démarrage des travaux, le Gouvernement de Madagascar a déjà consenti à ce qu'il devra obtenir les autorisations d'utilisation des terrains pour le bureau de chantier pendant les travaux de construction, la décharge de la terre excavée ou l'emprunt de terre, et qu'il devra effectuer la coordination entre les parties concernées pour assurer l'eau pour les besoins quotidiens des habitants de la zone bénéficiaire durant l'arrêt de la prise d'eau d'irrigation pendant les travaux. Par ailleurs, comme il est prévu d'utiliser les pistes rurales existantes en tant que routes pour les travaux pendant la période des travaux, nous avons vérifié que le Gouvernement de Madagascar assurera la notification et l'explication aux habitants de la zone pour obtenir leur compréhension préalable concernant les travaux.

Il a été vérifié que ces conditions préalables à l'exécution des travaux sont à la charge du Gouvernement de Madagascar.

#### **(2) Exécution de l'Evaluation de l'Impact sur l'Environnement (EIE)**

Avant le démarrage des travaux, un Rapport d'évaluation de l'impact sur l'environnement (EIE) devra être préparé conformément au Décret relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement (MECIE) de Madagascar, et soumis à l'Office National de l'Environnement (ONE) pour approbation. A ce sujet, lors des discussions tenues le 17 février 2016 sur le Rapport de l'étude préparatoire à la coopération (proposition), le Ministère de l'Agriculture malgache s'est engagé à achever la soumission et l'approbation du rapport EIE précité pour mai 2016.

#### **(3) Procédures de dédouanement et exonération de taxe**

Le présent projet étant réalisé dans le cadre de l'Aide financière non-remboursable du Japon, il sera exonéré des droits douaniers, des taxes internes et des autres prélèvements levés à Madagascar. Un accord est intervenu selon lequel les procédures de dédouanement les concernant seront effectuées par le Ministère de l'Agriculture, l'agence de tutelle.

### **3-2 Intrants nécessaires (prise en charge) de la partie malgache pour l'achèvement de l'ensemble du Projet**

#### **(1) Aménagement des canaux tertiaires et des canaux d'irrigation des champs, et exécution du nivellement des champs mal irrigués**

En vue de la réalisation de l'objectif du Projet, l'eau d'irrigation doit être distribuée adéquatement aux

champs via les canaux tertiaires et les canaux d'irrigation des champs ramifiés à partir des canaux primaires et secondaires. Néanmoins l'étude sur les conditions de distribution de l'eau actuelles a montré l'existence des endroits où les digues sur les canaux sont rompues surtout après les canaux secondaires ou de la terre y est accumulée empêchant la distribution d'eau, des endroits mal irrigués à cause des inégalités des champs, des endroits inondés. Ces obstacles à la distribution d'eau doivent être éliminés pour atteindre l'objectif du Projet. La série des discussions tenues avec la partie malgache a abouti à un accord selon lequel la partie malgache prendra en charge de l'aménagement de ces canaux mal fonctionnant et du nivellement des parties inégales des champs.

### **(2) Soutien continu aux activités de gestion et maintenance des Fédérations des Usagers de l'Eau après la fin du Projet**

Les installations d'irrigation réhabilitées seront gérées et entretenues par les Fédérations des Usagers de l'Eau, et les Associations des Usagers de l'Eau sous leur tutelle, avec le soutien de la Direction Régionale du Développement de l'Agriculture (DRDA) d'Alaoatra Mangoro et sous sa supervision. Dans ce Projet, on envisage par la Composante soft, des activités en vue du développement des capacités des agents de la DRDA et des membres des fédérations des usagers de l'eau pour une bonne gestion et maintenance des installations d'irrigation réhabilitées servant de la prise et de la distribution d'eau. Par le biais de la gestion et maintenance correcte des installations, les fédérations d'utilisateurs d'eau assureront l'approvisionnement en eau d'irrigation stable des vastes terres bénéficiaires de l'irrigation, ce qui leur permettra d'élever le taux de collecte de la redevance d'eau et de poursuivre en continu les activités de maintenance des installations avec le fond ainsi augmenté. Toutefois, à l'étape immédiatement après la réhabilitation des installations, la collecte de la redevance d'eau ne s'enracinera pas systématiquement, et l'on peut supposer que la gestion et maintenance adéquate conformément au plan restera longtemps difficile.

La gestion et maintenance en continu des installations est une activité de base liée à l'augmentation de la production de riz qui est un objectif majeur. Un soutien devra être apporté en continu aux fédérations des usagers de l'eau, même après l'achèvement de la composante soft, jusqu'à ce que leurs membres comprennent bien l'importance de la gestion et maintenance et le système de collecte de la redevance d'eau. Le soutien de la DRDA aux activités et l'assurance du budget y afférent seront indispensables pour la réalisation et la durabilité des effets du Projet.

### **(3) Réalisation en continu des traitements de lavaka et dragage périodique des rivières**

Pour la gestion et maintenance durable des installations d'irrigation réhabilitées dans ce Projet, il sera essentiel de réduire les sédiments en provenance de la zone en amont des rivières utilisées en tant que sources d'eau, et le Gouvernement de Madagascar est conscient de la nécessité des traitements de lavaka en amont, en tant que contre-mesure. Par rapport à cela, le Ministère de l'Agriculture malgache a l'intention d'entreprendre une action immédiate en sollicitant à la Banque Mondiale d'intégrer dans son Programme d'agriculture durable avec une approche paysage (PADAP) les traitements de lavaka, parce que le bassin versant dans le sud-ouest du Lac Alaotra a été retenu comme zone objet de l'étude de ce

programme.

Le « dragage des rivières » a été demandé dans la requête pour les affluents s'écoulant dans la zone en amont des périmètres irrigués P1 et P5, mais il a été exclu des composants de ce projet de coopération. Cependant, ces affluents sont reliés aux rivières de source du périmètre PC23. Aussi, comme jusqu'ici, la DRDA devra-t-elle poursuivre ses activités de dragage avec la collaboration des associations des usagers de l'eau, en fonction de l'état d'ensablement dans les rivières.

### **3-3 Conditions extérieures**

Les conditions extérieures à la réalisation et la durabilité des effets du Projet sont les suivantes.

- Pas de changement important ou de tournant dans la politique agricole et la politique de l'irrigation de Madagascar.
- Continuation de la supervision et du soutien de la part du Ministère de l'Agriculture et de la DRDA d'Alaotra Mangoro aux activités de gestion et maintenance des installations assumées par les fédérations d'usagers de l'eau
- Exécution adéquate et continue des activités de gestion et maintenance des installations par les fédérations d'usagers de l'eau
- Continuation du versement de la redevance d'eau fixée aux fédérations d'usagers de l'eau par les paysans bénéficiaires
- Non-occurrence de phénomènes climatiques anormaux tels que sécheresses ou crues
- Exécution en continu des traitements de lavaka en amont
- Supervision de l'état de dépôt des sédiments dans les rivières utilisées en tant que sources d'eau du périmètre PC23 et réalisation du « dragage des rivières » adapté

### **3-4 Evaluation du Projet**

#### **3-4-1 Pertinence**

##### **(1) Bénéficiaires**

Le RNB (revenu national brut) par habitant de Madagascar est de 440 \$ US (en 2013, Banque mondiale), ce qui classe le pays parmi les plus pauvres du monde, et le taux de pauvreté est maintenu aux environs de 70%. Les bénéficiaires du périmètre irrigué PC23 aménagé par le présent projet sont environ 4.300 familles de la zone rurale, zone la plus pauvre de Madagascar, et on peut dire que le Projet contribuera à la réduction de la pauvreté du pays.

##### **(2) Urgence de l'exécution du Projet**

Le présent projet contribuera à l'augmentation de la production de riz dans la zone des environs du Lac Alaotra, qui est le «grenier à riz» de Madagascar, ce qui coïncide avec l'objectif national « d'assurance de la sécurité alimentaire » par l'autosuffisance en riz. D'autre part, l'augmentation de la production de riz conduisant également à l'augmentation du revenu des paysans locaux, et contribuant à la stabilité des moyens de subsistance et à l'amélioration des conditions de vie des habitants dans la zone cible, cela rend l'exécution du Projet très urgente.



### **(3) Relation avec le plan de développement à moyen et long terme de Madagascar**

Le Projet est conforme au Programme National de Gestion des Bassins Versants et des Périmètres Irrigués (PN-BVPI) visant à la consolidation des bases de la production rizicole. De plus, il s'inscrit aussi dans la Stratégie Nationale de Développement Rizicole (SNDR) de Madagascar, qui fait partie intégrante d'une initiative connue sous le nom de «Coalition pour le développement de la riziculture en Afrique, CARD (2008-2018)», visant à tripler jusqu'en 2018 la production de riz, et contribuera aussi au Programme Sectoriel Agriculture Elevage Pêche (PSAEP) (2013-2025), qui est un plan de développement à long terme ayant pour objectif la reconstruction de l'agriculture et la remise en état des installations de base.

### **(4) Relation avec la politique et l'orientation de l'aide du Japon**

Le Japon réalisant principalement à l'égard de Madagascar une coopération économique s'appuyant sur l'orientation de développement de Madagascar, apportera en principe une aide en profitant de ses avantages dans les domaines de l'agriculture et de l'aménagement de l'infrastructure. Ce Projet entrant dans le cadre du développement de la riziculture correspond à son orientation de l'aide.

Au vu de ce qui précède, on peut conclure que l'exécution du Projet est hautement pertinente.

### **3-4-2 Efficience**

Les effets à escompter de l'exécution du Projet sont les suivants.

#### **(1) Effets quantitatifs**

L'exécution du Projet laisse espérer les effets quantitatifs suivants.

① Elargissement de la surface irriguée

Le rétablissement de la quantité de la prise d'eau rendra possible l'approvisionnement stable en eau. De ce fait, les champs qui jusqu'ici n'étaient pas alimentés en eau d'irrigation pourront l'être, ce qui agrandira la surface irriguée.

② Réduction de l'afflux de sédiments

L'opération d'ouverture/fermeture des vannes de contrôle placées aux orifices de prise permettra de contrôler l'afflux de sédiments en provenance des rivières, et ainsi de réduire la quantité des sédiments s'écoulant librement jusqu'ici dans les canaux principaux.

**Tableau 3-4-1 Valeur standard pour les indicateurs quantitatifs et valeur cible**

| Nom de l'indicateur                      |                                   | Valeur standard (2015)<br>(estimation) | Valeur cible (2024)<br>(3 ans après l'achèvement du<br>Projet) |
|--|-----------------------------------|--|--|
| Surface irriguée (ha)                    | Périmètre irrigué P5              | 3.036                                  | 4.068  |
|  | Périmètre irrigué P1              | 3.360                                  | 4.815  |
| Afflux de sédiments (m <sup>3</sup> /an) | Tête de prise P5                  | 2.070                                  | 777  |
|  | Tête de prise P1                  | 1.270                                  | 477  |
|  | Tête de prise d'Andranotsimihotra | 630                                    | 237  |

#### **(2) Effets qualitatifs**

Les effets suivants sont attendus en tant qu'effets qualitatifs difficiles à mesurer quantitativement.

- ① Augmentation de la production de riz des zones bénéficiaires par la collaboration avec le projet de coopération technique

Après la réalisation du Projet, la collaboration avec un projet de coopération technique ciblant la diffusion des techniques de riziculture dans la zone concernée sera possible, ce qui permettra d'augmenter la production de riz.

- ② Facilitation du dragage des sédiments grâce à la mise en place de dessableurs

Le dépôt à un emplacement dans le dessableur des sédiments en provenance des rivières affluant, se divisant et se déposant dans les canaux facilitera les travaux de dragage mécanique.

- ③ Réduction de la perte d'eau s'écoulant et renforcement de l'efficacité d'utilisation de l'eau

La réhabilitation des canaux principaux et secondaires permet de réduire les pertes d'eau par infiltration et la perte par débordement au moment de la fourniture de l'eau d'irrigation. De plus, le renouvellement des vannes de contrôle de niveau d'eau et de débit réduira la perte de distribution et améliorera l'efficacité d'utilisation de l'eau globale de toutes les zones bénéficiaires de l'irrigation.

- ④ Gestion de l'eau et maintenance des installations adéquates

L'exécution de la composante soft renforcera les capacités des fédérations d'usagers de l'eau en matière de gestion et maintenance des installations, et ainsi la gestion de l'eau et la maintenance des installations liées à la fourniture d'eau d'irrigation adaptées seront assurées en continu.

- ⑤ Réduction des dégâts dus à l'inondation grâce à la réhabilitation des déversoirs de sécurité

La réhabilitation des déversoirs de sécurité qui renforcera les capacités de décharge, ainsi que le contrôle des quantités déchargées, permettront de réduire les dégâts dus à l'inondation au moment de crues du bassin en amont de la rivière Sahabe.

