



Julie Erismann

Développement hydro-agricole au sud-est du lac Alaotra (Madagascar). Histoire, limites et perspectives de la maîtrise de l'eau

ERISMANN Julie. *Développement hydro-agricole au sud-est du lac Alaotra (Madagascar). Histoire, limites et perspectives de la maîtrise de l'eau*, sous la direction de Michel Mietton. - Lyon : Université Jean Moulin (Lyon 3), 2014.

Disponible sur : www.theses.fr/2014LYO30014



Document diffusé sous le contrat Creative Commons « Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.



DOCTORAT DE GEOGRAPHIE

JULIE ERISMANN

**Développement hydro-agricole au sud-est du lac Alaotra (Madagascar)
Histoire, limites et perspectives de la maîtrise de l'eau**

28 FEVRIER 2014, SALLE CAILLEMER, 14 h

MICHEL MIETTON, Professeur de Géographie à l'Université Jean Moulin Lyon III

MEMBRES DU JURY

Sylvain BIGOT Professeur Université de Grenoble 1 Joseph Fourier Rapporteur

Jean Louis COUTURE Consultant International Examineur

Dominique DUMAS Professeur Université de Lyon III Jean Moulin Examineur

Luc FERRY Directeur de Recherches IRD Rapporteur

Michel MIETTON Professeur Université Lyon III Jean Moulin Directeur de Thèse

AVANT-PROPOS

« Le géographe est toujours l'homme d'un lieu ; celui qu'il habite, celui de son enfance (où s'est forgée son expérience propre de l'espace), celui où il se trouve, où le mène sa recherche. Sans doute pourrait-on en dire autant de n'importe qui. Mais tout le monde ne devient pas géographe. Je fais l'hypothèse que cette vocation particulière dérive, au moins pour une part, d'une expérience des lieux plus forte, ou plus précoce, à vigoureuse coloration affective, génératrice de plaisir. »

Gilles Sautter (1985)

Bercée dès mon enfance d'histoires d'Afrique par mes parents, par mon grand-père hydrologue orstomien, qui nous a emmenés sur son terrain d'étude au Togo, par mon parrain, hydrologue lui aussi, et par des voyages, le cours de Géographie tropicale de M. Mietton, lors de ma licence, a tout de suite résonné en moi de manière sensible. C'était le début d'un apprentissage et d'un cheminement qui m'a amené à poursuivre mon cursus et mes recherches dans la lignée de mon Professeur au sein d'une Géographie pleine et entière qui s'intéresse aux liens complexes qui unissent l'Homme et la Nature. Le parcours de thèse est jalonné de moments de doute, de profonde solitude face à la page blanche, de joies partagées aussi, sur le terrain, ou lorsqu'une lecture permet d'aiguiser notre curiosité et notre analyse. C'est pourquoi je tiens à remercier sincèrement Michel Mietton pour son soutien et ses (nombreuses) relectures durant toutes ces années où il m'a poussé à donner le meilleur de moi-même, grâce à sa rigueur scientifique et à son expérience, tant dans l'enseignement que sur ce terrain qu'il connaît bien et où sa lecture du paysage et de ses dynamiques (sociale et naturelle) a été source d'inspiration.

Je tiens à remercier également l'ensemble des acteurs du projet BVLac à Ambatondrazaka qui m'ont apporté un soutien technique et logistique qui a facilité mes séjours au lac Alaotra. Ils m'ont permis également de rencontrer Anja Razanakoto, qui m'a accompagné sur le terrain et qui s'est chargée de la difficile tâche d'interprète durant tous mes séjours. Nous avons formé un binôme et partagé des moments forts avec les familles, qui nous ont accueillis dans leur foyer, auxquelles je repense souvent et que j'espère revoir.

A ma famille, à mes amis, je souhaite également adresser mes remerciements, car ils ont été là, tout simplement, à mes côtés et, car chacun à leur manière, ils m'ont apporté le soutien nécessaire dans ce long parcours qu'est une thèse.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	7
PREMIERE PARTIE : LE TEMPS PASSE DE L'AMENAGEMENT	11
HISTOIRE DE LA CONSTRUCTION D'UN TERRITOIRE AUTOUR DE L'EAU	11
1. LA CONQUETE DU BASSIN DU LAC ALAOTRA	14
1.1 LES PREMIERS HABITANTS ET LE FOND DE PEUPLEMENT SIHANAKA	16
1.2 LA CONQUETE MERINA	25
2. LA CONQUETE COLONIALE	29
2.1 LES ASPECTS FONCIERS	30
2.2 LES ASPECTS HYDRAULIQUES	39
3. LES PROJETS SUCCESSIFS DE L'ETAT MALGACHE	51
3.1 LES SOCIETES D'AMENAGEMENT ET LE NECESSAIRE REMEMBREMENT DES TERRES	51
3.2 LE TRANSFERT DE GESTION AUX PAYSANS ET LA POURSUITE DES AMENAGEMENTS	62
CONCLUSION PARTIE I	72
DEUXIEME PARTIE : LE TEMPS PRESENT DE L'AMENAGEMENT	74
LA GESTION DE L'EAU, DU BASSIN VERSANT A LA PARCELLE	74
1. DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN VERSANT ALIMENTANT LE BARRAGE DE BEVAVA	75
1.1 OCCUPATION DU SOL DU BASSIN VERSANT DE BEVAVA	77
1.2 POPULATION DU BASSIN VERSANT DE BEVAVA	85
2. LES APPORTS EN EAU ET EN SEDIMENTS AU RESERVOIR	88
2.1 LES APPORTS D'EAU EN SAISON DES PLUIES	90
2.2 LES APPORTS D'EAU EN SAISON DITE SECHE	100
2.3 LES APPORTS EN TERRE	107

<u>3. L'EVOLUTION DU PLAN D'EAU AU FIL DU TEMPS ET TYPOLOGIE ASSOCIEE</u>	<u>111</u>
3.1 L'EVOLUTION DU PLAN D'EAU EN SAISON SECHE	111
3.2 L'EVOLUTION DU PLAN D'EAU EN SAISON CULTURALE	114
3.3 LES RELATIONS ENTRE L'EVOLUTION DE LA COTE DU LAC ET LES BESOINS	121
<u>4. CONSOMMATION D'EAU DANS LES PERIMETRES IRRIGUES</u>	<u>123</u>
4.1 FONCTIONNEMENT DU RESEAU ET CONSOMMATION GLOBALE DE L'EAU PAR CAMPAGNE	123
4.2 LA CONSOMMATION A L'ECHELLE DES ASSOCIATIONS D'USAGERS DU RESEAU (AUR)	126
<u>CONCLUSION PARTIE II</u>	<u>139</u>
<u>TROISIEME PARTIE : D'EVENUELLES SOLUTIONS POUR DEMAIN</u>	<u>140</u>
<u>PRODUIRE AILLEURS, MIEUX, AUTREMENT ?</u>	<u>140</u>
<u>1. UNE EXTENSION DES SURFACES DE PRODUCTION ?</u>	<u>145</u>
1.1 EN AMONT DES PERIMETRES IRRIGUES ?	146
1.2 EN RIVE DROITE DE LA VALLEE MARIANINA ?	154
1.3 EN AVAL DES PERIMETRES IRRIGUES ?	158
<u>2. PRODUIRE MIEUX SUR UNE MEME SURFACE, DES SOLUTIONS TECHNICIENNES IMPORTEES</u>	<u>162</u>
2.1 LE SYSTEME DE RIZICULTURE AMELIOREE (SRA) ET LE SYSTEME DE RIZICULTURE INTENSIVE (SRI) : CHANGER LES FAÇONS CULTURALES	162
2.2 LE SEMIS SOUS COUVERTURE VEGETALE (SCV) : UN PACKAGE TECHNIQUE	170
2.3 COMPARAISON DES MODELES	175
<u>3. PRODUIRE AUTREMENT : CHANGER LES PRIORITES</u>	<u>177</u>
3.1 LES RIZIERES A IRRIGATION ALEATOIRE	178
3.2 PROMOUVOIR L'AGRICULTURE PLUVIALE, FAMILIALE ET LA GESTION INTEGREE DES RESSOURCES	184
3.3 DIVERSIFICATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE	193
<u>CONCLUSION PARTIE III</u>	<u>198</u>
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	<u>202</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>207</u>
<u>LISTE DES ANNEXES</u>	<u>223</u>

<u>ANNEXE 1 : CARTE PHYSIQUE DU BASSIN DE L'ALAOTRA AU 1/500 000°</u>	<u>224</u>
<u>ANNEXE 2 : EXTRAIT DU MANUSCRIT DE FLACOURT (DE), 1661</u>	<u>225</u>
<u>ANNEXE 3 : LISTE DES PERIMETRES DE COLONISATION DANS LE BASSIN VERSANT DU LAC ALAOTRA</u>	<u>226</u>
<u>ANNEXE 4 : PLAN DE BORNAGE DU PERIMETRE DE COLONISATION N°15, 1919, SERVICE TOPOGRAPHIQUE DES DOMAINES, AMBATONDRAZAKA</u>	<u>227</u>
<u>ANNEXE 5 : LIMITE DU PERIMETRE DE COLONISATION N°15 EN 1965, D'APRES SCET COOPERATION, 1965</u>	<u>228</u>
<u>ANNEXE 6 : LES RESERVES INDIGENES DANS LE BASSIN DU LAC ALAOTRA</u>	<u>229</u>
<u>ANNEXE 7 : PLAN DE BORNAGE DE LA RESERVE INDIGENE N°11, SITUEE DANS LA VALLEE MARIANINA, 1958, SERVICE TOPOGRAPHIQUE DES DOMAINES, AMBATONDRAZAKA</u>	<u>231</u>
<u>ANNEXE 8 : DETAIL DU RESEAU D'IRRIGATION / DRAINAGE EN 1965 (SCET COOPERATION, 1965)</u>	<u>232</u>
<u>ANNEXE 9 : LES GRANDS PERIMETRES IRRIGUES A MADAGASCAR, D'APRES DROY, 1998</u>	<u>233</u>
<u>ANNEXE 10 : RAPPORTS CIREF</u>	<u>234</u>
<u>ANNEXE 11 : PLUVIOMETRIE ANNUELLE PAR CAMPAGNE (GRAPHIQUES) ET PLUVIOMETRIE MENSUELLE, NOMBRE DE JOURS DE PLUIE, ET CUMUL PLUVIOMETRIQUE (TABLEAU) DES CINQ POSTES DE MESURE DU BASSIN VERSANT ETUDIE, D'AMONT EN AVAL, PROJET BVLAC, J. ERISMANN, 2000-2011</u>	<u>235</u>
<u>ANNEXE 12 : MESURES DE PROFONDEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE, MAI 2009</u>	<u>242</u>
<u>ANNEXE 13 : DONNEES AYANT SERVI A L'ANALYSE A L'ECHELLE NATIONALE (MAEP, FAO, CALCULS PERSONNELS) - N.B. LES CHIFFRES EN GRIS SONT DES ESTIMATIONS (EXTRAPOLATIONS).</u>	<u>243</u>
<u>ANNEXE 14 : RENDEMENT DE LA PRODUCTION RIZICOLE DANS LES PERIMETRES IRRIGUES VALLEE MARIANINA ET PC 15, D'APRES ANDRI-KO, 2009</u>	<u>244</u>
<u>ANNEXE 15 : LOCALISATION DES PERIMETRES IRRIGUES LORS DE L'AVANT PROJET D'AMENAGEMENT EN 1990 (SOURCE : PROJET BVLAC)</u>	<u>245</u>
<u>ANNEXE 16 : INFORMATIONS RELATIVES A LA FORET CLASSEE D'AMBOHILERO (CIREEF, 1962, AMBATONDRAZAKA)</u>	<u>246</u>

<u>ANNEXE 17 : ORIENTATIONS ET AXES STRATEGIQUES DU PNDR EN 2008</u>	<u>247</u>
<u>ANNEXE 18 : CRITERES POUR LA CLASSIFICATION EN ZONE RAMSAR DU BASSIN VERSANT DE L'ALAOTRA</u>	<u>248</u>
<u>ANNEXE 19 : SUPERFICIE DES SITES DE LA CONVENTION RAMSAR SUR LES ZONES HUMIDES DANS LE MONDE (SOURCE : HTTP://SITES.WETLANDS.ORG/STATPLANET/MAPS/STATPLANET.SWF)</u>	<u>249</u>
<u>ANNEXE 20 : RECAPITULATIF DES GRANDES ETAPES DU DISPOSITIF DE FAR A MADAGASCAR (BENE, 2012)</u>	<u>250</u>
<u>LISTE DES FIGURES</u>	<u>251</u>
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	<u>257</u>
<u>ACRONYMES ET ABREVIATIONS</u>	<u>259</u>

Introduction générale

C'est dans une Géographie, sinon globale du moins globalisante, tout à la fois physique et humaine, à *l'interface nature-société*, que nous avons souhaité inscrire notre thèse. Ce positionnement d'interface est aussi *transdisciplinaire* puisque notre insertion dans un projet de développement nous a conduit à travailler aux côtés de sociologues, économistes et agronomes entre autres. Cette approche transversale, ambitieuse, fait suite à un apprentissage de la recherche, réalisé à Madagascar depuis 2005, qui m'a permis d'appréhender les problématiques liées à l'environnement, à la gestion intégrée de l'eau et des sols, aux relations qu'entretiennent les acteurs locaux avec leur territoire. Les deux mémoires de master 1 et master 2¹ ainsi que cette thèse présentent ainsi une unité de lieu (la région du lac Alaotra, premier « grenier à riz » de Madagascar) et une unité thématique (la relation des Hommes à leur environnement).

Ces relations de l'homme à cet environnement tropical sont abordées dans cette thèse sous l'angle des bénéfices et des contraintes liés à l'eau, ressource essentielle et principale pour une économie fondée en grande partie sur une production rizicole dans des périmètres irrigués de grande taille (4000 ha dans les périmètres Marianina- PC 15). D'économie, toutefois, il ne sera pas question ici. Cette appréciation quantitative de la rentabilité d'un système productif s'éloigne trop de nos préoccupations ainsi que de nos compétences et représente plus une résultante qu'un facteur explicatif. Une autre limite de cette recherche est la question de l'élevage et de son intégration à l'agriculture. Enfin, la question de l'érosion, largement étudiée lors de mon master 2, ne sera envisagée que sous l'angle de son impact sur les aménagements hydro-agricoles, dont le barrage de Bevava en est la pièce maîtresse. Bien que ces trois thématiques soient des notions essentielles dans la perspective d'un développement rural, cela semblait sortir du triptyque Homme – Eau – Plante.

La thèse est construite à l'interface entre la Nature et les Sociétés qui occupent l'espace étudié : ces relations seront analysées dans une optique chronologique. Quelles ont été les actions d'aménagement ? Avec quels objectifs et pour quels résultats ? En quoi peuvent-elles ou non apporter maîtrise de l'eau et progrès agricole ? Quelles possibilités existent pour l'avenir de ces territoires aménagés ? L'eau est donc envisagée à la fois comme ressource mais aussi comme contrainte, par l'incertitude et la variabilité climatique, par son coût au sein des périmètres irrigués, par la gestion de la demande en eau et du stock disponible en situation de crise. *In fine*, c'est au couple environnement-développement et à la relation qu'entretiennent chercheurs, ingénieurs, techniciens et paysans, que s'intéresse cette recherche. Les projets dits de développement ne sont-ils pas là finalement pour subventionner

¹ Master 1 : 'Structure et fonctionnement hydrologique du bassin versant de Bevava'. Cette première étude est complémentaire avec l'étude de Fanny Bonnier 'Le bassin versant de Bevava – Evolution du paysage, modalités de gestion passée et future de la réserve forestière'. Master 2 : 'Les lavaka de Madagascar – synthèse bibliographique et étude de cas – Le bassin versant de la Sasomangana'.

une agriculture non rentable économiquement mais permettant de fixer régionalement une population toujours plus nombreuse, sinon soumise à l'exode rural ?

Le bassin du lac Alaotra se situe à 150 km à vol d'oiseau au nord-est de la capitale entre 17° et 18° de latitude sud et 48° de longitude est (Figure 1). Cette région, essentiellement tournée vers la riziculture, est une des seules de la grande île dont la production est excédentaire. Ce potentiel agricole a cristallisé un grand nombre de projets et représente un atout majeur en termes de développement territorial pour le pays. Tout à la fois « grenier à riz » et laboratoire d'expérimentation social et agricole, il nous a semblé intéressant d'entreprendre une synthèse des actions de développement autour de la maîtrise de l'eau, afin d'en dégager les limites et de mettre en avant les perspectives de gestion de cette ressource et des productions associées.

Le choix d'étudier en particulier les vallées du sud-est s'inscrit dans la suite du travail déjà effectué lors de mes deux années de Master. C'est aussi une zone qui a bénéficié d'une certaine continuité temporelle dans les actions de développement, avec une volonté d'unification des aménagements de cet « espace vallées du sud – est ». Si cela peut sembler être une échelle de travail restrictive, on sera cependant plus à même de comprendre les singularités et les relations entre les hommes et leur environnement sur ce territoire homogène de près de 300 km². A l'échelle du lac, les réalités sont plurielles, les ethnies, les pratiques, les aménagements se différencient en fonction de l'histoire de l'installation des différentes vagues de migrants et de la situation géographique au sein de la cuvette : à l'ouest, les activités sont plus tournées vers les tanety et l'élevage, à l'est plus proches du lac et donc des activités de pêche, au sud-ouest et nord-ouest tournées vers la riziculture irriguée mais les aménagements hydro-agricoles y sont plus ou moins à l'abandon ; les vallées du sud-est semblent offrir une dynamique particulière, peut-être également en lien avec la proximité de la capitale régionale Ambatondrazaka.

Pendant ce temps passé sur le terrain (un peu moins de deux ans), nous avons effectué des mesures, conduit des enquêtes pour mieux appréhender les liens et les problématiques des agriculteurs avec leur environnement, mais c'est finalement sur le temps long et les nombreux entretiens informels que l'apprentissage aura été des plus enrichissants, à la fois sur le plan personnel et scientifique. La confiance est difficile à gagner, en particulier à Madagascar, dans une société complexe, de castes, et globalement pauvre ; ce temps a donc été nécessaire pour essayer de dépasser les discours préconstruits à l'attention d'une énième personne venue sonder le fonctionnement des Hommes et de leur milieu et tenter ainsi d'aller au-delà des réponses toutes faites. Avoir multiplié les séjours sur le même site et être connue dans les villages a été un atout pour nos enquêtes, de même que la connaissance (encore partielle) de la langue malgache. Guidée par une démarche hypothético-déductive, ces périodes de terrain et l'apprentissage du malgache ont été entrecoupés de temps de recherches documentaires et archivistiques poussées, en France et à Madagascar, sur la littérature abondante qui s'intéresse au lac Alaotra. La dimension cartographique a également été envisagée dans le temps avec l'étude de cartes anciennes, de plusieurs séries de photographies aériennes (la plus ancienne datant de 1949) et des images satellites de très haute résolution (Quickbird).

Cette dimension temporelle a également guidé la rédaction de cette thèse qui s'organise autour de trois parties. L'histoire du peuplement du bassin de l'Alaotra ainsi que les politiques successives ont fait de cette région ce qu'elle est aujourd'hui.

Ce temps passé des aménagements est nécessaire à la compréhension du fonctionnement actuel de ce territoire et permet de mettre en évidence des facteurs explicatifs de l'évolution des mentalités, des savoir-faire et des manières de concevoir des projets de développement.

La seconde partie s'intéresse plus particulièrement à la maîtrise de l'eau à travers ces aménagements qui ont profondément modifié le paysage et les relations des hommes à leur milieu dans ces périmètres irrigués de la vallée Marianina et PC 15. De la production de la ressource à son utilisation, les consommations d'eau mettent en lumière les difficultés auxquelles sont confrontés les gestionnaires actuels depuis le désengagement de l'Etat.

Enfin, il est apparu nécessaire dans une troisième partie de dégager les perspectives de développement agricole et les moyens à mettre en œuvre pour prendre en compte l'ensemble des acteurs et du territoire, au-delà des seuls périmètres irrigués, pour répondre aux besoins d'autosubsistance et de sécurité alimentaire de Madagascar.

« Toy ny vary sy ny rano : ka an-tsaha tsy mifanary, an-tanana tsy mifandao ² »

² « De même que le riz et l'eau sont unis dans la maison, de même ils sont inséparables dans les champs »
(Le Bourdieu, 1978)

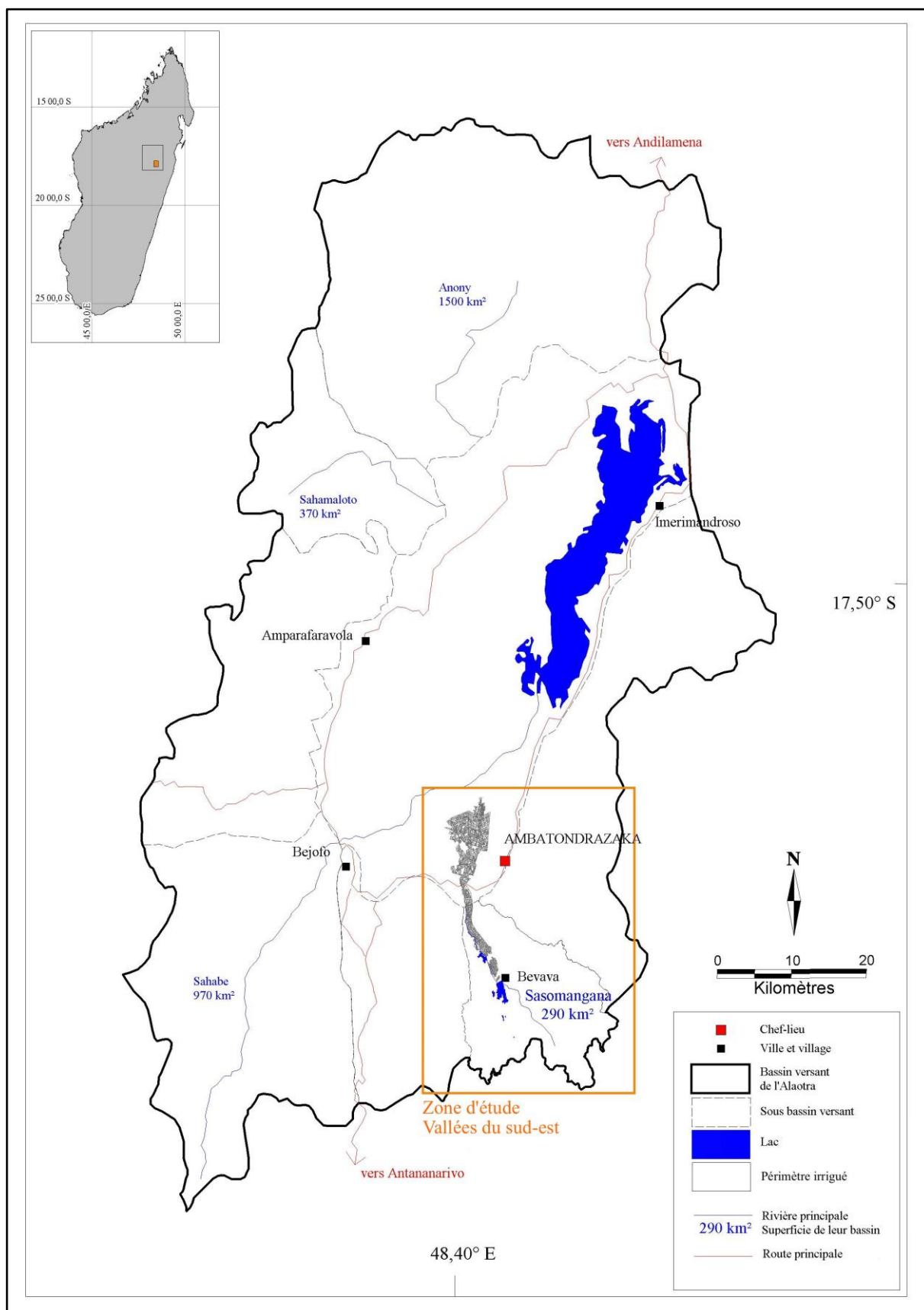


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude, le bassin du lac Alaotra et les vallées du sud-est

PREMIERE PARTIE

LE TEMPS PASSE DE L'AMENAGEMENT

HISTOIRE DE LA CONSTRUCTION D'UN TERRITOIRE AUTOUR DE L'EAU

Le bassin du lac Alaotra a depuis toujours attiré l'attention et la convoitise de ceux qui l'ont parcouru, traversé, entre les vastes plaines et les montagnes couvertes de forêt, entre les marais et le lac. De très nombreux textes ont été écrits à son sujet : résultats de recherches ciblées sur les potentialités agricoles ou sur la société sihanaka, son histoire, ses traditions ou sur le milieu naturel et ses contraintes, ou bien encore de recherches plus transversales, pluridisciplinaires. J. Charmes écrivait d'ailleurs en 1975 à propos de cette région que « *tout en étant le grenier à riz de Madagascar, elle est aussi en fin de compte son laboratoire d'expérimentation sociale* ».

Cette indispensable analyse et synthèse des acquis scientifiques antérieurs s'est accompagnée de façon concomitante de séjours sur le terrain. Le recueil d'informations lors des nombreux entretiens, souvent informels, a été facilité par ce temps passé au sein même des communautés villageoises. Comme l'écrivait P. Péliissier en 1966 : « *Rendre compte de l'aménagement de l'espace, c'est-à-dire faire la physiologie des paysages transformés ou construits par l'homme, est une tâche accessible dans la mesure où le géographe se soumet aux rudes exigences de la recherche sur le terrain.* » (Blanc-Pamard et Lericollais, 1990)

Dès le début de nos recherches au lac Alaotra, il est apparu indispensable d'effectuer une recherche bibliographique aussi exhaustive que possible, remontant au plus loin le cours de l'histoire. Les documents étudiés dans cette première partie sont de différentes natures, et d'origines diverses (techniques, scientifiques, narratives). L'objectif était double :

- d'une part, prendre évidemment connaissance de ce qui a été fait ou écrit à propos de cette région, mettre en lumière les grandes idées, porter à leur égard et avec le recul du temps un regard critique permettant éventuellement de comprendre les limites ou blocages ultérieurs en terme de développement ;
- d'autre part, remonter autant que possible à la source de l'information et rassembler ces documents initiaux, dans une base de données consultable sur demande, et pas seulement des références bibliographiques que les successeurs devront à nouveau chercher. Ces textes pourront, je l'espère, permettre à d'autres, de les utiliser avec différentes clés de lecture au gré de l'avancée et des besoins de la recherche.

Cette étude fine de ce que nos prédécesseurs nous ont léguée, cette pratique répétée du terrain, ainsi que les nombreuses actions mises en œuvre pour le développement agricole à Madagascar et au lac Alaotra en particulier, ont permis de dégager un fil conducteur : à travers les aménagements effectués, il est indispensable d'avoir une vision globale de la gestion de l'espace et des hommes qui l'occupent. Ainsi la perception des différents acteurs, techniciens, paysans, chercheurs, peut être mise à profit afin de dégager les facteurs qui permettent ou non le développement.

« La géographie étant le présent et l'avenir, appuyée sur le passé, a l'habitude des permanences et des ruptures. Elle peut aider à scruter en temps utile les nécessités du changement et à déceler, dans une approche transdisciplinaire, les moyens nécessaires aux indispensables rectifications. » (Wackermann, 2005).

Il faut donc remonter le temps des pratiques traditionnelles, des aménagements, des projets, de ce que l'homme a construit comme paysage afin de dégager les contraintes, les blocages anciens ou récents et leur permanence au fil du XX^{ème} siècle.

L'objet de cette première partie est de retracer l'histoire des aménagements effectués au lac Alaotra depuis les pratiques traditionnelles jusqu'aux grands projets hydro-agricoles qui structurent le paysage d'aujourd'hui. Cette perspective historique nous permettra, dans la seconde partie, de mieux comprendre le fonctionnement actuel de ces aménagements et dans quelle mesure ils sont porteurs ou non de développement. Avant la prise en compte de l'aménagement global du territoire, les acteurs se sont concentrés sur des aménagements régionaux basés sur la gestion de l'eau et l'irrigation dans un pays profondément rural où la riziculture est l'activité principale. Le FIDES (Fonds d'Investissement et de Développement Economique et Social) a été créé en 1946 pour intervenir sur ces questions. Le premier schéma d'aménagement du territoire date de 1952, avec le « Plan Rotival » qui fut un échec car il prônait un développement industriel global de la grande île (Rotival, 1952) ; l'orientation étant vite rectifiée avec les travaux de R. Dumont en 1959 qui souhaitait concentrer les actions vers le développement et la modernisation de l'agriculture. Cela donnera naissance à des sociétés d'aménagement sur l'ensemble de l'île. Ces aménagements se font sur un territoire qui possède sa propre histoire et pour lequel il faut prendre en compte à la fois les caractéristiques du milieu naturel et de la culture des populations. Ils s'inscrivent également dans la durée car ce sont les interactions entre les facteurs naturels et les systèmes sociaux qui produisent la structure du territoire tel qu'il est aujourd'hui. Nous sommes ici au cœur de la Géographie de l'interface, celle de la complexité dans sa globalité.

« La...transformation qui devrait faire évoluer la notion même d'aménagement est celle des relations avec la nature. Le XX^{ème} siècle se contentait de l'exploiter, le XXI^{ème} devra aussi la préserver...Les perspectives de l'aménagement du territoire engagent l'avenir social. » (Gaudin, 1994).

Ces problématiques seront abordées sous différents points de vue : celui des pratiques et savoir-faire sihanaka à travers l'histoire du peuplement ainsi que des influences extérieures, puis celui de la colonisation avec les premières études et aménagements des vastes plaines de l'Alaotra, ainsi que des changements induits du rapport à la terre et de la perception des paysans et techniciens face à ces politiques imposées. Enfin, nous verrons les politiques, depuis l'indépendance jusqu'aux années 1990, qui ont permis de continuer ces aménagements dans la perspective d'une autonomisation de la gestion de l'espace et du développement rural dans un contexte de décentralisation.

1. La conquête du bassin du lac Alaotra

Ce bassin lacustre est, depuis l'origine de son peuplement, un territoire qui offre à ses occupants des possibilités multiples d'exploitation des terres. La première ethnie bien connue présente dans la région est l'ethnie des Sihanaka. Mais d'autres groupes y ont trouvé refuge ou ont voulu s'approprier ces terres fertiles. Chacun a apporté des pratiques culturelles en relation avec ses traditions d'origine, tout en s'adaptant aux pratiques sihanaka dans un double objectif : d'une part, d'intégration et d'autre part, afin de tirer parti de leur connaissance du milieu. Toutefois, l'ethnie qui a laissé la plus grande empreinte au lac Alaotra est probablement l'ethnie des Merina partis à la conquête de l'île.

Les pratiques traditionnelles sont fortement liées au milieu naturel et enrichies par les échanges entre les ethnies. Ces savoir-faire vont nous permettre de poser les bases du développement et des logiques futures d'aménagement de la région. Le bassin du lac Alaotra, entendu au sens de bassin versant, peut être arbitrairement découpé en quatre unités paysagères pour lesquelles les habitants ont développé des pratiques adaptées (Figure 2, Tableau 1, et Annexe 1) :

- les forêts naturelles du grand escarpement à l'est du bassin, qui, hormis leur intérêt écologique, sont à la fois une terre de passage vers la côte est de l'île (par exemple pour les transhumances), et une terre de refuge, à l'abri des différents conquérants de cette région, où se pratique la riziculture sur brûlis et la cueillette des produits de la forêt (bois, miel, plantes médicinales et dans une moindre mesure pierres précieuses ou semi-précieuses) ;
- le domaine collinéen des savanes (tanety), essentiellement composé d'un manteau argileux, très sensible à l'érosion hydrique et dont l'exploitation culturelle n'est à l'origine possible que dans les bas-fonds, à proximité des sourcins et des rivières. Ces terres servent surtout de pâturages pour les transhumances interrégionales et sont de fait régulièrement brûlées, tandis que les troupeaux de la région utilisent, à l'origine, les pâturages des plaines ;
- les vastes plaines alluvionnaires, témoins d'un remblaiement important dans un fossé tectonique dont la subsidence est continue. Ces terres sont tout à fait adaptées à la riziculture et cette région fut très tôt nommée le grenier à riz de Madagascar : « *Le pays Sihanaka, dont le chef-lieu est Ambatondrazaka, est renommé pour sa fertilité et a mérité le nom de 'grenier à riz', dont l'ont baptisé les explorateurs.* » (Trousselle, 1897) ;
- les marais et le lac Alaotra sont, tout comme pour la forêt, un biotope pour plusieurs espèces endémiques de Madagascar, mais aussi une source de produits halieutiques. Le marais est toutefois un espace où se développe progressivement la riziculture et donc voué à être défriché.

C'est autour des potentialités de ces quatre unités que se sont construites les pratiques agricoles et les aménagements futurs.

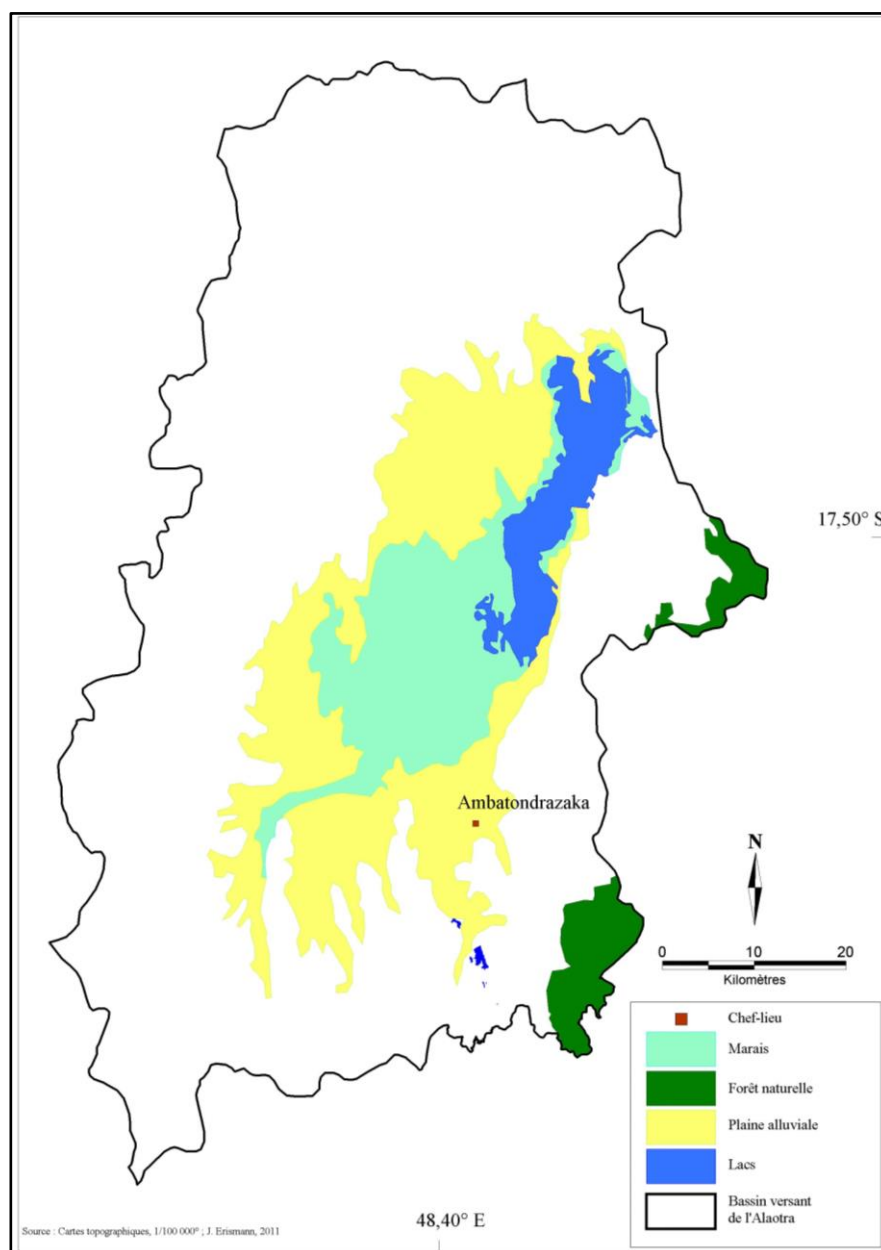


Figure 2 : Schéma des principales unités paysagères dans le bassin versant de l'Alaotra

Unités paysagères	Superficie (km ²)	% du bassin versant
Forêt naturelle	147	2,1
Tanety	4591	67,0
Plaine alluviale	1079	15,7
Marais	582	8,5
Lacs	456	6,7
TOTAL	6855	100

Tableau 1 : Répartition des superficies par unité paysagère

1.1 Les premiers habitants et le fond de peuplement sihanaka

Afin d'étudier les aménagements successifs effectués dans la région du lac Alaotra, il est important de comprendre et de connaître les pratiques agricoles traditionnelles de ce bassin. La riziculture à Madagascar est une pratique de longue date ; elle présente même une dimension culturelle. Elle véhicule aussi des savoir-faire qui sont différents d'une ethnie à l'autre. Voyons, dans un premier temps, qui sont ces premiers habitants du lac et quelle est leur histoire.

L'étymologie et la toponymie constituent des clés pour appréhender l'histoire de l'installation des premiers habitants de la région. Avant de parler des hommes qui ont peuplé ce bassin lacustre, on peut s'intéresser au nom même de la région : le mot Alaotra, viendrait de l'indonésien « laut » ou « laot » qui signifie « mer », « grand lac » (Longuefosse, 1922). Tant l'origine géographique de l'étymologie (la langue malgache se rapproche des langues du sud-est asiatique) que sa signification (à rapprocher de ce grand lac), confirment l'idée que ce bassin a été un des points de chute des premiers habitants de Madagascar (venus du nord-ouest de la grande île et de la côte est), les Vazimba, dont plusieurs s'accordent à dire que les Sihanaka pourraient être les descendants (Laffay, 1902, p.326).

Quant au mot « Sihanaka », les textes et témoignages donnent trois origines étymologiques possibles, l'une liée à la géographie, au milieu ; ce sont les « habitants des plaines marécageuses » (Kling, 1957) (Figure 3). Longuefosse (1922), ingénieur hydraulicien qui a beaucoup travaillé au lac Alaotra, rapporte une explication donnée par les habitants et liée à l'hydrographie : les rivières « *après s'être laborieusement frayé un passage à travers montagnes et roches, parviennent dans la plaine où elles s'épandent lentement* », d'où une composition entre les mots « sisika », qui signifie « s'introduit de force », et « mihanaka », « qui se répand doucement ». Toutefois, en 1925, il donne une autre origine possible : ce seraient les Antesaka (ou Antemasihanaka), une ethnie originaire de la côte sud-est de Madagascar, qui en immigrant dans la région du lac Alaotra et en retrouvant les marécages de leur région d'origine, auraient donné ce doublet Antesaka et Sihanaka (Longuefosse, 1925). Pour le gouverneur Berthier, l'origine est également géographique : « Itasihanaka » viendrait à la fois de « Itasy » et de « Hanaka », qui désignent respectivement le lac et les marécages (Cipollone, 2008). Enfin, selon A. Grandidier (Longuefosse, 1922), ce nom viendrait de « sia », errer, et « hanaka », marécage, et désignerait « ceux qui errent dans les marécages ».

Une autre origine étymologique est liée à l'enfant : pour Coppale, selon une légende racontée par Patrice Ralaitafika (Rouveyrant et Chavanes, 1970), le nom de Sihanaka se rapproche du mot « zanaka », l'enfant. Selon le premier, c'est « antsy et anaka », « là point d'enfant », pour le second le nom se compose de « mahasika » (méchant) et « zanaka » (enfant), car selon la légende il faut être sévère avec les enfants pour qu'ils n'épousent pas une personne d'une autre région ou race.

Si l'étymologie fournit les premiers éclairages quant à l'histoire du peuplement, la tradition orale apporte d'autres informations. Les habitants du lac Alaotra seraient arrivés avec les dernières vagues d'immigration malaise dans le nord-est du pays, la baie d'Antongil au 10^{ème} – 11^{ème} siècle, puis auraient rejoint ce bassin lacustre aux potentialités multiples.

Longuefosse en 1922 (chapitre 1) nous livre une de ces histoires racontée par Rainialinera, selon laquelle en revanche les Sihanaka viendraient du Sud :

« Raibenifananina, célèbre par ses richesses, était un chef de famille du pays masihanaka qui se trouve au sud de l'Imerina : il était constamment victime de vols et en butte à des attaques à main armée dirigées par ses voisins qui convoitaient sa fortune. Il prit la résolution de s'expatrier vers le nord suivi de sa nombreuse famille ; il s'arrêta d'abord à Analamanga (montagne sur laquelle fut bâtie Tananarive) (...) mais il fut de suite attaqué par les Vazimba et Angatra (premiers êtres humains ayant habité Madagascar) qui voulaient le tuer.

Ne se sentant pas en sécurité il continua sa marche vers le nord et parvint sur les bords d'un vaste marais, entouré de forêts et au milieu duquel il aperçut deux îlots sur lesquels il s'établit et construisit le village de Mankary³. » Puis ses fils les plus âgés s'installèrent sur une autre élévation (Ambatofotsy), puis plus au nord, au village d'Ambohidava.

Avant de mourir Raibenifananina décida de baptiser cette terre nouvellement conquise en souvenir du pays d'où ils venaient et l'appela Antsihanaka. Ses descendants créèrent les villages de Vohitrاندريانا, Vohitsoa, Vohitsivalana, Marovalo, Ambaniala, Andromba, Andrebakely, Vohimena, Vohitraivo, Ambohivory, Vohitsara et Ambohijanahary. »

Aucune date précise ne peut être donnée à cette migration mais elle est antérieure à la prise d'Analamanga par Ralambo, qui régna de 1575 à 1610. A l'arrivée de Raibenifananina, la région sihanaka était couverte de forêts, ce qui laisse à penser qu'il fut l'un des premiers occupants ; la Sahabe coulait au milieu de marais profonds recouverts d'une épaisse couche de tourbe flottante.

³ Selon toute vraisemblance, ce village de Mankary correspond au village actuel de Mahakary, situé dans la plaine marécageuse aujourd'hui aménagée : en effet, on retrouve cette orthographe sur une carte ancienne de Longuefosse (1922) et le village se situe sur deux anciens îlots comme cela est décrit dans le texte.

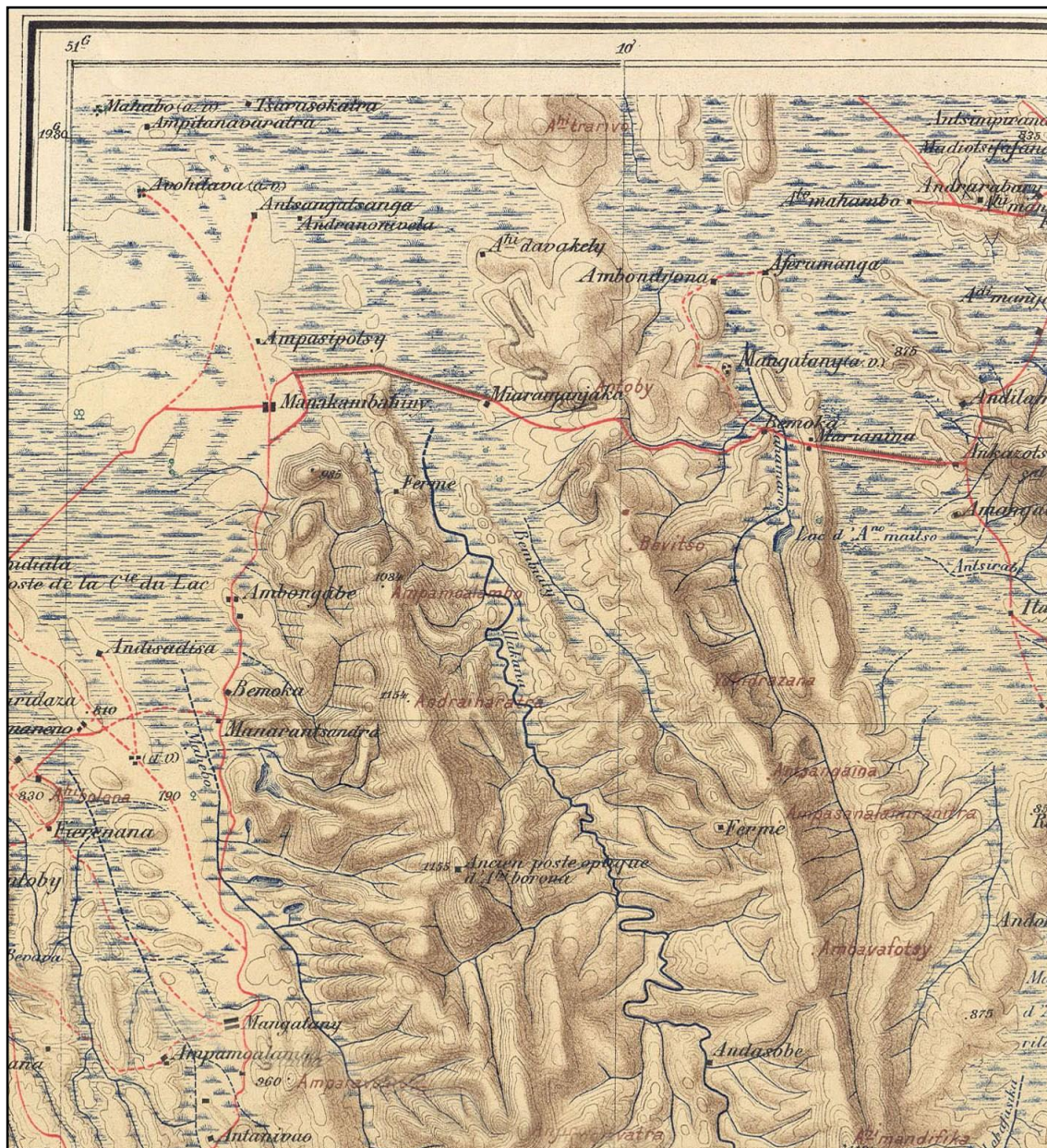


Figure 3 : Présence des marais dans la partie sud – sud-est du bassin de l’Alaotra (la vallée Marianina couvre la partie droite (est) de la carte). Extrait de la carte au 1/100 000° d’Ambatondrazaka, 1913, feuilles 211 ouest et 225 ouest, Service géographique, Cartes anciennes du Département de Géographie – CRGA de l’Université J. Moulin Lyon 3

La tradition orale rapporte également une autre origine du peuplement (Delenne, 1973). La conquête de l’Alaotra s’est faite par « deux frères venant de l’Extrême-Orient à travers les océans et qui auraient abordé aux environs de Fenerive-Est. Arrivés à Andromba après avoir traversé la forêt, l’aîné dit à son frère : « Je resterai ici car j’ai une grande famille. Ce pays lacustre me fera vivre aisément ». Le frère cadet, qui n’avait pas charge de famille, s’en alla vers les plateaux où il s’installa. » C’est ainsi que s’expliquerait la parenté lointaine des Sihanaka et des Merina.

Ne bénéficiant pas des mêmes atouts et contraintes naturelles, ce sont deux rizicultures différentes qui se sont peu à peu développées. Les Sihanaka Bakozetra⁴ vivent alors surtout de la pêche et, ne manquant ni d'eau, ni d'espace, se contentent pour la riziculture de techniques « primitives », par rapport à celles des Sihanaka Tetivohitra⁵ qui viennent des Hauts Plateaux. Les premiers se sont installés dans le nord et l'est du lac (à proximité du lac), les seconds, plus tardivement, à l'ouest et au sud ; ces derniers ont dû adopter des coutumes sihanaka et portent le nom de cette ethnie car ils ont participé à la colonisation de cette grande cuvette. Ce sont par ailleurs d'anciens esclaves, d'origine Bezanozano⁶, Anjafy et Marofotsy.

Dans l'Histoire des Rois, où le R.P. Callet retrace l'histoire de l'ethnie merina à partir des traditions orales (Callet R.P., 1908), on peut lire : « *Les Sihanaka ne repiquent pas leur riz, ils le sèment à la volée et en place. Ils font piétiner leurs rizières par des bœufs puis sèment le riz. Le riz pousse, ne demande pas de sarclage, vient bien et mûrit au bout de quatre mois. En Imerina, le riz ne se récolte que huit ou neuf mois après les semailles. Ce n'est pas une loi du souverain qui impose cette manière de faire ; c'est la nature du sol qui le veut.* »

Les textes les plus anciens font référence à F. Martin (1655-1658), cité par J. Valette (1964), et à ceux de Flacourt arrivé sur l'île en 1648 pour être chef de colonie.

Les plus anciennes de ces références nous enseignent que le riz était déjà une culture prédominante dans la région. Mais les façons culturales, les savoir-faire, ont évidemment évolué, enrichis par les apports extérieurs cités précédemment. C'est ce mélange de « cultures », au double sens du terme, qui a façonné les pratiques et savoir-faire tels qu'on les connaît aujourd'hui et c'est pourquoi il est intéressant de s'y arrêter afin de mieux comprendre les choix et / ou les blocages que connaissent encore aujourd'hui les agriculteurs.

Le manuscrit anonyme repris par Valette (1964) nous rapporte ce qu'il en est de la culture du riz dans les plaines : « *Ce sont les femmes qui ont presque toute la charge de la culture de la terre. Les hommes n'y concourent qu'au temps des plantations. Ils ont chacun un piquet à la main et marchent de front dans le champ qu'ils veulent planter. Ils font avec ce piquet à la surface de la terre de petits trous à certaines distances les uns des autres. Les femmes qui les suivent dans le même ordre animent le travail par leurs chants. Elles mettent le riz dans les trous et le recouvrent de terre avec le pied.* »

En 1952, E. Ramilison rapproche également les Sihanaka et les Merina (Remuzat, 1987), ainsi que les Betsileo et les Bezanozano, d'Andriantomara arrivé sur Madagascar à Maroantsetra vers le 13^{ème} ou 14^{ème} siècle et dont les descendants, chassés par la pression démographique, auraient rejoint le village de Vohidrazana 2 que M.F. Fernandez (1970) situe vers Moramanga et qui pour Remuzat (1987) pourrait être un village à proximité de Didy.

⁴ « vivant en bordure des marais »

⁵ « Des Hautes Terres, qui allait d'un plateau à l'autre »

⁶ Les Bezanozano (« nombreux branchages » ou « qui se font beaucoup de petites tresses », Molet, 1957), population du sud du lac Alaotra, entre la partie merina des hauts plateaux et les Betsimisaraka de la côte est.

L'un des descendants, continuant vers Anjozorobe, aurait été à l'origine un ancêtre des Merina. Trois générations plus tard, ceux restés vers Didy auraient alors formé l'ethnie des Betsileo et des Bezanozano suite à une nouvelle migration, puis des Sihanaka en remontant à nouveau vers le Nord.

Voici ce qu'écrit F. Martin à propos de la riziculture sihanaka :

« *Le pays fort beau et découvert partout, la terre des meilleures et cultivée avec soin ; les habitants ont l'adresse de creuser des canaux pour faire venir l'eau du lac et de la rivière pour arroser leurs semailles...* » L'utilisation de ces eaux par l'intermédiaire des canaux montre qu'ils font à la fois office de drains et de canaux d'irrigation. La préparation de la parcelle se fait aussi déjà avec les bœufs et le feu, comme cela est décrit par Garin (1998), qui a reconstitué le calendrier agricole traditionnel. Avant même la domination merina (à partir de 1823), qui a fait de cette région le domaine d'élevage royal (Garin, 1998), le pays sihanaka est connu pour la présence de nombreux troupeaux : Callet (1908) et Laffay (1902) nous apprennent que lors des incursions sakalava autour du 16^{ème} siècle, les pillages de la région concernaient principalement les bœufs et les esclaves ; au 17^{ème} siècle, Martin souligne l'importance du commerce des bœufs avec la côte est ; ce dernier lança par ailleurs une expédition désastreuse⁷ dans l'Alaotra afin de récupérer des bœufs à l'attention de la Compagnie des Indes. Ainsi, lorsque l'on parle aujourd'hui d'agro-éleveurs, on se rattache à l'histoire traditionnelle du pays sihanaka.

La région du lac est fondamentalement inscrite dans une économie à large échelle à travers les échanges entre les différentes ethnies qui ont colonisé le bassin et l'attrait que représentent les potentialités de cet espace, et en particulier avec la côte est (Figure 4). Il existe un réseau de voies de communication anciennes, comme le rapporte Remuzat (1987) d'après la description de Quintard (1898) bien avant la colonisation et la construction de la seule route qui dessert le lac Alaotra. On y voit ainsi la route empruntée par F. Martin en 1667 par la vallée du Maningory au nord (exutoire du lac Alaotra), ou encore celle de La Bigorne pour rejoindre Foulpointe par la vallée de l'Onibe, ainsi que celle qui intéresse notre bassin versant et qui passe par Didy et la vallée de l'Ivondrona pour rejoindre Toamasina (Tamatave).

Bien qu'il ne soit pas présenté sur cette carte, F. Martin évoque également le chemin emprunté par les Sakalave lors de leurs incursions en pays sihanaka, ainsi que pour le « commerce de bétail et d'esclaves de la côte ouest ».

⁷ Sur les 3000 Betsimisaraka qu'il envoya pour ramener des bœufs, seulement 40 revinrent.

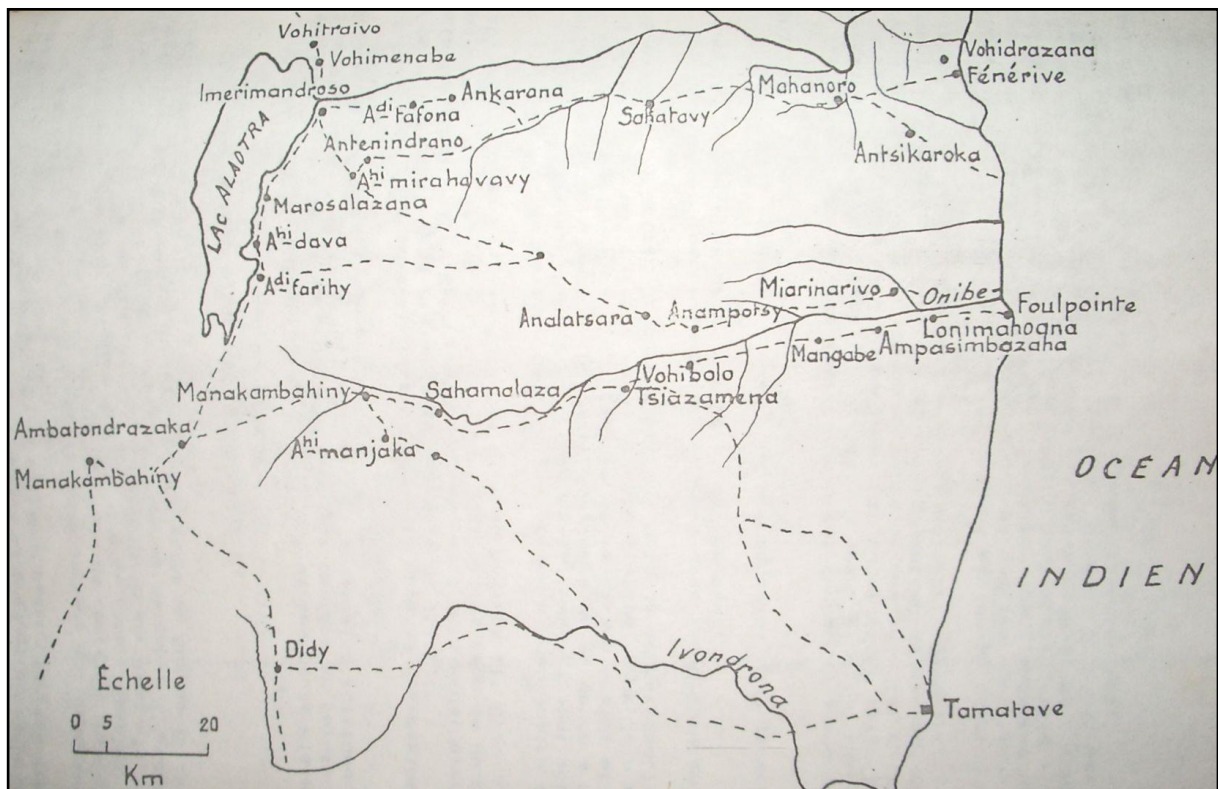


Figure 4 : Les voies de communication unissant l'Antsihanaka à la côte orientale à travers la forêt de l'est (in Remuzat, 1987, d'après la carte de Madagascar publiée par ordre du Général Gallieni, Service Géographique du Corps d'Occupation, mars 1903)

A partir de 1718 et jusqu'en 1776, le pays sihanaka est soumis à la suzeraineté sakalava (Remuzat, 1987). Les Sakalava (« longues vallées ? », Molet, 1957), constituent la population qui occupe tout l'ouest de Madagascar (Figure 5).

Le prince sakalava Andriamandisoarivo (Mampionona Miora, 2010), du royaume de Boeni (nord-ouest de l'île), est attiré par le pays sihanaka à la fois pour la traite des esclaves mais aussi pour sa richesse en zébus et en riz. Il est guidé également par la volonté d'étendre son royaume dans cette zone apparemment faible, n'étant pas fédérée autour d'un roi mais composée de plusieurs territoires indépendants les uns des autres.

L'influence des Sakalava n'est que peu développée mais porte sur un sujet d'importance : le drainage des marais, qui est un des facteurs principaux de l'aménagement et du développement de la région de l'Alaotra.

Chavanes (1983) a récolté sur le terrain puis retranscrit un récit d'Aimé Rakotoanosy (non daté), un ancien du lac Alaotra, à propos de ce croisement entre les traditions sihanaka et sakalava :

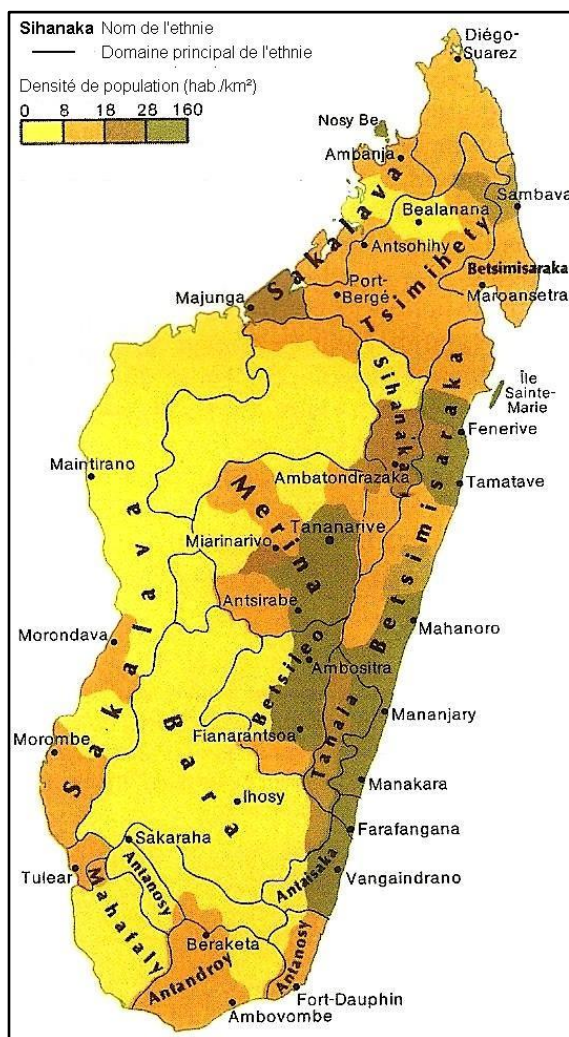


Figure 5 : Ethnie et densité de population à Madagascar. Indian Ocean Atlas, 1979

« Les anciens (d'Anororo⁸) attribuent le développement économique de leur village à l'arrivée d'un prince sakalava ambitieux et entreprenant,..., qui vint se réfugier à Anororo. Ce prince s'est imposé parmi la population locale à cause de sa personnalité et de son savoir-faire. Il entreprit l'assèchement du marais situé à l'ouest d'Anororo par le creusement de deux canaux de drainage...Ce prince sakalava nommé « Indriana » introduisit les coutumes de sa région d'origine. Son nom (Indriana) est invoqué dans toutes les cérémonies rituelles au même titre que le « zanahary » et les ancêtres d'Anororo. »

Cette culture du riz dans les marais se nomme l'« hairafo » et cette conquête des marais, comme nous le verrons, se poursuit encore aujourd'hui. Elle est adaptée à ce milieu particulier et consiste en trois opérations successives : brûlis du marais pendant les basses eaux, mise en place de drains et semis à la volée.

Selon un manuscrit anonyme, datant estime-t-on du milieu du 18^{ème} siècle, le riz y est semé à la volée et enfoui par le travail des bœufs, ce qui semble être toujours le cas au 19^{ème} siècle, comme le rapporte Leguevel de la Combe (Remuzat, 1987, p.59) : « Brûlis du marais pour le débarrasser de sa végétation de papyrus ; piétinement par les troupeaux de zébus, pour lequel il est fait un grand recours à l'entraide ; semis à la volée dans la terre fraîchement mise en boue ; enfin récolte après quatre mois de végétation. » Le bœuf fait donc partie intégrante de l'exploitation en tant que moyen de production et représente, comme pour beaucoup d'ethnies à Madagascar, à la fois un capital sur pattes et un signe de prestige social.

« Cette montagne est dans le pays des Ancianactes, qui sont riches en or, bœufs, et ris. Toutefois ils plantent leurs riz dans des Horacs (marais) » (Flacourt, 1661, p.25). Cette utilisation des marais, par brûlis au préalable, rend la mobilisation de la ressource eau plus évidente puisque la nappe est subaffleurante.

⁸ Anororo se situe à l'ouest nord-ouest du lac Alaotra

Le Bourdieu (1978) cite N. Mayeur, qui en 1777 parlait du « *pays Antsianacte où le riz mûrit en quatre mois, bien que les habitants ne le repiquent pas, mais le sèment directement dans le marais.* ».

L'attractivité de cette région est également soulignée par Du Maine qui écrivait en 1792 : « *Il conviendrait d'y jeter beaucoup de monde comme étant le point central de nos découvertes à Madagascar ; ce pays est très bien découvert, ses plaines considérables sont remplies de bétail et riches en rizières ; cette province est aussi riche en argent que celle d'Ankova (Imerina).* » (Longuefosse, 1923).

Cette pratique culturelle est d'importance dans cette cuvette lacustre. Sur une carte topographique de 1913, dont les levés ont été réalisés par les « brigades de la guerre »⁹ en 1898, la vallée Marianina (vallée du sud-est du lac Alaotra) apparaît couverte de marais : or en 1960, à partir des premiers défrichements de grande envergure, la limite du marais se trouve à environ vingt kilomètres plus en aval de cette vallée. Cette conquête du marais sera abordée dans la deuxième partie de la thèse.

Comme l'histoire du peuplement et l'étymologie nous l'indiquent, les populations sont inévitablement tournées vers l'élément « eau », indissociable du riz comme le souligne le proverbe : « *L'eau et le riz ne font qu'un, de la rizièrè jusque dans la marmite* ».

Cette culture traditionnelle du riz se pratique donc dans les plaines et les marais du bassin versant de l'Alaotra, mais pas seulement : la culture de riz pluvial se pratique aussi par défrichement forestier (tavy) sur les contreforts de l'est du bassin. Le tavy (Figure 6) est une pratique très ancienne dont nous retrouvons la trace dans un manuscrit de Flacourt de 1661 :

⁹ A partir de 1896, Madagascar devient une colonie française. Mais cette installation n'a pas été sans mal et le Général Galliéni, nommé Gouverneur de Madagascar, a envoyé des troupes dans le pays afin de le pacifier.



« Ils plantent leurs ris dans les montagnes et vallées, après avoir coupé les bois qui sont la plupart de certaines cannes creuses que l'on nomme pour toute l'île Voulou, et dans les grandes Indes Bambou. (...) Ils y mettent le feu (...). Lorsque ces bois sont brûlés, toute la terre est couverte de cendres, lesquelles se détrempent par la pluie et au bout de quelques temps ils sèment le ris d'une façon étrange. » (Annexe 2).

Le tavy est souvent pratiqué sur des pentes relativement fortes où le ruissellement entraîne le stock de graines susceptibles de faire repartir la forêt. C'est pourquoi tout au long de notre texte, il ne sera pas question de forêt primaire, bien qu'à première vue elle en ait l'aspect, mais de forêt naturelle.

Figure 6 : Parcelle de tavy au sein de la forêt naturelle à l'amont du bassin versant de Bevava ; photo J. Erismann

Bien que proscrite depuis la colonisation, cette technique est pratiquée encore aujourd'hui. Elle a évolué en raison de la pression démographique. Auparavant, les rotations pouvaient être plus longues et la forêt avait plus de temps pour se régénérer. Ce temps est réduit par le nombre de parcelles qu'il faut aujourd'hui cultiver pour subvenir aux besoins d'une population croissante dans les villages en bordure ou dans la forêt et cela laisse dans le paysage des clairières où les essences originelles n'arrivent plus à prendre le dessus et laissent place aux fougères, témoins de sols acides, ou aux graminées.

J. Dez (1966) apporte un éclairage nouveau sur les nombreux écrits décrivant le tavy en y ajoutant la dimension psycho-sociologique afin d'expliquer entre autres la persistance de cette pratique culturelle traditionnelle, au-delà des interdits.

De grands espaces, un climat favorable à la riziculture, la présence du lac et ses ressources halieutiques font du bassin de l'Alaotra une région attractive, notamment pour les sakalava au 18^{ème} siècle, comme nous l'avons vu précédemment, puis pour les merina au 19^{ème} siècle, tout deux étant des royaumes voisins qui cherchent à se développer hors de leurs frontières et à conquérir de nouveaux territoires. L'ethnie des merina est d'ailleurs celle qui va fédérer tous les royaumes de l'île pour créer le royaume de Madagascar.

1.2 La conquête merina

Le roi Andrianampoinimerina (Roi des merina de 1787 à 1810) souhaite que « les limites de ses rizières soient la mer¹⁰ ». Il se lance dès lors dans la conquête du pays et tente de dominer la région du lac.

C'est sous son règne que sont réalisés les premiers aménagements hydrauliques, autour d'Antananarivo dans un premier temps. Ils sont construits avec pour objectif de permettre à ses sujets de cultiver une parcelle d'environ un hectare (Le Bourdieu, 1978), ce qui reste aujourd'hui la taille moyenne d'une exploitation rizicole à Madagascar.

La logique conquérante du roi Andrianampoinimerina nécessite une armée toujours importante. Fuyant le recrutement de l'armée hova toujours en guerre pour l'unification de l'île en un seul royaume, de nombreux merina viennent s'installer au lac (Longuefosse, 1922), ce qui facilitera par la suite la conquête de l'Antsihanaka.

M.F. Fernandez (1970) cite à ce sujet C. Mantaux et P. Vérin (1969) : « *L'action conquérante va être régulièrement facilitée par la présence de population merina dans ces régions contrôlées par les Sihanaka. Elles seront dans les villages occupés l'élément favorable à la soumission. A cette époque, la population est regroupée en un nombre limité de localités, ce qui va permettre avant les campagnes militaires d'envoyer des groupes d'émigrants, qui vont fonder, dans les zones inhabitées, des villages entièrement loyalistes, pouvant servir de point d'appui lors de la marche des armées* ».

Son fils Radama lui succède en 1810 et réalise l'unification du pays en 1817. En 1818, Radama « *est venu ravager le pays qui tout en reconnaissant sa puissance voulait conserver son indépendance.* » (Grandidier, citant le baron Mackau ; Fernandez, 1970). En effet, tout comme pour les autres ethnies de Madagascar, il y a un attachement très fort au Tanindrazana, la terre des ancêtres¹¹. Les Merina ont fini par s'imposer au lac Alaotra et la région est pacifiée autour de 1822 (Hastie, 1903).

Cette année-là, le Roi Radama y installe alors le gouverneur Randriantsalama qui restera en poste jusqu'en 1844. Ramamba prendra sa suite pendant cinq années puis, à partir de 1849, Ramanitra sera à l'origine de l'organisation des impôts, des redevances (riz, bois et canards sauvages) et des corvées (Longuefosse, 1922). Toute cette période est marquée par de nombreux troubles mais les Sihanaka restent cependant sous domination merina.

Ce n'est véritablement que vers 1850 que la royauté merina va s'intéresser aux potentialités économiques du lac Alaotra (création des impôts et corvées). Compte tenu des difficultés à la

¹⁰ « *Ny ranomasina no valamparihiko* »

¹¹ « *Tsy lao monina, tsy hiova siranana* », on ne change ni de résidence, ni de port (Razafimpahanana, 1972)

fin du règne de Ranavola I¹² (1828-1861), de Radama II¹³ (1861-1863) puis de Rasoherina¹⁴ (1863-1868), on constate, à partir des années 1865-1866 et jusqu'en 1871, une vague de migrations des Merina sur les tampoketsa¹⁵ de l'ouest du lac Alaotra, terres très peu peuplées et essentiellement utilisées pour les pâturages.

A la différence des Hautes Terres du pays merina, dont le relief est accidenté, le pays sihanaka est composé d'espaces plus ouverts, en particulier avec le grand bassin lacustre de l'Alaotra, et la taille des parcelles peut aller jusqu'à vingt hectares (Le Bourdieu, 1978). Cet écart dans la superficie des terres disponibles induit des pratiques culturelles différentes (Remuzat, 1987) : ainsi sur les Hautes Terres où l'espace est restreint, les Merina pratiquent le repiquage du riz, qui demande beaucoup de travail mais permet de valoriser au maximum la parcelle ; au lac Alaotra, les Sihanaka n'ont pas besoin « d'économiser » l'espace et sèment donc le riz à la volée. Les pratiques agricoles des hauts plateaux ne se sont donc guère imposées en pays sihanaka. Les méthodes culturelles de l'époque étaient largement dépendantes des précipitations, même si certaines techniques d'irrigation étaient déjà bien en place (canaux et drains à proximité du lac) et le parcellaire était fortement morcelé en fonction de l'accès à l'eau et de sa disponibilité.

La seule avancée notable que les Merina ont réussi à imposer réside, selon Garin (1998), dans les méthodes de récolte et de battage avec l'utilisation de la faucille au lieu du couteau à dents et le dépiquage à l'aide de bœufs plutôt qu'un battage manuel au fléau. Ces nouveautés ont permis d'obtenir un gain de temps et une diminution des besoins en main d'œuvre. Cette technique mise à part, les pratiques agricoles merina ne se sont donc pas imposées en pays sihanaka. L'appréciation est plus nuancée en ce qui concerne l'élevage : en effet, la colonisation merina du 19^{ème} siècle a apporté des changements dans les rapports d'appropriation des troupeaux qui devenaient des « moyens de production » en nombre toutefois limité. En effet, ce sont les notables et chefs de clans qui possèdent à cette époque les ¾ du cheptel, et la société traditionnelle malgache est une société lignagère de type patrilinéaire.

Les multiples vagues de migration vers le pays sihanaka, tout au long de son histoire, ont façonné des pratiques fortement dépendantes du milieu, différentes à l'échelle du bassin lacustre en fonction des contraintes propres à chaque secteur : grandes plaines de l'ouest occupées plutôt par les hova, les Merina et les Sakalava, territoires plus étroits à l'est et

¹² Ranavola I est l'épouse du roi Radama I ; son règne est marqué par un fort sentiment nationaliste.

¹³ Radama II, fils de Ranavola I, instaure la liberté de culte, abolit la peine de mort, supprime les corvées et signe un traité d'amitié franco-malgache en 1862. Il fut assassiné en 1863 en raison d'une trop grande connivence avec les français (charte Lambert) : en effet Jean Laborde, installé par la France pour asseoir l'influence française sur l'île, transmet des techniques industrielles sous le règne de Ranavola I puis fut chassé en 1857 comme tous les européens. De retour à Madagascar sous le règne du jeune roi Radama I, il usa de son influence pour octroyer à Joseph Lambert un droit d'exploitation exclusif sur la partie nord de l'île.

¹⁴ Rasoherina, épouse de Radama II

¹⁵ Forme d'aplanissement du relief, rappelant par son aspect massif de hauts plateaux et comportant des surfaces d'érosion. Les tampoketsa sont couverts de savane sur des sols plus ou moins indurés.

proches de la forêt avec les Betsimisaraka¹⁶, et les unités pré-lacustres et marécageuses par les Sihanaka.

Comme l'écrit M.F. Fernandez (1970) : « *Cette diversité résulte des possibilités de refuge que les îlots offraient à des groupes d'insoumis, d'aventuriers, d'esclaves révoltés et des possibilités offertes à ceux qui désiraient s'approprier des terres nouvelles pour les mettre en valeur.* »

Au total, malgré sa fonction de terre d'accueil, les pratiques n'ont guère évolué et ce sont plutôt les non-autochtones qui ont changé leurs habitudes. L'influence des migrants est restée limitée du fait de :

- la volonté d'assimilation des migrants préférant se mêler aux populations du pays d'accueil en s'appropriant la culture sihanaka ;
- la nature qui ne présente pas partout les mêmes contraintes ; ici un potentiel foncier largement disponible avec de vastes plaines, n'impliquant pas un recours à des pratiques plus intensives ou complexes (comme le repiquage). Pas de relief marqué, comme en pays betsileo, où des aménagements en terrasses sont nécessaires ;
- le changement de façon de faire qui est long, d'autant plus que l'inertie de la société sihanaka face aux changements est importante.

Les choses changent avec l'influence grandissante de l'Occident pendant le règne de Ranavola II¹⁷ (1868-1883), première reine chrétienne, qui coopère avec les missionnaires britanniques. La fin de son règne est marquée par plusieurs guerres en raison des ambitions coloniales françaises. Ranavola III, dernière reine de Madagascar (1883-1897), lui succède et signe en 1885 un traité d'alliance franco-malgache qui installe un régime de protectorat ; dix années plus tard, entre fin 1895 et début 1896, après deux années de troubles dans le pays, la France « prend possession » de Madagascar sous l'autorité du général Galliéni.

En 1896, l'autorité civile est remplacée par une autorité militaire (le cercle d'Ambatondrazaka) en raison de nouveaux troubles, face au résident français installé au lac avec un gouverneur hova (Rabeony).

La volonté d'encourager le développement agricole de la région s'organise alors, après l'arrêté du 2 novembre 1896 qui facilite les conditions d'installation dans les concessions pour les colons et les indigènes (Rabehevitra, 1989).

¹⁶ Les Betsimisaraka (« nombreux, qui ne se séparent pas », Molet, 1957), population de la côte est de Madagascar, qui auraient été en guerre contre les Sihanaka au 17^{ème} siècle, (Froidevaux H., 1896 ; Valette, 1964).

¹⁷ Ranavola II, cousine de Rasoherina

C'est en 1900 que le pays sihanaka est temporairement pacifié avec le retour de l'administration civile et l'abolition de l'esclavage. A partir de 1901, le nouveau pouvoir en place commence la mise en valeur du pays par l'aménagement des voies de communication et le développement de l'agriculture.

Une fois le pays pacifié par les troupes coloniales, l'espace est totalement transformé. Nous allons donc étudier les lignes directrices de ces aménagements et leurs conséquences sur le territoire, depuis les premières études techniques (Longuefosse au début des années 1920) jusqu'à la fin des gros travaux d'aménagement dans les années 1990.

Cette période révèle une même logique de conquête de la terre et de maîtrise de l'eau pour la riziculture, que cela soit pendant la colonisation ou après l'indépendance du pays en 1960.

2. La conquête coloniale

Avec la colonisation, le système lignager de la société sihanaka, qui ne correspond pas aux objectifs d'expansion française, est bousculé. Avant de pouvoir profiter au mieux des possibilités qu'offre la région et d'aménager le territoire, la nouvelle administration doit s'occuper du statut juridique et des modalités d'acquisition des terres. La création de périmètres de colonisation (PC), de réserves indigènes (RI) et d'aires de mise en valeur rurale (AMVR), ainsi que la mise en place d'un nouvel impôt par l'achat de terres, deviennent la règle, là où une mise en valeur traditionnelle suffisait. La propriété, qui était collective ou familiale, devient individuelle à partir de 1922 (Longuefosse, 1922). L'obligation d'immatriculation est également un bon moyen de contrôler le peuple, tout comme la loi de 1897 interdisant la mobilité des populations, loi qui avait une triple vocation : économique pour garder sur place la force de travail, sociale afin d'éviter les révoltes, et politique afin de se concilier les chefs de clans et les notables.

Longuefosse écrit ainsi en 1923 : *« en supprimant ces procédés d'administration [traditionnels sihanaka] et en abolissant l'esclavage, nous jetâmes involontairement le pays dans une ère de difficultés. »*

Cependant, la société n'a pas fondamentalement changé et les premiers colons de l'Alaotra tardèrent à s'y installer. L'Alaotra a dès 1902 attiré l'attention de Galliéni du fait de son potentiel mais le projet de voie ferrée a dû attendre la fin d'autres projets comme les routes reliant la capitale aux deux plus grands ports de l'île, Toamasina et Mahajunga. Ce n'est qu'à partir des années 1920, avec l'arrivée du chemin de fer, que les premiers aménagements furent entrepris. En effet, les soixante premiers kilomètres, au départ de Moramanga, furent inaugurés en janvier 1914. Mais l'arrivée du train à Ambatondrazaka ne s'est faite qu'en juin 1922 et au terminus à Andreba en mars 1923 (Longuefosse, 1923).

On comprend de suite la nécessité de mettre en place des voies de communication avec le reste du pays pour cette cuvette qui était et reste malheureusement une impasse. Si de nombreuses études ont été consacrées à la période pré-coloniale et au premier quart du 20^{ème} siècle¹⁸ on a peu, voire pas, de textes ou de témoignages des années 1930 jusqu'à la fin de la 2^{ème} guerre mondiale. Il est vrai que les efforts d'aménagement ne reprennent leur essor que dans les années 1950, avec la création et l'installation sur le territoire, d'institut de recherches, d'aménagements hydro-agricoles au moment où naissent les premières volontés d'indépendance malgache.

Les aménagements hydro-agricoles structurent l'espace et permettent le développement agricole en recherchant la maîtrise de l'eau, primordiale pour la culture du riz. La gestion des périmètres irrigués résultant de ces aménagements ne peut se faire sans une connaissance et une analyse des différents statuts fonciers.

¹⁸ Au moins une cinquantaine pour les thématiques qui nous intéressent ici.

D'autant que la terre – tanindrazana, terre des ancêtres – revêt une importance particulière dans la culture malgache. Nous allons donc nous intéresser dans un premier temps aux aspects fonciers qui permettent de gérer le territoire et qui sont un préalable à tout aménagement.

Ces deux aspects, foncier et hydraulique, restent en interdépendance et les aménagements seront également une source de modification du parcellaire ; ces interrelations seront abordées dans le chapitre suivant.

2.1 Les aspects fonciers

L'aménagement de ce territoire aux possibilités multiples nécessite la mise en place d'une législation autour du statut des terres nouvellement colonisées, afin de favoriser l'implantation de colons qui feront fructifier les potentialités de la région en termes d'agriculture et d'élevage. Le territoire est alors découpé en périmètres de colonisation (PC) et en réserves indigènes (RI). Un troisième statut est créé ultérieurement afin de mieux maîtriser le territoire et notamment pour faciliter les démarches d'expropriation : ce sont les aires de mises en valeur rurales (AMVR).

Les premières études pour l'aménagement du territoire concernaient dès le début du 20^{ème} siècle les moyens et les objectifs économiquement déterminants, notamment les études hydrauliques dès 1915¹⁹ (Longuefosse, 1923), en vue de développer le fort potentiel agricole de la région. Mais ces études purement techniques devaient être complétées par des études climatiques, géographiques, historiques, géologiques, minières, d'assainissement et surtout cadastrales²⁰ (Rollot, 1921 ; Laffay, 1902). Pour l'établissement du cadastre, la méthode a été double : « *l'intercalation de l'élément européen entre les réserves constituées sur les terres occupées par l'autochtone* » et dans une moindre mesure, « *le refoulement des indigènes vers des zones réservées, entraînant l'abandon de toutes les terres extérieures à ces réserves...* » (Longuefosse, 1923).

L'établissement d'un cadastre, à l'échelle d'un lot de colonisation, devait permettre une plus grande facilité d'installation des colons soumis à une obligation de mise en valeur de ces espaces récupérés et réservés. Les colons ont été confrontés au problème de l'utilisation de terres pour la vaine pâture, ou terres de parcours des troupeaux, nombreux dans la région (estimation de 173 000 têtes, Rollot, 1921). Le bétail fait alors partie intégrante de l'exploitation à la fois traditionnelle et de colonisation ; on conseille aux colons de garder au moins 1/5 de l'exploitation pour la mise en place de prairies. En effet, les périmètres de colonisation ont pris l'espace utilisé auparavant pour faire paître les troupeaux sur les jachères. L'utilisation de l'espace par les Sihanaka se faisait d'une manière extensive, en ne

¹⁹ Le service de l'hydraulique commence une étude relative à l'assainissement, aux problématiques foncières, ainsi qu'aux améliorations agricoles.

²⁰ L'arrêté du 30 mai 1919 met en place une commission de délimitation ; il est révisé par l'arrêté du 14 février 1923.

cultivant pas plus de trois ou quatre ans la même parcelle (Rollot, 1921) et en multipliant les parcelles de petite taille. L'espace de plaine disponible était suffisant pour l'agriculture et l'élevage mais, avec les périmètres, les troupeaux vont devoir être conduits sur les collines pendant la saison des cultures.

Les lots de colonisation (exploitations) sont de taille variable : pour un domaine d'une superficie de 500 hectares, il y a 125 hectares de prairies et le reste en cultures de riz, manioc et maïs ; la taille minimale de l'exploitation devait être de 300 hectares pour que cela soit rentable pour un colon et pour permettre de travailler avec des assolements. Durant les vingt premières années, l'arrivée des colons au lac Alaotra a pu être parfois un échec : certains à qui 100 ha avaient été donnés ne sont pas restés et ont abandonné ces exploitations non rentables. Ce n'est qu'à partir de l'ouverture de la route et de la voie ferrée, la création de périmètres dédiés aux colons, en 1924, que l'appropriation des terres s'est véritablement développée, ne laissant à « l'indigène » que de petites parcelles qui ne leur permettaient plus de continuer leur système traditionnel extensif et éclaté au sein du terroir.

La terre, le foncier ont une importance capitale pour les malgaches : c'est le Tanindrazana – la terre des ancêtres – et toucher à ce statut ne peut se faire sans prendre cette dimension culturelle en considération. Valette (1964), reprenant un écrit anonyme du milieu du 18^{ème} siècle, illustre ce caractère spécifique valable aujourd'hui encore : aucun étranger ne peut aujourd'hui encore devenir propriétaire d'une parcelle de terrain à Madagascar (ainsi le fait « d'accorder » des terres à l'entreprise Daewoo, a-t-il été un des facteurs provoquant la chute du Président Ravalomanana en 2009).

« Chez ceux-ci le droit de propriété des terres ne s'achète point. Le Madécasse ne vend jamais la terre. Un homme libre veut-il devenir agriculteur, il fait sa soumission au chef de qui il relève, qui lui désigne la place où il peut défricher et s'établir ; toute la terre qu'il met en valeur dans un temps désigné constitue sa propriété et lui appartient pour toujours. Nul autre ne peut y faire des plantations sans se mettre dans le cas d'une forte amende à laquelle il est toujours condamné. »

Cette interdiction de vendre à des étrangers vient du Code des 305 articles de 1881 (Julien, 1900) :

« Les grandes forêts et les terres libres appartiennent à l'Etat. Les terres à Madagascar ne peuvent être vendues ou données en garantie à des capitaux étrangers, ou prêtées à qui que ce soit, sauf entre sujets du gouvernement de Madagascar. »

La loi du 9 mars 1896 modifie la propriété foncière : ainsi toutes les terres du royaume appartiennent à l'Etat mais il reste un droit de jouissance sur les terres déjà mises en valeur. Cette loi sera modifiée avec l'arrivée des colons par de nombreux décrets durant les trois premières décennies du 20^{ème} siècle.

La notion de propriété foncière est en effet révisée à partir de 1897 et plus précisément en 1911 avec le décret du 4 février modifiant le régime de propriété foncière ; en 1915, un droit de propriété est accordé aux autochtones. En 1919, une brigade topographique est chargée de délimiter les réserves indigènes et les périmètres de colonisation pour le partage et la gestion du territoire : outre les terrains domaniaux, il y a donc les périmètres de colonisation, qui sont des réquisitions de l'Etat colonial sur des terrains domaniaux pour la mise en culture par les colons, et les réserves indigènes pour les autochtones.

Les périmètres de colonisation sont mis en place sur des terres fertiles, utilisées comme pâturage ou comme rizières. Ils représentent des surfaces de quelques centaines à quelques milliers d'hectares. La compensation de la perte de leurs terres de parcours par les autochtones n'est pas totalement effectuée ; seules les rizières le sont mais pour des terres parfois incultes à l'intérieur des réserves indigènes. Il existe quarante (40) périmètres de colonisation dans le bassin du lac Alaotra, qui possèdent chacun un titre foncier (Figure 7 et Annexe 3). Aujourd'hui, il y en a quarante-deux (42), dont tout ou partie des titres fonciers appartient toujours à l'Etat. Celui-ci a engagé depuis une quinzaine d'années une réforme foncière afin de mettre un terme à ces héritages de la période coloniale.

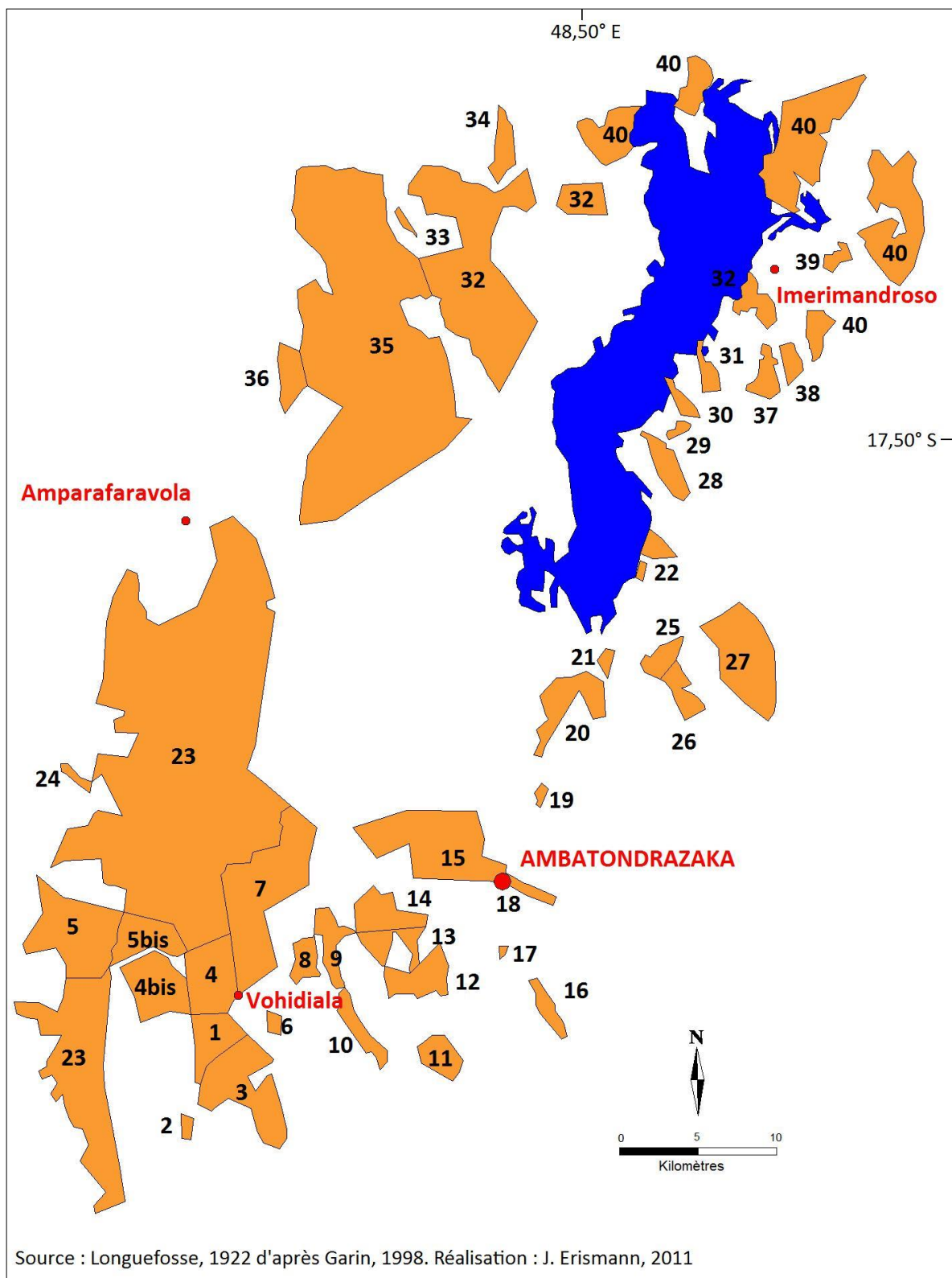


Figure 7 : Schéma cadastral des périmètres de colonisation au lac Alaotra (Longuefosse, 1922)

Le PC n°15 (Figure 8), qui occupe la partie aval du bassin versant plus précisément étudié, a été créé suivant la réquisition n°5520 du 19 novembre 1919 : le terrain devient propriété de l'Etat français et est défini comme une « terre inculte » faite de joncs et de *herena* (Cypéracées), située entre les villages de Beambiaty, Ambohiboatavo, Ampitatsimo. Sa superficie est alors de 3296 hectares.

Ses limites sont : au nord, des terrains domaniaux et la réserve indigène n°19, à l'est, la réserve indigène n°19 et la réserve de la voie ferrée du lac Alaotra, au sud, la réserve indigène n°15 et à l'ouest, la réserve indigène n° 15 et des terrains domaniaux. Le plan de bornage original est présenté en annexe 4. La RI n°15bis est incluse dans le PC 15.



Figure 8 : Limites du périmètre de colonisation (PC) n°15 à sa création en 1919 et des réserves indigènes, d'après les plans de bornage, Service des Domaines, Ambatondrazaka

Suite à la réquisition de ce terrain, un titre foncier est attribué au nom de l'Etat en vertu d'une ordonnance du 14 mai 1921 ; ce terrain borné représente alors 2856 hectares 50 ares et 2 centiares. Des titres sont attribués à des particuliers à partir de 1928 (Figure 9 et Tableau 2) : il y en a aujourd'hui 47 répertoriés dans le registre pour une superficie de 1053 hectares compris dans les 3296 hectares du périmètre. Ces parcelles sont vendues dans la majorité des cas, mais peuvent aussi être cédées à titre gracieux.

Il y a alors deux types de cession et trois types de vente :

- Cession simple de l'Etat à un particulier
- Cession pour une durée déterminée (15 ou 30 ans)
- Vente simple
- Vente avec reboisement obligatoire sur une partie du terrain
- Vente avec obligation de mise en valeur selon un cahier des charges (à partir des années 1980²¹)

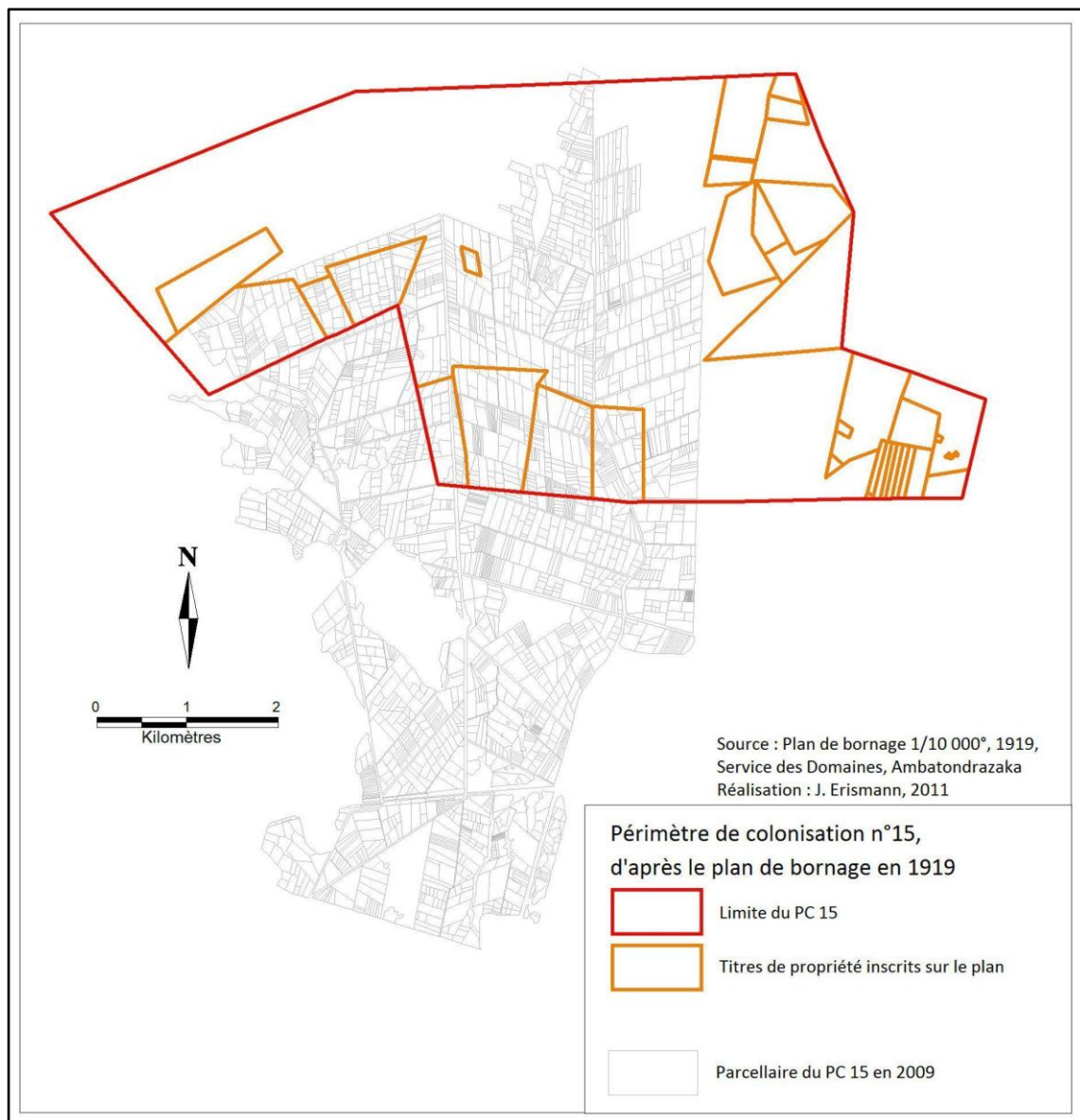


Figure 9 : Titres de propriété figurant sur le plan de bornage initial du PC 15

²¹ Pour favoriser l'aménagement hydro-agricole en plaine, l'Etat, à partir des années 1980, procède à un remembrement des terrains à vocation agricole. Cette restructuration foncière sera abordée ultérieurement avec la question des sociétés d'aménagement agricole et des aménagements hydro-agricoles dans la plaine du lac Alaotra.

Inspection générale des domaines, de la propriété foncière et du cadastre						
Service des domaines de la propriété foncière et du cadastre (à partir de 1960)						
PC 15	titre 6391	décret du 4 février 1911	/	titre 853K	naissance du 14 mai 1921	
Nature et consistance		Marais de jonc et Herena				
Situation		Beambiaty district d'Ambatondrazaka				
Contenance		2856 ha 50 a 02 ca				
Limites (à la création)		NORD : terrains domaniaux				
		EST : RI n° 19 et plateforme de la voie ferrée du lac Alaotra (réserve)				
		SUD : la propriété dite Antanamizavatra TN°9294				
		OUEST : terrains domaniaux				
Modifications dans la consistance : diminution et augmentation						
Date	Titre	Superficie (ha)	Nom	Originaire Lac Alaotra	Domiciliation Lac Alaotra	Transaction
				O : oui / N : non		
15.12.28	9294	150	Razafintasalana	O	O	cession
01.10.29	9613	57,12	Ralahoana et consorts			cession
14.01.41	854K	51	Ramaroson	N	O	
			Rabarison	N		vente
14.05.41	877K	10	Rakarana	O	O	cession*
23.06.42	954K	102	Rasoaharona	N		vente
26.03.43	985K	74,11	Ranarivao	N		vente
04.06.43	1001K	10	Randrianarivony	O	O	cession*
09.10.43	1029K	50	Rakotovo		O	
			Ramarotafika	N	O	vente
09.10.43	1030K	10	Ravelomora	O	O	cession*
24.03.44	1061K	10	Rakotozafy	O	O	cession**
23.06.44	1069K	100	Razanamahenina	N	N	
			Ranorosandratana (Dame)	N	N	vente
23.06.44	1070K	78,35	Razanamahenina	N	N	vente
03.12.45	1139K	22,34	Ratotosy	O	O	vente
			Ramosa	O	O	
02.09.49	1334K	51,26	Randrianakoto	N	O	vente*
08.12.50	1418K	60,94	Rajaonary	N	O	cession
			Rabemora	O	O	
03.11.53	1480K		Randrianakoto	N	O	vente
			Rambelosoa	O	O	
12.08.58	1623K	105	Rakotobe	O	O	vente
			Randrianandrasana	O	O	
24.08.67	2308K	12	Rakotondrasoa	O	O	cession
11.01.77	3192K	0,13 et 30 ca	Randriamahita	O	O	cession provisoire
			Ravaoarisoa	O	O	
18.01.77	3195K	0,58 et 90 ca	Randriamahita	O	O	cession
			Ravaoarisoa	O	O	
07.02.81	3478K	0,27	Radiana et consorts			vente
			Rakoto vincent de paul			
10.05.82	3350K	0,7 et 29 ca	Rajaonson	N	O	cession
Lotissement du PC 15						
25.05.83	3699K	3	Randrianindrina	O	O	vente**
25.05.83	3700K	3	Rasoanajaina	O	O	vente**
09.07.83	3748K	3	Rakotondrasambo	N	O	vente**
11.07.83	3750K	3	Randriamanantena	O	O	vente**
13.07.83	3751K	4	Rakotonindrainy		O	vente**
13.07.83	3752K	9,8	Ratody	O	O	vente**
09.08.83	3792K	3	Razafiarivony	O	O	vente**
09.08.83	3793K	4	Rakotondraibe		O	vente**
21.11.83	3936K	8	Ranangatahina	O	O	vente**
28.11.83	3951K	3,5	Rakalobe	O	O	vente**
30.11.83	3957K	3,5	Ranaivo		O	vente**
11.02.84	4086K	3,1	Rabotovo	O	O	vente**
13.02.84	4089K	3	Rabezara	O	O	vente**
14.02.84	4092K	3	Rakalolehilahy	O	O	vente**
15.02.84	4095K	3,5	Randriamarolafy	O	O	vente**
16.02.84	4101K	3	Randriaminanta		O	vente**
16.02.84	4102K	17,5	Ravelontsoa		O	vente**
17.02.84	4106K	3	Razafindramanana	O	O	vente**
25.02.84	4111K	4	Rasakalava	O	O	vente**
18.05.84	4252K	restructuration, fusion de parcelles - feuille illisible				
23.08.07	8940K	2 ha 87 a 40 ca	Rakotomalala	O	O	vente
23.08.07	8941K	2 ha 45 a 00 ca	Rakotomalala	O	O	vente
			Ravelonirina	O	O	
23.04.08	9207K	11 a 30 ca	Ravelontsoa	N	O	vente
26.12.08	9539K					
08.09.08	9370K	4	Razafindralaza	O	O	vente
cession : cession simple / cession* : cession pour 15 ans / cession** : cession pour 30 ans :						
vente : vente simple / vente* : vente avec obligation de reboisement sur une partie de la parcelle /						
vente** : vente d'un lot du PC15 avec cahier des charges						

Tableau 2 : Extrait du titre foncier n°853K de la propriété dite Périmètre de colonisation n°15, Direction des Domaines de la propriété foncière et du cadastre (Ambatondrazaka)

Une partie non négligeable de ces titres est attribuée à des personnes qui ne sont pas originaires du lac Alaotra (lieu de naissance en dehors de la région, Registre des Domaines, Ambatondrazaka, reporté dans le tableau ci-dessus) : en effet, on dénombre quatorze (14) propriétaires sur les quarante-sept (47) qui viennent principalement de la région de Tananarive, une d'entre elles est originaire de Fianarantsoa, une autre de Tamatave. Cela représente 30% des effectifs et traduit une fois de plus l'attractivité de cette région. Il est intéressant de noter qu'avant le lotissement du PC 15, les personnes non originaires du lac Alaotra s'étaient vu attribuer des terrains d'une superficie moyenne de 64,8 hectares contre une moyenne de 27,7 hectares pour les personnes originaires du lac.

Le PC 15 deviendra par la suite un périmètre irrigué (Annexe 5), dont les limites ne correspondent plus au titre foncier initial, mais aux parcelles irriguées grâce aux aménagements effectués à partir des années 1960. Cette espace nouvellement organisé en réseau sera étudié dans le détail par la suite en parallèle avec les sociétés d'aménagement qui ont reçu la charge de le structurer afin d'en améliorer les rendements.

Les réserves indigènes (RI), pour les autochtones, sont créées de façon quasi simultanée avec les périmètres de colonisation. Le nombre, la superficie et les titres fonciers de ces réserves sont déterminés par arrêté du 26 novembre 1925 peu après la création des périmètres de colonisation et sont composés de terrains autour des villages, de terres incultes jusqu'alors et d'une superficie supplémentaire pour compenser la perte de terres liées aux périmètres de colonisation. Comme nous l'avons vu, la législation sur la propriété foncière est réorganisée à partir de l'arrivée des colons mais l'application des décrets ne s'est pas faite dans le même temps. A l'origine, il y avait cinquante-neuf (59) réserves indigènes dans le bassin du lac Alaotra, dont onze (11) sont incluses dans les périmètres de colonisation. Mais dix-sept (17) titres sont aujourd'hui annulés (Annexe 6).

A l'origine, ces terres ont été utilisées de manière collective (Cours, 1950), puis elles ont été réparties entre les habitants. Ne pouvant exploiter seuls ces surfaces, les propriétaires ont fait appel à des paysans n'ayant pas suffisamment de terres pour subvenir aux besoins de la famille ; le faire-valoir indirect est devenu alors majoritaire. La superficie par agriculteur varie de 5 à 10 hectares de rizières et de « terres sèches ». Elles correspondent environ à la superficie exploitée par les paysans malgaches mais, avec la pression démographique, ces espaces deviennent très vite insuffisants (Charmes, 1973).

Il existe plusieurs réserves indigènes au lac Alaotra et notamment dans la zone dite des « vallées du sud-est » qui sont des terrains réquisitionnés sur le domaine de l'Etat pour les indigènes et dont les procédures d'immatriculation ne sont jamais arrivées à terme : la RI n°11 (Réquisition n°814K – 3862,5 ha, Annexe 7), en amont du PC15, est constituée par le Gouverneur Olivier selon l'arrêté du 26 novembre 1925. Les membres du Fokonolona peuvent alors faire une demande de titre de propriété sur la parcelle déjà mise en valeur par eux, pour une superficie maximale de 10 hectares. Cette procédure est nommée « transformation du droit de jouissance en droit de toute propriété » (Rakotosihanaka, 1995).

Il en est de même pour la RI n°12 bis (réquisition n°11019), la RI n°13 (réquisition n°816K), la RI n°14 (réquisition n°9817).

A partir des années 1950, l'Etat a besoin d'un nouvel outil pour maîtriser la propriété foncière et poursuivre les aménagements engagés. C'est ainsi que les aires de mise en valeur rurales (AMVR) voient le jour. Leur objectif est d'effectuer une restructuration agraire dans une logique ascendante. En effet la création de ces espaces dans presque toutes les sociétés d'aménagement (sauf la COMEMA, société d'aménagement des plaines de la Betsiboka dans le nord-ouest du pays) vient d'une volonté des acteurs locaux d'obtenir une possibilité de travailler sur les problèmes fonciers, ce qui n'était pas dans leurs attributions à la création de ces sociétés (Bergeret, 1967). Ces sociétés d'aménagement avaient comme seule possibilité d'agir sur les questions de développement agraire. Après avoir été soumise au gouvernement, cette nouvelle catégorisation des terres est proposée aux sociétés d'aménagement. Dans les faits, c'est un outil supplémentaire pour faciliter l'expropriation, entravée par les lenteurs administratives, à des fins d'aménagement.

Les premiers textes datent de 1955 (décret n°55-887 du 30 juin 1955) et prévoient la création de périmètres de mise en valeur et les conditions d'aménagement agricoles avec expropriation pour cause d'utilité publique, notamment pour les grands travaux d'hydraulique agricole. Mais les dispositions ne sont prises qu'à partir de 1960 en définissant par l'ordonnance 60-141 les principes de création d'une AMVR :

« Ces AMVR sont des collectivités territoriales dotées d'une organisation particulière : elles englobent les terres, les biens, les organismes publics de développement agricole ainsi que les personnes et les collectivités de leur ressort territorial. »

La législation se précise avec l'ordonnance n° 62-042 par son décret d'application n° 63-285 du 22 mai 1963, en augmentant les pouvoirs du gouvernement. Il existe dès lors une dizaine d'AMVR²² réparties entre les différentes sociétés d'aménagement de l'île et définies comme suit :

« L'AMVR est une aire géographique dont la mise en valeur globale et rationnelle est décidée par la puissance publique. Les caractéristiques de cette mise en valeur sont définies dans un programme. Celui-ci vise essentiellement le développement agricole, mais il concerne également l'ensemble de l'équipement économique et social de l'AMVR, notamment dans les domaines de l'enseignement, de la santé, de l'habitat, de l'artisanat, de la coopération, de la commercialisation et du crédit. Toutes les propriétés à l'intérieur de l'AMVR sont alors soumises aux règles décidées par la puissance publique pour le développement de la zone. » (Ordonnance n°62-042)

²² Trois dans la province d'Antananarivo, quatre dans la province de Tulear, trois dans la province de Fianarantsoa et une dans la province de Mahajunga (Rakotosihanaka, 1995).

L'AMVR du lac Alaotra est créée officiellement quatre mois après la SOMALAC²³, le 12 juillet 1961 (Bergeret, 1967). On ne dispose pas de cartes officielles pour la délimiter précisément, mais elle englobe notre zone d'étude des vallées du sud-est, y compris le PC 15 et la RI 11 en vallée Marianina.

A l'intérieur de ces espaces, il ne peut y avoir aucun faire-valoir indirect, ni aucun morcellement des terres en dessous d'une « unité rationnelle d'exploitation » dont la superficie varie en fonction de la zone (quatre hectares au PC15, trois hectares dans le PC23). La mise en valeur doit être conforme à un cahier des charges qui, s'il n'est pas respecté, peut donner lieu à des expulsions.

Enfin, en 1964, les AMVR changent à nouveau de nom pour devenir des Zones d'Aménagement Foncier (ZAF) qui, comme leur nom l'indique, correspondent bien à un resserrement des priorités sur les questions de propriété.

Avec ces différentes législations et découpages de l'espace, ce sont les droits coutumiers qui sont abolis, ce qui renforce le système de métayage déjà inégalitaire car tenu en grande partie par les notables et chefs de clans. Ces modes de faire-valoir avaient été également renforcés par l'abolition de l'esclavage au début de la colonisation, qui enlevait aux grands propriétaires leur « capital de production » (Remuzat, 1987).

La mise en place des différentes catégories foncières aboutit à une vision plus politique du territoire et permet une gestion de celui-ci à travers les organes de l'Etat de plus en plus décentralisés de l'Etat. C'est dans ce contexte que sont créées des sociétés d'aménagement dont l'existence et le fonctionnement ont de lourdes conséquences sur la gestion du territoire et la perception des acteurs locaux, principalement des agriculteurs.

Auparavant, il s'agit d'étudier les premiers aménagements hydro-agricoles au lac Alaotra et en particulier dans les vallées du sud-est. L'agriculture familiale, qui était générale au lac Alaotra (mises à part quelques concessions de plusieurs dizaines, voire centaines d'hectares, la taille moyenne des parcelles est voisine de l'hectare), va subir dans ces espaces nouvellement aménagés de profondes transformations, qui ne seront pas sans conséquences dans la perception que les paysans auront des tutelles politiques et administratives.

2.2 Les aspects hydrauliques

Les aménagements hydro-agricoles construits dans la cuvette du lac Alaotra, avaient pour objectif un accroissement des terres cultivées, au détriment des marais. A l'origine, c'est une poursuite, à une cadence plus rapide, des pratiques traditionnelles de cette région.

Les premières études et bornages pour la réalisation de périmètres irrigués, dits de colonisation, eurent lieu au début du 20^{ème} siècle, notamment suite aux études de Longuefosse.

²³ Société Malgache d'Aménagement du Lac Alaotra

Le principal obstacle aux aménagements est le phénomène de crue du lac Alaotra : la cote moyenne mensuelle maximale est de 753,21 mètres NGM²⁴ (en mars) et la cote moyenne mensuelle minimale est de 749,86 mètres NGM, ce qui représente une variation de 3,35 mètres (Ferry *et al.*, 2009). Une fois la décrue amorcée, les terres se dessèchent rapidement. C'est pourquoi Longuefosse préconisait une stabilisation du lac Alaotra en installant un barrage avec usine hydro-électrique à l'exutoire du lac, sur le fleuve Maningory, afin de réguler les débits. Il propose également d'installer sur un des principaux affluents du lac, la rivière Sahabe, des canaux de dérivation afin d'en faire des voies de communication navigables.

Entre 1905 et 1922, le développement de la région engagé avec le gouverneur Galliéni est donc très ambitieux mais son successeur, Augagneur, n'effectue pas le programme prévu pour le lac Alaotra et se cantonne à l'amélioration et au perfectionnement des réseaux de canalisation hova et betsileo des hautes terres de Madagascar (Chevalier, 1946).

A partir de 1924, le nouveau gouverneur, M. Olivier, reprend le programme de Galliéni sur les points suivants :

- Les grands travaux d'hydraulique, dont les réalisations sont présentées ci-dessous,
- La création d'une nouvelle station agricole, permettant entre autres l'étude des besoins en eau du riz par rapport au milieu spécifique du lac Alaotra, le choix des variétés et la lutte contre les maladies du riz, une station à la pointe scientifique à Madagascar,
- La lutte contre le déboisement et les premiers essais d'organisation de réserves naturelles,
- L'intensification de l'élevage, mais sans recherche quant à l'amélioration des pâturages,
- Une amélioration sociale avec développement de l'enseignement indigène et technique,
- Le développement économique,
- Ainsi qu'une réforme administrative.

Mais la crise mondiale au début des années 1930 ne permet pas de poursuivre ces projets ambitieux lancés pour le développement du bassin du lac Alaotra. La section du génie rural ne reprend ses activités qu'en 1938 (Chevalier, 1946). Les deux principes essentiels des aménagements hydro-agricoles sont, d'une part, l'utilisation des cours d'eau et, d'autre part, le drainage des marais.

²⁴ Nivellement Général de Madagascar

Concernant l'utilisation des cours d'eau, on recourt à deux méthodes, décrites par A. Chevalier :

- dérivation et prises directes dans le cours d'eau avec nécessité de creuser un canal de tête morte (ou canal d'amenée, qui achemine l'eau de la rivière au réseau principal d'irrigation) suffisamment long, ce qui rend cette solution coûteuse,
- installation d'un barrage dans le cas de rivières encaissées, mais le régime des cours d'eau étant mal connu et la variabilité climatique annuelle et interannuelle importante, cela nécessite d'attribuer un coefficient de sécurité élevé, rendant également cette solution coûteuse.

Or, la deuxième guerre mondiale va priver Madagascar des moyens financiers nécessaires. Ces solutions sont donc mises de côté en raison de leur coût trop important et les premiers aménagements au lac Alaotra ne sont donc qu'un ensemble de canaux de drainage, afin de récupérer des terres sur les marais et d'utiliser cette eau canalisée au moment de la période végétative du riz. Les canaux secondaires et tertiaires ainsi que le réseau de distribution ne sont pas concernés par les aménagements et sont laissés à la charge des usagers.

Par ailleurs, lorsqu'il y a un déficit en eau, un rationnement de l'eau est prévu avec des rotations et des limites de prélèvements pour les usagers en amont du réseau. Ciolina (1946) préconise également de développer le repiquage du riz, plus économe en eau que le semis à la volée, et d'adapter l'utilisation de l'eau aux différentes périodes végétatives du riz.

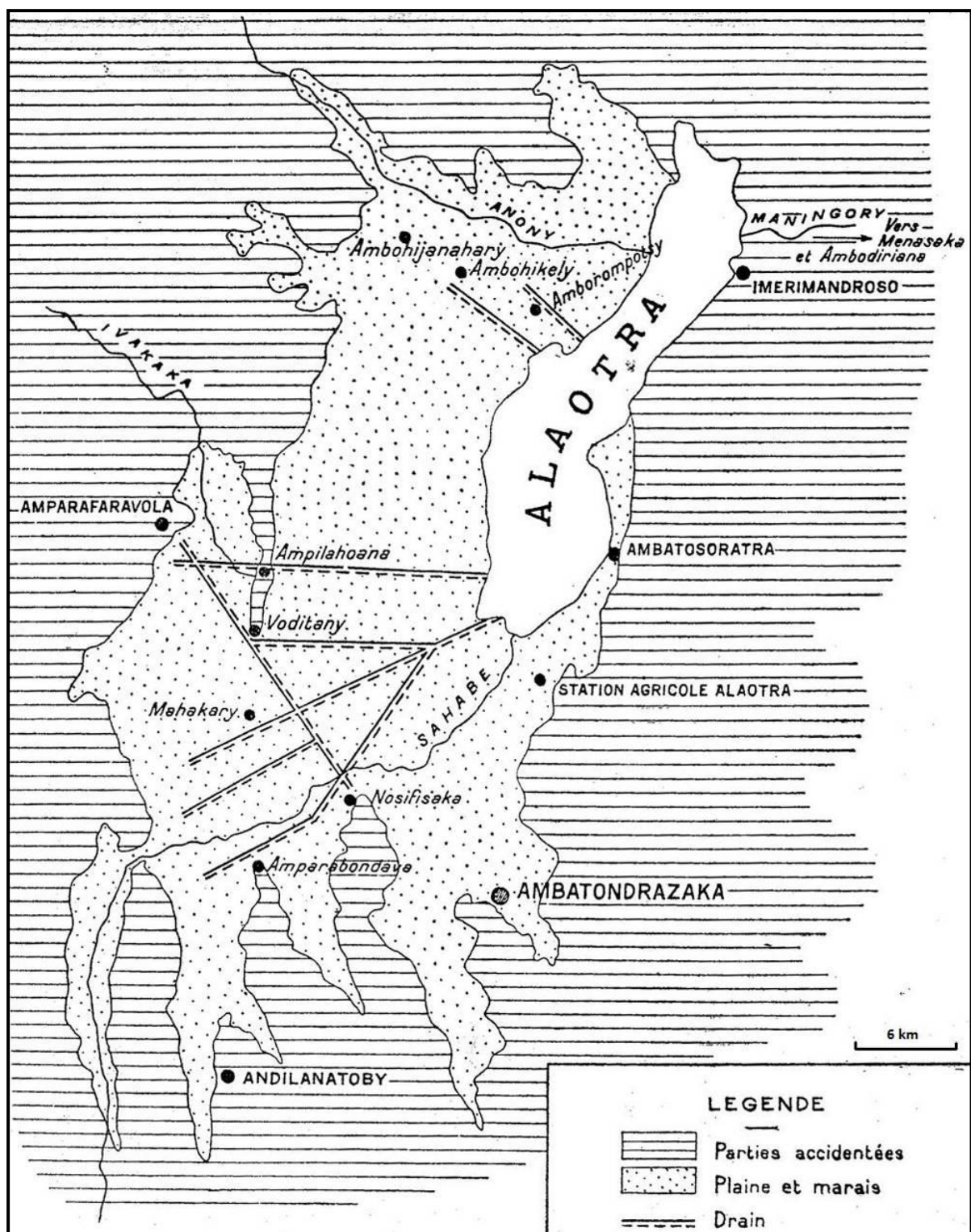


Figure 10 : Réseau de drainage au lac Alaotra (Ducoureu, 1945)

Le creusement de ces canaux de drainage débute en juillet 1943 (Ciolina, 1946), au nord-ouest et au sud-ouest du lac, là où les terres sont légèrement plus élevées, notamment dans le delta de l'Anony (10 000 hectares de rizières sont concernés) et prioritairement dans le périmètre de colonisation n°23 (23 000 hectares de rizières).

Au total, cent cinquante (150) kilomètres de canaux sont creusés au lac Alaotra, dont cent quarante (140) kilomètres de collecteurs pour le drainage (Figure 10).

Sur les trente trois mille (33 000) hectares de rizières répertoriées au lac Alaotra à cette époque, ces premiers canaux permettent d'en irriguer six mille (6000) hectares, soit 18% des surfaces entre 1943 et 1944. Ce sont les populations indigènes qui ont réalisé presque entièrement, gratuitement ou presque ces travaux de creusement, là où des machines ne pouvaient accéder en raison des marécages.

En récompense de leurs efforts, des réserves indigènes leur seront attribuées (Ducourau, 1945). Cette augmentation des terrains rizicoles a été accompagnée d'une migration dirigée d'une centaine de cultivateurs betsileo et de leurs familles.

Mais, pour l'essentiel, les populations autochtones et européennes n'attendent plus rien de ces grands travaux que l'Etat promet depuis plus de trente ans. C'est de façon volontaire (Le Bourdieu, 1974) qu'ils continuent donc à récupérer des terres sur les marais au rythme de mille (1000) hectares par an (Le Chevanton, 1952), et c'est avec confiance que les malgaches viennent solliciter des conseils et une demande de coordination des travaux collectifs auprès de l'Administration. En 1947, les premiers drains sont creusés au PC 15 (C.A.M.V.A.L.²⁵, 1960), visibles sur la photographie aérienne de 1949. C'est l'actuel drain nommé D2 dans l'est du périmètre irrigué PC 15 (Figure 11).

²⁵ C.A.M.V.A.L. : Comité d'Aménagement et de Mise en Valeur de l'Alaotra

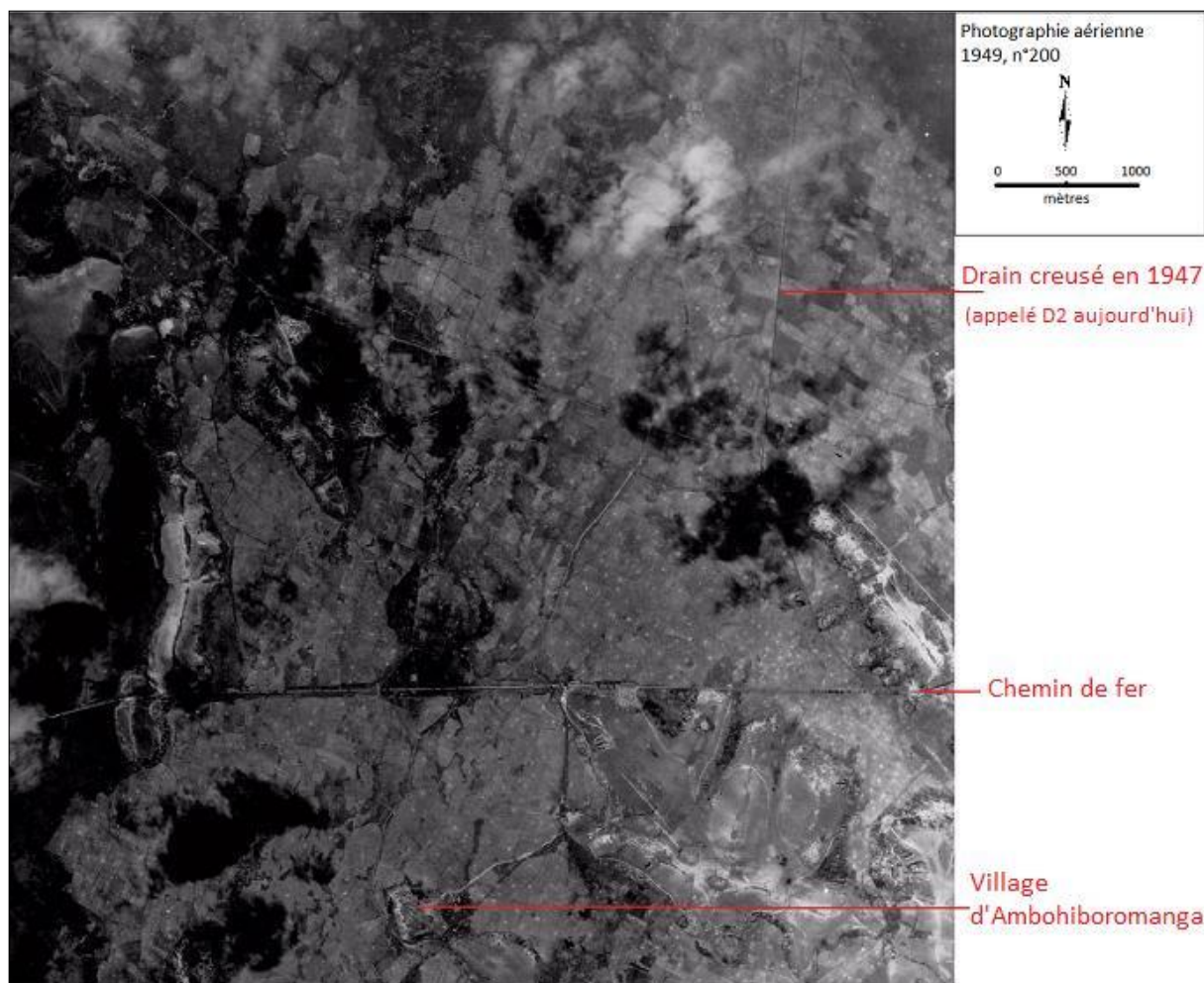


Figure 11 : Prise de vue aérienne de 1949 montrant les premiers drains du PC 15

En 1949, le plan décennal d'équipement de Madagascar prévoit à nouveau de grands travaux pour cette vaste plaine au potentiel important. R. Clément écrit en 1949 (p.70): « *Laissera-t-on dormir ces richesses dans l'eau des marécages (...), telle est la question posée pour cette région qui s'offre comme un cadeau de la Nature à l'Homme ?* »

Mais les études recommencent de zéro, abandonnant toutes les projets passés. C'est la société Neyrpic qui est en charge de ce nouveau programme, moins ambitieux que les précédents, mais qui prévoit de récupérer tout de même quarante-mille (40 000) hectares de rizières dans les marais à l'embouchure de la Sahabe. Ce projet est finalement à nouveau repoussé du fait de son coût trop important. En revanche, une étude hydrologique systématique sur le long terme (jusqu'en 1960) est amorcée par Neyrpic (bilan hydrologique, apport des rivières, coefficients d'écoulement et d'évaporation) et la conclusion apportée par ce rapport est que « *l'eau est rare et difficile à garder* » (CAMVAL, 1960) !

C'est sur le périmètre de colonisation n°23, qui a déjà bénéficié de travaux de drainage en 1943-1944, que les budgets vont se concentrer avec une étude détaillée de son aménagement pour une superficie de trente-mille (30 000) hectares (CAMVAL, 1960). Mais, en 1954, l'administration revoit une nouvelle fois à la baisse cet objectif en réduisant le projet d'aménagement à dix-mille (10 000) hectares.

Les études pour le PC 15 débutent parallèlement aux travaux du PC 23 en 1953 (études topographique, hydrologique, et domaniale), ainsi que dans deux autres périmètres : Andilamena, au nord, et Sahamaloto, au nord-ouest. Les aménagements sont prévus pour le deuxième plan quadriennal (Bergeret, 1967). Ces études et travaux ont dans un premier temps provoqué l'hostilité des populations, qui n'ont pas été associées au projet. Mais elles reconnaissent *a posteriori* leur intérêt en constatant les résultats dans le PC 23 voisin.

Les aménagements et travaux s'effectuent entre 1953 et 1964. L'objectif au sein du PC 15 est double :

- accroître les superficies cultivables en avançant dans le marais,
- assurer l'irrigation dudit périmètre.

Cet aménagement s'est fait en deux phases :

- mise en place d'un réseau d'irrigation classique avec irrigation et drainage à partir d'une prise dans la rivière Harave au niveau d'Ambohiboromanga,
- création d'un barrage-réservoir en amont, afin d'améliorer les disponibilités en eau.

Entre 1954 et 1959, le PC 15 est aménagé sur une superficie de quatre-mille (4000) hectares (Figure 12) et son irrigation est assurée par un barrage-digue en terre construit à un peu plus de dix (10) kilomètres en amont (Figure 13).

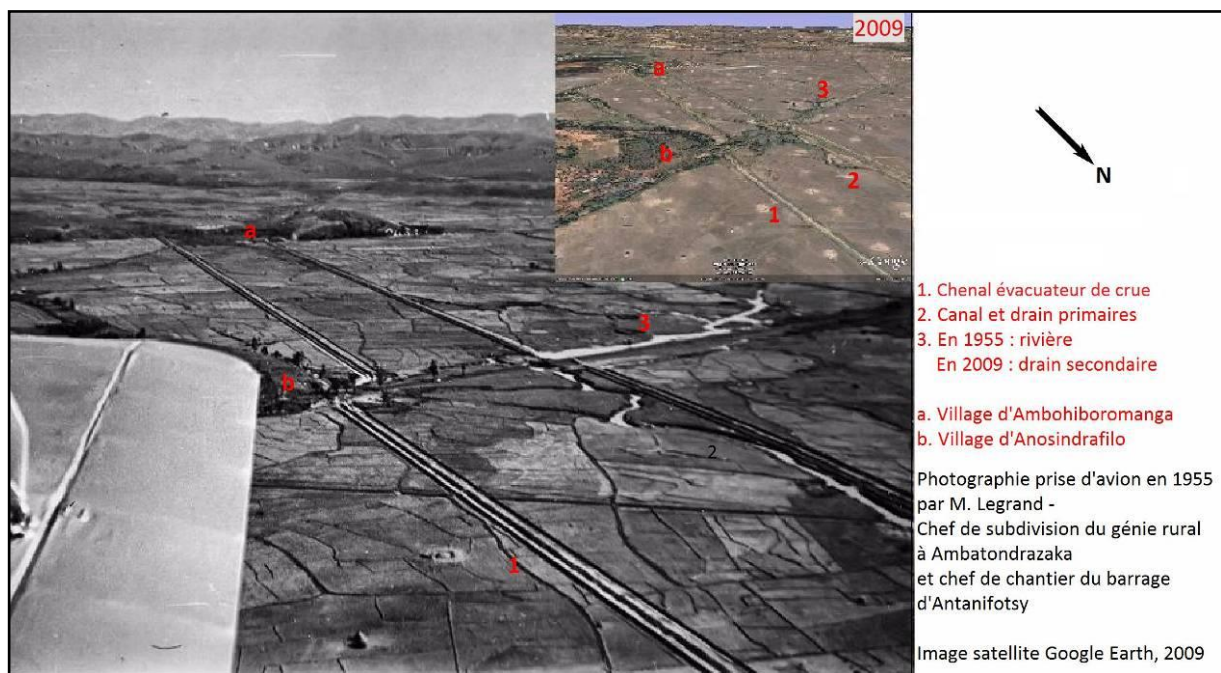


Figure 12 : Partie est des aménagements du PC 15 en 1955 ; photo G. Legrand, et Google Earth

Ce barrage permet en fait l'irrigation de sept-mille (7000) hectares ; en effet le territoire compris entre le barrage et le périmètre irrigué est une plaine alluviale, à vocation rizicole, d'une superficie de 3000 hectares qui, après aménagement bénéficiera elle aussi des eaux du barrage. Ce barrage est construit à l'endroit d'un petit lac (Amparihilava) appelé aujourd'hui lac d'Antanifotsy-Bevava, du nom des villages situés de part et d'autre de la digue.

Ce barrage en terre, technique relativement nouvelle pour l'époque, dont la digue fait près d'un kilomètre de long, a une capacité de plus de vingt-six (26) millions de mètres cube. Il est alimenté par la rivière Sasomangana dont le bassin versant est de 76 km² de superficie.

Les caractéristiques de même que le fonctionnement de ces aménagements seront présentés de façon détaillée en deuxième partie de la thèse.

Ces aménagements s'accompagnent, une fois les terres attribuées aux colons et aux indigènes, d'une restructuration totale de l'espace, avec transformations des périmètres de colonisation et réserves indigènes en périmètres irrigués. Ces changements sont suivis d'un remembrement nécessaire des parcelles, dont la superficie et la forme très hétérogènes ne permettent pas une gestion rationnelle de l'espace.



Figure 13 : Crête et parement aval du barrage d'Antanifotsy-Bevava, vue de l'appui gauche ; photo J. Erismann

Le réseau classique en 1965 est composé de (Figure 14 et 15) :

- Deux canaux d'irrigation primaires :
 - Le canal I2, d'une longueur totale de 9,8 kilomètres, permet l'irrigation de 1750 hectares sur ses deux rives (1100 hectares en rive droite et 650 hectares en rive gauche). Ce canal est aménagé avec 18 ouvrages régulateurs (prises et partiteurs)
 - Le canal I8, d'une longueur de 9 kilomètres, permet l'irrigation de 1350 hectares sur sa seule rive droite. Il possède 11 ouvrages régulateurs.
- Trois drains :
 - Le drain D2, d'une longueur totale de 10,5 kilomètres, draine les 650 hectares irrigués par les prises en rive droite du canal primaire I2. Il est séparé en plusieurs biefs par 12 ouvrages régulateurs (chutes), principalement afin de diminuer les vitesses d'écoulement et les risques d'érosion linéaire.
 - Le drain D8, d'une longueur totale de 9,2 kilomètres, se poursuit le plus loin possible au nord dans les Cypéracées du marais. Il draine les 1300 hectares irrigués par I8 et les trois quarts (soit 1100 hectares) de la superficie irriguée par I2. Il possède 9 ouvrages régulateurs.
 - Le drain D3, d'une longueur totale de 6,5 kilomètres, draine la partie est du périmètre et participe également à l'assainissement des rizières extérieures au périmètre où il se termine, laissant les eaux rejoindre le drain D2.
- Un chenal évacuateur de crue et des eaux non prélevées pour l'irrigation, entre le drain D2 et le drain D3, composé de deux digues distantes de 250 mètres, limité pour une crue centennale.
- Une prise sur la rivière au niveau d'Ambohiboromanga, tout à fait au sud-est du PC 15, d'une capacité de 3982 litres/seconde, permettant donc l'irrigation de 2654,6 hectares à raison d'une consommation de 1,5 litres/seconde/hectare
- Un réseau d'irrigation secondaire, uniquement à l'ouest du drain D8, car la densité du parcellaire est double par rapport à l'est.

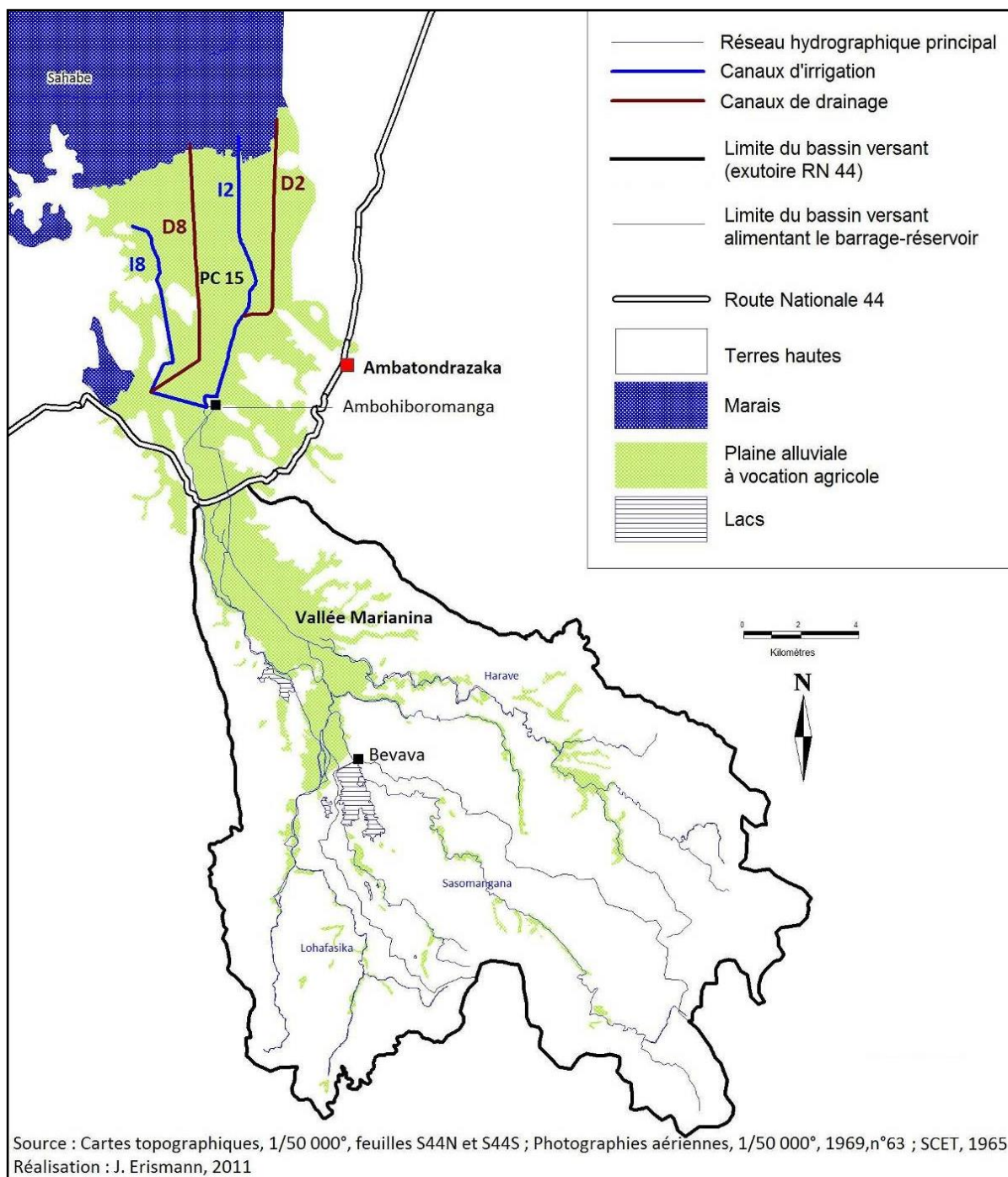


Figure 14 : Ensemble hydrographique et hydraulique du périmètre irrigué PC 15 en 1965

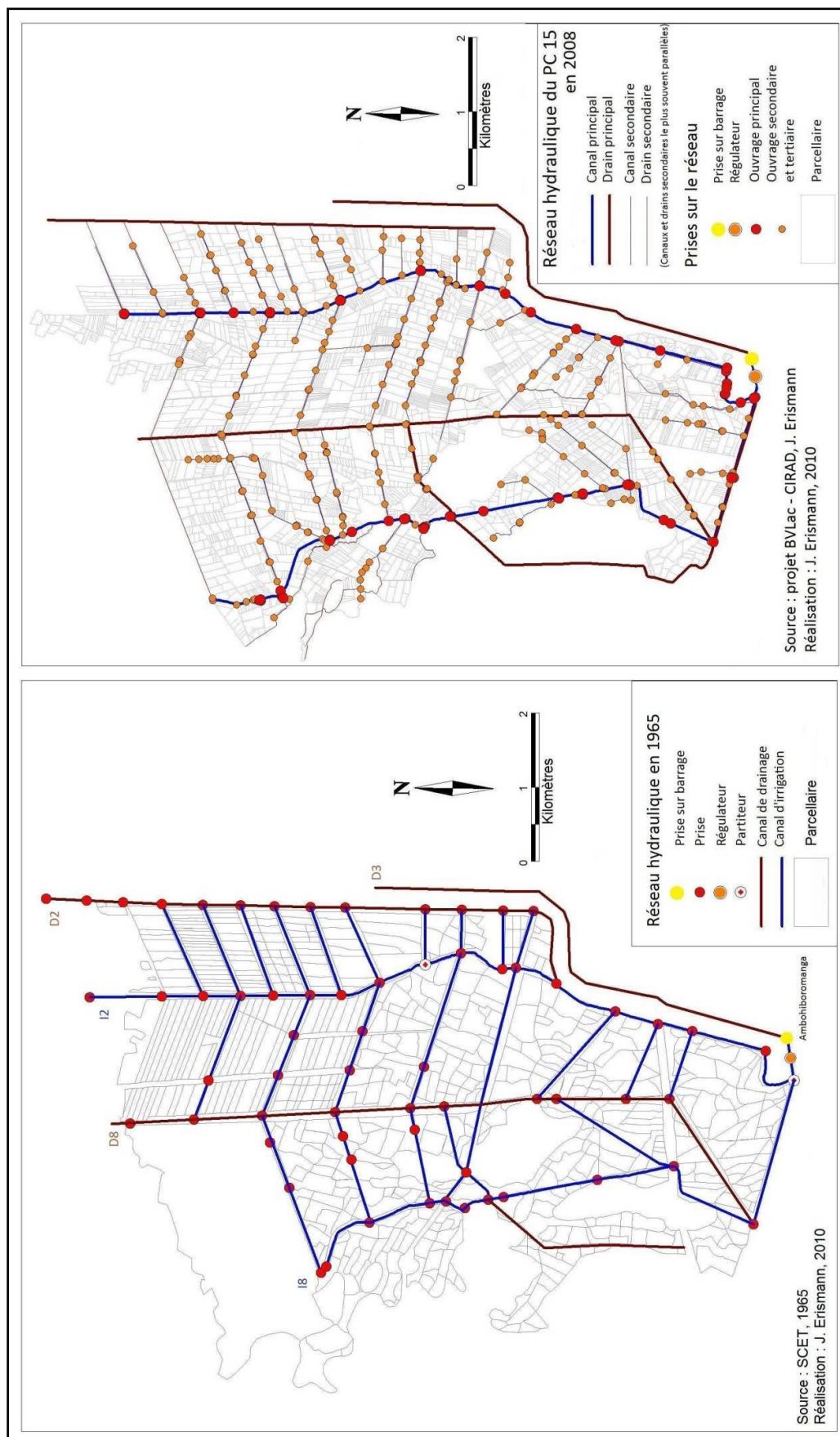


Figure 15 : Evolution du réseau hydraulique du périmètre irrigué PC 15 entre 1965 et 2008

L'inventaire des canaux d'irrigation secondaires avec leurs débit et surface théorique irrigable, ainsi que la taille des mailles hydrauliques, se trouvent en annexe 8.

Aujourd'hui, la construction du réseau est achevée (Figure 15). Les canaux secondaires ont un développement total de 58,4 kilomètres et les drains secondaires, qui, le plus souvent, longent les canaux secondaires, représentent 51,3 kilomètres. On dénombre 82 prises ou régulateurs principaux, 33 prises secondaires et 143 prises tertiaires, et aussi 41 dalots (section rectangulaire) et buse (section ronde), un déversoir de sécurité et 4 barrages-poutrelles.

Il y a également des aménagements non hydrauliques : entre les pistes qui longent les digues de protection entourant les canaux principaux, 31 ponts ou passerelles, 10 lavoirs, 5 passages à zébus et 11 abreuvoirs.

A l'indépendance, afin de clarifier la situation et de poursuivre les aménagements engagés, l'Etat malgache crée dès mars 1961 des sociétés d'aménagement pour les grands périmètres irrigués (Annexe 9). Au lac Alaotra, c'est la SOMALAC²⁶ qui reprend les travaux d'hydraulique, et en particulier les aménagements terminaux : le planage du terrain dans un premier temps, le niveau tertiaire d'irrigation qui délimite les exploitations et les canaux terminaux. A ce niveau, on se rend bien compte de la nécessité d'une restructuration agraire avec remembrement afin d'optimiser l'utilisation de l'eau dans les mailles hydrauliques. C'est donc cette nouvelle politique de l'Etat malgache devant conduire à l'autosuffisance alimentaire du pays, à travers les sociétés d'aménagement agricoles et le projet de remembrement des terres à partir des années 1960.

²⁶ Société malgache d'aménagement du lac Alaotra

3. Les projets successifs de l'Etat malgache

3.1 Les sociétés d'aménagement et le nécessaire remembrement des terres

Ce sont des sociétés d'économie mixte (SEM) à participation majoritaire de l'Etat, dont le rôle est défini par le Commissariat au Plan. « *Le choix de la société d'économie mixte permettait de réaliser un compromis séduisant entre la méfiance vis-à-vis des sociétés étrangères et le désir de les voir s'installer et travailler dans le pays.* » (Surbiguet, cité par Bergeret, 1967).

En 1962, il existe cinq (5) de ces sociétés sur l'ensemble du territoire, qui sont par ordre de création :

- La SOMASAK²⁷, dans le Moyen-Ouest (à l'ouest d'Antananarivo), qui a aménagé en 1965 près de 5000 hectares (contre 50 000 hectares prévus à l'origine). Elle est dissoute en 1967. Mais ses actions sont reprises par le BDPA (Bureau d'Etudes pour le Développement de la Production Agricole) quelques mois plus tard dans le cadre de l'ODEMO (Opération de Développement du Moyen-Ouest).
- La SOMALAC, au lac Alaotra, qui doit gérer un périmètre de trente-mille (30 000) hectares et qui, en 1965, en avait aménagé près de cinq mille (5000). C'est la société la plus importante de la grande île, à tout point de vue : plus grand périmètre, plus grande surface aménagée et cultivée et plus grand nombre d'exploitants. Son examen est détaillé ci-dessous.
- La SAMAMGOKY, sur la côte ouest, avec un périmètre de vingt-cinq mille (25 000) hectares, dont mille (1000) sont aménagés en 1965.
- La SEFEDITA, dans le sud-ouest de l'île, se subdivise en deux sociétés : Fiherenana et Taheza. L'ensemble porte sur un périmètre de douze mille hectares, dont deux-mille deux cent (2200) hectares sont aménagés.

En 1964, une nouvelle société est créée pour les vastes plaines de la Betsiboka, dans le nord-ouest de l'île, la COMEMA. Elle gère un périmètre de dix-huit mille (18 000) hectares et a ceci de particulier que ce n'est pas l'Etat qui est en charge de la gestion mais la province de Mahajanga. Dans l'esprit des fondateurs, c'est une volonté d'avoir une gestion propre en partant du local, et « *le désir de subordonner étroitement le 'technique' au 'politique'* » (Bergeret, 1967, p.95).

²⁷ Société Malgache d'Aménagement de la Sakay

Dès 1962, les objectifs sont fixés pour l'ensemble de ces sociétés :

- Gérer directement une partie de la superficie aménagée,
- Gérer la culture mécanique et former les jeunes agriculteurs à de nouvelles techniques culturales,
- Enseignement, vulgarisation,
- Soutien à la coopération dans des groupements.

L'objectif principal est une politique de production à haut rendement, un impératif économique pour atteindre l'autosuffisance alimentaire.

Les missions se précisent en 1964 avec le premier Plan quinquennal, au chapitre du Plan agricole. Les sociétés d'aménagement doivent mettre en valeur les grands périmètres, soutenus par une politique foncière, les AMVR et un encadrement. Ce fonctionnement se veut transitoire et vise à aboutir à des coopératives et structures professionnelles dans lesquelles les paysans se doivent de gérer leurs intérêts. Au niveau financier, les sociétés doivent, avant 1968, arriver à un autofinancement.

Sur le terrain, elles sont assistées par la SCET²⁸ (Société Centrale pour l'Equipement du Territoire), et son département « coopération », constituée en 1955 par les pouvoirs publics. Son activité est basée sur la mise en valeur agricole, le développement urbain ou industriel et l'expansion économique, par le biais d'études concrètes de terrain, portant à la fois sur les facteurs techniques, humains, sociaux, économiques et financiers, ainsi que sur la formation d'agents techniques. C'est en quelque sorte un prestataire de services pour les sociétés d'aménagement.

Au niveau politique, la participation de l'Etat dans la SOMALAC est de 55% et de 10% pour les collectivités territoriales ; à cela s'ajoutent des capitaux français parapublics. Cette implication forte de l'Etat rend le caractère d'économie mixte de cette structure purement formel.

Par ailleurs, l'Etat détient également la majorité des sièges au conseil d'administration ainsi que des possibilités de contrôle interne (Commissaire au gouvernement) et externe (technique et financier).

Cette volonté est, selon J. Dez (1967), « la conséquence d'une certaine méfiance à l'égard des sociétés d'aménagement, très vivace en 1960-1961, méfiance qui, elle-même, résulte du caractère excessif de certains projets en leur faveur, envisagés pendant la période 1959-1960, et tels que, combinés avec les projets relatifs aux futures AMVR, on eut fait de ces sociétés des organismes pratiquement indépendants du gouvernement, agissant sur des zones soustraites à son autorité. Il en est résulté la crainte que, même avec la réglementation

²⁸ Société Centrale pour l'Equipement du Territoire, société créée en 1955 sous le régime colonial, et dont le directeur faisait partie des membres de la SOMALAC

finalement adoptée, les sociétés d'aménagement n'exercent leur action en cherchant à s'affranchir de toute tutelle de la part de la puissance publique. Cette organisation était également souhaitée par les premières sociétés, désireuses de marquer par là qu'elles n'entendaient pas s'affranchir de cette tutelle. »

Malgré la possibilité que l'Etat avait d'exercer son contrôle sur ces sociétés, celui-ci ne s'est généralement exercé qu'*a posteriori*. Cela peut expliquer en partie qu'elles n'aient pas atteint leur objectif principal, à savoir réaliser l'optimum de développement agricole possible dans une zone donnée.

Selon Bergeret (1967), ce mode de fonctionnement, tout à fait centralisé et sans contrôle efficace, soulève un double questionnement :

- Pourquoi les instruments mis à la disposition de l'Etat n'ont-ils pas ou peu été utilisés ? S'agit-il d'un manque de capacité, de vision claire du rôle de ces sociétés d'aménagement dans le développement du pays, de la définition même de développement agricole ?
- Ou est-ce le cadre juridique des SEM appliqué à des sociétés d'aménagement agricole qui était mal adapté « *aux exigences profondes du développement agricole malgache, parce qu'il reste de type occidental, parce qu'il correspond aux besoins d'une société occidentale et non aux exigences de développement d'un pays du Tiers-Monde avec sa personnalité originale ?* »

Ces nouvelles formes de gestion du territoire provoquent également une adhésion très mitigée de la part d'agriculteurs qui se sentent soumis à une structure féodale. L'ajout de la dimension politique ne plaide pas non plus en leur faveur ; les sociétés craignant d'être manipulées par un parti ou un autre. De plus, les aménagements impliquent une réorganisation foncière avec les AMVR et la nécessité n'en est pas comprise par les paysans, comme l'écrit G. Roy (1965) à propos de la SOMASAK et de la SOMALAC :

« Si l'emploi d'une politique de force pouvait s'avérer discutable dans le cas de la SOMASAK, il ne faudrait pas en conclure pour autant que le recours à une certaine dose de contrainte doit être systématiquement banni dans une action de développement. C'est le cas notamment des interventions qui impliquent une redistribution des terres, comme à la SOMALAC. Il est évident que les possesseurs d'importantes superficies ne peuvent accepter de leur plein gré de les voir réduites. »

« La logique du gouvernement est claire : promouvoir le développement économique des paysans, et pour ce faire ne pas craindre l'hostilité des paysans, ce qui est refus de la démagogie. Aussi claire et séduisante soit-elle, une telle position n'est tenable que si la stratégie de développement du milieu rural se situe dans le possible actuel de la population,

ce qui rend possible son acceptation et sa maîtrise par les intéressés, sinon l'action devient aventure. C'est donc sur la stratégie de développement elle-même qu'il faut s'interroger. »

Toujours selon G. Roy, il y a une relation forte entre la politique de force malgache et l'origine des fonds consacrés au développement... Par l'argent reçu à Madagascar des pays de l'Europe occidentale, *« il s'agit de modeler rapidement la réalité villageoise malgache sur la réalité, érigée en modèle pur, des agricultures de marché des pays occidentaux. »*

Les stratégies politiques, à quelque niveau qu'elles se situent, sont donc fondamentalement différentes des stratégies paysannes, beaucoup moins productivistes et qui ne sont jamais prises en considération. Selon Blanc-Pamard *et al.* (1984), elles sont de trois types pour les agriculteurs :

- Accumulation : de la terre, du bétail, d'argent. Les rapports de production et de foncier sont donc basés sur l'échange en nature ;
- Diversification par combinaison entre riziculture et autres activités ;
- Production : extensive et anti-risque (sauf pour les migrants qui ont pour objectif la maximisation d'une production).

Et les attentes des paysans face à la SOMALAC sont les suivantes :

- Se libérer des contraintes du foncier
- Obtenir les principaux facteurs de production (sécurisation de l'eau, semences adaptées, aide financière pour la main d'œuvre, herbicides, machines agricoles)

Quels ont été les impacts et les perceptions que les paysans du lac Alaotra ont eus de ces sociétés d'aménagement à travers le cas de la SOMALAC, la plus importante d'entre toutes au niveau de l'emprise spatiale ?

En effet, la SOMALAC est celle dont le développement est le plus apparent (près de 5000 hectares aménagés en 1965, 8365 hectares en 1966, puis environ 3000 hectares par an jusqu'en 1973, soit au total près de 30 000 hectares aménagés au lac Alaotra), accompagné de la plus importante restructuration agraire. Créée le 18 mars 1961, son objectif premier est la gestion de cinq grands périmètres irrigués autour du lac et la réalisation de leurs aménagements hydro-agricoles terminaux.

Cependant, ses fonctions vont devenir plus globales avec la prise en compte des facteurs sociaux au sein des aménagements. A. Bergeret (1967) requalifie d'ailleurs cette société d'aménagement de « société d'intervention rurale ». Tandis que la SOMALAC doit s'occuper des aménagements agricoles, ce sont les AMVR qui sont en charge des problèmes fonciers.

Les grands périmètres irrigués (Figure 16), du Nord au Sud-Est, sont les suivants :

- La cuvette d'Andilamena n'est pas dans le bassin versant du lac Alaotra, mais dans la région administrative du lac. La SOMALAC est tenue de gérer et de développer les aménagements terminaux de ces trois mille six cent (3600) hectares de rizières, aménagés à partir de 1953.
- Anony, avec six mille (6000) hectares de rizières irriguées, possède un barrage-réservoir construit en 1964-1965. Le réseau d'irrigation a été développé jusqu'au niveau tertiaire et les terres, composées essentiellement de baiboho²⁹, sont très fertiles. Les aménagements terminaux sont à la charge de la SOMALAC.
- Sahamaloto, avec sept mille sept cents (7700) hectares de rizières irriguées, possède également un barrage-réservoir et complète son irrigation par détournement de cours d'eau. L'aménagement de ce périmètre a été terminé en 1953 et la SOMALAC a donc la charge de mettre en place le réseau tertiaire pour l'irrigation.
- Le PC 23 comporte six mille (6000) hectares de rizières irriguées et a en outre un grand potentiel de développement (aménagement de 10.000 hectares et possibilité de couvrir plus largement de 25.000 à 50.000 hectares) en raison de la présence de marais. La SOMALAC doit ici renforcer les réseaux primaires et secondaires et effectuer l'intégralité des travaux au niveau tertiaire.
- Le PC15, avec quatre mille (4000) hectares de terrains à vocation rizicole mais sur des terrains encore marécageux et tourbeux, dont le drainage a commencé en 1953 avec un réseau simple d'irrigation et drainage du périmètre et la construction en 1959 d'un barrage-réservoir. La SOMALAC a ici joué un grand rôle avec le nivellement et le planage des terrains, le développement du réseau d'irrigation-drainage ainsi que les aménagements terminaux.

²⁹ Les baiboho sont situés dans les plaines, en contrebas de tanety ; ce sont des sols riches, formés par les colluvions des versants.

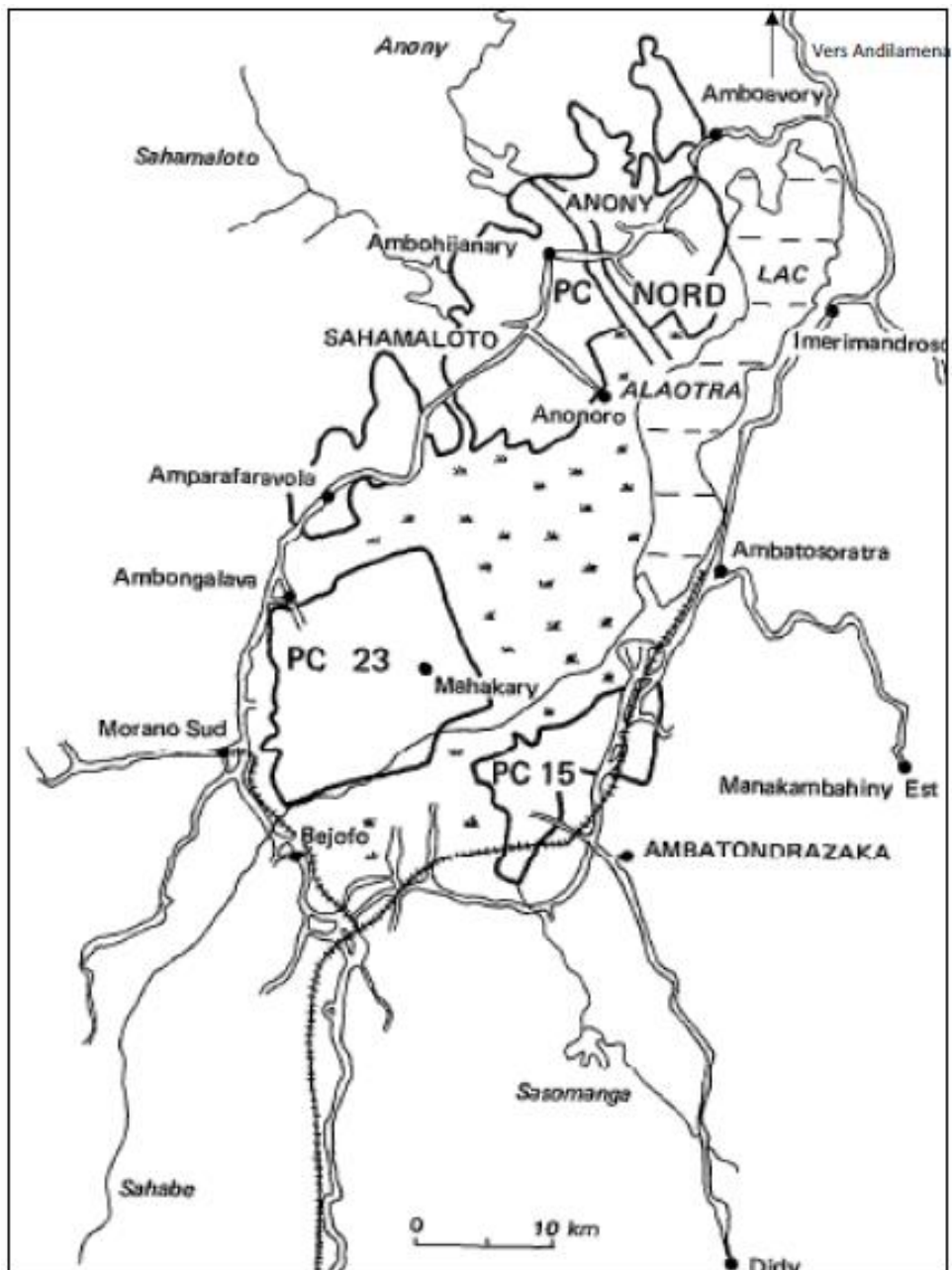


Figure 16 : Les grands périmètres irrigués dans le bassin du lac Alaotra
(Blanc-Pamard, 1987)

Les trois premières années de son fonctionnement, la SOMALAC a fixé elle-même ses objectifs : l'aménagement entre 1966 et 1973 de lots (parcelles à vocation rizicole) de cinq (5) hectares en contrat de location-vente sur quinze ans, permettant à une famille d'avoir un revenu annuel décent (après remboursement des frais liés à l'aménagement des terres) sur une superficie totale de trente mille (30.000) hectares. Son action devait donc porter à la fois sur des questions techniques d'aménagements hydro-agricoles (aménagements rationnels des rizières), économiques (lotissement des terres en parcelles afin d'en faire des exploitations économiquement viables), et sociales (encadrement, vulgarisation de techniques agricoles et crédit).

Le plan Quinquennal 1964-1968 va quelque peu modifier les objectifs de la SOMALAC, société qui se différencie des autres par son développement rapide. Ce programme a pour vocation l'« *intégration progressive et rationnelle des nationaux dans les mécanismes de conception, de direction, de gestion des intérêts économiques. (...) Il faut souligner que ces deux formules (sociétés d'aménagement et section technique de la CEAMP³⁰) restent transitoires et doivent aboutir à plus ou moins long terme à des structures professionnelles (coopératives, syndicats d'exploitants). Il est en effet indispensable que les paysans participent à la gestion de leurs propres intérêts et apportent leur concours entier à la politique de développement voulue par le Gouvernement.* » (Bergeret, 1967)

Par ailleurs, il faut parvenir à une politique de haut rendement et d'autofinancement le plus vite possible. Trois types d'action sont alors menés dans les zones sous responsabilité de la SOMALAC :

- Elle doit lotir les terres et poursuivre les travaux du génie rural dans les aménagements hydro-agricoles, notamment les aménagements terminaux qui correspondent à une maille hydraulique, dont la superficie est fixée à cent (100) hectares pour une utilisation rationnelle de la ressource. Or les mailles terminales ont des superficies variant de 200 à 500 hectares. Si au départ la cadence de l'aménagement des surfaces aménagées est fixée à 1000 hectares par an, les premiers résultats très positifs permettent d'augmenter le quota à 3000 hectares par an afin d'arriver rapidement à une surface totale cultivée de trente mille (30.000) hectares au lac Alaotra.
- Le programme comprend également un point relativement novateur, mais indispensable : l'aménagement de quarante mille (40.000) hectares de tanety (colline) en amont des aménagements afin de les protéger de l'érosion qui sévit de façon importante dans la région. Mais ces aménagements sont très vite abandonnés par la société qui invoque des résultats trop insatisfaisants sur des sols très pauvres et le manque d'intérêt des agriculteurs qui ne s'occupent de ces terroirs qu'à partir du moment où le travail dans les rizières est achevé.
La tentative de prise en compte du bassin versant dans la gestion du territoire sera une des thématiques de la seconde partie de cette thèse, où seront détaillées les actions menées dans les amonts et ses relations avec l'aval.
- A cela s'ajoute un objectif de 7000 hectares de culture en contre-saison (légumes et fourrages). En 1967, l'objectif est atteint aux deux-tiers avec vingt mille (20.000) hectares de terres cultivées.

Mais la gestion de l'eau est rendue difficile par le morcellement du parcellaire, et cela principalement dans le PC15. En effet, les ouvrages hydro-agricoles construits devaient permettre d'irriguer des lots de 3 ou 4 ha non divisibles mais la forme et l'agencement des

³⁰ CEAMP : Centrale d'Équipement Agricole et de Modernisation du Paysannat, section technique opérationnelle du Ministère créée en 1963.

parcelles entre elles ne permet pas une utilisation rationnelle de ces nouvelles infrastructures. Un remembrement est alors nécessaire.

Selon Louzoun (1967), le remembrement se définit comme « *une mise en commun de toutes les parcelles [regroupées spatialement] et en une redistribution à chaque agriculteur d'un nombre réduit de parcelles.* »

L'opération de remembrement au lac Alaotra est plus complexe, avec un double objectif : rationaliser l'espace pour une meilleure gestion de l'eau dans les périmètres irrigués et attribuer des parcelles à des paysans sans terre.

Dans un premier temps, la SCET va effectuer un inventaire foncier en s'appuyant sur les études de la CAMVAL³¹ réalisées en 1959. Cet inventaire foncier a permis de mettre en évidence un problème dans l'exploitation des terres, lié au droit coutumier : en effet pour le périmètre de l'Anony par exemple, sur les quatorze mille hectares de terres avec un propriétaire déclaré (soit par titre foncier mais le plus souvent selon le droit coutumier), la moitié est cultivée en métayage, avec ce constat : 17,4% des familles possèdent 78,5% des terres (SCET Coopération, 1963 in Lapierre, 1964). Dans le PC 15, cette proportion est sensiblement la même : 38,3% des familles sont sans terre, et 27,7% des familles possèdent 81,8% des terres (SCET Coopération, 1965).

Dans un second temps, la SCET va proposer aux paysans des lots n'excédant pas une superficie de cinq hectares et demi. Cette superficie représente, selon les experts agronomes de l'époque, une unité d'exploitation optimale pour une famille, sans besoin de recours à une main d'œuvre extérieure (mise à part la main d'œuvre saisonnière pour ceux qui pratiquent le repiquage). Pour devenir attributaire, il faut en avoir fait la demande ; le nombre de familles étant très important, trois critères sont retenus pour le choix des attributions : l'ancienneté du lignage dans la région ou de son installation, le nombre de personnes constituant la famille et les moyens de production (humain et technique) disponibles.

Si le paysan accepte, il signe un contrat dans lequel il s'engage à payer des annuités sur sa parcelle en 'remboursement' des frais engagés par l'aménagement des terres ; de plus il devra s'en tenir à un cahier des charges strictes pour ses cultures : soin des cultures, économie de l'eau dans une perspective collective, respect d'un calendrier agricole (au détriment de l'entraide traditionnelle car tous les travaux doivent être réalisés au même moment), pratique du repiquage sur au moins un tiers de la parcelle, sélection des semences, cultures de contre-saison (maraichère ou fourragère)

S'il refuse, et après renégociation, il peut se faire expulser, suivant les articles de loi relatifs à l'AMVR. C'est l'Etat qui lui rachète sa parcelle à un prix bien en dessous du prix du marché. Ce cas de figure a concerné environ 10% des paysans au lac Alaotra dans la zone gérée par la SOMALAC (Entretien avec M. José, ingénieur à la SCET).

³¹ CAMVAL : Comité d'Aménagement et de Mise en Valeur de l'Alaotra

Après attribution, les parcelles sont classées en plusieurs catégories en fonction du type de culture pratiquée et des rendements, avant aménagement, afin d'en déterminer leur valeur dans le cas d'indemnisation.

Catégories	Désignations	Prix à l'hectare (en 1965)
C0	Terres nivelées, propres, parfaitement irrigables et drainables ; surface des parcelles supérieure à 5 hectares.	50.000 Fmg
C1	Terres à peu près nivelées, propres, irrigables et drainables ou surfaces inférieures à 5 hectares répondant par les autres caractéristiques à la définition C0.	35.000 Fmg
C2	Terres médiocrement nivelées, moyennement propres, irrigables et drainables.	20.000 Fmg
C3	Terres où les adventices dominant, d'irrigation et drainage médiocres.	10.000 Fmg
C4	Terres non cultivées ou sans rendement appréciable.	5000 Fmg

Tableau 3 : Classification des terres par la SCET (SCET Coopération, 1965) (Fmg : Franc malgache)

Concernant le PC 15, il n'existe pas de terres de type C0 et la répartition des terres en fonction de ces catégories est la suivante : 62% de C1, 9% de C2, 20% de C3, 9% de C4, soit plus d'un tiers de qualité médiocre.

D'un côté, les paysans ayant des superficies plus importantes se voient pénalisés, de l'autre ceux qui n'avaient pas de terres peuvent à présent avoir une parcelle à eux. Cela crée un sentiment profond et durable d'injustice, même si certains grands propriétaires se sont vus indemnisés (Lapierre, 1964) pour une partie des surfaces perdues en fonction du capital foncier et de la qualité des terres qu'ils possédaient (terre de type C0 ou C1, tableau 3).

L'unité prise en compte pour le remembrement du PC15 est la maille hydraulique, délimitée par les canaux primaires et secondaires, et redécoupée en lot de trois ou quatre hectares.

Le périmètre est composé de vingt et une mailles d'une superficie moyenne de cent-seize hectares et de sept cent sept parcelles en 1970. Plus de 90% des parcelles ont une superficie comprise entre deux et cinq hectares (Figure 17). Il y a cependant deux attributaires, installés dans le secteur avant le remembrement, qui ont reçu des lots plus importants, dont la mission catholique (35 hectares).

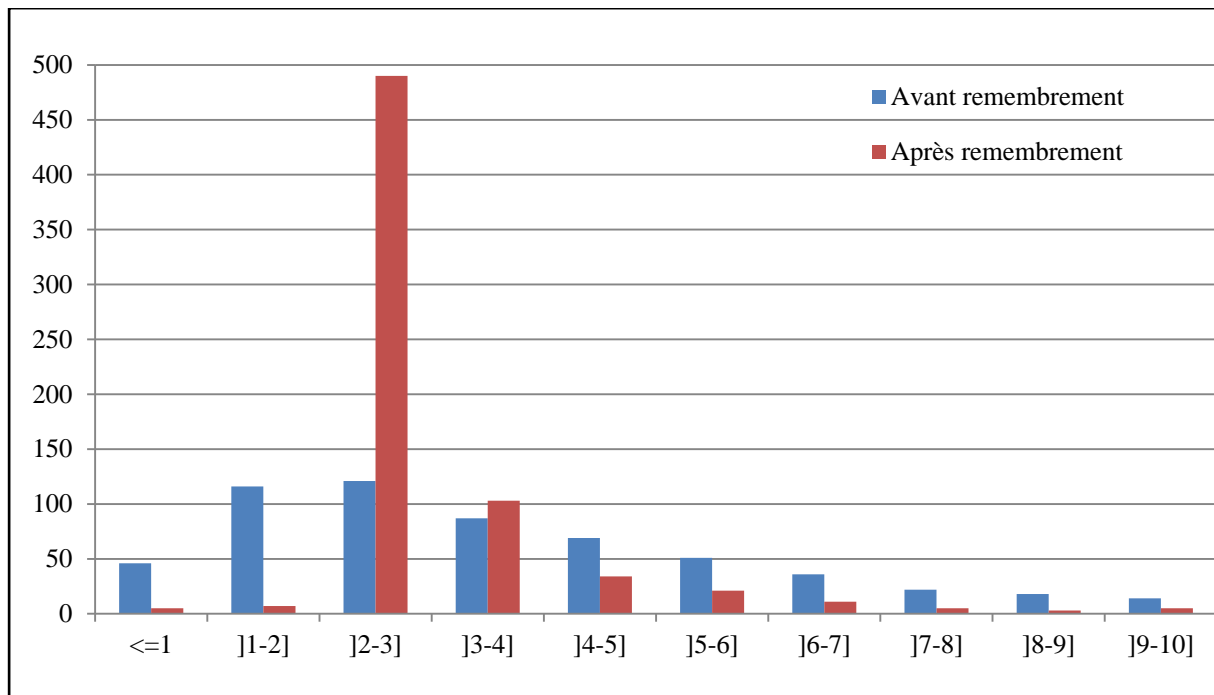


Figure 17 : Nombre de parcelles par classes de superficie avant et après le remembrement (Source : BVLac, plans de lotissement de la SOMALAC-SCET Coopération et cartes topographiques au 1/50 000°)

Malgré l'interdiction de morceler les lots, on peut voir sur la figure 18 que le parcellaire actuel des terres est fortement éclaté, par suite de divers partages successoraux ou de vente à des tiers. Les conséquences, au niveau de la gestion de l'eau et du parcellaire seront examinées dans la troisième partie de la thèse.

Ce travail de remembrement n'a pas été facile en raison des enquêtes nécessaires à l'inventaire foncier. Les problèmes proviennent à la fois de la difficulté à trouver les personnes concernées mais aussi de leur méfiance vis-à-vis des autorités administratives. Cette restructuration agraire prend fin en 1978. Les opposants à ce remembrement sont essentiellement les grands propriétaires, dont la majeure partie des terres est exploitée en métayage ; il y a pour eux une question de prestige à refuser de laisser leurs terres et il suffit d'une personne dans une maille pour bloquer l'avancement du travail et l'attribution des terres pour tous les autres.

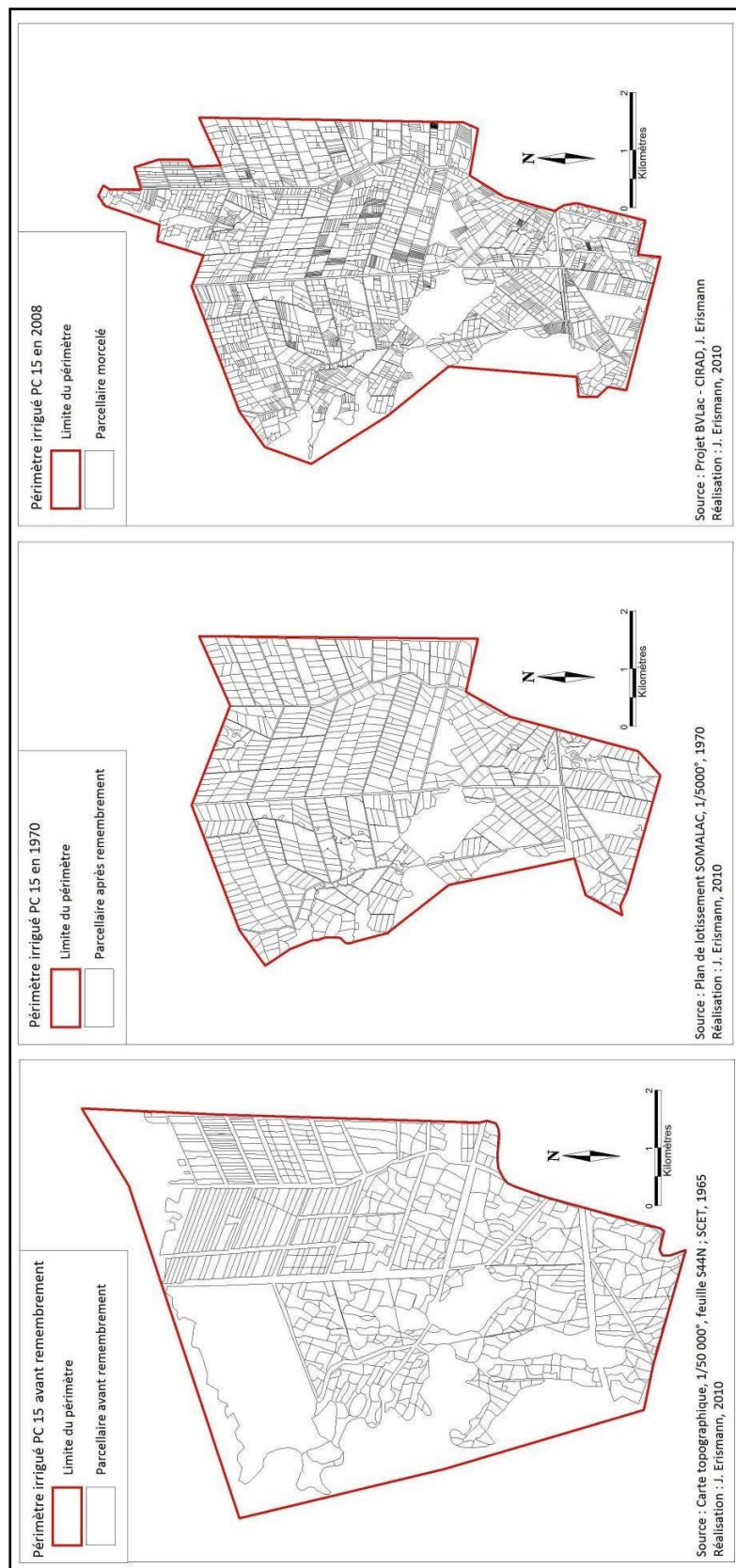


Figure 18 : Evolution du parcellaire dans le PC 15 avant, après le remembrement, et aujourd'hui

Avec le remembrement, c'est toute la structure sociale des paysans du lac Alaotra qui est touchée : « *c'est le genre de réformes qui soulève les passions politiques les plus vives, car dans une société où prédomine la structure agraire, redistribuer les terres veut dire redistribuer les richesses, les revenus, le prestige social et le pouvoir politique, bref bouleverser de fond en comble la structure de la société* » (ONU-FAO-OIT, 1966). De plus, si les premiers aménagements étaient compris et souhaités par la société au lac Alaotra, qui a même participé à ces grands travaux, la vision technicienne et politique qui a voulu aller plus avant dans le développement rural de la région n'a pas su communiquer ses ambitions aux principaux concernés, les agriculteurs. Et pourtant l'objectif à long terme était de leur transférer la gestion de ces aménagements pour pérenniser l'action.

Le changement de régime politique en 1972 avec la mise en place d'un régime socialiste, s'appuie sur le mécontentement des grands propriétaires suite aux opérations de remembrement. Durant cette décennie, les périmètres irrigués se dégradent et une réorganisation de l'organisme gestionnaire est nécessaire. Elle aboutit à la création de la nouvelle SOMALAC en juillet 1982, puis à un transfert de gestion progressif vers les usagers des réseaux hydro-agricoles imposés par les bailleurs de fonds comme condition *sine qua none* au financement de la poursuite des aménagements.

3.2 Le transfert de gestion aux paysans et la poursuite des aménagements

Au début des années 1970, après dix ans d'indépendance, la situation socio-politique à Madagascar est instable. Des mouvements populaires et étudiants font entendre leur voix afin de se détacher du régime « néocolonialiste » qui gouverne leur pays. Le pouvoir politique souhaite une malgachisation de l'enseignement. Au niveau de la politique d'aménagement, l'Etat et la SOMALAC doivent tirer les conséquences de ces revendications : cela aboutit en 1972 à écarter totalement la SCET de son appui à la SOMALAC.

L'année 1973 marque la fin des accords économiques entre la France et Madagascar et la sortie de la zone Franc. La langue malgache remplace le français dans toutes les structures étatiques et le gouvernement développe ses relations avec le bloc soviétique. Cela conduit à la constitution de la République démocratique de Madagascar sous l'autorité du Général Ratsiraka et selon les principes du « livre rouge ». Il succède à P. Tsiranana, vice-président du conseil de gouvernement (à partir de 1957) et premier Président de la I^{ère} République malgache.

En 1974, l'essentiel des aménagements du PC 15 prévus au programme quinquennal de 1968-1973 est achevé (fonds FIDES³²). Le programme prévoyait également l'aménagement des infrastructures primaires, les aménagements terminaux et une restructuration agraire en vallée Marianina, ainsi que l'augmentation de la capacité du réservoir au barrage d'Antanifotsy-Bevava. Mais faute de financement suffisant, ces travaux ont été reportés.

³² Fonds d'Investissement pour le Développement Economique et Social

Le constat d'une petite décennie de fonctionnement, une fois les aménagements achevés, n'est pas satisfaisant : la production n'atteint pas les résultats escomptés et l'entretien des réseaux d'irrigation n'est pas correctement assuré. Ainsi, à la fin des années 1970, la SOMALAC se prépare à une réhabilitation. La nouvelle SOMALAC³³ démarre en juillet 1982 en tant que Projet d'intensification de la riziculture du lac Alaotra. Tirant apparemment parti des erreurs du passé, l'objectif consiste à se rapprocher du monde paysan en se concentrant sur les fonctions techniques (aménagement et entretien des réseaux, intensification de la production et gestion des activités industrielles connexes) en abandonnant les fonctions plus susceptibles d'engendrer des conflits, comme ce fut le cas pour la redistribution des terres, la gestion du recouvrement des redevances et des crédits.

L'Etat, à travers la SOMALAC, continue donc de s'occuper de la maintenance des réseaux tandis que deux nouvelles structures apparaissent pour la récupération des redevances et la gestion technique : en 1985, les associations d'usagers du réseau hydro-agricole (AUR) et parallèlement les Comités de gestion de l'eau³⁴ sont en effet créés. C. Blanc-Pamard souligne, dès leur création en 1985, la question de l'articulation entre ces nouvelles entités : l'Etat avec la SOMALAC, le monde paysan avec les AUR, en complémentarité ou en concurrence ? Elle ajoute que « *la démarche qui va vers la séparation de la gestion technique, confiée à une structure technicienne, de la gestion sociale qui relève de structures proches des pouvoirs locaux ne peut aboutir puisque gestion technique et sociale sont totalement interdépendantes.* » (Blanc-Pamard, 1985)

Au PC 15, la première AUR est créée en 1985 ; elle sera découpée en deux associations en 1989, l'une utilisant l'eau acheminée par le canal primaire I2, l'autre celle du canal primaire I8. En 1993, la vallée Marianina, aménagée sur sa rive gauche en périmètre irrigué, crée cinq nouvelles associations. C'est également l'année de la création de la première fédération des usagers de l'eau qui a la charge de la gestion de l'entretien et de la protection des périmètres irrigués. Elle regroupe neuf associations : les cinq de la vallée Marianina, les deux du PC 15 et deux autres dites « hors mailles » qui souhaitent bénéficier d'un apport en eau en début de campagne. Pour ces deux dernières, l'expérience se révèle non concluante et elles se retirent de la fédération en fin de campagne agricole.

³³ Cette nouvelle SOMALAC est créée sous le régime socialiste de Ratsiraka qui s'inscrit en rupture avec la politique d'intervention française, post-coloniale. Ainsi, ce même sigle signifie à présent Société Malagasy d'Aménagement du Lac Alaotra.

³⁴ Ces comités de gestion, sous forme juridique d'association, ont pour vocation « *le classement, la gestion et la police des réseaux hydro-agricoles* » (ordonnance n° 81-026) ; dans les faits, ces comités se sont substitués aux AUR pour les périmètres PC23 et Sahamaloto (au Nord du bassin du lac Alaotra) et ont coexisté avec les AUR dans le PC15 avec pour principale fonction la récupération des redevances (police des réseaux). Mais les AUR vont peu à peu prendre le dessus au détriment des comités de gestion. En effet, le statut juridique des AUR change avec la loi de 1990 (loi 90-016 du 20 juillet 1990) ; elles sont chargées de la gestion, de l'entretien et de la police des réseaux agricoles.

La gestion de l'eau au PC 15 continue de poser un problème, car les associations n'ont pas une taille adaptée : en 1995, les deux associations seront subdivisées en dix associations dont la taille est fonction de la maille hydraulique.

Enfin, le besoin de nouvelles terres rizicoles poussent les agriculteurs à avancer dans le marais ; cette conquête de nouvelles terres sera « officialisée » avec la création d'une onzième association au PC 15 en 2004. (Figure 19).

Mais il y a, au niveau des paysans, une incompréhension quant aux paiements du service de l'eau (maintenance et distribution) : en effet lors des attributions de terres aux paysans par la SOMALAC, la redevance reposait sur un système de location-vente du terrain sur 15 ans. Or la redevance qu'ils payent aujourd'hui sert à participer à la maintenance du réseau, dans le cadre du transfert de gestion des réseaux aux associations d'usagers. Il y a donc fort à faire en ce sens, d'une part, pour convaincre les paysans de s'investir dans le cadre des associations d'usagers et d'autre part, pour organiser la gestion technique et tracer la voie vers l'auto-financement. I. Droy écrivait d'ailleurs en 1994 que ce transfert de gestion est « *sans doute l'opération de développement la plus ambitieuse et la plus novatrice de la politique agricole malgache. (...) Mais c'est aussi la plus difficile à réaliser.* »

Il s'avère que le contexte socio-politique et financier de la SOMALAC ne lui permet plus, à la fin des années 1980, d'assurer convenablement ses fonctions ; cette société est d'ailleurs dissoute en 1991, après trente ans d'existence pour le développement de la riziculture au lac Alaotra. Sans maîtrise du foncier et avec une redirection de ses fonctions vers le monde paysan, la SOMALAC n'a pas pu continuer à développer les périmètres irrigués. Ce désengagement de l'Etat laisse une opportunité aux bailleurs de fonds de proposer la poursuite des aménagements sous la condition de continuer le transfert de gestion aux organisations paysannes.

Cette décennie marque une période de profonds changements dans les perspectives de développement et d'aménagement au lac Alaotra. Les aménagements se poursuivent et finissent par aboutir en 1988 à un nouveau projet d'aménagement global de l'ensemble « Vallées du Sud-Est » (VSE), proposé par la SOGREAH-SOMEAH en 1981.

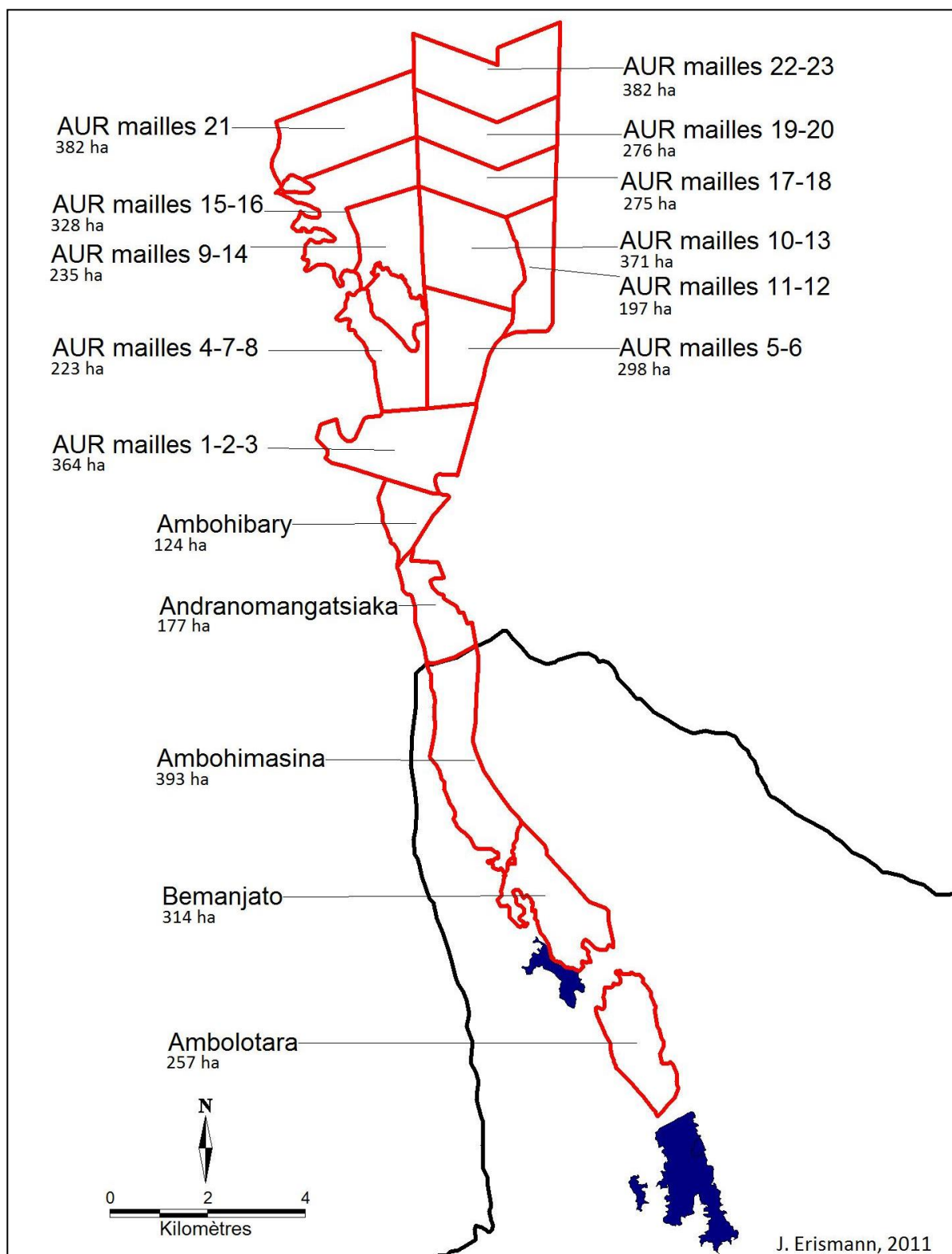


Figure 19 : Les 11 associations d’usagers de réseau Vallée Marianina – PC 15 regroupées au sein d’une fédération

Le projet d’intensification rizicole du lac Alaotra vient pallier les carences d’entretien des réseaux hydro-agricoles de la deuxième moitié des années 1970. Il permet également de réhabiliter le PC15 entre 1982 et 1984 et d’apporter davantage d’eau jusqu’au périmètre par la

création d'un chenal en vallée Marianina en 1985 (c'est également l'année de la création de la première association d'usagers du réseau au PC 15). Ce chenal, dit chenal Poclin, canalise les eaux des deux rivières principales, la Lohafasika et l'Harave, au centre de la vallée Marianina, découpant l'espace en deux zones rizicoles : la rive gauche et la rive droite (Figure 20 et Figure 21), cette dernière n'ayant plus accès à l'eau des rivières qui divaguaient auparavant dans la vallée. L'arrivée d'un nouveau projet d'aménagement en 1987 n'est donc pas très bien accueillie par les agriculteurs de cette zone amont.

En 1987, la SOMALAC lance un appel à projet pour améliorer l'utilisation de la ressource en eau. La pénurie qui marque le fonctionnement du périmètre a deux causes :

- le temps d'acheminement de l'eau du barrage de Bevava jusqu'au périmètre (environ 10 kilomètres) et les pertes par infiltration et par captage en vallée Marianina, plaine alluviale, principalement cultivée en riz. Il y a potentiellement 3800 hectares à aménager,
- le barrage de Bevava en lui-même qui ne peut être utilisé à plein en raison de problèmes de sous-pression³⁵ en rive droite de la digue (côte maximale de la retenue à 817,85 NGM³⁶, correspondant à 23,9 millions de m³, au lieu de 820 NGM, soit un différentiel de 6,6 millions de m³). (GERSAL-BRL, 1988 ; GERSAR-BRL *et al.*, 1990)

Le groupement GERSAR-BRL (puis BRL) porte ce projet (1988-1992) qui doit permettre d'aménager de façon continue cet espace entre forêt naturelle, tout à fait en amont des bassins versants étudiés, et marais du lac Alaotra.

Le principal aménagement est le Canal Principal de Rive Gauche (CPRG) en vallée Marianina. Il doit permettre de mieux acheminer l'eau jusqu'au PC15 et aussi de créer un nouveau périmètre irrigué de 1200 hectares dans la vallée elle-même. Ce canal part en rive gauche du barrage de Bevava et rejoint la prise d'Ambohiboromanga à l'entrée du PC15, avec un débit en tête de 4,6 m³/s. Dans la vallée Marianina, le réseau d'irrigation primaire est mis en place et une partie de l'aménagement de secondaire est entamée. La morphologie du réseau hydro-agricole se compose donc d'un réseau d'irrigation primaire et secondaire, d'un réseau de drainage, le plus souvent le long des canaux primaires et secondaires ainsi que des prises et partiteurs au fil de l'eau, du barrage jusqu'à l'extrémité septentrionale du PC 15 qui se termine dans les marais (Figure 22).

³⁵ Les problèmes de sous-pression dans les barrages en terre résultent des pressions interstitielles de l'eau dans les remblais, au niveau du parement aval. Selon une étude géotechnique (Gersar-BRL *et al.*, 1990), cela provient des couches perméables situées sous l'ouvrage et qui correspondraient à l'ancien lit de la Sasomangana. Les eaux de ces couches profondes ne sont pas évacuées par le système de drainage mis en place plus haut, ce qui compromet la stabilité de l'ouvrage et ne permet donc pas son remplissage total.

³⁶ Norme Géographique de Madagascar

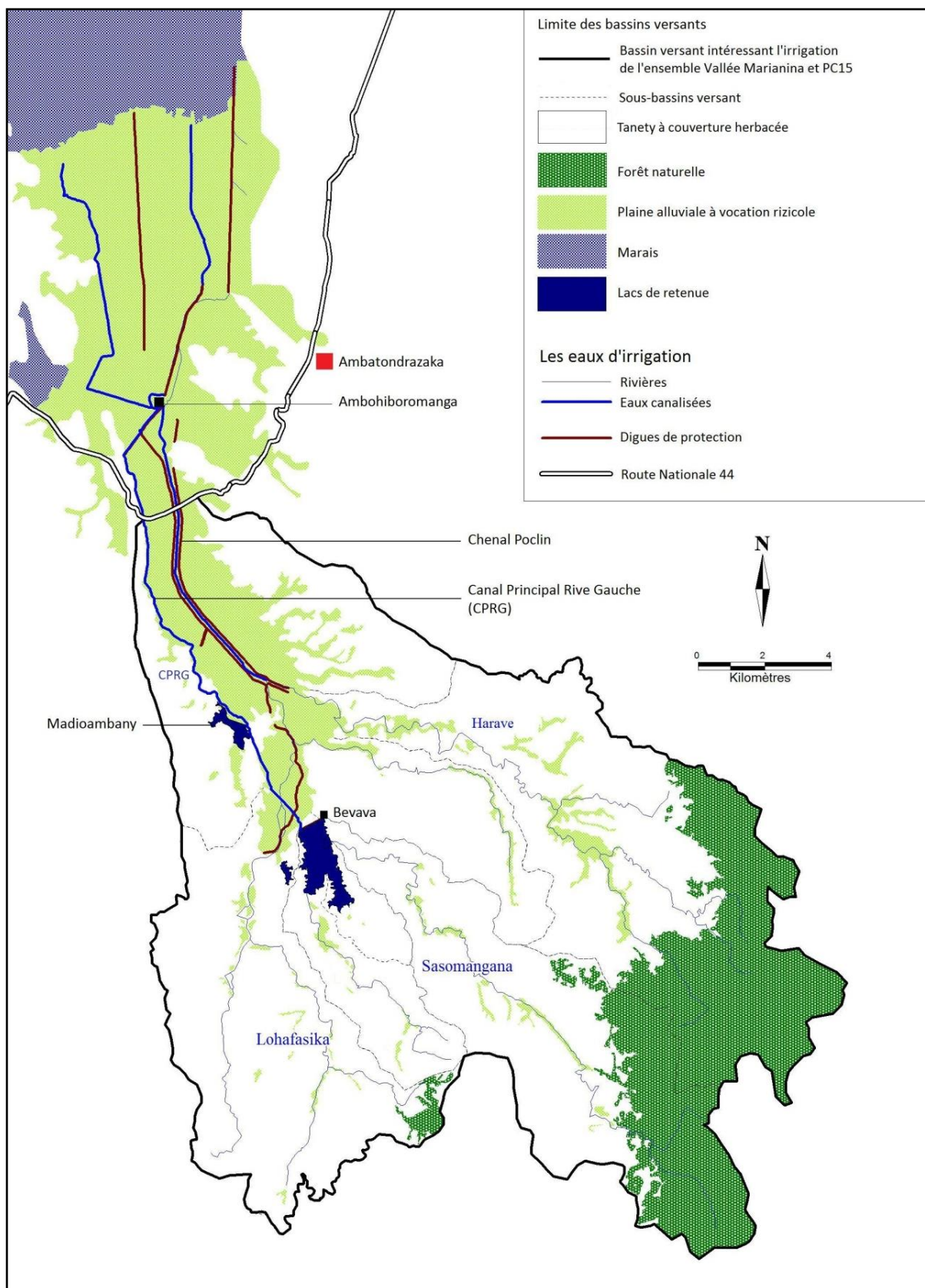


Figure 20 : Le paysage des « vallées du sud-est » dans les années 1980

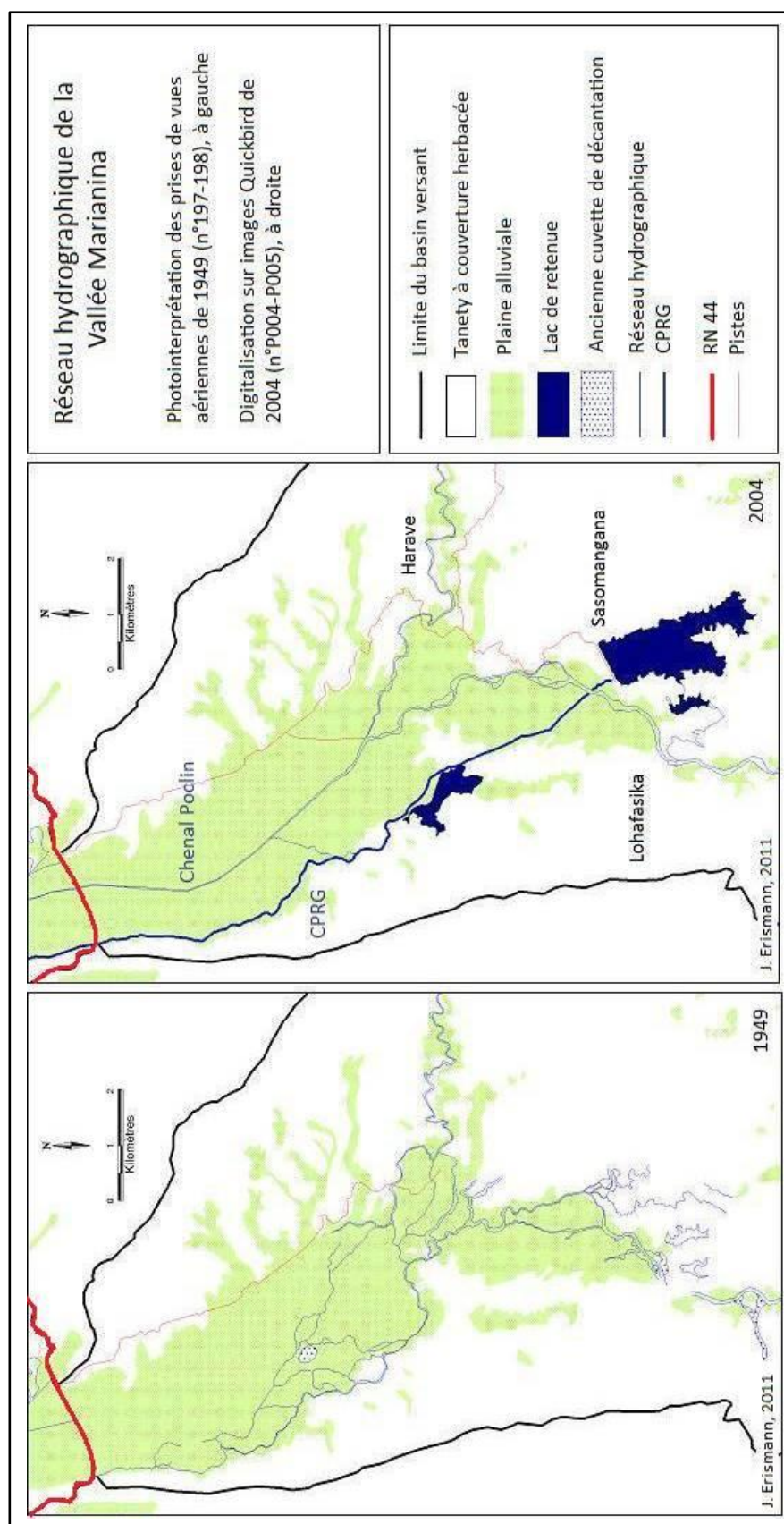


Figure 21 : Evolution du réseau hydrographique de la Vallée Marianina entre 1949 (avant les aménagements) et 2004 (aménagements achevés)

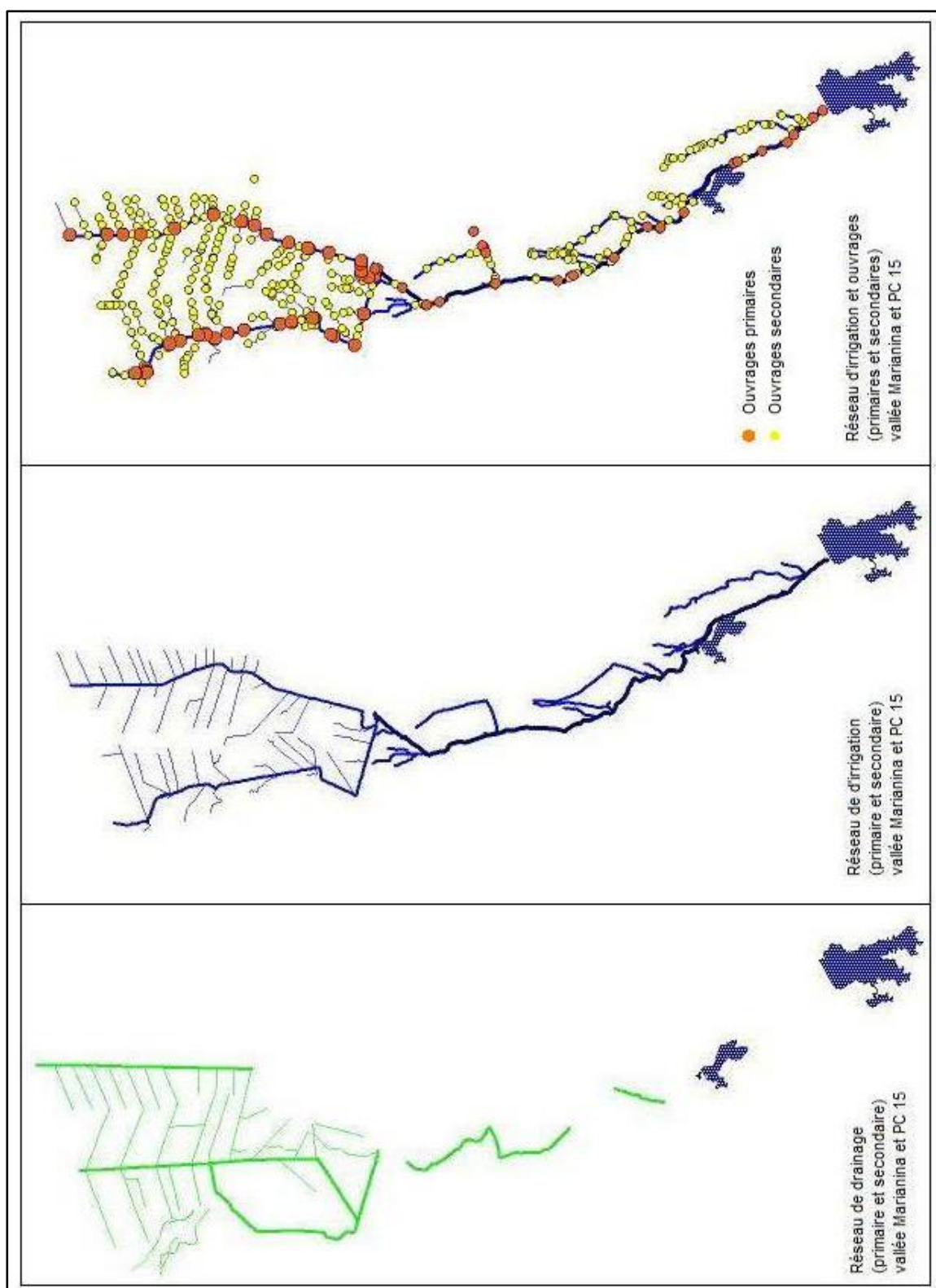


Figure 22 : Morphologie des réseaux de drainage, d'irrigation et ouvrages partiteurs (primaires et secondaires) – Périmètre vallée Marianina et PC 15

Le second problème auquel se consacre BRL est le confortement du barrage d'Antanifotsy-Bevava. En effet, depuis sa mise en service en 1959, il n'a pas pu être utilisé à pleine capacité. Les problèmes de sous-pression se situent en rive droite du barrage-digue ; en effet avant la construction du CPRG, l'eau du barrage était lâchée à cet endroit. Le problème est donc en partie réglé par la nouvelle prise sur la rive gauche du barrage, un confortement en rive droite avec drainage des fondations et l'installation de nouveaux piézomètres pour le suivi de la digue (Figure 23). Le rehaussement du déversoir de sécurité permet également une meilleure utilisation de ce barrage-digue.

A cette retenue principale s'ajoute un réservoir supplémentaire de 0,75 millions de m³ : la retenue de Madioambany à trois kilomètres en aval du barrage de Bevava. Celle-ci ne sera pas opérationnelle de suite et fait face à des problèmes d'ensablement et de colonisation par des plantes aquatiques qui ne permettent pas sa bonne utilisation aujourd'hui encore.

Pour le PC 15, les travaux ont principalement concerné les drains avec le prolongement du drain D8 vers la Sahabe, le curage du drain D9 et le creusement du drain D3 qui sert de collecteurs des eaux de l'ensemble des Vallées du Sud-Est.

La rive droite de la vallée Marianina a également bénéficié de quelques travaux d'aménagement (notamment un barrage de dérivation de la rivière Harave pour irriguer 600 hectares de rizières), mais faute de structures cohérentes pour les gérer et les entretenir, ils ne seront pas opérationnels.

Bien que ce projet comporte une dimension de mise en valeur et de protection des bassins versant (ce qui est relativement nouveau, même si cela a déjà été évoqué dans les années 1960 avec la construction du barrage de Bevava), l'urgence pour les usagers est à la réhabilitation des périmètres irrigués afin de résoudre le problème de pénurie d'eau.

De plus, en 1991-1992, de nouveaux troubles agitent le pays ; le projet doit être suspendu et il est remis en cause par le bailleur lui-même (la Caisse Française de Développement – CFD). Dans une lettre au Ministère de l'Agriculture malgache, on peut lire : « *Ces projets sont-ils adaptés aux besoins réels des paysans et à leur capacité à s'approprier des innovations (gestion plus rationnelle de l'eau) ou des ouvrages trop élaborés ?* » Dans le cadre du transfert de gestion de ces infrastructures vers les paysans, de la disparition de la SOMALAC sans mise en place d'une structure locale, les bailleurs ont *a priori* d'autant plus un droit de regard sur les actions menées. Ainsi, une partie du projet ne se concrétisera pas afin de réduire les coûts, ceci aux dépens des agriculteurs de la rive droite de la vallée Marianina et du bassin versant de l'Harave. La mise en valeur agricole est également repoussée. En plus de l'obligation de créer des associations d'usagers, l'Etat malgache doit s'engager à créer des structures institutionnelles d'encadrement et d'appui technique aux agriculteurs.

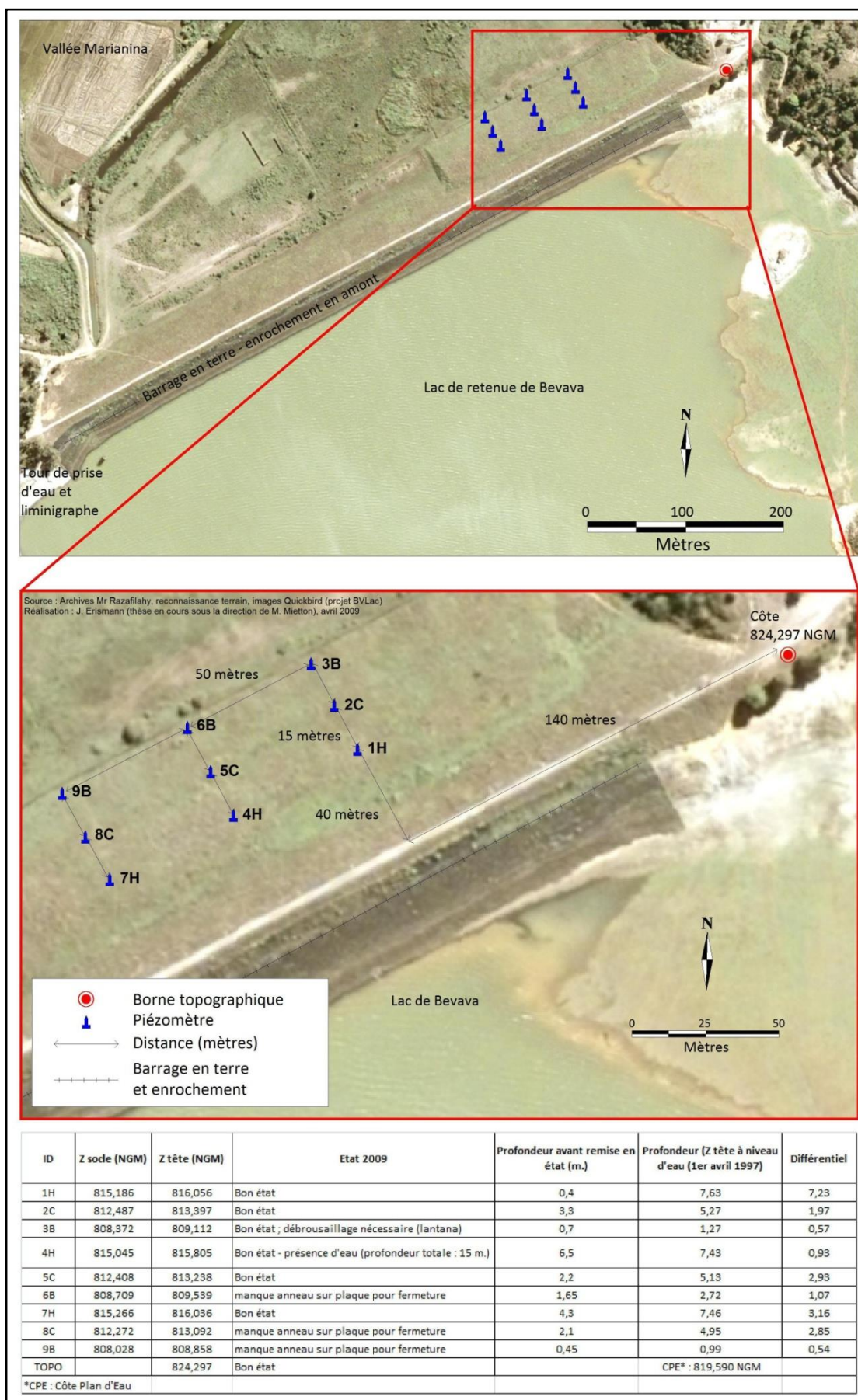


Figure 23 : Localisation et état actuel des piézomètres du barrage de Bevava

Conclusion partie I

Les stratégies diverses de chaque groupe ethnique venu s'installer dans le bassin du lac Alaotra sont depuis toujours tournées vers la conquête et la mise en valeur de nouvelles terres, la transformation de l'espace et la maîtrise de l'eau pour la riziculture. Le fort potentiel des vastes plaines alluviales ainsi qu'une pluviosité adaptée à la culture du riz ainsi qu'à d'autres cultures vivrières ont donc concentré de nombreux efforts pour l'appropriation des terres.

Cette histoire de la construction des territoires autour de la maîtrise de l'eau hypothèque donc le fonctionnement actuel des aménagements et la nature des amertumes qui peuvent subsister à cause d'actions tournées essentiellement vers le développement agricole intensif. Les savoirs et savoir-faire locaux sont mis à l'écart par une politique dirigiste et une vision technicienne et économique de l'exploitation de la région au bénéfice de la Colonie, dans un contexte et une volonté d'intensification des cultures et de sa modernisation. Par ailleurs, il n'a pas été pris en compte la diversité de la société sihanaka, qui a su intégrer les pratiques des migrants sans pour autant transformer leur mode de vie.

Une vision purement technicienne ne pouvait être suffisante pour pouvoir imposer de tels changements car ce sont les paysans qui sont les premiers gestionnaires de leur espace, qu'ils connaissent mieux grâce à leurs expériences. La prise en compte des savoirs locaux aurait peut-être pu permettre une meilleure compréhension, réussite et adaptation de nouvelles pratiques, qui au lieu d'être vu comme envahissantes et sans utilité auraient pu être complémentaires.

La vallée Marianina avant les aménagements et l'endiguement des rivières était un espace de divagation. Nombre d'agriculteurs nous ont d'ailleurs parlé de cette période, en particulier Mr Justin lors d'un entretien informel au gré des rizières : « *Ce que craint le riz, ce ne sont pas les inondations mais le sable ; avant la rivière était libre, alors pendant la saison des pluies, quand il y avait beaucoup d'eau, le sable s'étalait dans toute la vallée. Aujourd'hui, il est concentré et tue le riz.* ». Bien que la volonté soit présente de prendre en compte la notion de bassin versant avec notamment le projet d'aménagement de 40 000 hectares de tanety par la SOMALAC, cet aspect est très vite abandonné car les sols sont considérés comme trop pauvres et il y a un manque d'intérêt des agriculteurs.

« La SOMALAC est trop théorique. (...) Actuellement, l'écart entre SOMALAC et paysans est trop grand : on aboutit à une nouvelle relation de domination. » (Bergeret, 1967)

La formation et l'encadrement des agriculteurs font également partie des objectifs initiaux de la SOMALAC, mais le manque d'information fait cruellement défaut. Il y a donc une méfiance naturelle qui apparaît face aux interventions extérieures. Le paysan est mis à l'écart des stratégies de développement.

Il en résulte une sorte de fatalisme face aux pouvoirs du Fanjakana :

« C'est ce que veut le Fanjakana et nous n'y pouvons rien...nous appartenons corps et biens au Fanjakana. » (Lapierre, 1967)

Il y a donc un décalage entre technique et culture paysanne. Toutefois, avec le désengagement de l'Etat depuis 1986 et la dégradation progressive des systèmes « périmètres irrigués », le transfert de compétences et de responsabilités de ces infrastructures auprès des agriculteurs va permettre de mieux prendre en compte l'ensemble du système et des exploitations agricoles ainsi que les stratégies des agriculteurs.

Après avoir examiné les premières étapes du développement et de l'aménagement de la région Alaotra, depuis les pratiques ancestrales d'utilisation et de gestion de la terre fortement corrélées à l'élément naturel, jusqu'à une transformation importante de l'espace et des mentalités aboutissant au remembrement (dont les conséquences psychosociologiques sont peut-être encore aujourd'hui une des causes des difficultés de gestion de l'eau), notre analyse porte sur le fonctionnement actuel du périmètre irrigué vallée Marianina – PC15.

La maîtrise de l'eau est envisagée à partir de la production de la ressource dans le bassin versant de Bevava et de son stockage grâce au barrage, outil principal de gestion, qui permet la distribution de l'eau dans les périmètres. La structure, le fonctionnement de ce bassin de 76 km² et les conditions d'utilisation de l'eau et des sols par sa population conditionnent pour une large part la conduite de près de 4000 hectares de rizières irriguées en aval.

Les modalités de remplissage du barrage et le suivi de la retenue sont des éléments essentiels pour la gestion de l'eau. Ce fonctionnement est lié principalement aux précipitations et à leurs différentes caractéristiques, mais aussi à l'importance des prélèvements pendant la campagne ainsi qu'à l'état du lac en début de campagne, lui-même lié aux conditions d'utilisation durant la campagne précédente. Une typologie du fonctionnement des campagnes d'irrigation mettra en évidence les situations critiques pendant lesquelles les gestionnaires devront ajuster de manière fine les lâchers dans le périmètre. Enfin, nous caractériserons les consommations d'eau et la relation entre évolution de la côte de la retenue et besoins en eau des rizières à l'échelle des associations d'usagers du réseau et du maillage hydrologique principal.

DEUXIEME PARTIE

LE TEMPS PRESENT DE L'AMENAGEMENT

LA GESTION DE L'EAU, DU BASSIN VERSANT A LA PARCELLE

1. Données générales sur le bassin versant alimentant le barrage de Bevava

L'eau qui permet d'irriguer les rizières des périmètres irrigués de la vallée Marianina et du PC 15 a deux origines principales : l'eau du barrage de Bevava et l'eau des rivières Harave et Lohafasika (Figure 24).

La ressource principale, maîtrisée, est l'eau du barrage de Bevava, collecteur du bassin versant de la rivière Sasomangana (76 km²). Il a une capacité maximale, avant déversement à la côte 820,02 NGM³⁷, de 27 215 000 m³, soit un volume utilisable d'environ 25 millions de m³. Le déversoir de sécurité³⁸ est un évacuateur de crue (seuil en béton) sur un lac annexe, situé à l'ouest du barrage et relié au lac de retenue par un chenal de 200 mètres de longueur environ. Les eaux du déversoir rejoignent la rivière Lohafasika. Le barrage-digue de Bevava, d'une longueur de 750 mètres, a été construit en 1959 et a été réhabilité par deux fois en 1983 et en 1991. Il permet l'irrigation des 3700 hectares des périmètres irrigués de la vallée Marianina et du PC 15, avec un débit nominal de 4 m³/s. Le bassin versant de Bevava, de taille moyenne, a une superficie de 76 km² au sein du bassin versant principal de l'Harave (exutoire à la RN 44) ; ce dernier d'une superficie de 291 km², comprenant les périmètres irrigués. La Sasomangana, rivière principale qui draine les eaux du bassin de Bevava, prend sa source dans la forêt naturelle et s'écoule sur environ 22 km jusqu'au barrage.

En aval du barrage, il existe une retenue complémentaire en cas de fort déficit hydrique : la retenue de Madioambany, collecteur des apports latéraux en rive gauche de la vallée Marianina. Les eaux du CPRG peuvent également être redirigées vers ce lac en cas de remplissage total de la retenue de Bevava. La côte maximale est là de 811,50 NGM et la capacité du réservoir est d'environ 1,1 millions de m³ à l'origine (GERSAR-BRL, 1988) et de 0,7 million de m³ selon les dernières mesures disponibles (GERSAR-BRL-BEST, 1995). Toutefois, elle n'est que très peu utilisée en raison de l'invasion de plantes marécageuses (joncs). Du fait de sa localisation, cette retenue ne peut irriguer que la partie aval du périmètre de la vallée Marianina, à savoir 877 hectares ; les 376 hectares en amont ne pouvant recevoir que les eaux du barrage de Bevava.

L'autre ressource provient des deux rivières adjacentes au bassin versant de Bevava : celui de la rivière Harave (81,1 km² à la confluence avec la Lohafasika en vallée Marianina) et dans une moindre mesure celui de la rivière Lohafasika (56 km² à la confluence avec l'Harave). Ces eaux n'alimentent pas le périmètre de la vallée Marianina et sont une ressource complémentaire occasionnelle pour le périmètre PC 15. Elles sont canalisées par le chenal central (dit Poclin), de la vallée Marianina jusqu'à la prise d'Amboboromanga. A ce niveau l'eau peut si besoin être acheminée jusqu'aux vannes de distribution des canaux principaux I2 et I8 par un canal tête morte (canal d'amenée).

³⁷ NGM : Norme Géographique de Madagascar.

³⁸ Ce déversoir de sécurité a été rehaussé lors des travaux de réhabilitation du barrage en 1991 ; sa côte était de 817,52 NGM, soit 2,5 mètres en dessous du niveau actuel.

Ce chapitre traite du fonctionnement du réseau depuis la production d'eau, essentiellement par le bassin versant de Bevava, puis de sa consommation de l'échelle des associations d'usagers du réseau (AUR) au nombre de cinq (5) en vallée Marianina et onze (11) dans le PC 15 pour 23 mailles hydrauliques et aussi à l'échelle de la parcelle à travers plusieurs exemples au fil de l'eau.

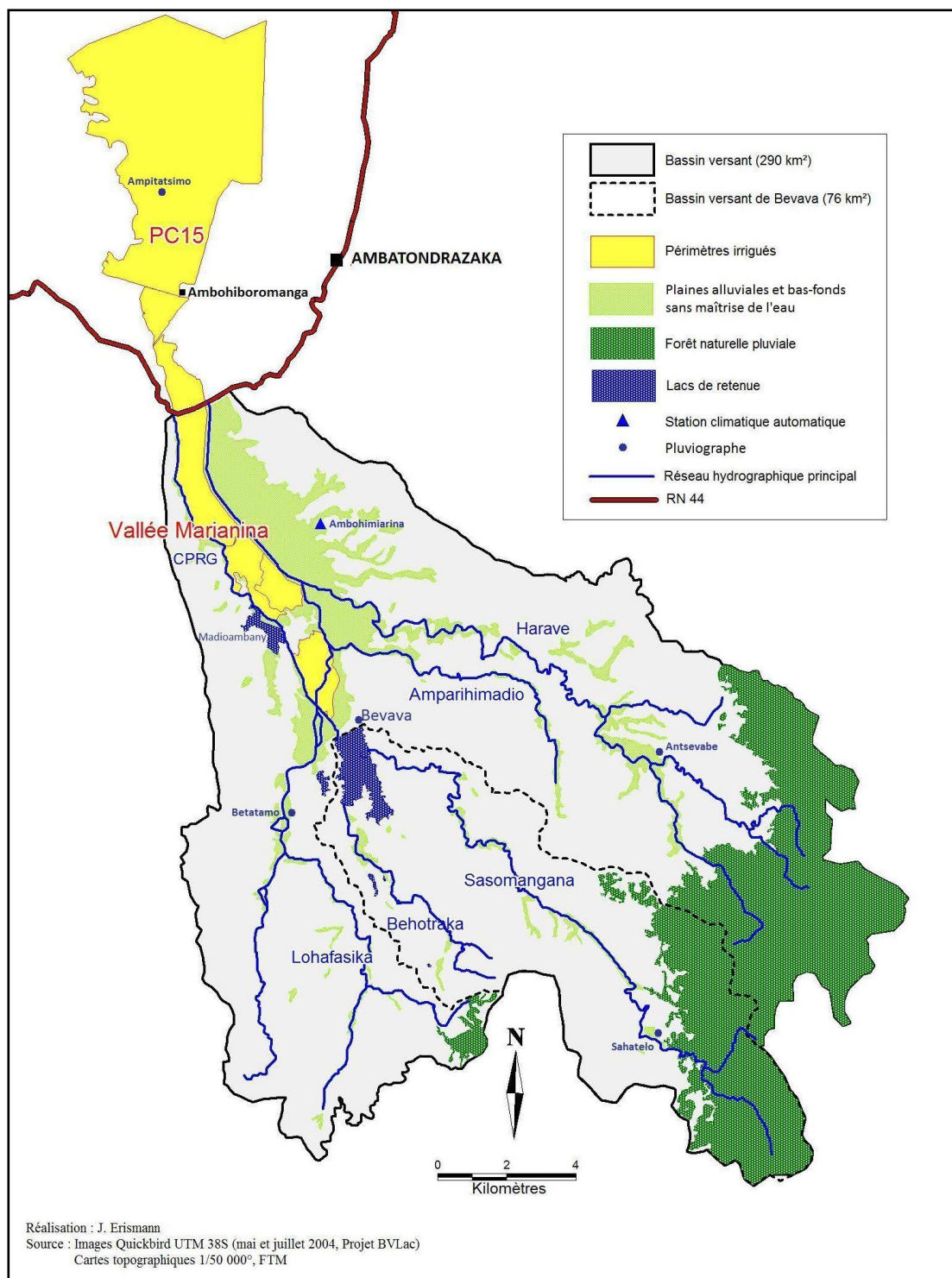


Figure 24 : Les bassins versants des vallées du sud-est du lac Alaotra

1.1 Occupation du sol du bassin versant de Bevava

Ce bassin versant est remarquable par la présence de la forêt primaire en amont du bassin versant (Figure 25 et Tableau 4), se présentant sous la forme d'un véritable front forestier à l'est de la route Sahatelo-Didy ou sous forme de lambeaux plus en aval, essentiellement dans l'axe des principaux bas-fonds. Ce type de végétation représente 29,2 % de la superficie totale du bassin versant, soit 22,1 km².

Par ailleurs, le bassin versant de Bevava se distingue nettement du paysage alentour par une présence arbustive et arborée beaucoup plus marquée : ceci s'explique en partie par les campagnes de boisement qui ont été conduites par la CIREF (Circonscription des Eaux et Forêts) depuis les années 60, à l'achèvement de la construction du barrage. Les témoignages recueillis, les nombreux rapports d'activités de la CIREF (Annexe 10) ainsi que l'examen de plusieurs séries de photographies aériennes (1949, 1957, 1969 et 1992) nous amènent à utiliser le terme de boisement plutôt que de reboisement car la végétation arborée était quasi-inexistante avant l'intervention de la CIREF (Mietton, 2005). Elle représente aujourd'hui 14% du bassin versant, soit une superficie de 10,6 km².

La savane herbeuse totalise quant à elle 43,8 % de la superficie totale de ce bassin versant, soit 33,1 km². Cette savane est composée principalement d'*Aristida sp.*, cespiteuse en touffes peu couvrantes, qui représente un stade ultime de dégradation de la couverture herbacée (Pernet, 1953).

La dégradation des sols se caractérise par différentes formes d'érosion : soit sous forme de sols nus, soit sous une forme caractéristique de Madagascar : les lavaka (Erismann J., 2007). Cela représente une surface de 5,1 km², soit 6,7 % de la superficie du bassin versant et 11 % de la superficie du bassin si l'on exclut la superficie de la forêt naturelle en amont (où l'on ne trouve aucune de ces formes d'érosion).

Occupation du sol	Superficie (km ²)	% de la superficie du bassin
Forêt naturelle	22,1	29,2
Végétation arborée et arbustive	10,6	14
Savane herbeuse	33,1	43,8
Formes d'érosion (lavaka, sols nus ou dégradés)	5,1	6,7
Rizières	2,6	3,5
Lac	2,1	2,8
TOTAL	75,6	100

Tableau 4 : Types d'occupation du sol du bassin versant de Bevava

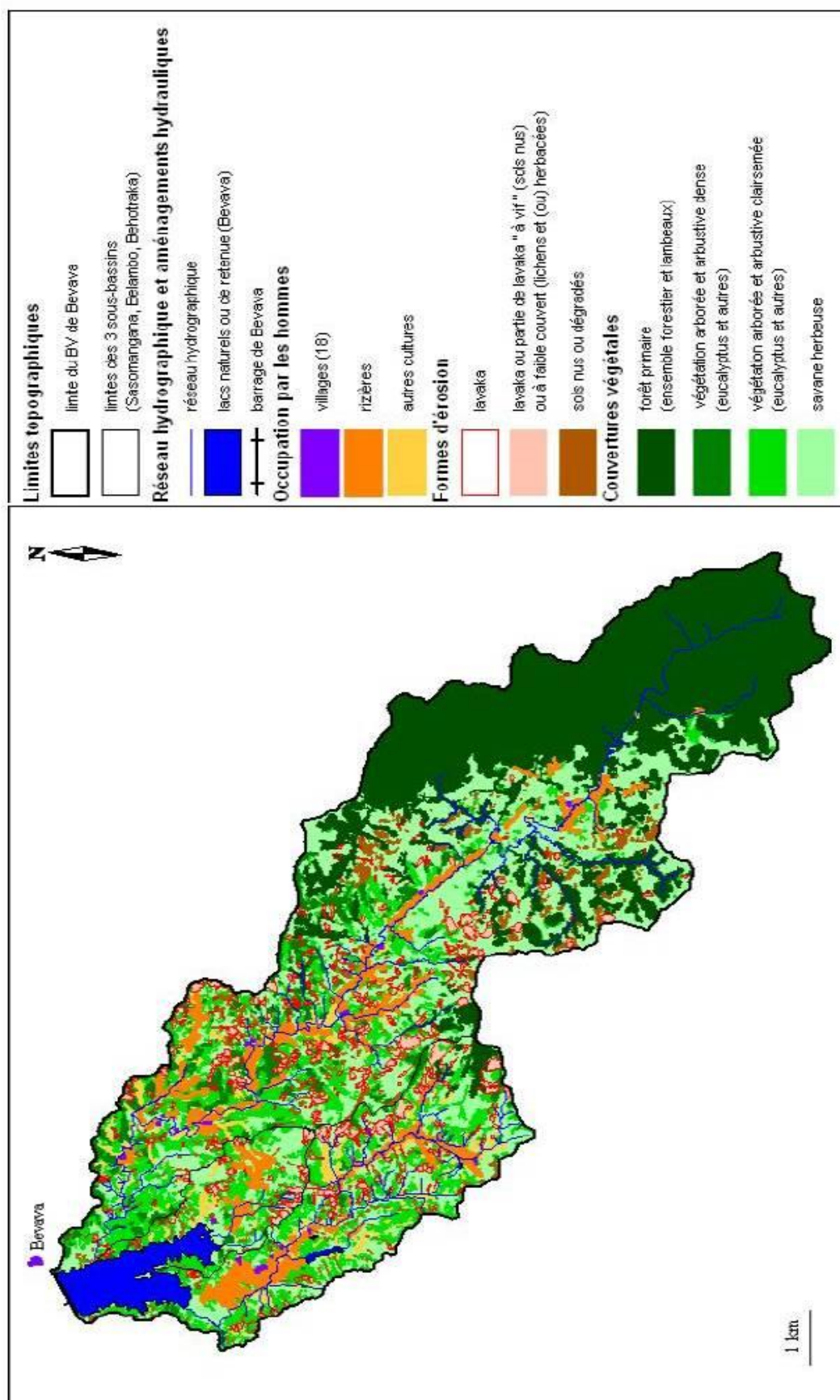


Figure 25 : Occupation du sol dans le bassin versant de Bevava (Erismann, 2006)

La forêt primaire est un des emblèmes de Madagascar. C'est également un milieu où les hommes ont depuis toujours trouvé les ressources nécessaires à leur développement, à leur survie, lorsque celle-ci devient refuge. Etant donné qu'elle a été modifiée par l'homme dans l'histoire, nous préférons le terme de forêt naturelle ou pluviale tout au long du texte.

Ce domaine forestier est composé d'un bloc (17,9 km²) et de lambeaux de forêt (4,2 km²) qui font la transition avec le domaine majoritairement savanien plus en aval. Ces lambeaux sont particulièrement soumis à la pression démographique dans le bassin versant, par une population toujours à la recherche de nouvelles terres agricoles. Ce point particulier sera traité plus précisément dans le chapitre sur la conquête de l'espace.

Dans l'ensemble, la superficie de la forêt naturelle reste à peu près stable sur les cinquante dernières années³⁹, gagnant du terrain par endroits mais reculant sur des blocs plus isolés. Cette stabilité dans les temps longs est peut-être même plus ancienne, si l'on en croit les cartes historiques (Figure 26) où l'on observe une limite de la forêt n'ayant que peu évolué. Il existe bien sûr une incertitude liée à l'échelle du document.

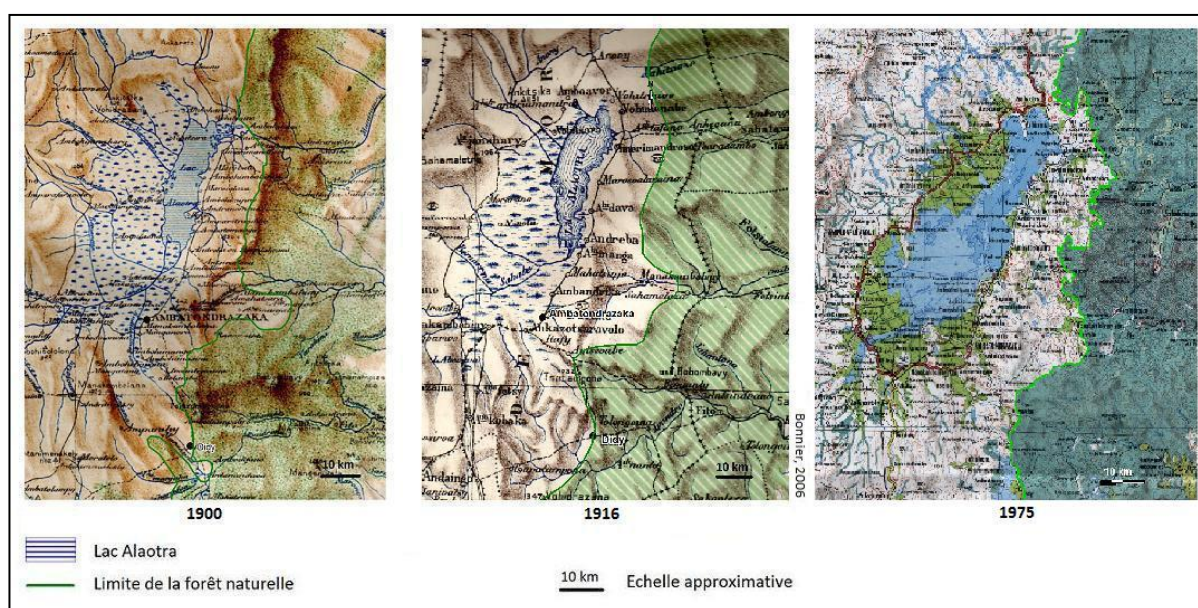


Figure 26 : Front forestier au lac Alaotra au 20ème siècle, Cartes anciennes du Département de Géographie – CRGA de l'Université J. Moulin Lyon 3 (A gauche : extrait de la carte de la côte Est de Madagascar, Service géographique du corps d'occupation, octobre 1900, 1/1 000 000° ; au milieu : extrait de la carte de la côte Est de Madagascar, Service géographique de Madagascar, 1916, 1/1 000 000° ; à droite : carte topographique de 1975, d'après les photographies aériennes de 1965-1966)

³⁹ D'après l'examen de plusieurs séries de photographies aériennes (1949, 1957, 1969, 1992) et des images Quickbird récentes (2004).

Cette forêt naturelle est d'importance car elle a également une fonction de production d'eau alimentant le barrage de Bevava, comme le montrent les courbes limnimétriques en saison sèche (Mietton, 2006). Les modalités de remplissage seront abordées dans la suite du texte.

Plus en aval, c'est le domaine collinéen (tanety) de la savane herbeuse, qui produit des eaux ruisselées, restituées après infiltration (sourcins), et aussi des sédiments, sables ou principalement alluvions micacées (Mietton, 2006). Ces sédiments constituent une menace pour la durée de vie du barrage de Bevava, pièce maîtresse des aménagements hydro-agricoles. C'est pourquoi dès la mise en œuvre de la construction du barrage, la nécessité de protéger les sols a fait partie intégrante du projet, notamment avec des boisements.

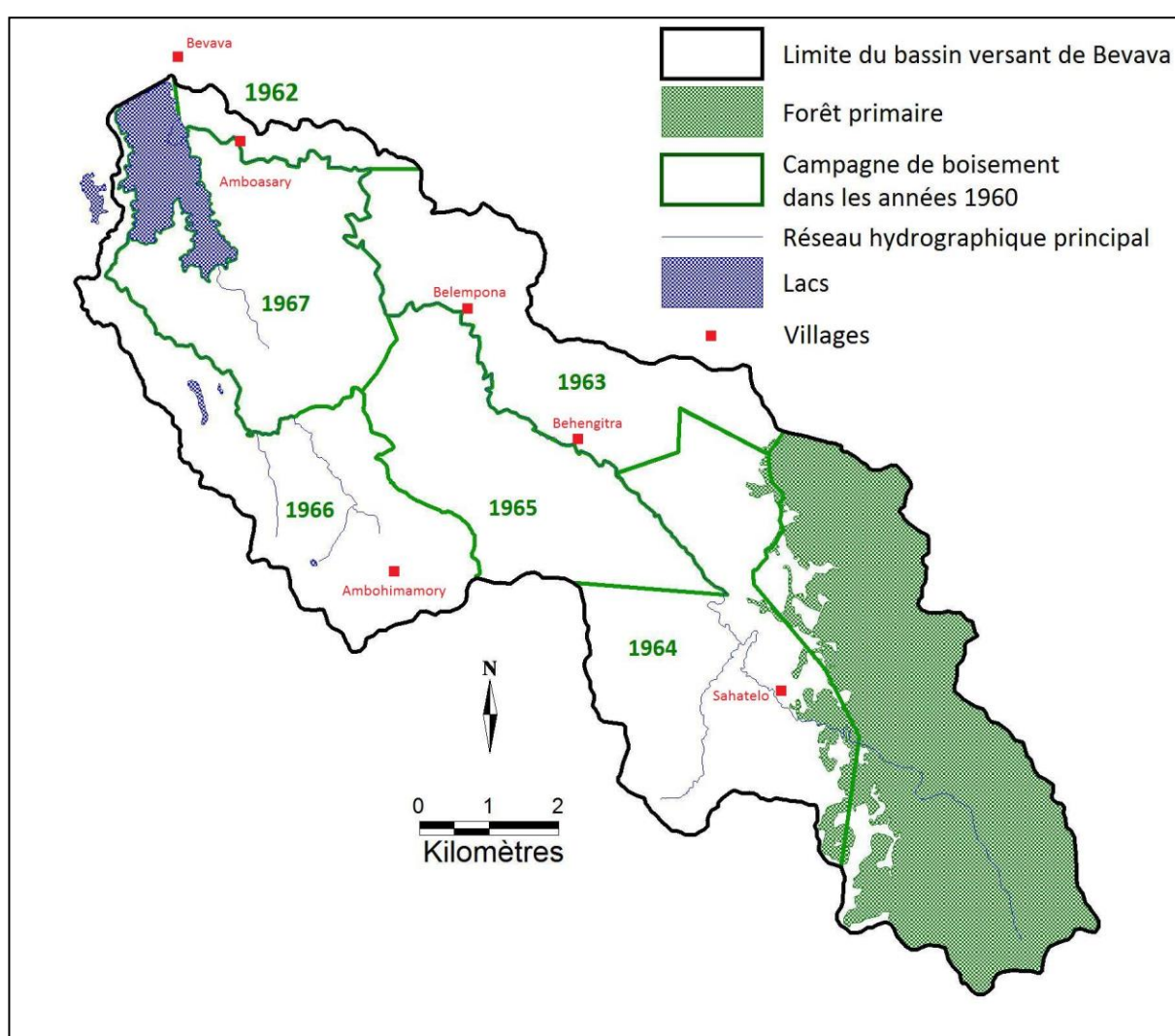


Figure 27 : Campagnes de boisement dans le bassin versant de Bevava (Bonnier F., 2006)

En 1961, seuls 12 à 13 % de la région du lac Alaotra est boisée (De Vergnette, 1961). La CIREF lance dans les années soixante de grands travaux de boisement, en particulier dans le bassin versant de Bevava afin de préserver le barrage de la sédimentation (Figure 27 et Figure 28).

Cette première campagne de boisement est organisée de l'aval vers l'amont en rive droite de la Sasomangana puis d'amont en aval en rive gauche de la rivière.

En 1971, un bilan des actions menées montre que seuls 35 % du projet ont été réellement réalisés. En 1978, les budgets alloués à la CIREF augmentent et de nouvelles campagnes sont mises en place. Entre 1980 et 1986, plus d'un million d'*Eucalyptus robusta* et plus de 10 000 *Grevillea* sont plantés sur l'ensemble du bassin versant (Figure 28). Aujourd'hui, on trouve principalement deux variétés différentes d'*Eucalyptus*, des *Acacias* (*Acacia auriculiformis*, *Acacia dealbata*) et deux espèces de *Grevillea* (*Grevillea banksii* et *Grevillea robusta*)⁴⁰.

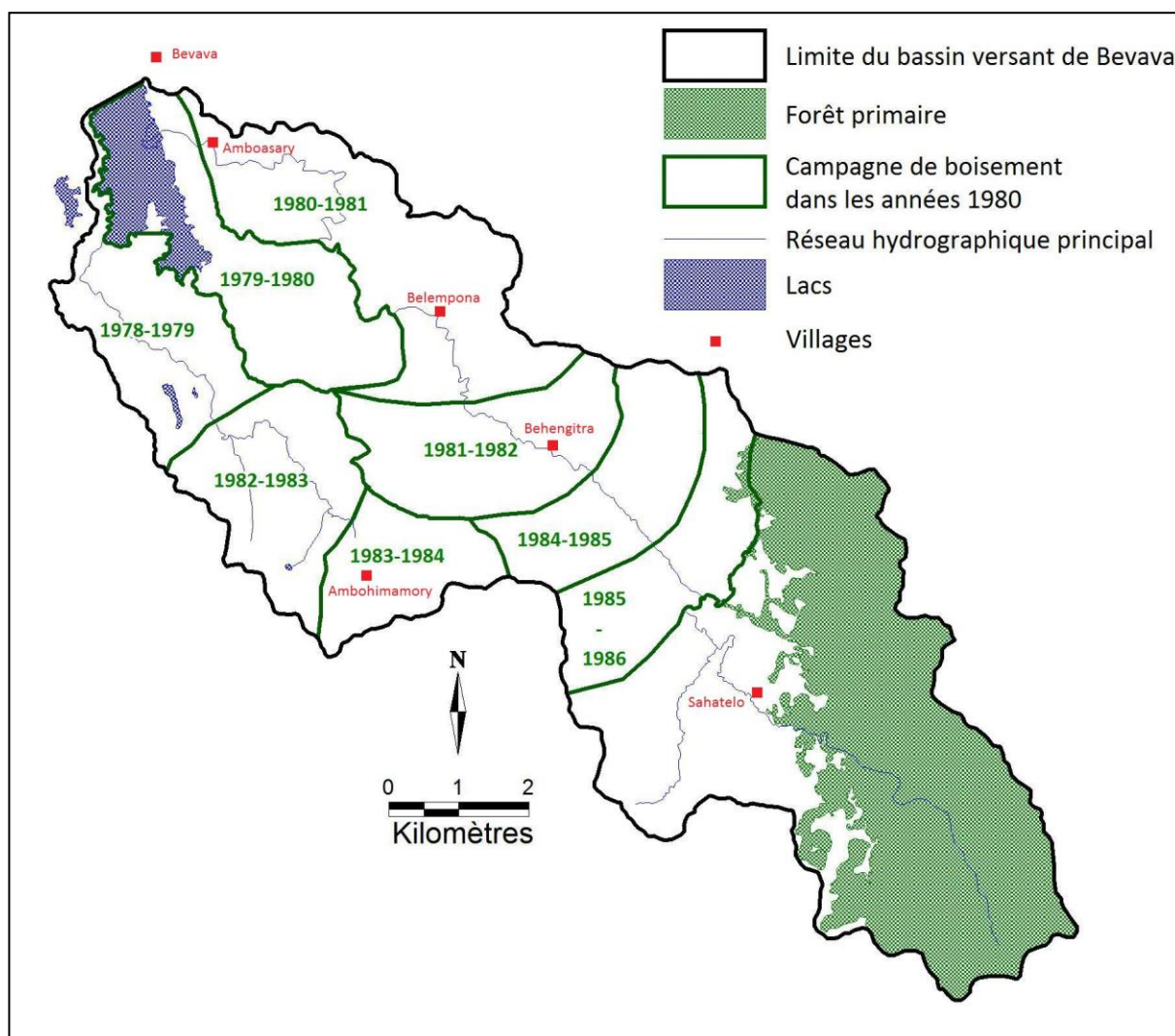


Figure 28 : Campagnes de boisement dans les années 1980 (Bonnier F., 2006)

A la différence de la première campagne de boisement, l'organisation des opérations s'est faite en auréoles concentriques de l'aval vers l'amont.

⁴⁰ Les recherches prochaines permettront de donner un inventaire plus précis des espèces présentes sur le bassin versant.

L'analyse des photographies aériennes (Tableau 5) permet de montrer deux dynamiques opposées dans l'évolution de la couverture arborée du bassin versant de la Sasomangana entre 1949 et 2004. Toutefois, du fait d'une présence nuageuse et de la qualité moyenne des PVA (Prise de Vue Aérienne), seules quelques zone-tests ont permis d'effectuer une analyse diachronique du couvert végétal (Tableau 6 et Tableau 7).

Date des missions	Echelle	N° des PVA	Qualité	Domaine étudié
8-9-11 Août 1949	1/40 000°	264, 265, 266, 307, 308, 309	Médiocre, 40% de couverture nuageuse	3 zones-tests
14 Octobre et 1^{er} Novembre 1957	1/50 000°	31, 32, 33, 85, 86, 87, 88	Médiocre	4 zones-tests
Juin 1969	1/60 000°	22, 23, 24, 25, 26, 27	Moyenne	4 zones-tests
21 Mai 1992	1/40 000°	36, 37, 38, 12, 13, 14	Bonne	5 zones-tests et le bassin de Bevava

Tableau 5 : Caractéristiques des prises de vues aériennes (Bonnier F., 2006)

Ces zones-tests représentent 28% de la superficie du bassin versant (forêt primaire non comprise), réparties sur l'ensemble du territoire étudié, autour des villages d'Amboasary, de Belempona, de Behengitra, d'Ambohimamory et de Sahatelo (Figures 29).

	Savane herbeuse	Végétation arborée et arbustive dense	Végétation arborée et arbustive clairsemée
Amboasary	-36	+4	+29
Belempona	-30,5	-5,5	+23
Behengitra	-12,5	+4	+3
Ambohimamory	-27,5	Absente	+7,5
Moyenne pondérée	-24,9	-1,2	+16

Tableau 6 : Evolution de l'occupation du sol des zones-tests entre 1949 et 1992 (% de la zone étudiée)

Entre 1949 et 1992, la part de la savane herbeuse à cespiceuses diminue de près d'un quart de la superficie du bassin versant au profit de la végétation arborée et arbustive (Tableau 6 et Figure 29), tandis qu'entre 1992 et 2004 la part de la savane herbeuse augmente (Tableau 7 et Figure 29). Ceci est principalement dû au fait que le contrôle forestier est moins important à partir de 1992 et que les besoins de la population en bois de chauffe poussent la population toujours plus nombreuse à exploiter les boisements forestiers.

	Savane herbeuse	Végétation arborée et arbustive dense	Végétation arborée et arbustive clairsemée
Amboasary	+1,5	-2	-2,5
Belempona	+8	-5	-2
Behengitra	+6,5	+0,5	+4
Ambohimamory	+16	+4,5	+3
Sahatelo	+16,2	+2	+3,8
Moyenne pondérée	+9	-1,7	+0,9

Tableau 7 : Evolution de l'occupation du sol des zones-tests entre 1992 et 2004 (% de la zone étudiée)

La zone-test d'Amboasary est prise à titre d'exemple cartographié (Figure 29).

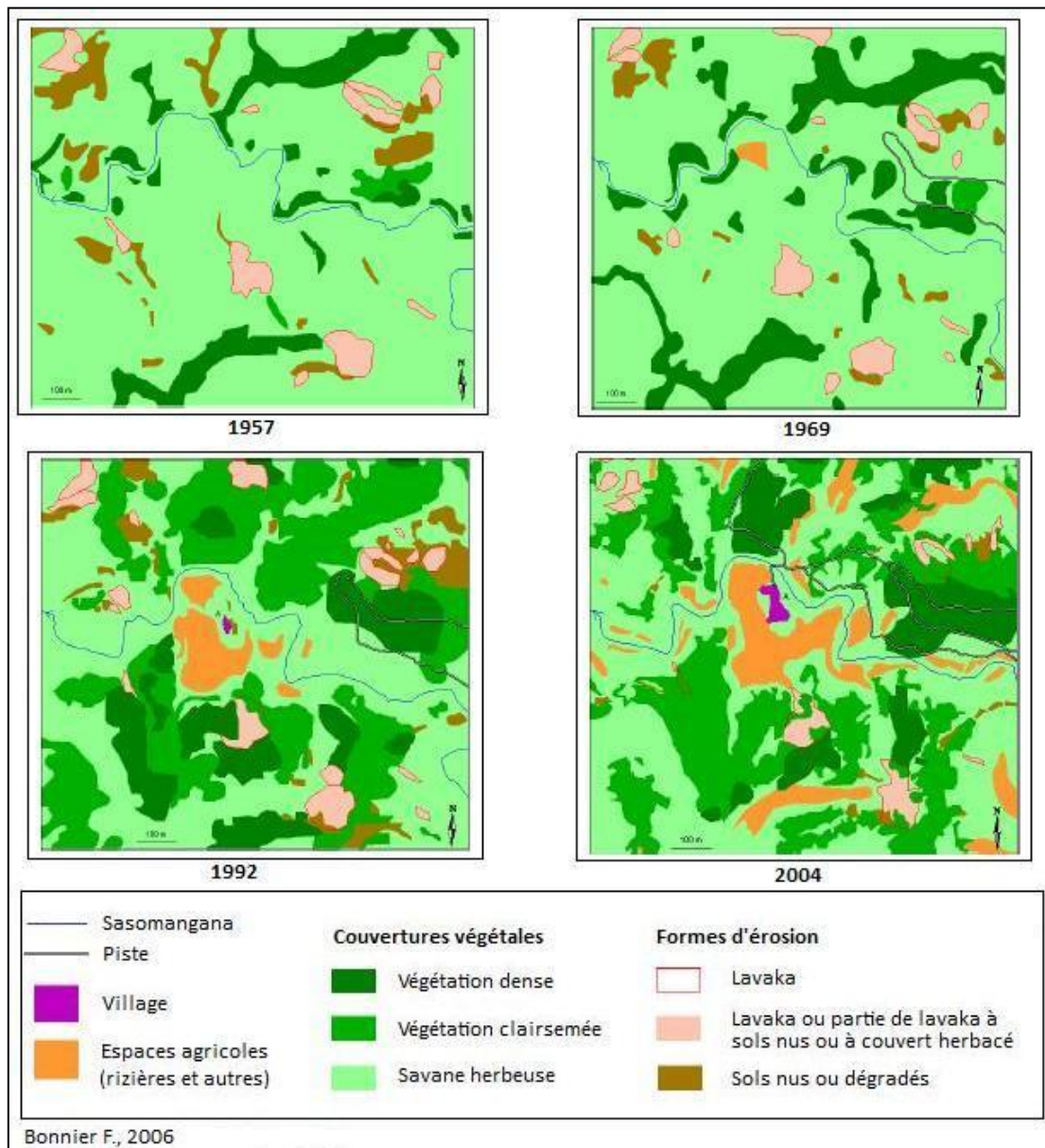


Figure 29 : Evolution de l'occupation du sol de la zone-test d'Amboasary entre 1957 et 2004

Au total, toutes espèces confondues, la végétation arborée et arbustive couvre aujourd'hui 14 % du bassin (10,6 km²).

Toutefois, on ne peut parler d'un ensemble forestier, puisqu' il s'agit (hormis bien évidemment le bloc forestier en amont) de boisements épars, clairsemés⁴¹ (78 % des espaces boisés) et que plus de 40% du bassin est couvert de savane herbeuse. Ce sont ces espaces qui sont particulièrement vulnérables à l'agressivité climatique.

⁴¹ On considère comme boisements clairsemés les espaces où les arbres et arbustes ne totalisent au maximum qu'un tiers environ de la zone considérée (Bonnier, 2006 ; entretien avec Ph. Collas et Collas, 2006).

1.2 Population du bassin versant de Bevava

Le bassin versant de Bevava est divisé administrativement en deux fokontany (Ambodivolosy et Bedabo) rattachés à la commune de Didy. Le lac de retenue de Bevava représente la limite entre les deux communes d'Ilafy au nord-ouest et de Didy au sud-est. Le fokontany (FKT) est la plus petite unité administrative à Madagascar mais leurs limites ne sont que rarement cartographiées. Or, les projets d'aménagement et de sécurisation foncière ont besoin de travailler avec des limites territoriales claires. Ainsi, une délimitation des deux fokontany précités, s'inscrivant dans une démarche entamée par le projet visant à définir ces limites avec les responsables des zones d'intervention du projet, a été faite en juillet 2008. La méthode utilisée est une délimitation contradictoire, c'est-à-dire en présence des chefs des fokontany ainsi que de personnes connaissant bien leur terroir (Tangalamena, par exemple, qui sont les anciens du village). Une procédure a été mise en place par S. Nambena, expert auprès du projet BVLac, au mois de juin 2008. La délimitation a été effectuée le 23 juillet 2008 selon la procédure suivante (Tableau 8).

Étapes	Lieu	Démarches	Outils	Concernés
0: Préliminaire	Bureau	Impression de carte topo FTM sur la commune à visiter	Carte 50'000 ^e ou 100'000 ^e	Technicien SIG
1: Inventaire des villages et des fokontany	Chef-lieu de commune	✓ Listing des villages et des fokontany d'appartenance ✓ Surlignage des villages et fokontany ✓ Délimitation sommaire des fokontany	Carte 50'000 ^e ou 100'000 ^e	✓ Personnes ressources à la mairie ✓ Agents de terrain opérateur
2: Transcription dans l'outil SIG	Bureau	✓ Mise à jour du fichier SIG « Village » : - <i>Admin_bvlac</i> : commune, fkt, village - <i>Com_app</i> : commune d'appartenance - <i>Fkt_app</i> : fokontany d'appartenance ✓ Digitalisation sommaire de la limite des fokontany	✓ SIG ✓ Résultat de l'étape 1	✓ Technicien SIG ✓ Agents de terrain opérateur
3: Vérité terrain	Terrain, fokontany	✓ Explications ✓ Discussions et concertations ✓ Corrections	✓ Résultat de l'étape 2: limite sommaire des fokontany	✓ Personnes ressources des fokontany ✓ Agents de terrain opérateur
4: Précision de limite des fokontany	Bureau	✓ Assemblage des sous BV primaires ✓ Intersections avec autres limites	✓ SIG ✓ Résultat de l'étape 3	✓ Technicien SIG ✓ Agents de terrain opérateur

Tableau 8 : Démarche opérationnelle pour la délimitation des fokontany (Nambena, 2008)

Des impressions d'images Quickbird et de cartes topographiques ont servi à tracer les limites avec les personnes présentes (huit personnes au total). La carte a été réalisée par la suite (Figure 30).

Cette délimitation a mis en lumière un problème de concordance entre la limite de la commune (telle que présentée sur les cartes fournies par le FTM) et la limite des FKT établie avec l'aide des élus locaux et de leurs représentants. En effet, si la limite entre la commune d'Ilafy (au nord) et celle de Didy (au sud) passe au sud du lac, il n'en est pas de même pour la limite entre les deux FKT d'Ambodivolosy et Bevava qui passe, elle, au milieu du lac. Une régularisation devra être proposée ultérieurement, car cela risque de poser des problèmes dans l'attribution des responsabilités lors de l'aménagement du bassin et de sa sécurisation foncière.

En 2006, la population du bassin versant de Bevava (Fokontany de Bedabo, Ambodivolosy et Antanifotsy-Bevava⁴²) est de 2156 habitants répartis au sein de 18 villages (Figure 31). La densité absolue est donc faible avec près de 30 habitants par km². La population a un caractère très jeune ; en effet 48% des habitants ont moins de 14 ans.

Ces villages sont pour la plupart situés à proximité immédiate de la rivière Sasomangana afin de profiter de la ressource en eau pour la production agricole essentiellement familiale, en raison de l'enclavement du bassin versant et de la difficulté à rejoindre des centres de commercialisation.

Selon nos enquêtes et l'interprétation stéréoscopique des photographies aériennes de 1957, le maximum d'occupation du sol a été atteint lors de la période des aménagements dans la seconde moitié des années 1950, avec notamment la construction du barrage de Bevava puis les différentes campagnes de boisement du bassin versant. En effet, ces travaux d'envergure nécessitaient une main d'œuvre importante. De plus, les enquêtes auprès des chefs de village nous indiquent que leurs familles sont arrivées dans la zone depuis 30 à 40 ans seulement. Avant cela, les populations du bassin ont dû quitter leur village en raison de l'autorité coloniale qui souhaitait pouvoir surveiller les populations lors des événements de 1947. A titre d'exemple, une fois la situation politique apaisée, les habitants du village d'Ambohimamory (en amont de la Behotraka) n'ont pas souhaité se réinstaller sur le même site et ont créé un nouveau village, tout à fait en amont de la vallée, à peu de distance du précédent.

Aujourd'hui, la mobilité de ces populations est fortement liée à la recherche de nouvelles terres agricoles. En effet, le partage successoral des terres entre chacun des enfants (ou plus souvent des fils, car les filles rejoignent généralement leur mari dans son village d'origine), ne permet plus d'avoir une superficie suffisante pour nourrir toute la famille. Ainsi, une partie de la population redescend vers l'aval à la recherche de terres, le plus souvent en location, tout en gardant un lien très fort avec la famille restée dans les amonts. Cette particularité des relations amont-aval sera développée dans le chapitre suivant.

⁴² Ce troisième fokontany (Antanifotsy-Bevava) est majoritairement situé en dehors du bassin versant de la Sasomangana qui nous intéresse ici. Mais le village de Bevava fait lui partie de ce bassin et est donc intégré dans le recensement de la population.

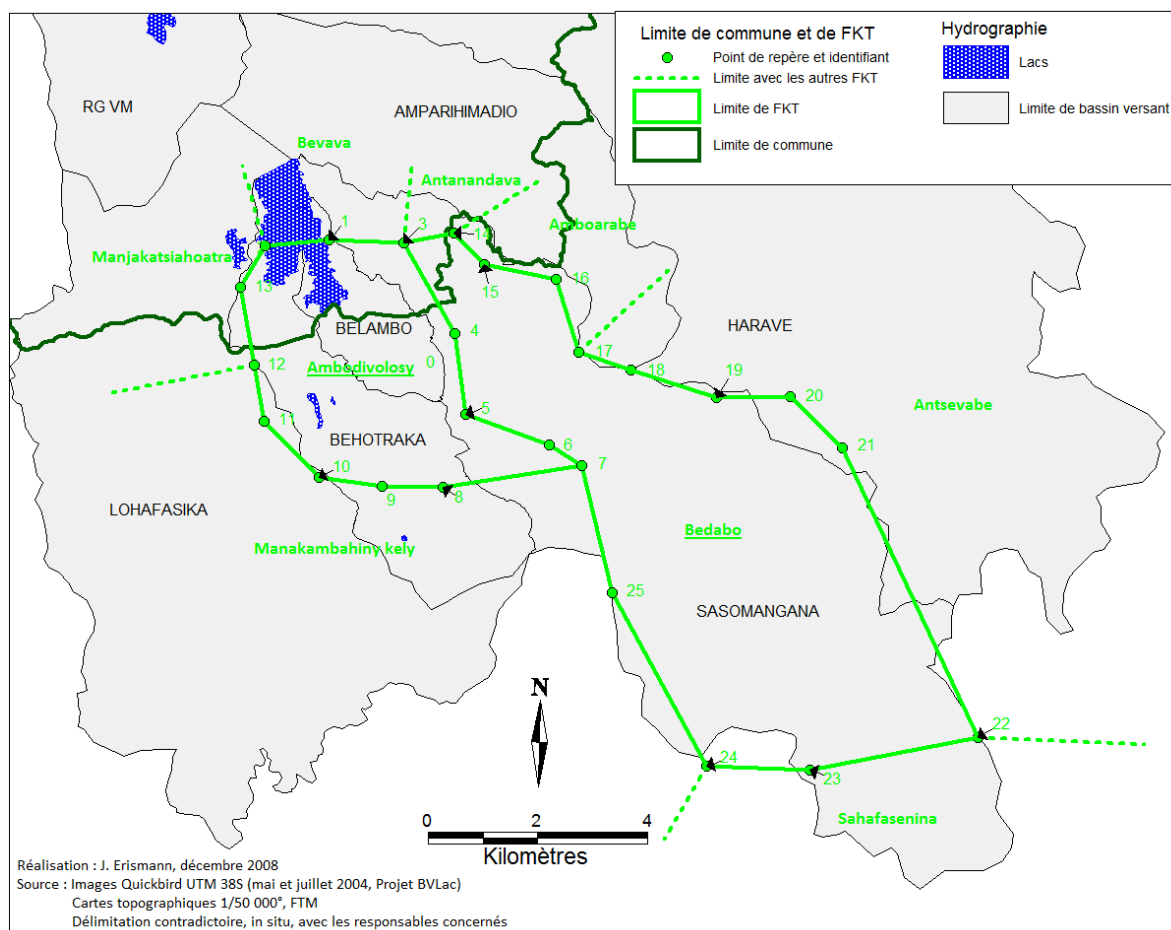


Figure 30 : Délimitation contradictoire des Fokontany, J. Erismann, 2008

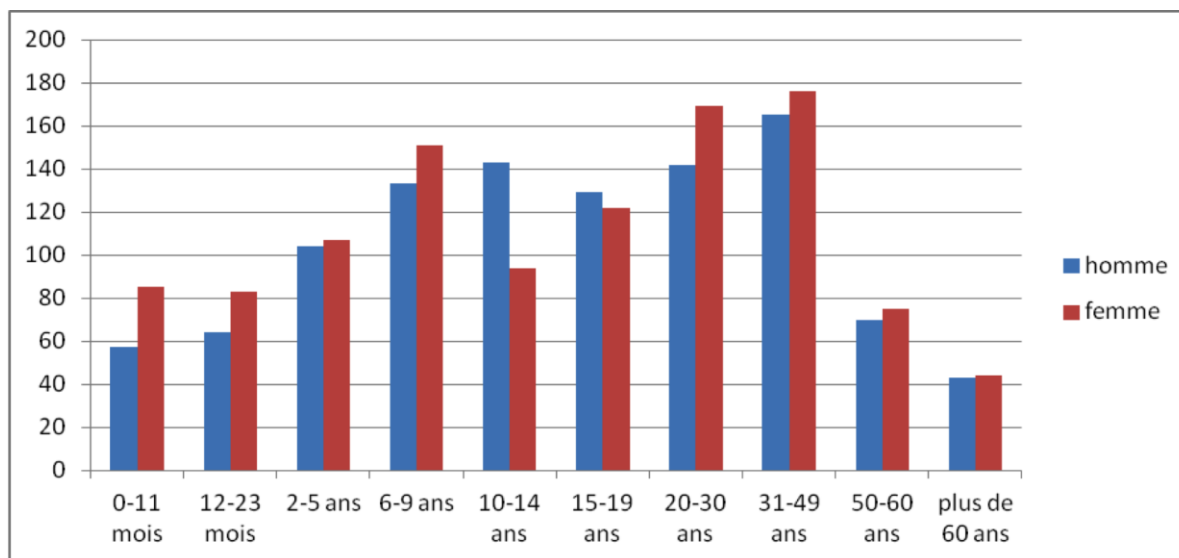


Figure 31 : Population des fokontany du bassin versant de Bevava (Bevava, Ambodivolosy et Bedabo) par classe d'âge, recensement et enquête de terrain, 2008

2. Les apports en eau et en sédiments au réservoir

La région du lac Alaotra est caractérisée par un climat tropical humide à deux saisons contrastées, avec une saison des pluies (de novembre à avril) et une saison sèche (de mai à octobre) ; la saison dite sèche n'étant pas totalement sèche comme on le verra. La saison des pluies correspond peu ou prou à la saison culturale et la majorité des agriculteurs n'effectue qu'une récolte par an, au mois de mai-juin.

Le suivi hydrologique du bassin versant de la Sasomangana est rendu possible grâce à un réseau de quatre pluviographes (couplés à des pluviomètres) installés par BRL⁴³ depuis 1999. Nous disposons donc d'une chronique de 11 ans de données pluviométriques sur ce bassin. Ces appareils de mesure sont localisés de manière à obtenir des données sur les bassins de la Lohafasika (station de Betatamo), de l'Harave (station d'Antsevabe), et de la Sasomangana (stations de Sahatelo en amont du bassin et de Bevava à l'aval) (Figure 32 et Annexe 11).

A ces stations, il faut ajouter les données plus récentes (l'acquisition des données débute le 14 janvier 2006) mais plus complètes⁴⁴ obtenues sur la centrale de saisies automatiques d'Ambohimiarina installée par le Projet BVLac, suite à la recommandation de M. Mietton (Mietton, 2005).

Un limnigraphe est également installé sur la tour de prise d'eau du barrage et permet de suivre tout au long de l'année les variations du lac de retenue et ainsi d'adapter les lâchers d'eau en fonction de la demande et du volume utilisable. C'est grâce à ces données que l'on peut caractériser la production d'eau dans le bassin versant de Bevava.

L'état de remplissage du barrage est à la fois fonction de facteurs d'entrée - les précipitations et les écoulements des cours d'eau débouchant dans le réservoir - et de sorties, notamment les prélèvements pour l'irrigation des périmètres aval mais aussi l'évaporation et l'infiltration. De ce point de vue, on peut établir une typologie des modalités de remplissage du barrage de Bevava à travers les onze années de fonctionnement.

Avant de mettre en relation la disponibilité de la ressource en eau avec la gestion des périmètres irrigués, nous allons caractériser les apports en eau et en sédiments lors de la saison des pluies et de la saison sèche.

⁴³ BRL : Bureau d'études Bas-Rhône Languedoc

⁴⁴ La station CIMEL permet d'avoir des données journalières sur : les températures (minimale, maximale et moyenne, ainsi que l'heure correspondante), l'humidité relative (comme pour les températures avec en plus le nombre d'heures où elle est inférieure à 40%, comprise entre 80% et 90% et supérieure à 90%), le total des précipitations, l'intensité instantanée maximale (en mm/h) et l'horaire correspondant, le cumul de vent par direction, la valeur (en m/s), la direction(en degrés) et l'horaire du vent maximal, et le rayonnement global (J/cm²). La station nous renseigne également sur quelques paramètres à l'échelle horaire : la température, l'humidité relative, la durée où l'on a plus de 90% d'humidité, le total des précipitations, le cumul de vent et le rayonnement global.

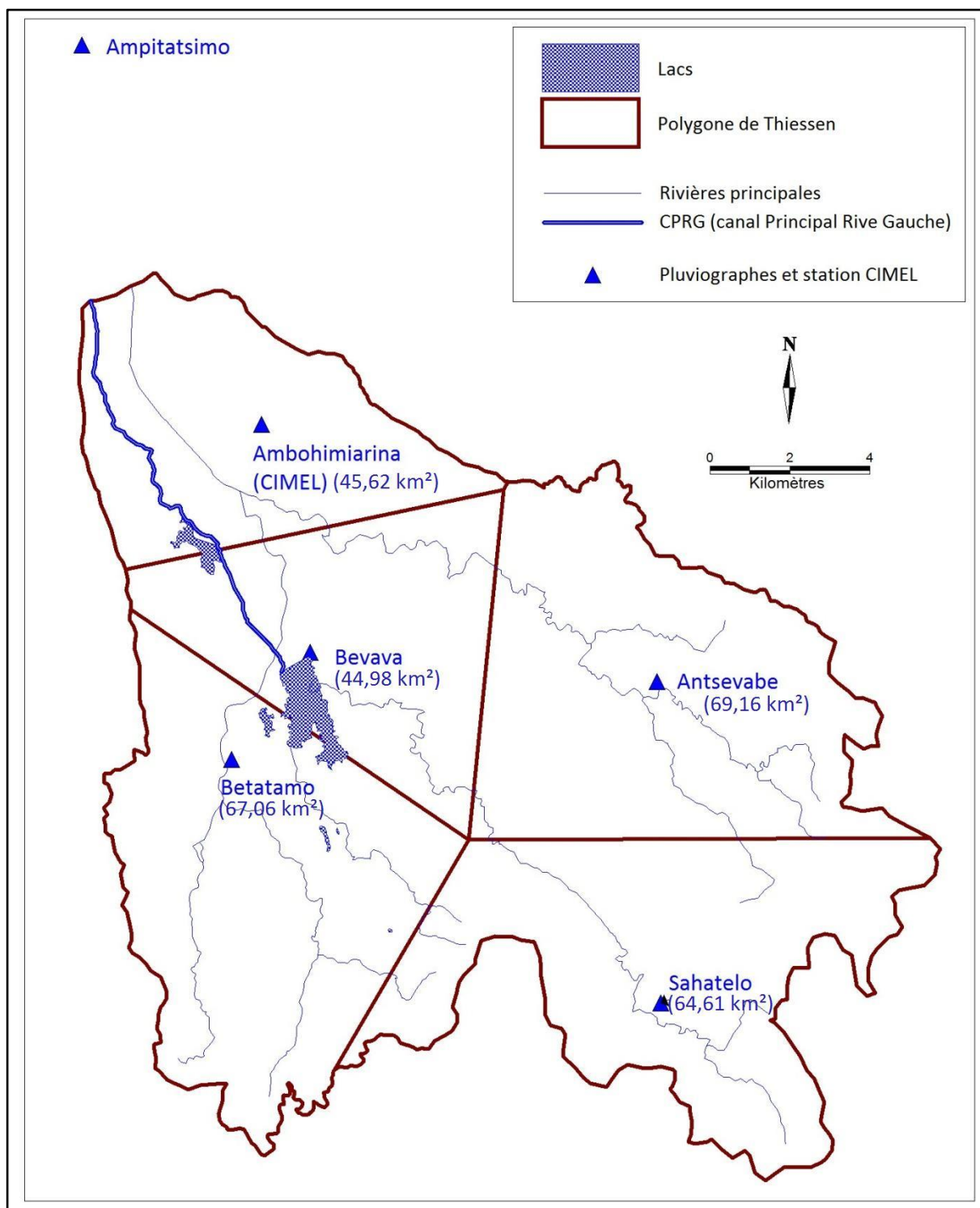


Figure 32: Localisation des instruments de mesure et polygones de Thiessen du bassin versant

2.1 Les apports d'eau en saison des pluies

Au lac Alaotra, la saison des pluies s'étend du mois de novembre au mois d'avril. Elle concentre de 66,9 % à 100 % de la pluviométrie annuelle (Tableau 9).

	Sahatelo			Antsevabe			Betatamo		
	Total annuel	Nov. à Avril	%	Total annuel	Nov. à Avril	%	Total annuel	Nov. à Avril	%
2000-2001	1377,9	1238,7	89,9	1103,5	1037,5	94,0	1079,1	1031,6	95,6
2001-2002	1399,2	935,7	66,9	1029,3	732,0	71,1	1003	786,5	78,4
2002-2003	1784,5	1620,5	90,8	1489,5	1419,5	95,3	1534,0	1499,5	97,8
2003-2004	1084,5	942,0	86,9	816,0	735,0	90,1	731,5	716,5	97,9
2004-2005	1856,3	1823,3	98,2	1536,7	1424,5	92,7	1294,5	1272,0	98,3
2005-2006	922,4	767,4	83,2	598,1	508,1	85,0	573,0	555,5	96,9
2006-2007	1731,7	1575,7	91,0	1484,1	1410,5	95,0	1328,9	1270,9	95,6
2007-2008	1382,2	1215,8	88,0	1076,2	1010,9	93,9	1014,1	956,6	94,3
2008-2009	1508,7	1271,8	84,3	1373,7	1283,8	93,5	1219,6	1127,8	92,5
2009-2010	1237,3	1045,1	84,5	1015,3	914,1	90,0	1006,1	1006,1	100,0
2010-2011	704,5	698,0	99,1	606,9	585,4	96,5	490,5	490,5	100,0

	Bevava			Ampitatsimo			Ambohimiarina (CIMEL)		
	Total annuel	Nov. à Avril	%	Total annuel	Nov. à Avril	%	Total annuel	Nov. à Avril	%
2000-2001	911,4	892,9	98,0	855,5	846,5	98,9			
2001-2002	1137,6	954,5	83,9	1058	908,5	85,9			
2002-2003	1520,4	1503,9	98,9	1273,5	1244,0	97,7			
2003-2004	634,4	627,7	98,9	630,5	622,0	98,7			
2004-2005	1325,8	1318,0	99,4	1601,0	1563,5	97,7			
2005-2006	687,4	666,5	97,0	632,9	614,4	97,1	337,8	288,8	85,5
2006-2007	1292,0	1257,2	97,3	1460,5	1422,1	97,4	1476,3	1459,1	98,8
2007-2008	1144,2	1021,7	89,3	1158,4	1049,0	90,6	1087,6	1038,0	95,4
2008-2009	1087,6	984,8	90,5	1182,9	1093,6	92,5	1357,6	1236,2	91,1
2009-2010	865,7	857,4	99,0	910,7	893,7	98,1	1138,6	1085,8	95,4
2010-2011	423,8	403,3	95,2	511,7	508,2	99,3	558,2	538,6	96,5

Tableau 9 : Pluviométrie (mm) de saison des pluies (novembre à avril) et pourcentage du total pluviométrique annuel (2000-2011)

Le bassin versant reçoit un maximum de pluie lors des mois de décembre à février, avec un maximum enregistré à la station de Sahatelo de 809,0 mm au mois de janvier 2001. Cette station, située à la lisière de la forêt naturelle, enregistre toujours la pluviométrie la plus importante sur les onze années considérées.

> Le gradient pluviométrique sud est – nord ouest

Si l'on prend en compte le total annuel (Tableau 10), le différentiel pluviométrique, entre la station de Sahatelo et les autres stations, est compris entre un minimum de 97,6 mm de pluie (station d'Antsevabe, 2010, 2011) et un maximum de 616,3 mm (station de Betatamo, 2004-2005), avec un différentiel moyen de 325,3 mm de pluie pour l'ensemble des stations et des campagnes (Tableau 11).

	S (0km)	ANTSEVABE (8,1 km)	BETA- TAMO (12,4 km)	BEVAVA (12,5 km)	AMBOHI- MIARINA (17,7 km)	AMPITAT- SIMO (28,2 km)
2000-2001	1238,8	1012,5	1030,6	891,7		855,5
2001-2002	1538,4	1096,3	1270,5	1137,6		1058
2002-2003	1784,5	1488,5	1387,0	1445,5		1273,5
2003-2004	1181	856,0	805,0	677,8		630,5
2004-2005	1910,8	1536,7	1294,5	1325,8		1601,0
2005-2006	922,4	598,6	573,5	687,4	337,8	632,9
2006-2007	1731,2	1484,1	1334,4	1292,0	1476,3	1460,5
2007-2008	1382,2	1076,2	1014,1	1144,2	1087,6	1158,4
2008-2009	1508,7	1373,7	1219,6	1087,6	1357,6	1182,9
2009-2010	1237,3	1015,3	1006,1	865,7	1138,6	910,7
2010-2011	704,5	606,9	490,5	423,8	558,2	511,7

Tableau 10 : Pluviométrie annuelle (mm) par station et distance par rapport à la station de Sahatelo (S), 2000-2011

	ANTSEVABE	BETATAMO	BEVAVA	AMBOHIMIARINA	AMPITATSIMO
2000-2001	-226,3	-208,2	-347,1		-383,3
2001-2002	-442,1	-267,9	-400,8		-480,4
2002-2003	-296,0	-397,5	-339,0		-511,0
2003-2004	-325,0	-376,0	-503,2		-550,5
2004-2005	-374,1	-616,3	-585,0		-309,8
2005-2006	-323,8	-348,9	-235,0	-584,6	-289,5
2006-2007	-247,1	-396,8	-439,2	-254,9	-270,7
2007-2008	-306,0	-368,1	-238,0	-294,6	-223,8
2008-2009	-135,0	-289,1	-421,1	-151,1	-325,8
2009-2010	-222,0	-231,2	-371,6	-98,7	-326,6
2010-2011	-97,6	-214,0	-280,7	-146,3	-192,8

Tableau 11 : Différentiel pluviométrique par rapport à la station de Sahatelo

Ces résultats confortent la notion de gradient pluviométrique qui diminue d'est en ouest liés à deux facteurs naturels : d'une part, la végétation (forêt naturelle) et d'autre part, la topographie (la plaine de l'Alaotra, à 750 mètres d'altitude, est bordée à l'est par une chaîne montagneuse, à 1300 mètres d'altitude, ce qui induit un effet de foehn, un assèchement climatique).

En considérant la station la plus en amont (Sahatelo) et celle située la plus en aval (Ampitatsimo à 28,2 km), le gradient pluviométrique est, sur la base des moyennes interannuelles de 12,5 mm/km avec des valeurs comprises entre 6,8 mm/km (2010-2011) et 19,5 mm/km (2003-2004). Sur les cinq dernières années, le gradient entre les deux stations de Sahatelo et Ambohimiarina, distantes de 17,72 km, est du même ordre de grandeur (10,7 mm/km). A l'échelle mensuelle ce gradient n'apparaît plus de façon claire.

Si l'on considère les cinq stations incluses dans le bassin versant (Ampitatsimo étant beaucoup plus en aval dans le PC 15), on obtient les pluies moyennes mensuelles suivantes par la méthode de Thiessen (Figure 32 et Tableau 12).

	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVRIL
2000-2001	83,1	162,0	700,4	55,9	94,3	27,4
2001-2002	1,7	286,7	189,5	319,6	64,4	27,1
2002-2003	86,0	483,1	448,6	317,5	185,1	33,4
2003-2004	89,1	164,3	257,7	64,1	213,8	40,3
2004-2005	12,3	610,6	169,3	432,4	346,5	28,1
2005-2006	19,2	177,1	168,4	120,0	76,4	5,6
2006-2007	150,1	102,7	491,1	322,2	260,9	72,0
2007-2008	4,8	163,3	387,9	422,0	66,6	5,1
2008-2009	190,4	88,2	341,0	317,0	129,5	125,6
2009-2010	69,0	121,1	374,7	22,0	392,0	3,6
2010-2011	37,3	189,1	59,8	164,3	102,5	0,0

Tableau 12 : Pluviométrie moyenne mensuelle (en mm) par la méthode de Thiessen pour le bassin versant de Bevava

A l'échelle journalière, les pluies peuvent atteindre et largement dépasser 80 mm⁴⁵ (le maximum maximorum étant de 138,8 mm, en pluie moyenne sur le bassin le 16 février 2008, lors du passage du cyclone Ivan ; la station de Sahatelo nous indique la plus forte pluie enregistrée sur le bassin ce même jour avec 160,0 mm ; pour les stations de Bevava, Betatamo, Antsevabe et Ambohimiarina les maximums sont respectivement de 152,8 mm, 138,0 mm, 153,5, et 166,2 mm le 16 mars 2007 lors du cyclone Indlala).

La relation entre une pluie et son impact sur le bassin versant et sur le lac de retenue peut être étudiée par la mise en relation entre les pluies moyennes journalières (Thiessen) et l'élévation du niveau de la retenue. Cet examen peut encore être affiné à l'échelle horaire par référence aux « données-temps » des pluviogrammes et limnigrammes.

⁴⁵ Les appareils de mesure ont enregistré 9 pluies supérieures à 80 mm à Bevava, 21 à Betatamo, 16 à Antsevabe et 27 à Sahatelo, ainsi que 11 pluies moyennes sur le bassin pour la période 2000-2011. La station CIMEL à Ambohimiarina en a enregistré 9 sur les cinq années complètes de fonctionnement (2007-2011).

Cet examen permet également de déterminer un coefficient d'écoulement pour le bassin versant de Bevava. Celui-ci est lié :

- d'une part, à la couverture végétale du bassin : en effet le temps de réponse d'un évènement pluvieux est différent pour les deux principaux ensembles, la forêt naturelle et le domaine savanien ; ce dernier occupant 70% de l'espace du bassin, c'est le coefficient d'écoulement du seul domaine savanien dont la réponse hydrologique est immédiate, qui nous intéresse ici ;
- d'autre part, à la saturation en eau du sol : les parts de l'eau ruisselée et d'eau infiltrée seront donc différentes en début ou en fin de saison des pluies.

Trois pluies exceptionnelles suivies d'une remontée significative du lac de retenue de Bevava sont examinées afin de déterminer le coefficient d'écoulement de l'ensemble savanien, pendant la saison des pluies, en début et en fin de saison des pluies :

> la première en janvier 2001 où le limnigraphe a enregistré la plus grande augmentation du lac en une journée (+1,27 m.) suite à un cumul de pluies important sur 10 jours consécutifs, incluant en outre une des dix plus grosses pluies journalières enregistrées à Bevava (84 mm) ;

En janvier 2001, on enregistre ainsi une remontée exceptionnelle du niveau du lac de 6,82 mètres en 18 jours (du 14 au 31 janvier) ainsi que sa plus forte augmentation journalière le 29 janvier 2001. Ceci s'explique par un cumul de pluies important du 6 au 29 janvier qui a permis de diminuer les lâchures au barrage et des pluies moyennes journalières parmi les dix plus importantes enregistrées sur le bassin versant. Les deux plus fortes augmentations du niveau du lac ont lieu le 16 janvier (+0,92m.) et le 29 janvier (+1,27 m.) (Figure 33).

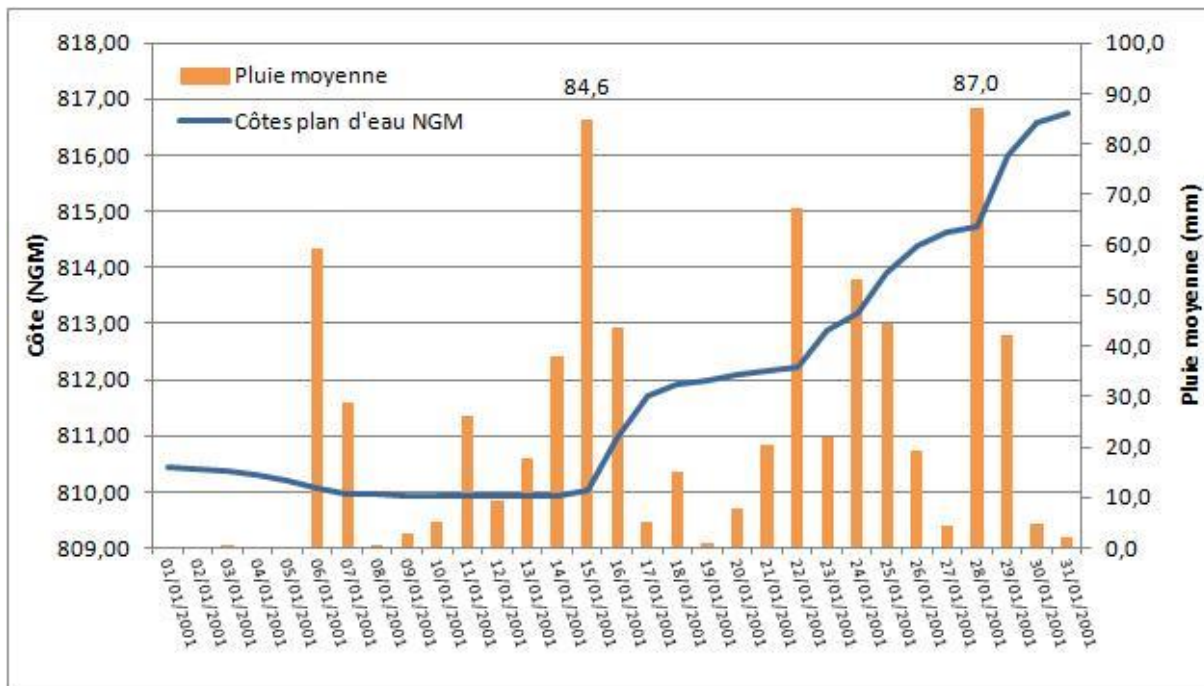


Figure 33 : Variation du niveau du lac de retenue et pluie moyenne sur le bassin versant de Bevava en janvier 2001

Dans un premier temps, il faut déterminer le volume écoulé (V_e) : il correspond à la différence entre l'augmentation du volume (V) de la retenue et le volume précipité sur celle-ci (V_p).

Entre le 28 et le 29 janvier 2001, la cote du lac enregistrée au limnigraphe passe de 814,73 NGM à 816,00 NGM. Grâce à la courbe de cubature, on obtient le volume correspondant à cette élévation de 1,27 mètre : $V = 2\,840\,000\text{ m}^3$

La station pluviométrique de Bevava (à proximité immédiate du lac) a enregistré une pluie de 56,9 mm le 27 janvier (soit 56,9 litre/m²). A cette date la superficie du lac est de 2 083 338 m².

Le volume précipité sur la retenue est le produit de la pluie enregistrée par la superficie du bassin : $V_p = 118\,542\text{ m}^3$

Le volume écoulé est donc : $V_e = V - V_p$, soit $V_e = 2\,721\,458\text{ m}^3$

Théoriquement, il faudrait prendre en compte les pertes, à savoir : les lâchers pour l'irrigation, l'évaporation et l'infiltration au niveau de la retenue. Ces facteurs sont peu connus :

- l'évaporation, est fonction, entre autres, de l'hygrométrie, de la température et de la vitesse du vent. En janvier 2001, nous n'avons aucun indice de ces données. Cependant, grâce à la station CIMEL installée en 2005, on peut estimer une valeur moyenne journalière pour les mois de janvier 2006 à 2011 de 2,27 mm/jour grâce à la

formule de Penman-Monteith (Penman, 1948 ; Monteith, 1965), soit une évaporation potentielle de $6597,5 \text{ m}^3/\text{jour}$ sur la surface de la retenue ;

- l'infiltration : un bilan hydrologique réalisé en saison sèche (cf. les apports en saison sèche) nous permet de l'estimer à une valeur comprise entre 1000 et $7000 \text{ m}^3/\text{jour}$, soit une valeur moyenne (ou plutôt un ordre de grandeur) de $4000 \text{ m}^3/\text{jour}$.

Les lâchers pour l'irrigation étant de $21\,600 \text{ m}^3$ le 27 janvier 2001, l'évaporation étant estimée à près de $6600 \text{ m}^3/\text{jour}$ et l'infiltration à $4000 \text{ m}^3/\text{jour}$, cela représente un volume global pour les pertes de $32\,200 \text{ m}^3$, soit seulement 1% de l'augmentation du lac.

Ces facteurs jouent donc à la marge dans le bilan et ils ne seront donc pas pris en compte dans le calcul du coefficient d'écoulement de l'ensemble savanien.

Le coefficient d'écoulement (K_e) est le rapport entre la quantité d'eau écoulée ($V_e = 2\,721\,458 \text{ m}^3$) et le volume d'eau précipitée sur le domaine savanien ($V_p.\text{sav}$).

La pluie moyenne du 28 janvier 2001 sur l'ensemble du bassin versant est de 87 mm. Mais comme nous nous intéressons ici au seul domaine savanien, il faut recalculer celle-ci : le « poids » de la pluie enregistrée à la station de Sahatelo (station la plus proche de la forêt pluviale) s'en trouve amoindri et on obtient une pluie moyenne de 81,7 mm, soit un volume précipité : $V_p.\text{sav} = 4\,406\,400 \text{ m}^3$, d'où un coefficient d'écoulement K_e égal à 61%.

Cette valeur élevée peut s'expliquer par une importante saturation des sols, même en ce milieu de saison des pluies ; cette première moitié étant particulièrement bien arrosée : en effet, sur les 892,9 mm enregistrés à Bevava entre les mois de novembre et avril, les pluies ont apporté 729,9 mm avant le 29 janvier, soit 81,7% du total pluviométrique !

Grâce au dépouillement des pluviogrammes et du limnigramme de la tour de prise d'eau du lac, on peut affiner le temps de réponse de cet évènement pluvieux (Figure 34).

Le travail de dépouillement des pluviogrammes (de 1999 à 2005) (Erismann, 2006) révèle près de 400 enregistrements graphiques de pluies efficaces, considérées comme supérieures à 20 mm de pluie ; étant entendu que deux pluies sont distinctes si elles sont séparées par un intervalle de temps supérieur à quatre heures. La précision graphique du diagramme d'1 mm pour un pas de temps de 6 minutes permet de calculer des informations précieuses telles que l'intensité instantanée, l'intensité maximale au seuil de 30 minutes (Tableau 13) et également l'agressivité des pluies. Ce travail fastidieux est désormais facilité avec l'installation de la station automatique CIMEL qui nous renseigne directement sur les intensités instantanées maximales et l'heure correspondante.

1999 - 2005					Janvier 2006 - 2010
Intensité (mm/h)	Bevava	Betatamo	Antsevabe	Sahatelo	Ambohimiarina (CIMEL)
Maximum	96,0	150,0	115,0	129,0	180,0
Date	07.12.2002	22.03.2001	19.11.2000	11.02.2002	11.02.2009

Tableau 13 : Intensités instantanées maximales en 30 minutes (calculées pour la période 1999-2005 à partir des pluviogrammes et acquises par la station CIMEL pour 2006 - 2010)

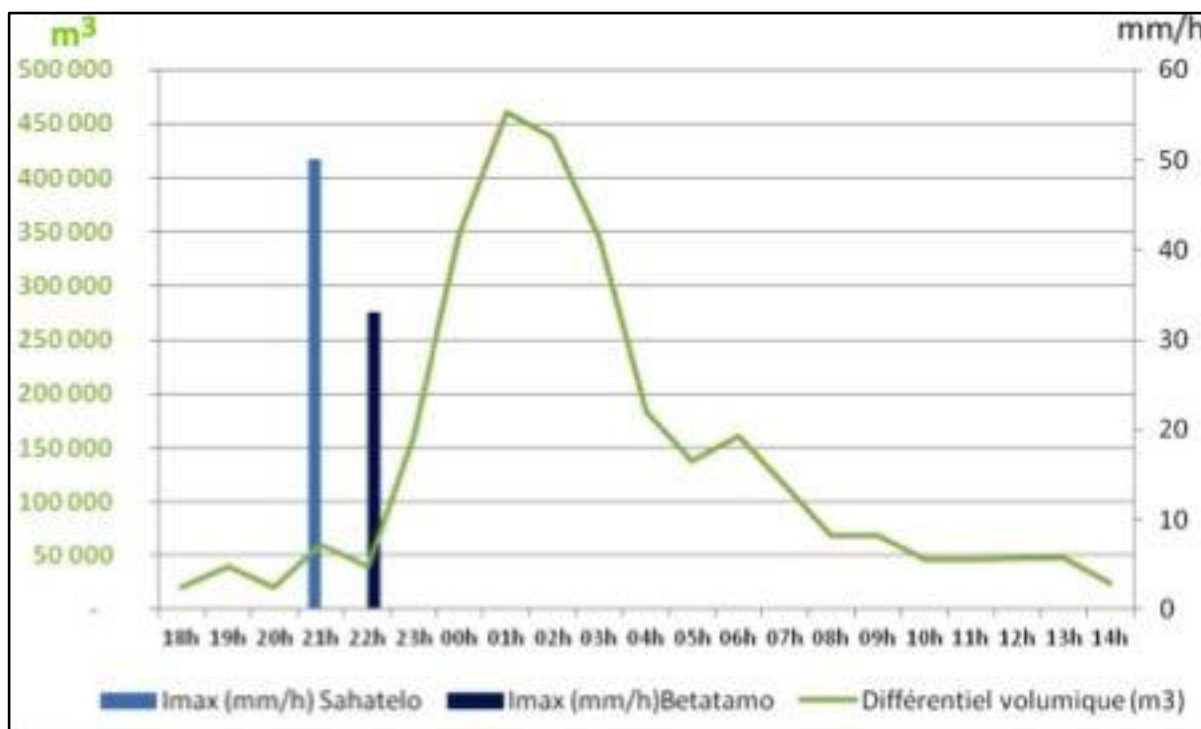


Figure 34 : Corrélation entre l'évènement pluvieux du 28 janvier 2001 et l'augmentation du volume du lac de retenue

Un défaut de fonctionnement des pluviographes de Bevava et d'Antsevabe ne nous a pas permis de calculer les intensités lors de cet évènement pluvieux (d'où l'importance du couplage pluviographe / pluviomètre dans le suivi hydrologique d'un bassin versant) mais ces données sont disponibles sur Sahatelo et Betatamo. Le pic d'intensité de cette pluie a lieu à 21h pour la station de Sahatelo en amont du bassin (50 mm/h) et à 22h pour la station de Betatamo en aval du bassin (33 mm/h), tandis que le pic d'augmentation du volume dans le lac a lieu à 1h du matin : cela donne un temps de réponse très rapide compris entre 3 et 4 heures, ce qui est dans le même ordre d'idées que l'importance du coefficient d'écoulement précité.

En suivant le même raisonnement, qu'en est-il des coefficients d'écoulement en début et en fin de saison des pluies ?

> L'élévation du niveau du lac la plus significative en début de saison des pluies a lieu en novembre 2006 avec une élévation de 0,23 mètre le 25 novembre.

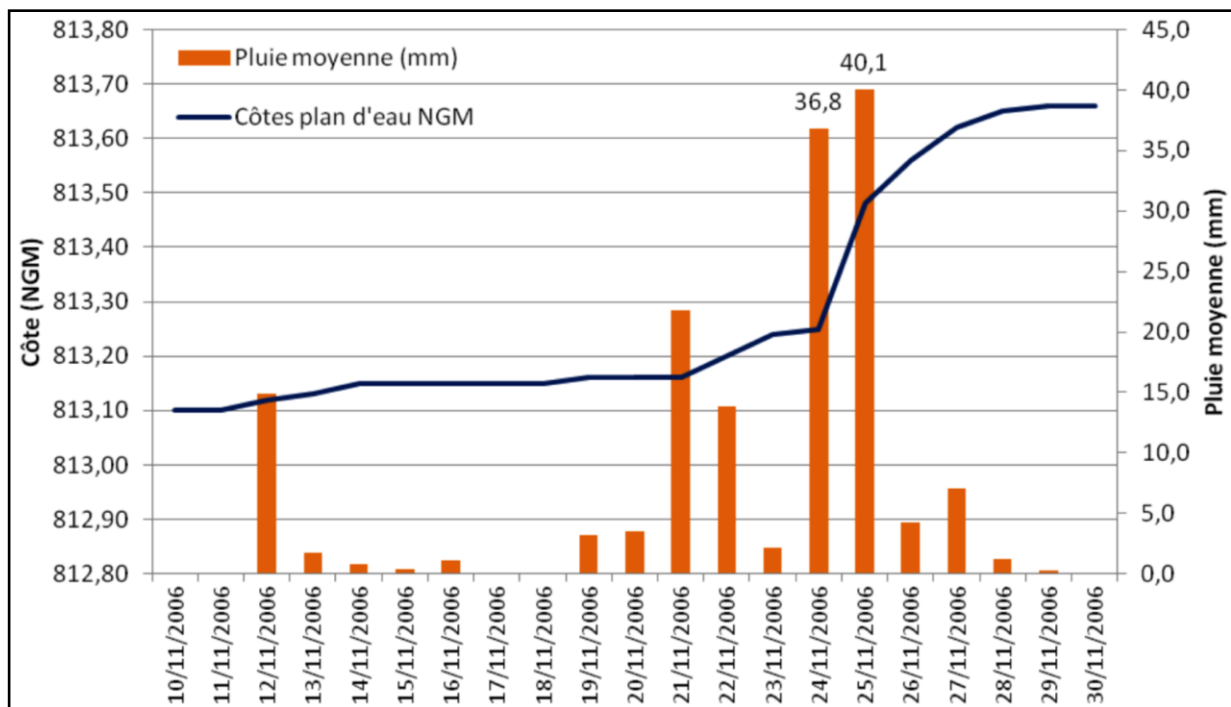


Figure 35 : Variation du niveau du lac de retenue et pluie moyenne sur le bassin versant de Bevava en novembre 2006

Entre le 24 et le 25 novembre 2006 (Figure 35), la cote du lac passe de 813,25 NGM à 813,58 NGM, soit une augmentation du volume de la retenue de : $V = 414\,000\text{ m}^3$.

Le pluviographe de Bevava a enregistré une pluie de 66,3 mm le 24 novembre. C'est la première pluie importante de cette saison 2006-2007. La station CIMEL nous indique une intensité instantanée maximale pendant 30 minutes de 88 mm/h à cette date, ce qui - sans représenter un record - est une valeur importante. A cette date, la superficie du lac est de 1 811 475 m² pour une cote de 813,25 NGM. Le volume précipité sur la retenue est : $V_p = 120\,100,79\text{ m}^3$.

Le volume écoulé est : $V_e = 293\,899,21\text{ m}^3$.

La pluie moyenne sur le bassin versant est de 36,8 mm et de 42,9 mm pour le domaine savanien uniquement, soit un volume précipité : $V_{p.sav} = 2\,316\,600\text{ m}^3$, d'où un coefficient d'écoulement **Ke égal à 12,7%**.

En comparant cette valeur avec celle calculée pendant la saison des pluies (61%), on voit bien la capacité d'absorption des sols en début de saison, alors même que la végétation n'a pas encore pu se développer après cinq mois de saison sèche et n'intervient donc pas encore comme frein au ruissellement.

Il n'est pas possible d'affiner les calculs à l'échelle horaire car les limnigrammes correspondants ne sont pas disponibles.

> Enfin, dernier exemple de coefficient d'écoulement en fin de saison des pluies avec la plus forte élévation du lac pour un mois d'avril : +0,40 mètre le 6 avril 2009 (Figure 36), soit une augmentation du volume de **$V = 1\,100\,000\text{ m}^3$** .

La pluie enregistrée à Bevava est de 51,3 mm, et l'intensité instantanée maximale pendant 30 minutes de cet événement pluvieux (station CIMEL) est de 18 mm/h (valeur légèrement supérieure à la moyenne) enfin, la superficie du lac à la côte 818,16 NGM est de 2 720 268 m² ; soit un volume précipité sur la retenue de : **$V_p = 139\,549,74\text{ m}^3$** .

Pour le calcul du volume écoulé, on ne peut dans ce cas faire l'impasse sur les lâchers pour l'irrigation qui sont encore importants en cette fin de saison culturale (fermeture des vannes le 28 avril) alors même que les précipitations de la saison sont dans la moyenne (984,8 mm pour une moyenne interannuelle de 953,4 mm sur la période 2000-2011) et que le niveau du lac est suffisamment haut pour la saison culturale suivante⁴⁶. Le 05 avril 2009 les prélèvements sont de 92 160 m³ et le volume écoulé est de : **$V_e = 868\,290,3\text{ m}^3$** .

La pluie moyenne sur le bassin est de 40,4 mm et de 40,2 mm pour le domaine savanien uniquement, soit un volume précipité de : **$V_{p.sav} = 2\,170\,800\text{ m}^3$** , d'où un coefficient d'écoulement **K_e égal à 39,9%**.

A cette période de l'année, les sols sont saturés mais la végétation joue son rôle de frein au ruissellement. C'est probablement la raison ou l'une des raisons pour lesquelles on obtient une valeur élevée mais toutefois moins qu'en milieu de saison des pluies.

⁴⁶ En réalité, les prélèvements pour l'irrigation sont toujours très importants au mois d'avril, phase reproductive du riz, et ce mois d'avril 2009 est même le moins consommateur d'eau sur la période 2000-2011. Ainsi même lorsqu'il y a risque de pénurie comme en avril 2006 où malgré une côte du lac très basse (autour de 810 NGM) les débits lâchés restent de l'ordre de 2,2 m³/s soit un volume journalier de 190 080 m³.

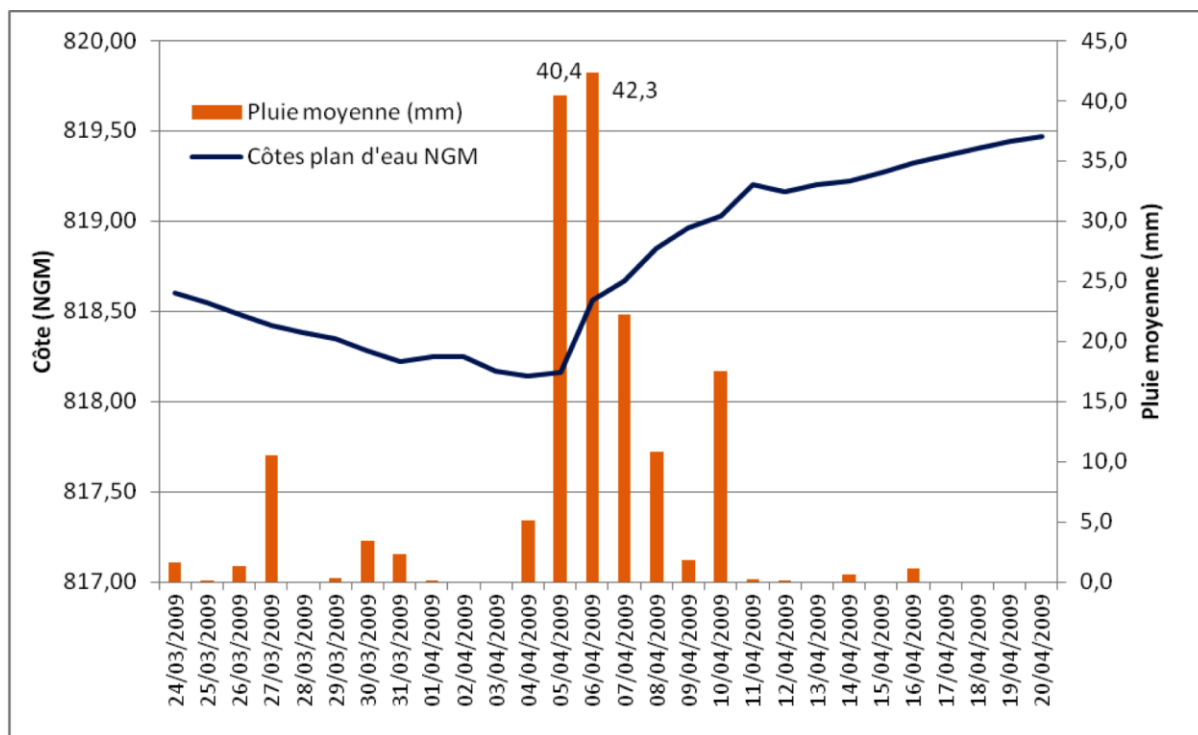


Figure 36 : Variation du niveau du lac de retenue et pluie moyenne sur le bassin versant de Bevava en mars et avril 2009

Même si la saison des pluies concentre en moyenne 93% de la pluviométrie annuelle sur l'ensemble des stations du bassin versant, il y a également des apports en saison sèche qui permettent de reconstituer le stock d'eau.

2.2 Les apports d'eau en saison dite sèche

Entre les mois de mai et octobre, l'alimentation du réservoir s'effectue principalement par l'écoulement de la Sasomangana, principale rivière du bassin versant et dans une moindre mesure par la dérivation des eaux de la rivière Lohafasika (bassin versant adjacent), via un épi en terre. Cette dernière alimentation secondaire et temporaire, chargée en sédiments⁴⁷, emprunte un tracé d'environ 2000 mètres qui permet de la dessabler avant son arrivée dans le lac (Figure 37). Ces écoulements sont alimentés par une restitution lente de la forêt et des tanety.

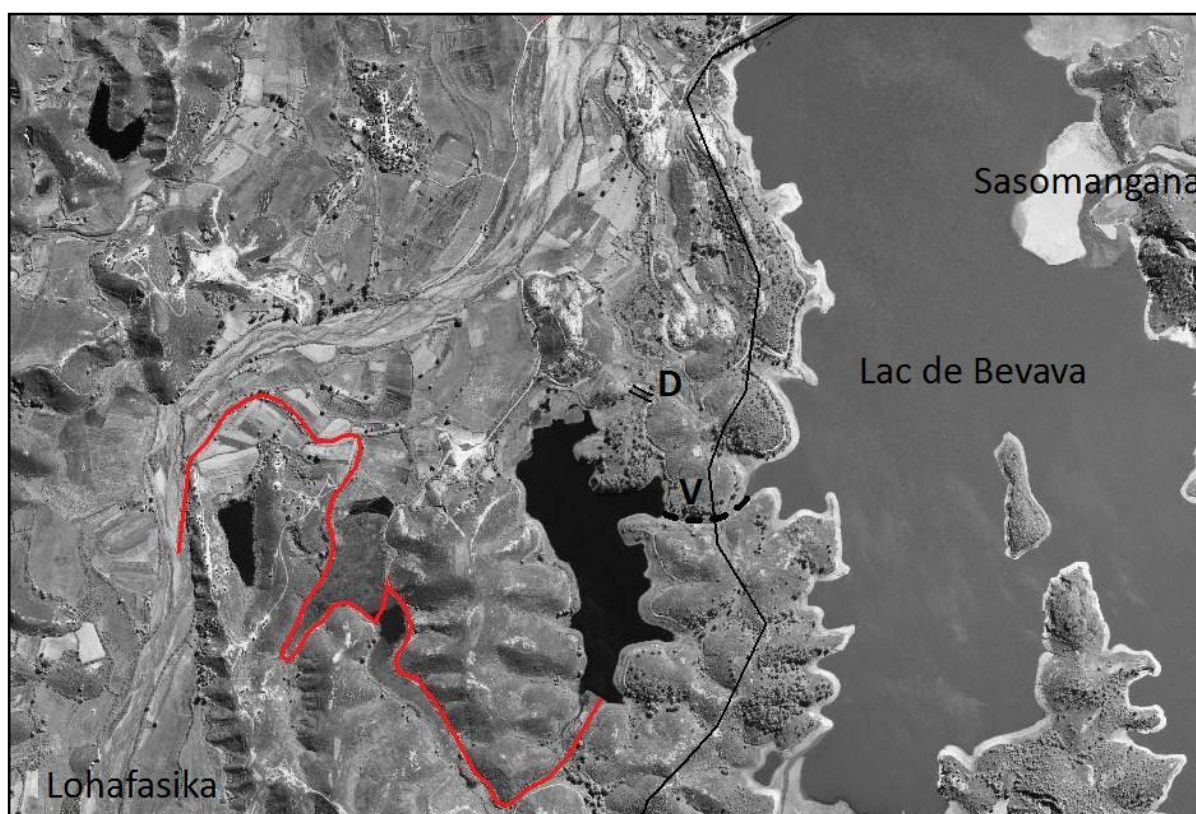


Figure 37 : Réalimentation du lac de Bevava avec les eaux de la Lohafasika en saison sèche (tracé de la réalimentation du lac avec les eaux de la Lohafasika en saison sèche ; D. : déversoir du barrage ; V. : vallon par lequel se fait le débordement du lac vers le déversoir ou des eaux de la Lohafasika vers le lac)

La côte du lac de retenue en saison sèche est en constante augmentation, ce qui témoigne de la permanence des apports et de la diminution des « sorties » : d'une part, les lâchers pour l'irrigation cessent et, d'autre part, l'évaporation au niveau du lac de retenue est moins importante en cette période de l'année. Après avoir caractérisé la pluviosité de saison sèche (Tableau 14) à travers un exemple de pluie tardive, nous montrerons l'importance de la forêt naturelle, qui couvre une superficie de près de 20 km² en amont du bassin versant, puis un bilan hydrologique au niveau de la retenue sera présenté afin de mieux cerner différents facteurs climatiques et hydrologiques.

⁴⁷ Le nom « Lohafasika » signifie d'ailleurs « tête de sable ».

Enfin, une typologie des modalités de remplissage du barrage permettra de caractériser à l'échelle de la saison dite sèche la production de l'eau nécessaire à l'irrigation pour la campagne agricole suivante.

	Sahatelo			Antsevabe			Betatamo		
	Total annuel	mai-octobre	%	Total annuel	mai-octobre	%	Total annuel	mai-octobre	%
2000-2001	1377,9	73,0	5,3	1103,5	19,0	1,7	1079,1	41,0	3,8
2001-2002	1399,2	432,5	30,9	1029,3	282,8	27,5	1003,0	176,5	17,6
2002-2003	1784,5	163,0	9,1	1489,5	86,5	5,8	1534,0	40,0	2,6
2003-2004	1084,5	127,0	11,7	816	61,5	7,5	731,5	13,5	1,8
2004-2005	1856,3	87,5	4,7	1536,7	110,7	7,2	1294,5	22,5	1,7
2005-2006	922,4	164,0	17,8	598,1	92,5	15,5	573,0	28,0	4,9
2006-2007	1731,7	190,5	11,0	1484,1	76,6	5,2	1328,9	111,0	8,4
2007-2008	1382,2	215,4	15,6	1076,2	109,3	10,2	1014,1	81,0	8,0
2008-2009	1508,7	160,9	10,7	1373,7	48,0	3,5	1219,6	10,8	0,9
2009-2010	1237,3	181,7	14,7	1015,3	115,1	11,3	1006,1	0,0	0,0
2010-2011	704,5	0,0	0,0	606,9	0,0	0,0	490,5	0,0	0,0

	Bevava			Ampitatsimo			Ambohimiarina (CIMEL)		
	Total annuel	mai-octobre	%	Total annuel	mai-octobre	%	Total annuel	mai-octobre	%
2000-2001	911,4	0,0	0,0	855,5	0,0	0,0			
2001-2002	1137,6	183,1	16,1	1058	152,0	14,4			
2002-2003	1520,4	28,0	1,8	1273,5	27,0	2,1			
2003-2004	634,4	6,7	1,1	630,5	8,5	1,3			
2004-2005	1325,8	7,8	0,6	1601	37,5	2,3			
2005-2006	687,4	20,9	3,0	632,9	18,5	2,9	337,8	49,0	14,5
2006-2007	1292	79,5	6,2	1460,5	47,9	3,3	1476,3	32,6	2,2
2007-2008	1144,2	141,7	12,4	1158,4	176,9	15,3	1087,6	96,4	8,9
2008-2009	1087,6	45,2	4,2	1182,9	16,0	1,4	1357,6	70,0	5,2
2009-2010	865,7	22,5	2,6	910,7	16,8	1,8	1138,6	61,6	5,4
2010-2011	423,8	0,0	0,0	511,7	0,0	0,0	558,2	0,0	0,0

Tableau 14 : Pluviométrie (en mm) de saison sèche (mai à octobre)

Si l'on considère les pluies moyennes, les mois les plus arrosés en saison dite sèche sont par ordre décroissant, mai, avec une pluie moyenne interannuelle de 28,7 mm, puis juillet (23,0 mm), juin (20,0 mm), octobre (19,7 mm) et août (18,9 mm).

Sur l'ensemble de la période considérée en saison sèche (2000-2011), il y a très peu de pluies journalières significatives (supérieures à 20 mm) sur l'ensemble du bassin versant.

Si l'on se réfère à la pluie moyenne, on en dénombre six, dont trois pour le seul mois de mai 2002, y compris la plus remarquable le 10 mai 2002 avec 103,8 mm.

Cet évènement pluvieux du 9 au 11 mai est lié à une perturbation cyclonique liée au passage de Kesiny au nord de l'île de Madagascar, alors que la saison cyclonique s'étend généralement du mois de janvier au mois de mars ou avril (Tableau 15).

	TOTAL	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai
Nombre de cyclones et tempêtes tropicales (1992-2012)	54	1	3	18	13	12	4	3

Tableau 15 : Nombre total de cyclones et tempêtes tropicales ayant affecté Madagascar entre 1992 et 2012 et répartition mensuelle (source : Firinga.free.fr)

L'intensité instantanée maximale en 30 minutes de cet évènement pluvieux est de 22 mm/h à la station d'Antsevabe, de 20 mm/h à Bevava et de 86 mm/h à Sahatelo.

L'élévation du lac est d'un (1) mètre entre le 10 et le 13 mai 2002, soit un apport global de 1 328 700 m³ en quatre jours (Figure 38). Cela correspond au volume apporté directement par les pluies et à l'apport de la rivière Sasomangana :

- L'apport direct par les pluies des 9, 10 et 11 mai est de 1 042 293,8 m³ ;
- Le volume de la retenue ayant augmenté de 1 328 700 m³, l'écoulement de la rivière principale, la Sasomangana a donc apporté un volume de 286 406,2 m³ en trois jours, soit un débit journalier moyen de 1,1 m³/s.

Nous allons donc pouvoir comparer cette valeur de débit avec une période sans pluie et avec l'élévation du niveau du réservoir afin de rendre compte de la restitution de l'eau par la forêt et par les tanety.

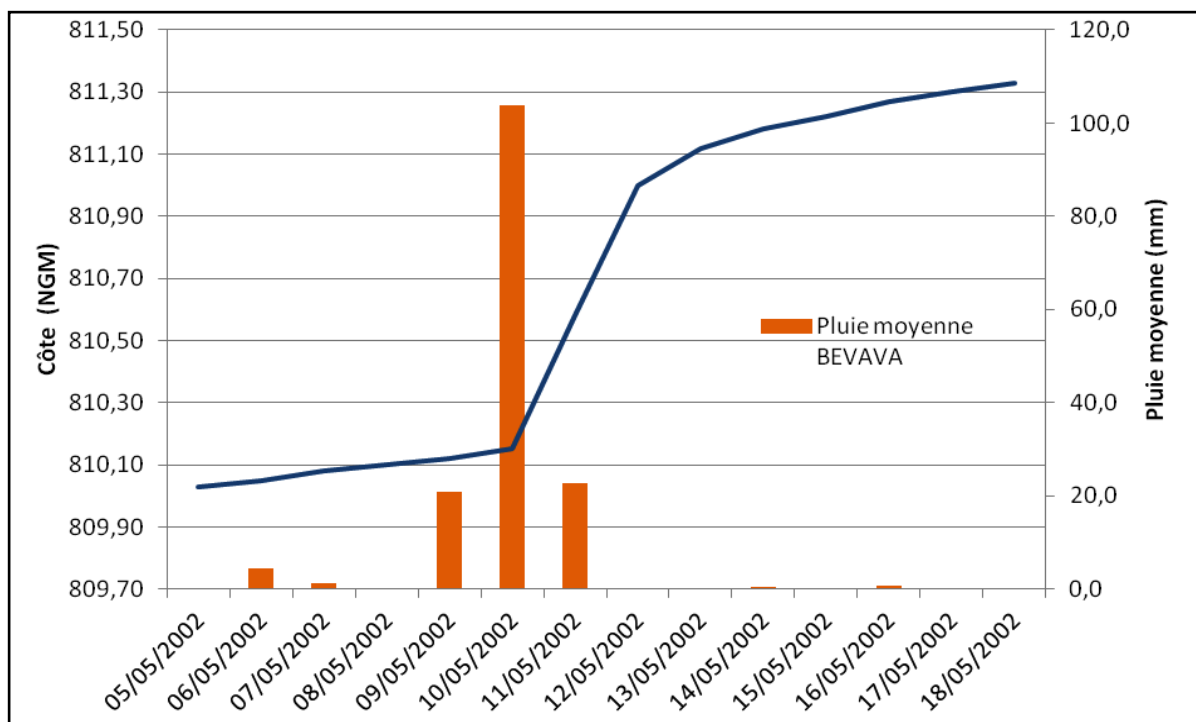


Figure 38 : Variation de niveau exceptionnelle en saison sèche du lac de retenue et pluie moyenne du bassin versant de Bevava

> La restitution de l'eau par la forêt :

La pluviosité étant relativement faible durant ces mois de saison dite sèche, on peut d'ores et déjà noter l'importance de la forêt naturelle en amont du bassin qui permet une restitution continue et un remplissage du réservoir (Mietton M., 2006). Cette restitution lente et progressive de l'eau par la forêt est d'une part, liée au substrat, un épais manteau d'altérites et, d'autre part, au climat particulier, plus humide même en saison sèche. La station pluviométrique de Sahatelo montre bien que l'amont reçoit plus de pluie que les autres stations de mesure, à la fois dans le cumul annuel, mais aussi en saison sèche pour les mois de mai à octobre (Tableau 14).

Un jaugeage différentiel a été effectué entre l'amont (Sahatelo) et l'aval (Amboasary) du bassin versant sur la rivière Sasomangana au cœur de la saison sèche le 31 juillet 2006 : celui-ci montre une variation de débit entre l'amont et l'aval de $0,287 \text{ m}^3/\text{s}$ à $0,520 \text{ m}^3/\text{s}$; cela tend à montrer que les altérites des tanety du bassin versant restituent également une partie de l'eau accumulée pendant la saison des pluies (Mietton, 2006). Cependant, cela reste limité dans la mesure où, si l'ordre de grandeur est le même, de $0,200$ à $0,300 \text{ m}^3/\text{s}$, cette restitution des tanety provient d'un territoire cinq fois plus grand que le domaine forestier de l'amont.

N'ayant pas eu la possibilité de multiplier ces jaugeages en saison sèche lors des différentes phases de terrain, nous prendrons deux exemples d'élévation du niveau du lac lors d'une période sans pluie, en début et en fin de saison sèche.

En effet, il est difficile de différencier et de quantifier la contribution des tanety et celle de la forêt. Toutefois, il semble qu'en début de saison sèche, la part de l'eau restituée par les tanety soit plus importante car l'ensemble savanien représente la superficie la plus importante et est le plus proche du réservoir.

En mai et en juin, l'élévation journalière moyenne du niveau de la retenue est de 2 cm par jour (puis 1cm pour les mois de juillet à septembre). Mais, comme nous l'avons vu, le mois de mai est le plus pluvieux de la saison dite sèche ; nous prendrons donc un exemple au mois de juin :

Le 22 juin 2001, la côte du lac est de 813,69 NGM ; il n'y a eu aucune pluie sur les stations du bassin versant durant les dix jours précédents et seulement 3,5 mm à Bevava avant cette période sans pluie. Le 23 juin, la côte du lac est de 813,71 NGM ce qui équivaut à un apport de 36 000 m³ en une journée, soit un débit moyen de 0,41 m³/s.

C'est en fin de saison sèche, lors des mois d'octobre, que la côte du lac est la plus stable : entre 2000 et 2010, les relevés limnimétriques n'enregistrent aucune variation pour près de 75% des journées. On peut en conclure que le volume apporté par la rivière est entièrement compensé par les pertes liées à l'évaporation et à l'infiltration.

Toutefois, les relations pluie-débit pour le remplissage du barrage sont incertaines, car :

- il n'y a aucune mesure continue du débit des rivières alimentant le réservoir du barrage et on ne peut effectuer un bilan hydrologique global qu'à travers des variations des côtes du plan d'eau. Nous avons installé un limnigraphe en aval de la Sasomangana et une passerelle, afin de pallier ce manque de données, mais le tout a été emporté par une crue...
- il est difficile d'apprécier les facteurs tels que l'évaporation et l'infiltration.

> Bilan hydrologique de la retenue en saison sèche : les autres facteurs

Pour ces raisons, il ne nous a été possible d'effectuer un bilan hydrologique (Mietton, Bonnier, Erismann, Grisorio, 2005) sur une période sans pluie qu'en une seule occasion en mesurant les débits instantanés des cours d'eau débouchant dans le lac.

Il a l'avantage d'être précis et l'inconvénient de n'être que ponctuel dans le temps. Il permet de donner des ordres de grandeur aux autres facteurs liés aux pertes lors du remplissage en saison sèche.

Voici les termes du bilan hydrologique effectué du 21 au 23 juin 2005 :

$$\Delta V = Q_1 + Q_2 + P - E - I - F$$

ΔV , variation du volume d'eau dans la retenue, intègre des « entrées » et des « sorties ».

Les entrées :

- elles correspondent d'une part aux apports des rivières du bassin versant (Sasomangana Q1 et Behotraka Q2), eux-mêmes appréciés à partir de jaugeages de débits instantanés,
- et d'autre part, aux apports directs (P) des précipitations, proportionnés à la surface du plan d'eau, elle-même connue par la lecture de la côte de ce plan d'eau.

Les sorties :

- l'évaporation (E), calculée ici selon la méthode Thornthwaite grâce aux mesures de la station CIMEL, mise en relation avec la surface du lac,
- l'infiltration (I), dans le fond du lac et probablement aussi dans la digue elle-même du lac de retenue⁴⁸,
- les fuites (F) éventuelles au niveau de la prise d'eau (joint défectueux) et visibles dans ce cas à l'extrême-amont du canal principal d'irrigation (CPRG).

Entre le 21 et le 23 juin 2005, la côte du lac, appréciée directement par rapport au déversoir (dont l'altitude est précisément connue) plutôt que sur les limnigrammes soumis au battillage, est passée de 819,70 à 819,73 m, soit une augmentation de 3cm. A l'aide de la courbe de cubature, les volumes emmagasinés par le lac à chacune de ces dates sont connus, de même que les surfaces correspondantes :

Le 21/06/05 : la côte est de 819.70, le volume de 26 205 000 m³ et la surface de 2 895 508 m²

Le 23/06/05 : la cote est de 819.73, le volume de 26 299 500 m³ et la surface de 2 906 407 m²

ΔV est donc de 94500 m³ en deux jours ou 47250 m³/jour. La variation de surface est de 10899.2 m² pour deux jours, soit 5449.6 m²/jour

Les précipitations étant nulles durant ces journées, l'apport se limite aux écoulements du bassin versant, c'est à dire de la rivière principale Sasomangana, à proximité du village d'Amboasary situé à 2,6 km du lac (Q1) et de la Behotraka, à proximité de son embouchure (Q2). Les jaugeages effectués à ces dates donnent les résultats suivants :

⁴⁸ Une surveillance piézométrique du barrage-digue est théoriquement assurée depuis l'origine du barrage. Depuis 1991, les mesures ne sont plus effectives et les données antérieures n'ont pu être retrouvées. Les piézomètres colmatés ne sont plus fonctionnels aujourd'hui. Une surveillance devrait être mise en place afin d'éviter d'éventuels problèmes de drainage interne à (ou sous) la digue qui pourraient conduire jusqu'à sa rupture (cf. Mietton, 2006 ; suite à quoi un retour sur les piézomètres a été fait...).

-Sasomangana à Amboasary (le 21 juin 2005) : $Q_1=0.625 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $54000 \text{ m}^3/\text{jour}$

-Behotraka aval (le 23 juin 2005) : $Q_2=0.052 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $4492.8 \text{ m}^3/\text{jour}$.

Etant donné qu'il n'y a aucun prélèvement pendant cette période, les pertes sont dues à trois facteurs : l'infiltration, que l'on ne peut que déduire du calcul du bilan, l'évaporation et une fuite accidentelle.

- la fuite sur la prise d'eau dans le lac est due à un joint défectueux : le débit correspondant mesuré le 23 juin 2005 à l'extrême amont du CPRG (alors qu'il n'y pas de lâcher volontaire) est de $0.078 \text{ m}^3/\text{s}$, soit $F= 6739.2 \text{ m}^3/\text{jour}$

- l'évaporation : elle est calculée selon la formule de Thornthwaite

L'évaporation au mois de juin est de $119.01\text{mm}/\text{mois}$ soit $3.96\text{mm}/\text{jour}$ et $39.6\text{m}^3/\text{ha de retenue}$

Convertie en valeur journalière, cela équivaut à : $E_1 = 290,640 \text{ ha} \times 39.6 = 11\,507.76 \text{ m}^3/\text{jour}$

La station CIMEL n'ayant pu être installée qu'en janvier 2006, la valeur de l'évaporation sera une moyenne de la valeur sur les mois de juin, de 2006 à 2009. Elle est calculée à partir du logiciel CimMet fourni avec la station climatique. Un défaut dans le capteur d'humidité indique parfois une humidité maximale supérieure à 100%. Nous avons donc effectué plusieurs tests afin de déterminer l'importance de l'impact de cette dérive du capteur sur le calcul de l'évapotranspiration. Il s'avère qu'en changeant ces valeurs erronées, la différence n'est que de $0,02 \text{ mm}/\text{jour}$ en moyenne (écart maximum de $0,08 \text{ mm}/\text{jour}$)

Le bilan hydrologique est donc le suivant :

$$\Delta V = Q_1 + Q_2 - E_1 - F - I_1 \text{ ou } I_1 = Q_1 + Q_2 - E_1 - F - \Delta V$$

$$I_1 = 54000 + 4493 - 11507.76 - 6739.2 - 47250 = -7004.16 \text{ m}^3/\text{jour}$$

$$\text{Soit, } I_1 = 7004.16 / 2906407.2 = 0.0024 \text{ m}/\text{jour} \text{ soit } 2,4\text{mm}/\text{jour}$$

La valeur d'infiltration, élevée dans l'absolu, est à mettre en relation d'une part avec la charge de la retenue puisque le niveau du lac est quasi à son maximum (niveau de déversement : $820,02 \text{ m.}$), et d'autre part avec une éventuelle « porosité » de la digue (Mietton, 2006).

2.3 Les apports en terre

La région du lac Alaotra est soumise à un climat agressif qui favorise l'érosion, sur des sols composés d'altérites épaisses ; le potentiel érosif est donc important et aux conditions physiques s'ajoutent une composante humaine, avec une pression démographique forte à l'échelle du pays et tout particulièrement dans la région du lac Alaotra qui, comme nous l'avons vu, est une terre d'accueil depuis toujours. Cette érosion, principalement visible sous forme de lavaka⁴⁹ (Mietton *et al.*, 2005, Erismann, 2007) (Figure 39), a un impact direct sur la problématique de gestion de l'eau avec un ensablement important des ouvrages hydro-agricoles.

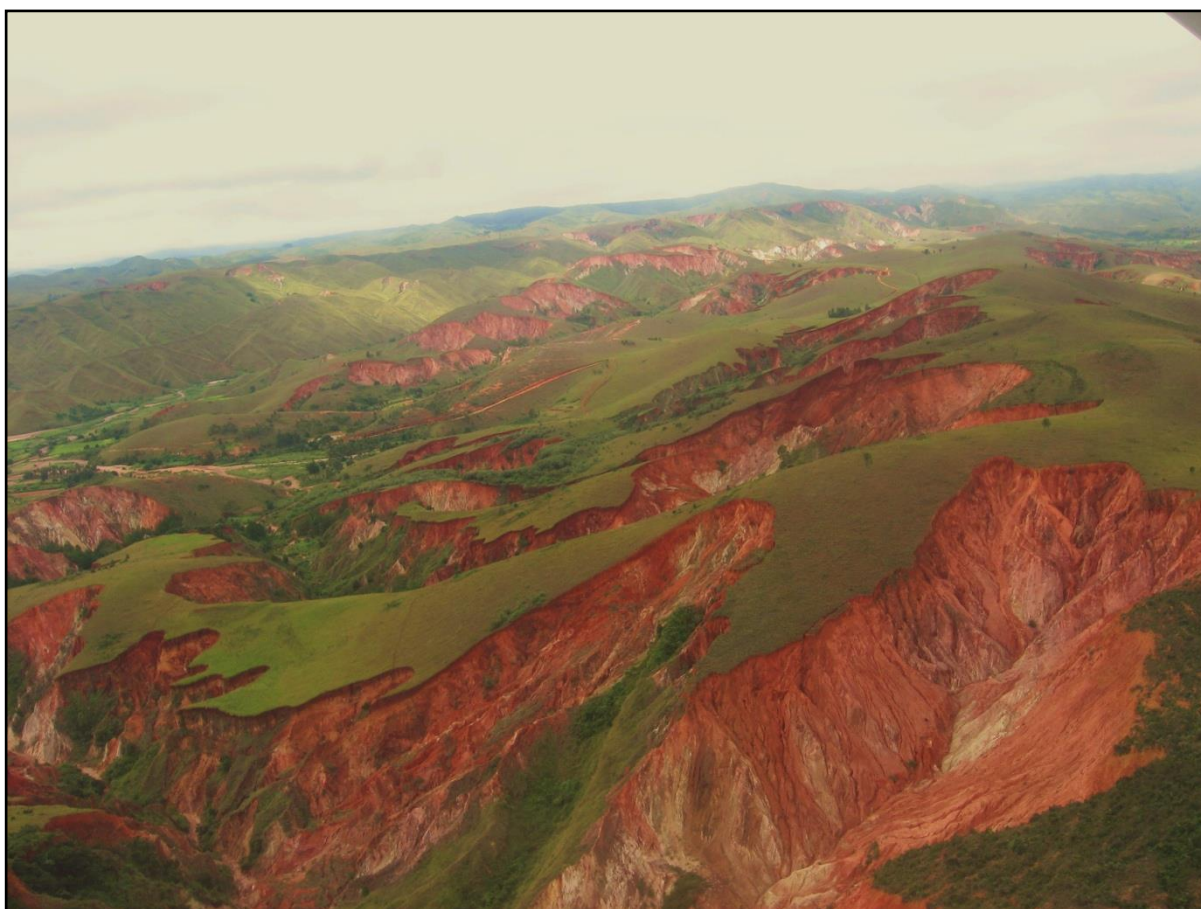


Figure 39 : Paysage criblé de lavaka au sud-est d'Ambatondrazaka, vue d'avion, photo J. Erismann

Ces formes d'érosion nous intéressent ici, car elles ont un impact direct sur la capacité du réservoir de Bevava (Figure 40), principal fournisseur en eau pour les 3500 hectares de rizières des périmètres irrigués. Une nouvelle bathymétrie a été effectuée en 2005 afin de quantifier la dégradation spécifique de ce bassin versant de 76 km² (Mietton *et al.*, 2005) (Figure 41).

⁴⁹ Lavaka (ou tevana en pays sihanaka) signifie 'trou' en malgache. Bien que cette forme d'érosion soit particulièrement importante à Madagascar, on en trouve également au Congo, au Cameroun et au Brésil mais c'est la langue malgache qui a donné le terme au vocabulaire géomorphologique international.

Les données recueillies par échosondage (950 points sur l'ensemble du lac, d'une superficie de trois km², à la côte 819,60) ont pu être comparées avec une bathymétrie antérieure, réalisée par l'ORSTOM⁵⁰ (Ferry et Garreta, 1989) (Figure 42). Les résultats montrent une dégradation spécifique du bassin versant de l'ordre de 1700 T/km²/an⁵¹, ce qui, sans représenter un record mondial, est une valeur importante.



Figure 40 : Delta lacustre de la Sasomangana et barrage de Bevava (côte : 809,40 NGM), vue d'avion, photo Ph. Grandjean

⁵⁰ ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer ; depuis 1999 l'ORSTOM est devenu l'IRD, Institut de Recherche pour le Développement.

⁵¹ Ceci demeure un ordre de grandeur du fait d'une part des incertitudes sur la densité réelle des matériaux du fond du réservoir, qui n'a pas été mesurée in situ, et d'autre part du batillage pendant les échosondages.

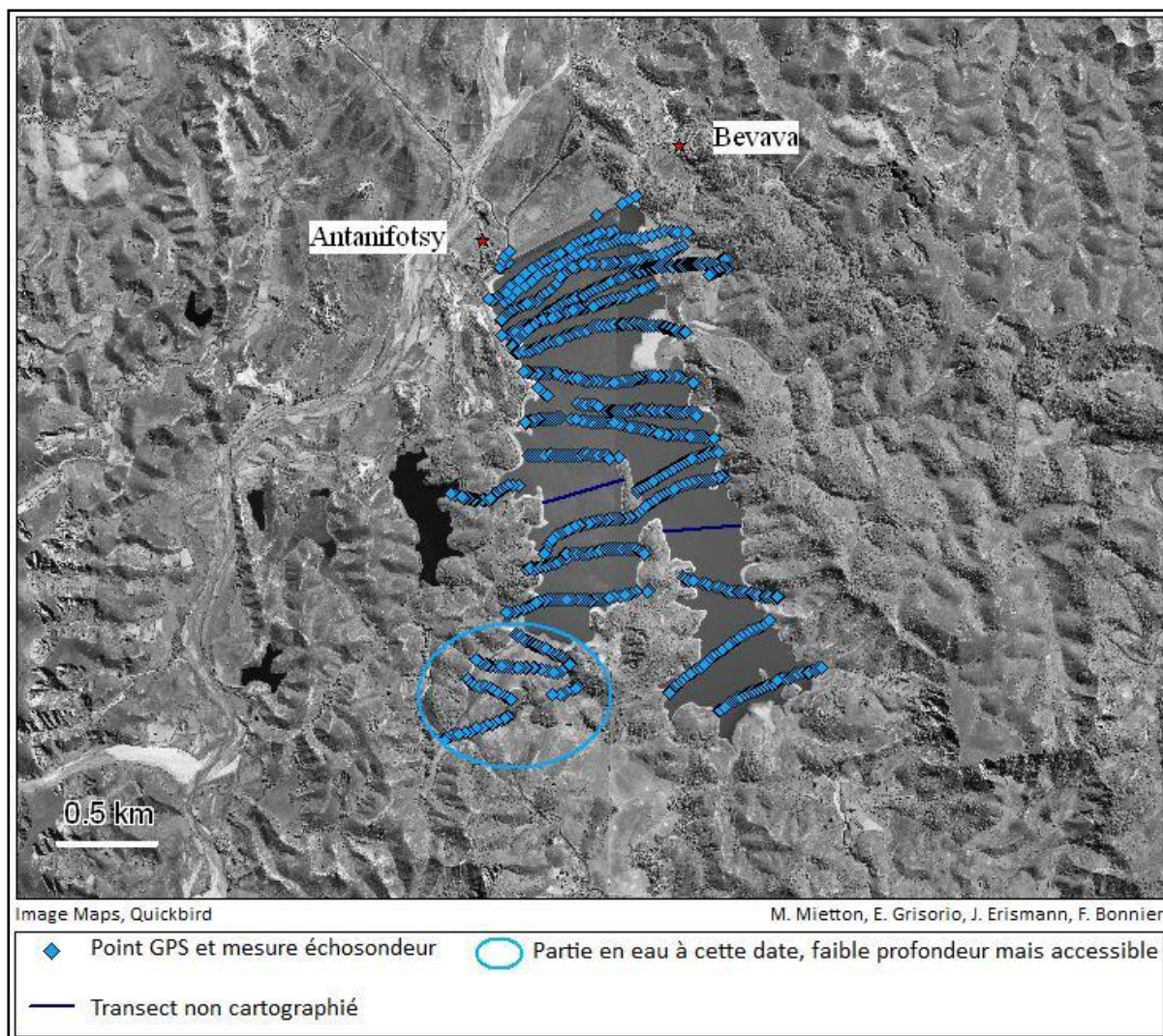


Figure 41 : Bathymétrie du lac de retenue réalisée par échosondeur, Juin 2005

A partir de ces valeurs, une durée de vie du barrage peut être estimée : on ne prend en compte que la partie du bassin versant où il n'y a pas de forêt naturelle (cette dernière étant considérée ici comme ne produisant pas de sédiments). La dégradation spécifique est de 2200 T/km²/an pour une surface de 53,5 km², ce qui donne un apport de 117 000 T/an. La masse volumique est estimée à 1,2 T/m³. Si l'on se base sur une perte de capacité du réservoir de 50%, ce qui équivaut à un volume d'eau de 12 Mm³ (la capacité utile du barrage à pleine charge est de 24 Mm³), il faudrait 14 400 000 tonnes de sédiments pour combler de moitié le lac de retenue. La durée de vie du réservoir est donc d'environ 120 ans.

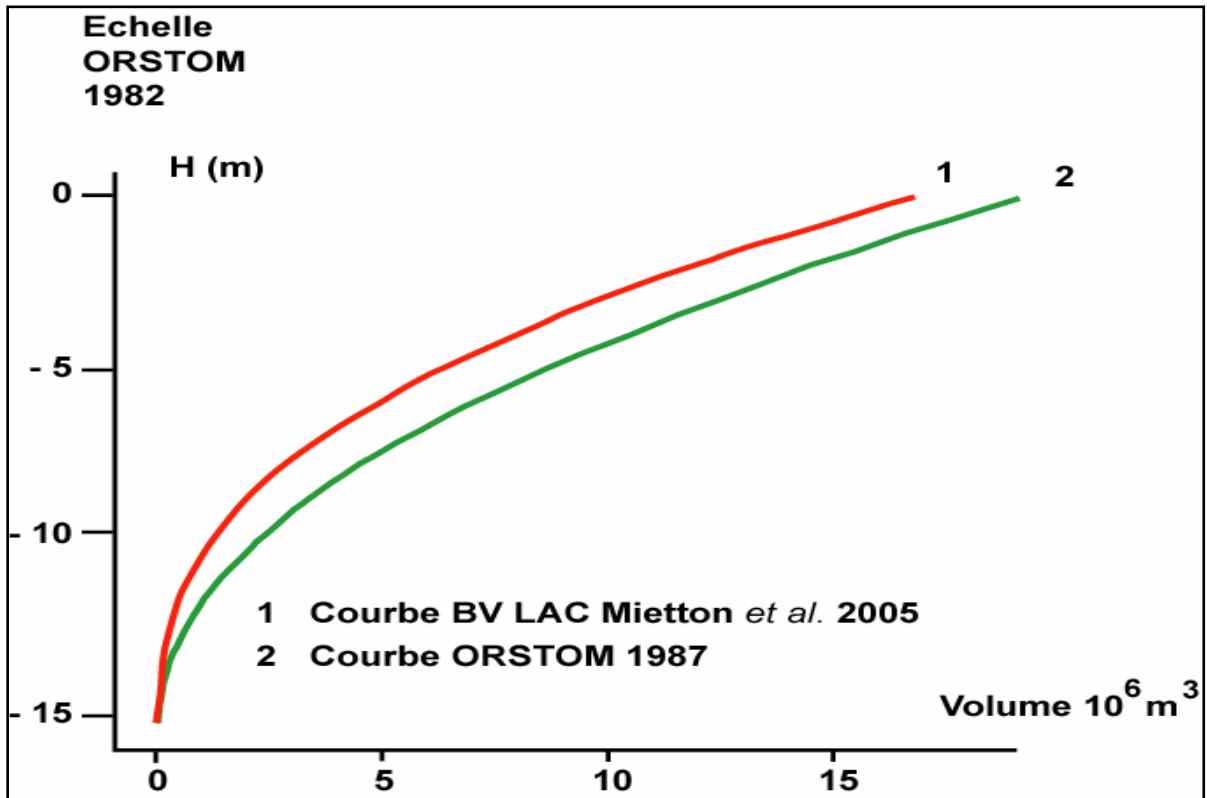


Figure 42 : Courbes de cubature du lac de retenue de Bevava et dégradations spécifiques (Mietton *et al.*, 2005)

3. L'évolution du plan d'eau au fil du temps et typologie associée

L'évolution du plan d'eau entre avril – mai et octobre – novembre, entre la fin de la saison des pluies, de la saison culturale, et le début de la campagne suivante, doit être analysée de façon plus précise. En effet, le remplissage du réservoir durant cette période conditionne les possibilités d'irrigation à partir de novembre.

3.1 L'évolution du plan d'eau en saison sèche

Le premier constat que l'on peut faire sur le remplissage de la retenue en saison sèche est qu'il est constant.

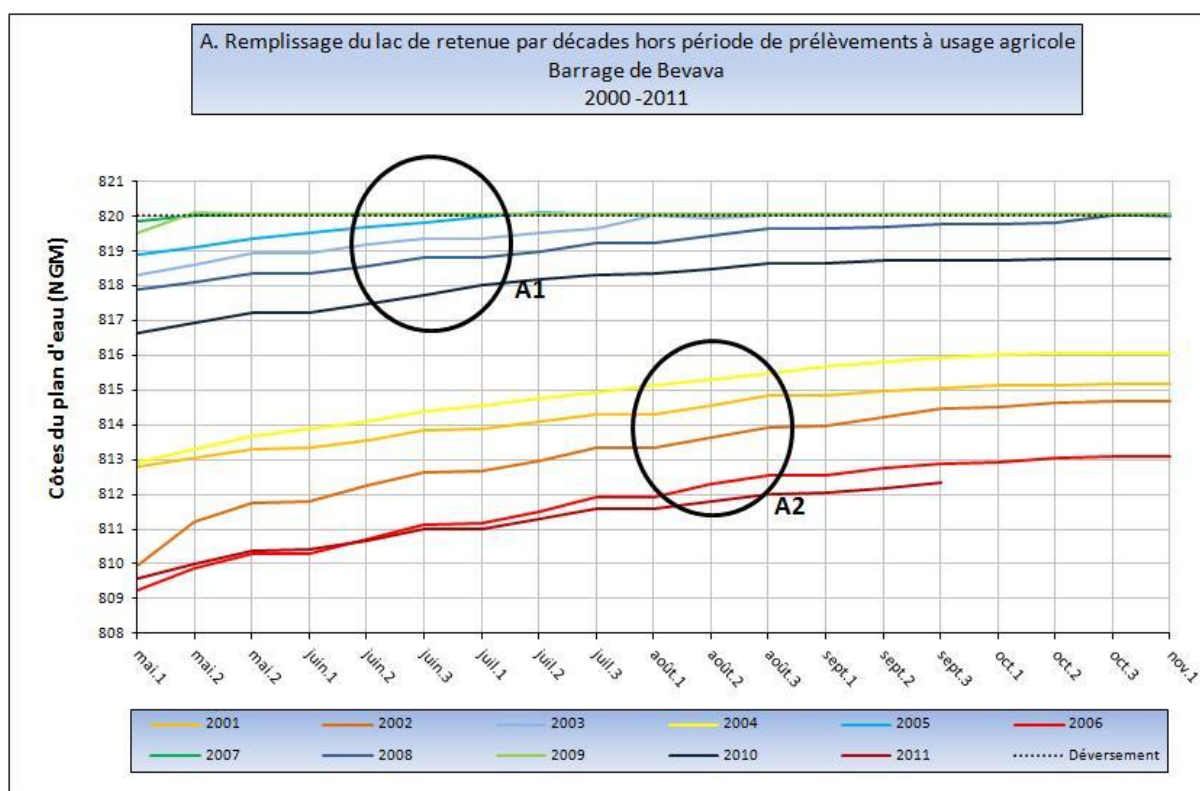


Figure 43 : Remplissage en saison sèche du lac de retenue de Bevava

La remontée du réservoir est lente⁵² et progressive (Figure 43) avec des courbes quasiment parallèles pour chaque campagne, ce qui permet d'établir une vitesse moyenne de remplissage, du moins pour les courbes voisines car la géométrie du réservoir est telle qu'un mètre de rehaussement du plan d'eau ne correspond pas toujours à un même volume.

Pour les courbes les plus basses (Tableau 16), le rehaussement est supérieur à 3 mètres (3,67 m. en 2002, 3,84 m. en 2006 et 2,72 m. pour 2011 mais il manque 3 décades pour cette dernière saison). Cela correspond respectivement à une remontée du lac de 1,99 cm/jour (pour 184 jours), 2,08 cm/jour (pour 184 jours) et 1,90 cm/jour (pour 143 jours). En respectant les volumes correspondant à la côte de début de remplissage et de fin de remplissage du réservoir, on obtient un apport volumique de saison sèche en X nombre de jours (184 jours en 2002 et 2006, et 143 jours en 2011) et ainsi des débits de 0,40 m³/s en 2002, 0,36 m³/s en 2006 et de 0,60 m³/s en 2011.

Pour les courbes de mi-hauteur, le rehaussement est compris entre 2 et 3 mètres (2,4 m. en 2001, 3,13 m. en 2004), soit une remontée du lac de 1,3 cm/jour et 1,7 cm/jour. L'apport volumique de saison « sèche » est indiqué dans le tableau 16 en fonction de la côte de début et de fin de remplissage du lac (différentiel) et les débits correspondants sont donc de 0,29 m³/s en 2001 et 0,40 m³/s en 2004.

Enfin, pour les courbes les plus hautes, le rehaussement est compris entre 0,22 mètre et 2,14 mètres soit une remontée de 0,12 à 1,16 cm/jour (Tableau 16 pour les volumes correspondant aux côtes de début et de fin de remplissage) et des débits compris entre 0,04 et 0,40 m³/s.

Le volume total emmagasiné pendant cette période de saison sèche est très variable ; il est compris entre 763 000 m³ (2006-2007) et 7 840 000 m³ (2001-2002), soit un rapport de 1 à 10. A l'échelle journalière cela constitue un apport de 3834 m³/j (199 jours de stockage en 2006-2007) et 36 981 m³/j (212 jours 2001-2002), c'est-à-dire avec un apport équivalent à 0,044 m³/s dans un cas et 0,428 m³/s dans l'autre. Cette valeur est conforme aux jaugeages effectués lors de la saison sèche (juillet 2005 et 2006) en amont du bassin versant, à la station de Sahatelo, qui donnent des débits de l'ordre de 0,300 m³/s.

Année	Côte Mai (NGM)	Volume Mai (m³)	Côte Octobre (NGM)	Volume Octobre (m³)	Amplitude (m.)	Différentiel (m³)	m³/j (184 jours)	Débit (m³/s)
2001	812,80	7302000	815,20	11910000	2,40	4608000	25043	0,29
2002	811,00	4400000	814,67	10790000	3,67	6390000	34728	0,40
2003	818,30	19575000	820,00	24650000	1,70	5075000	27582	0,32
2004	812,94	7545600	816,07	13914500	3,13	6368900	34614	0,40
2005	818,92	21280000	820,06	24845000	1,14	3565000	19375	0,22
2006	809,26	2162000	813,10	7830000	3,84	5668000	30804	0,36
2007	819,85	24177500	820,07	24877500	0,22	700000	3804	0,04
2008	817,90	18485000	820,04	24780000	2,14	6295000	34212	0,40
2009	819,54	23201000	820,06	24845000	0,52	1644000	8935	0,10
2010	816,66	15301000	818,78	20895000	2,12	5594000	30402	0,35
2011	809,60	2570000	812,32	9957283	2,72	7387283	51659**	0,60
			*					
			* côte fin septembre					
			** 143 jours					

Tableau 16 : Volume et côte du lac de Bevava lors du remplissage du lac en saison sèche, J. Erismann, 2012

Si le remplissage du barrage s'effectue de façon quasi similaire chaque année, il est cependant possible de distinguer deux cas de figure qui auront bien évidemment un impact différent sur les usages de la ressource pendant la campagne agricole suivante (Tableau 17).

En effet, en début de campagne : soit le barrage est à pleine charge et/ou déverse au mois de novembre (cas A1, représenté six années sur onze⁵³), soit le réservoir n'est pas rempli (entre quatre et huit mètres en dessous du niveau de débordement) et il n'y a pas déversement (cas A2, cinq années⁵⁴).

	Evolution du remplissage	Déversement et variation de la côte du lac
A.SAISON « SECHE » (SANS PRELEVEMENTS)	Constant	A1. Fin de campagne à pleine charge, Déversement (Ex : 2002-2003)
		A2. Fin de campagne à un niveau bas, sans déversement (Ex 2000-2001)

Tableau 17 : Typologie des variations du niveau de la retenue et de disponibilité de la ressource pour la saison culturale suivante

Pour le premier type, A1, les prélèvements lors de la campagne agricole ont été largement compensés par une pluviosité suffisante pour que le barrage soit plein dès juin ou que son niveau soit dès juin à moins de trois mètres sous la côte de débordement. En effet, la pluviométrie moyenne lors de ces campagnes est de 1150 mm pendant la période des prélèvements.

Pour le type A2, elle n'est en revanche que de 786 mm. Cette différence de 364 mm suffit pour que le barrage ne puisse pas se remplir totalement ce qui porte à conséquence pour les possibilités d'irrigation de l'année suivante. Si l'année suivante, les précipitations au début de la campagne (novembre et décembre) elle-même ne sont pas suffisantes, celle-ci sera compromise.

Ces relations pluies/prélèvements sont également à mettre en rapport avec le calendrier cultural et les modalités de remplissage du barrage pendant la saison agricole, de novembre à avril.

⁵³ 2003, 2005, 2007, 2008, 2009 et 2010. Cette dernière (2010) n'atteint pas la côte de déversement mais présente cependant les mêmes caractéristiques que les autres années.

⁵⁴ 2001, 2002, 2004, 2006 et 2011

3.2 L'évolution du plan d'eau en saison culturale

Lors de la campagne d'irrigation, l'évolution de la côte du lac de retenue peut suivre deux tendances (Figure 44) : soit la capacité du réservoir diminue de façon progressive entre les mois de novembre et avril (Type B1, Tableau 18), soit elle augmente, principalement grâce à une pluviosité suffisante (Type B2, Tableau 18 et Tableau 19).

	Evolution du remplissage	Déversement et amplitude de variation
B. PENDANT LA SAISON CULTURALE (AVEC PRELEVEMENTS)	1. Diminution progressive de la ressource pendant la campagne	a. Sans variations durant la campagne (Ex : 2005-2006)
		b. Avec un pic momentané d'augmentation (Ex : 2001-2002)
	2. Remplissage pendant la campagne	a. Avec ou sans déversement et forte amplitude (Ex : 2006-2007)
		b. Avec déversement et faible amplitude (Ex : 2008-2009)

Tableau 18 : Typologie de l'évolution de la côte du lac lors de la saison culturale

	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	TOT.
2000-2001	2,5	57,6	132,5	483,2	85,3	105,8	2,5	895,4
2001-2002	0,0	0,0	326,0	198,6	341,9	59,5	28,5	954,5
2002-2003	0,5	11,3	538,1	493,5	319,0	120,5	21,5	1 504,4
2003-2004	0,0	115,0	108,0	234,5	39,3	0,0	0,0	496,8
2004-2005	0,0	7,0	502,8	166,5	385,7	235,1	20,9	1 318,0
2005-2006	0,0	43,7	290,0	151,5	142,1	35,3	3,9	666,5
2006-2007	0,0	195,0	65,5	424,5	303,7	223,5	45,0	1 257,2
2007-2008	44,7	3,6	181,1	357,5	422,5	56,0	1,0	1 066,4
2008-2009	63,9	146,4	54,4	307,5	278,0	105,0	93,5	1048,7
2009-2010	6,3	77,5	102,5	311,4	15,2	346,3	4,5	863,7
2010-2011	20,5	12,0	171,3	45,0	126,3	48,7	0,0	423,8

Tableau 19 : Rappel de la pluviométrie (mm) pendant la saison culturale à la station de Bevava

Cinq campagnes sont concernées par le type B1 de variation du niveau de la retenue : 2000-2001, 2001-2002, 2003-2004, 2005-2006 et 2010-2011. On remarque que, pour chacune de ces saisons, la pluviométrie est peu, voire très peu, élevée (entre 492,4 mm de pluie en 2010-2011 et 954,5 mm de pluie en 2001-2002). La pluviométrie ne parvient donc pas à compenser les prélèvements pour l'irrigation : la côte de la retenue ne fait que baisser et atteint en fin de campagne un niveau inférieur à celui du début (type B1a, Figure 45). Dans le détail, il peut s'avérer que cette tendance à la baisse n'est pas uniforme entre toutes les campagnes : pour trois d'entre elles, on peut noter au moins une élévation momentanée du niveau du lac entre les mois de février et mars (type B1b, Figure 46).

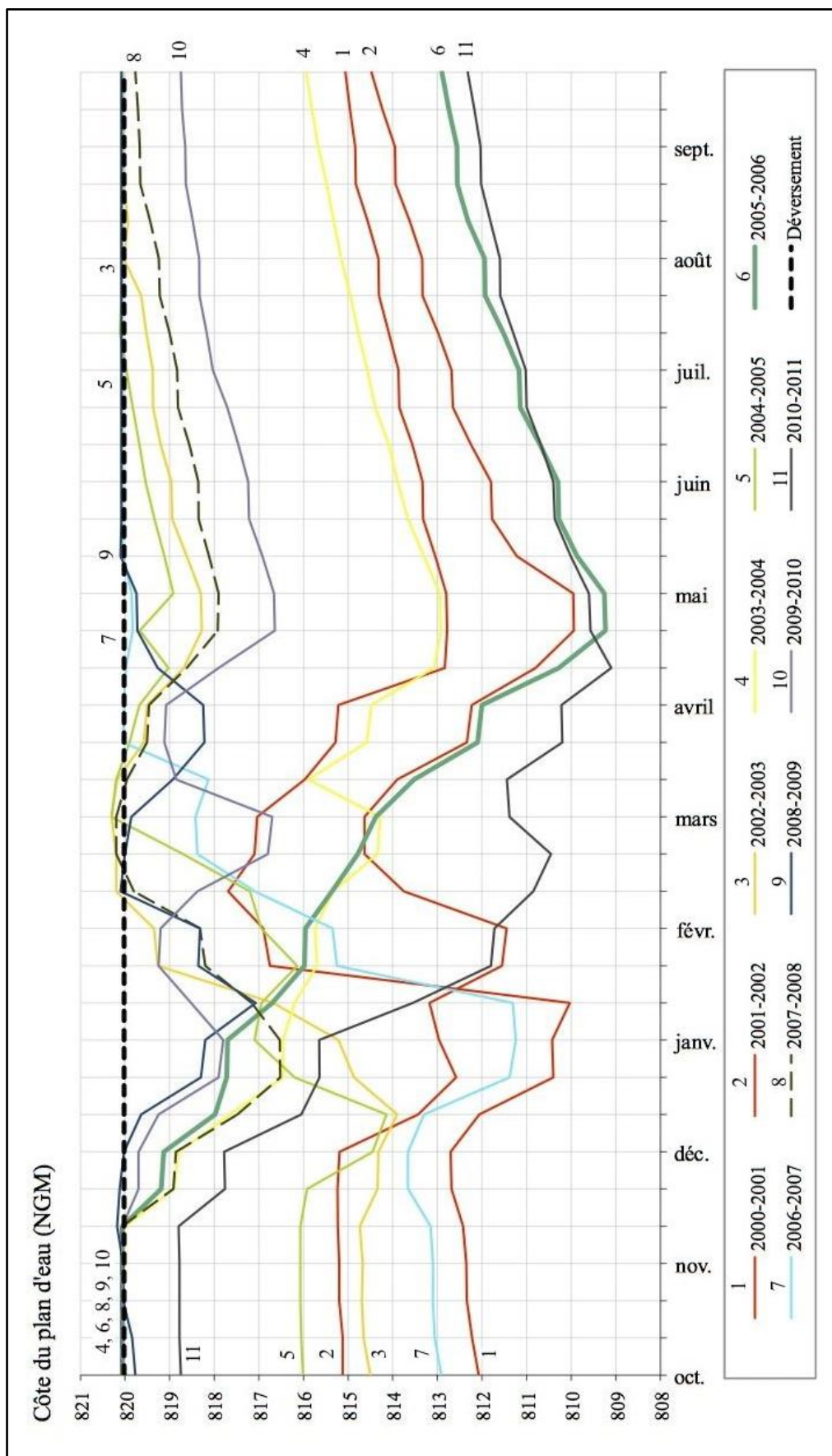


Figure 44 : Variations des côtes du lac de retenue de Bevava par décades, 2000-2011, Projet BVLac, J. Erismann

	2000-2001		2001-2002		2002-2003		2003-2004		2004-2005	
	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)
Octobre		2,5	-	-	1 123 200	59,5	3 723 840	115,0	646 920	-
Novembre		57,6	-	-	4 752 000	454,0	6 903 360	108,0	5 343 840	7,0
Décembre	5 649 005	132,5	7 128 000	326,0	756 000	539,0	4 882 680	244,4	4 285 440	503,0
Janvier	1 997 568	483,5	5 384 880	198,6	1 702 080	203,5	4 674 240	72,8	2 155 680	166,5
Février	3 115 060	85,3	1 131 840	341,9	6 899 040	150,5	4 466 880	110,5	2 782 080	385,7
Mars	6 134 400	105,8	5 477 760	59,5	6 307 200	-	4 337 280	20,4	6 912 000	235,1
Avril	5 862 240	2,5	4 828 032	28,5						20,9
TOTAL	22 758 273	869,7	23 950 512	954,5	21 539 520	1 406,5	28 988 280	671,1	22 125 960	1 318,2
Conso (m3/ha)	6 436		6 716		5 931		7 950		5903	
	2005-2006		2006-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010	
	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)	Volume (m3)	Pluie (mm)
Octobre		-	-	-	577 000	44,7	233 280	146,9	1 257 840	77,5
Novembre	2 859 840	43,7	86 400	195,0	8 627 000	3,6	6 039 360	52,9	6 111 180	102,5
Décembre	7 871 040	290,0	5 054 400	65,5	3 628 000	201,1	5 637 600	279,5	3 690 270	311,4
Janvier	7 136 640	151,5	2 114 208	424,5	651 000	388,8	2 812 320	291,1	8 016 500	15,2
Février	5 002 560	142,1	596 160	303,7	4 064 000	44,6	7 153 920	105,0	3 132 000	346,3
Mars	6 065 280	18,3	2 928 960	223,5	7 102 000	1,1	1 520 640	174,4	8 993 400	4,5
Avril	5 425 920	3,9	3 559 680	45,0						
TOTAL	34 361 280	649,5	14 339 808	1 257,2	24 649 000	1014,4	23 397 120	1 050	31 201 190	857
Conso (m3/ha)	9 158		3 832		6 493		6499		8667	

Tableau 20 : Volumes consommés pour l'irrigation calculés à partir des prélèvements sur le barrage et pluviométrie pendant la saison culturale, BVLac, J. Erismann

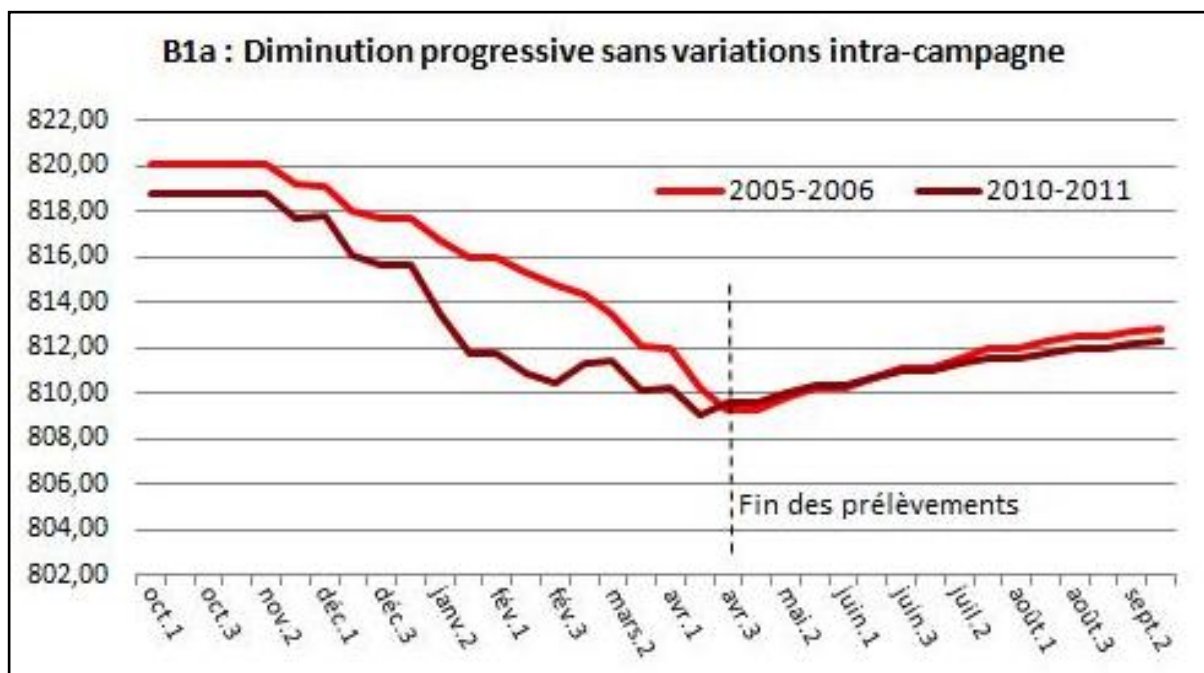


Figure 45 : Evolution de la côte de retenue pour le type B1a, J. Erismann

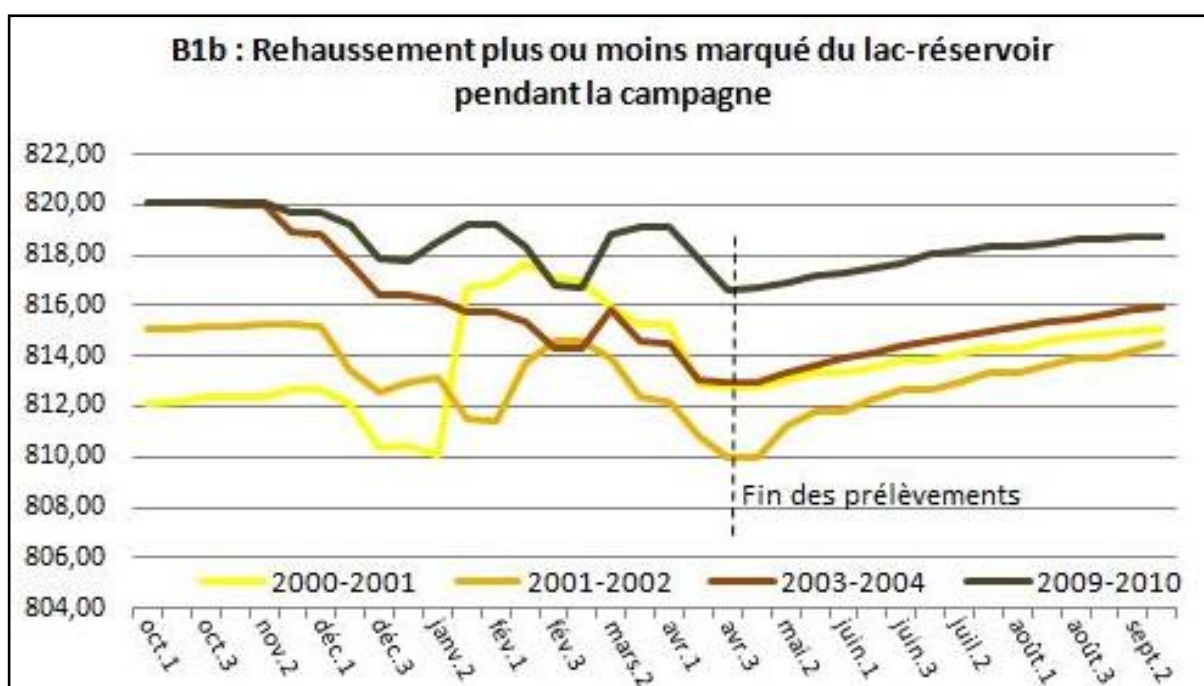


Figure 46 : Evolution de la côte de retenue pour le type B1b, J. Erismann

La plus importante des variations intra-campagne a lieu en 2001, pendant la troisième décade janvier : cette augmentation rapide (10 jours) et très importante (plus de six mètres) est tout à fait corrélée à des précipitations extraordinaires : en effet, le mois de janvier regroupe à lui seul près de 56 % de la pluviométrie de la campagne (483,5 mm sur un total de 869,7 mm).

Cette pluviométrie exceptionnelle, bénéfique au niveau de la parcelle, explique dans le même temps une diminution des prélèvements dans la retenue (Tableau 20), de plus de 50 % pour ce même mois de janvier (2 Mm^3 au lieu de 5 Mm^3 pour les autres années), alors qu'avec une pluviométrie moyenne c'est une des périodes les plus consommatrices d'eau. Décembre et janvier sont en effet les mois de la mise en eau, préparatoire pour le semis, puis une période de satisfaction des besoins élevés pour la plante.

Pour les campagnes 2001-2002 et 2003-2004, la variation est bien moins importante (respectivement de plus de 3 mètres en février 2002 et de plus de 1,50 mètre sur les deux premières décades de mars) et à un moment où les prélèvements diminuent.

Il faut souligner ce double processus jouant de manière bénéfique ou redoutable : les pluies remplissent directement et indirectement le réservoir et elles diminuent aussi la demande ; inversement, un déficit de pluies affecte le barrage, d'autant plus sollicité par les besoins hydriques à la parcelle. Le calendrier détaillé des pluies par rapport au calendrier cultural et des besoins changeants joue aussi : si les pluies arrivent à la période où les rizières en ont le plus besoin, elles peuvent compenser, du moins en partie, les prélèvements que l'on effectue sur la retenue en évitant ainsi de vider complètement le lac.

Le type B2 de remplissage du barrage montre que pour 6 campagnes sur 11, le niveau de la retenue est suffisamment élevé pour qu'il y ait débordement et donc une disponibilité suffisante de la ressource pour la campagne suivante : soit dès la fin des prélèvements en mai (Type B2a, Figure 47), soit un à trois mois après l'arrêt de l'irrigation grâce au remplissage de saison sèche (Type B2b, Figure 48).

La relation avec le calendrier cultural (Tableau 21) est d'ailleurs beaucoup plus explicite dans ce type et notamment pour le type B2b où l'on peut observer de fortes baisses du niveau de la retenue aux périodes charnières pour la culture du riz, les mois de décembre-janvier et les mois de février-mars. La première période est celle du semis, la seconde correspond au début du tallage⁵⁵ des plants de riz. La consommation d'eau lors de cette phase est tout à fait liée à un besoin physiologique du développement du plant alors que le second pic de consommation d'eau est moins dû à des besoins physiologiques de la plante qu'à une facilité pour la culture : en effet, cela correspond à la période de sarclage⁵⁶ ; or si l'on maintient une lame d'eau suffisante dans la parcelle, le développement des mauvaises herbes en est d'autant diminué et le travail sera plus aisé (Blanc-Pamard, Milleville, 1985).

⁵⁵ Le tallage correspond au développement des tiges secondaires à partir du plant de riz initial.

⁵⁶ Le sarclage est l'action d'enlever les mauvaises herbes. Cette flore se développe d'autant plus rapidement qu'à cette période les plants de riz sont encore petits et, qu'il y a des conditions de chaleur et de pluviosité idéales.

Mise en boue	Semis	Levée	Début de tallage	Initiation	Epiaison	Maturation	Récolte
	1 à 2 semaines	2 semaines	3 à 8 semaines	4 semaines		4 à 5 semaines	
Préparation	Phase végétative			Phase reproductive		Phase de maturation	
Décembre - Janvier			Février - Mars	Avril		Mai - Juin	

Tableau 21 : Phases du cycle cultural du riz, MAEP, J. Erismann

Intervenant comme on l'a vu (type A) de façon durable à partir du mois de juillet ou août jusqu'en novembre, les déversements peuvent avoir lieu aussi de façon plus brève durant la saison culturale, plus précisément dans la deuxième moitié de la saison des pluies. L'amplitude de variation des niveaux du lac est plus importante pour le type B2a (entre six et huit mètres) que pour le type B2b (3 à 3,50 mètres) mais ce dernier possède quant à lui de très fortes variations au sein même de la campagne.

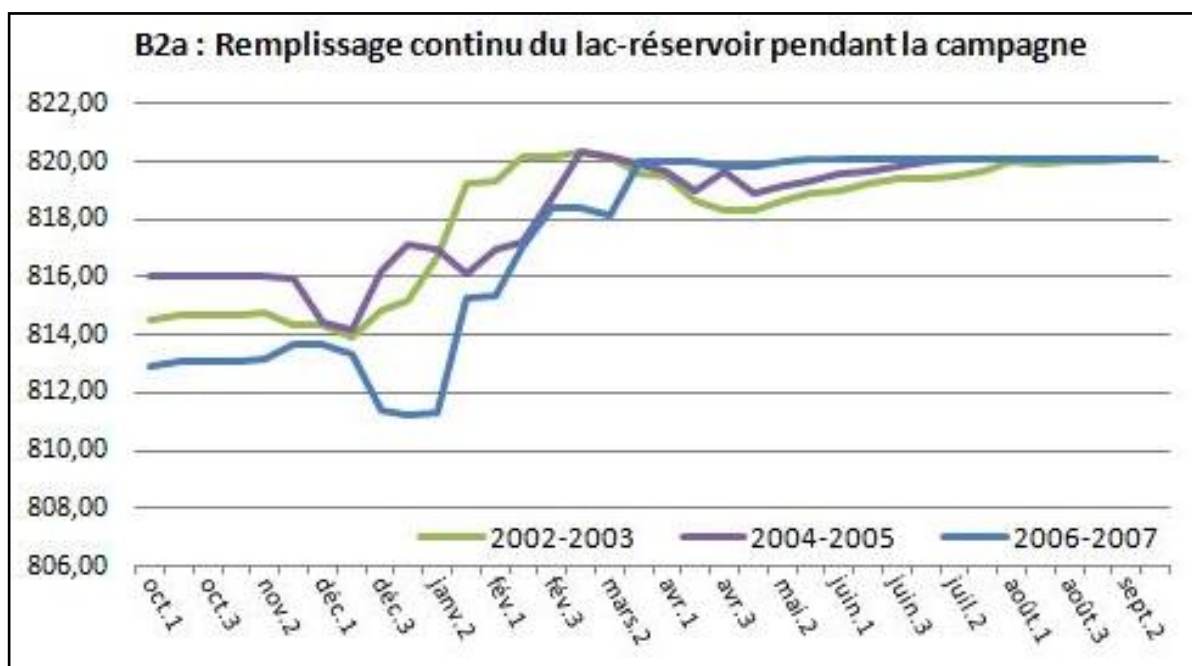


Figure 47 : Remplissage du barrage pendant la saison agricole et les prélèvements, J. Erismann

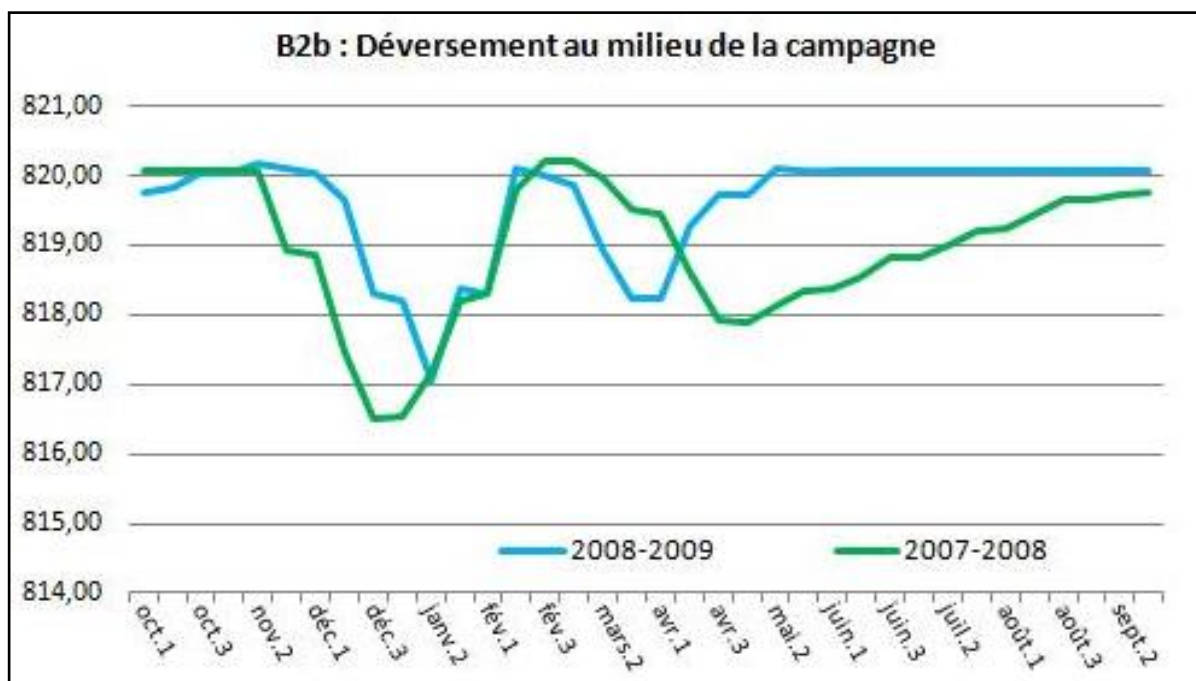


Figure 48 : Déversement pendant la campagne agricole, J. Erismann

Les déversements en milieu de campagne (B2b) sont liés à des perturbations cycloniques, alors même que la pluviométrie de la campagne n'est pas exceptionnelle par ailleurs : 969,7 mm en 2007-2008 dont 534 mm apportés en 25 jours par deux cyclones tropical intenses, soit 55% de la pluviométrie pendant la campagne ; 856 mm en 2008-2009 : pour cette dernière campagne, c'est la multiplicité des perturbations entre mi-janvier et début avril qui a provoqué le déversement du lac : deux cyclones tropicaux intenses, une tempête tropicale modérée et une autre forte.

3.3 Les relations entre l'évolution de la côte du lac et les besoins

Cette typologie graphique de l'évolution de la côte du lac pendant la campagne agricole permet de caractériser les bonnes et les mauvaises années pour l'irrigation en fonction du niveau du lac et de la pluviométrie. En effet, lorsque la pluviométrie est suffisante et qu'elle arrive au bon moment pour le riz, les prélèvements sont ajustés. Concernant les bonnes années, cela correspond généralement au type B2 et l'on a deux cas de figures :

- Le réservoir est plein en début de campagne et la pluviométrie est suffisante pour pallier les prélèvements pour l'irrigation. C'est le cas en 2004-2005 (Figure 49), 2007-2008 et en 2008-2009. Une exception apparaît avec la campagne 2009-2010, où la typologie graphique générale montre des rehaussements lors de la campagne (type B1b) grâce à des pluies marquées en janvier (311,4 mm) et en mars (346,3 mm) qui permettent au réservoir de garder un niveau élevé tout au long de l'année.
- le réservoir peut être vide (Figure 50) en début de campagne mais les pluies sont suffisamment abondantes pour assurer l'irrigation des périmètres (2002-2003 et 2006-2007, par exemple). La campagne 2000-2001 (type B1b, rehaussement de la côte pendant la campagne) peut également être classée dans ce cas de figure car les fortes pluies du mois de janvier (483,5 mm) permettent le rehaussement de la côte du lac de 8 mètres.

Ces « bonnes années » indiquent une disponibilité de la ressource suffisante et déterminent *a priori* un bon démarrage pour la campagne suivante si la pluviométrie est au rendez-vous. Mais pour trois campagnes sur onze ce n'est pas le cas. On se retrouve alors avec une « mauvaise année » pour l'irrigation. C'est le type B1 de la typologie graphique.

- le réservoir est plein mais les pluies sont ensuite insuffisantes ; ainsi la côte du lac ne fait que baisser car les besoins en eau sont supérieurs au volume d'apport pluvial. C'est le cas des campagnes 2003-2004, 2005-2006 et 2010-2011 ;
- le réservoir est vide et les pluies n'arrivent pas au bon moment pour le riz : c'est typiquement le cas de la campagne 2001-2002. Le démarrage de la campagne s'effectue correctement malgré une côte relativement basse autour de 815 NGM et la pluviométrie des mois de décembre à février est même légèrement supérieure à la moyenne pour cette période (289 mm contre 253 mm sur les onze campagnes). En revanche, les mois de mars et avril sont très largement déficitaires (44 mm pour ces deux mois alors que la moyenne est de 88 mm) à un moment où il y a un fort besoin en eau pour le riz qui entame la période de tallage et la phase reproductive.

Toutes les campagnes qui ont reçu moins de 850 mm de pluie sont en années déficitaires (à l'exception de 2001-2002 où c'est le seul déficit de fin de campagne qui amène une situation problématique). Cela nous amène à étudier les modalités de distribution dans le réseau hydro-agricole en fonction de la pluviométrie et de la disponibilité en eau à différentes échelles.



Figure 49 : Tour de prise d'eau du réservoir de Bevava à la côte 819,67 NGM, le 19 juin 2005, photo J. Erismann



Figure 50 : Tour de prise d'eau du réservoir de Bevava à la côte 811,93 NGM et barrage digue sur la gauche, 31 juillet 2006, photo J. Erismann

4. Consommation d'eau dans les périmètres irrigués

4.1 Fonctionnement du réseau et consommation globale de l'eau par campagne

La répartition de l'eau dans le réseau hydro-agricole des périmètres irrigués Vallée Marianina - PC 15 s'effectue de la manière suivante (Figure 51) :

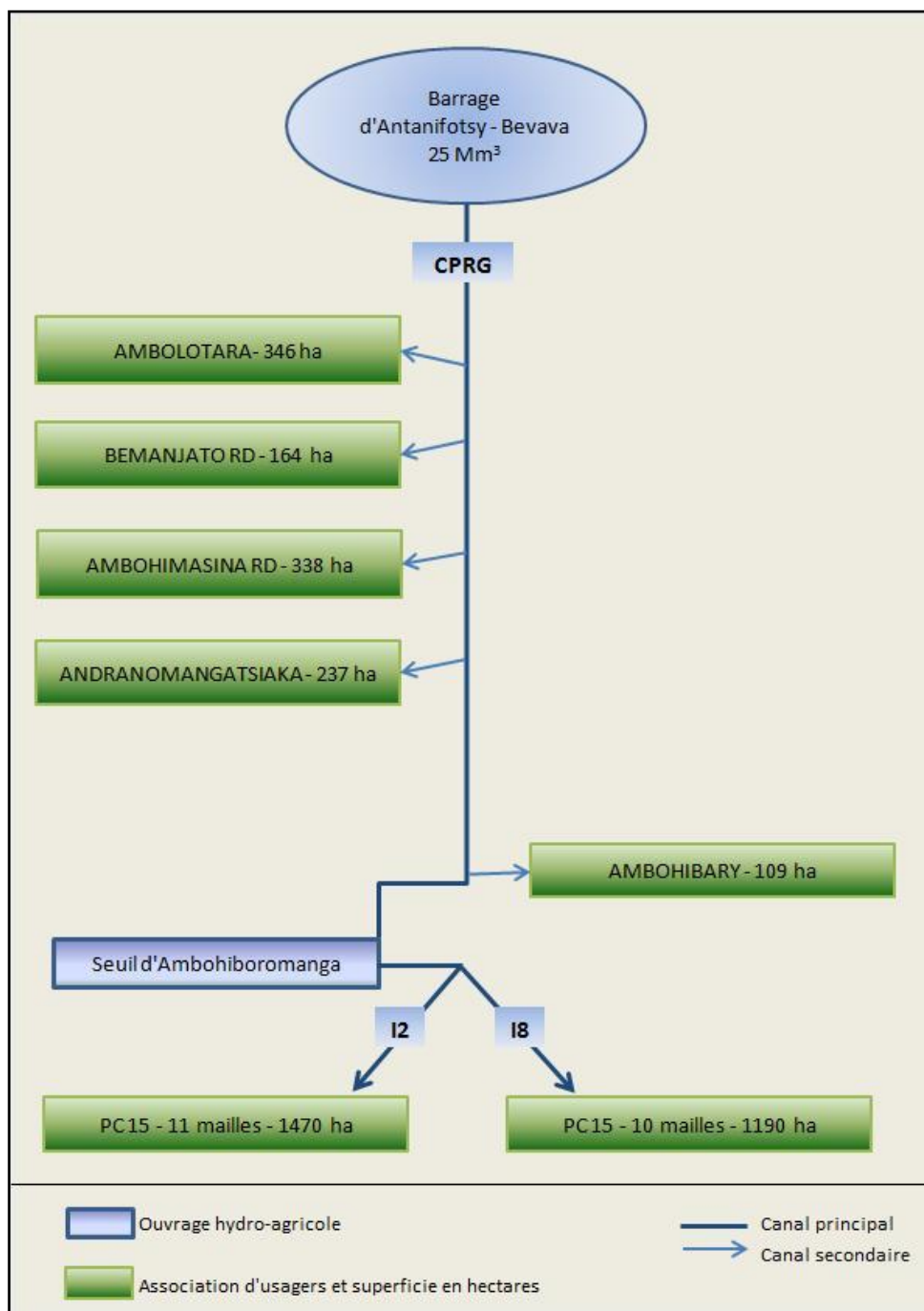


Figure 51 : Structure du réseau hydro-agricole des périmètres irrigués Vallée Marianina – PC 15, d'après CACG, 2000

Depuis 1986, la responsabilité de la gestion de l'eau incombe aux associations d'usagers du réseau (AUR), dans le cadre du désengagement de l'Etat. Ce dernier est effectif au lac Alaotra depuis 1990 et la fin de la SOMALAC. Rappelons que les deux premières associations du PC 15 (comptabilisant près de 600 usagers chacune) sont toutefois antérieures à la disparition de la SOMALAC ; ce n'est qu'à partir des années 1990 que cinq nouvelles associations (d'environ 160 usagers chacune) voient le jour avec la construction du CPRG qui permet de mettre en place un nouveau périmètre irrigué. Les premières années de fonctionnement permettent de constater que les deux associations d'usagers du PC 15 ont une taille beaucoup trop importante, en termes de nombre d'usagers, pour permettre un bon recouvrement des redevances liées à l'eau. En 1994, elles seront donc divisées en 10 associations, sur la base du maillage hydraulique avec en moyenne 120 membres par association. L'ensemble de celles-ci (y compris les cinq de la vallée Marianina) sont regroupées en une fédération des usagers du réseau (FAUR). La FAUR a pour responsabilité la gestion technique et financière des ouvrages primaires⁵⁷ (barrage, canaux, drains et pistes), tandis que les associations ont celles des ouvrages secondaires⁵⁸. La décision d'ouverture et de fermeture des vannes du barrage est décidée lors de l'assemblée générale de la FAUR.

Ce sont ensuite les techniciens hydrauliques de la FAUR, appuyés par BRL Madagascar⁵⁹ et BERELAC⁶⁰, qui décident des débits et des ouvertures des vannes pendant la campagne : l'eau des canaux primaires est gérée par un chef de réseau, celle des secondaires par un chef de secteur, et pour les tertiaires c'est un délégué des prises qui est élu directement par les usagers d'un même bloc.

Les lâchers au barrage peuvent démarrer une fois que tous les travaux d'entretien dans le réseau hydro-agricole sont terminés et que la majorité des redevances liées à l'eau est recouvrée. Tout au long de la campagne, la régulation des débits dans les canaux d'irrigation est ajustée en fonction des précipitations, de la disponibilité de la ressource dans le barrage et de la demande des agriculteurs.

Sur les dix années considérées (2000-2010), les volumes lâchés par campagne sont compris entre 14 Mm³ (2006-2007) et 34 Mm³ (2005-2006), avec un volume moyen de 25 Mm³ (qui correspond au volume utile du barrage à pleine charge). Cela représente une consommation moyenne de l'ordre de 6800 m³/hectare soit 0,42 l/s/ha.

Un récapitulatif de la consommation de l'eau à l'échelle de la campagne est présenté dans la figure ci-dessous :

⁵⁷ Les ouvrages primaires sont : le barrage de Bevava, le CPRG, les canaux I2 et I8 dans le PC 15, le canal de tête morte d'Ambohiboromanga, les drains correspondants D2, D8 et D9, ainsi que les pistes permettant d'accéder à ces ouvrages.

⁵⁸ Les ouvrages secondaires sont essentiellement représentés par les canaux secondaires d'irrigation qui font partie du maillage hydraulique interne à chaque association.

⁵⁹ BRL Madagascar: Bas Rhône Languedoc est un des bureaux d'études historiques dans l'étude et la gestion des périmètres irrigués à Madagascar

⁶⁰ BERELAC : Bureau d'Etude et de Réalisation du Lac Alaotra est spécialisé dans l'appui aux associations, l'animation et la formation ; il ne participe plus au projet à ce jour.

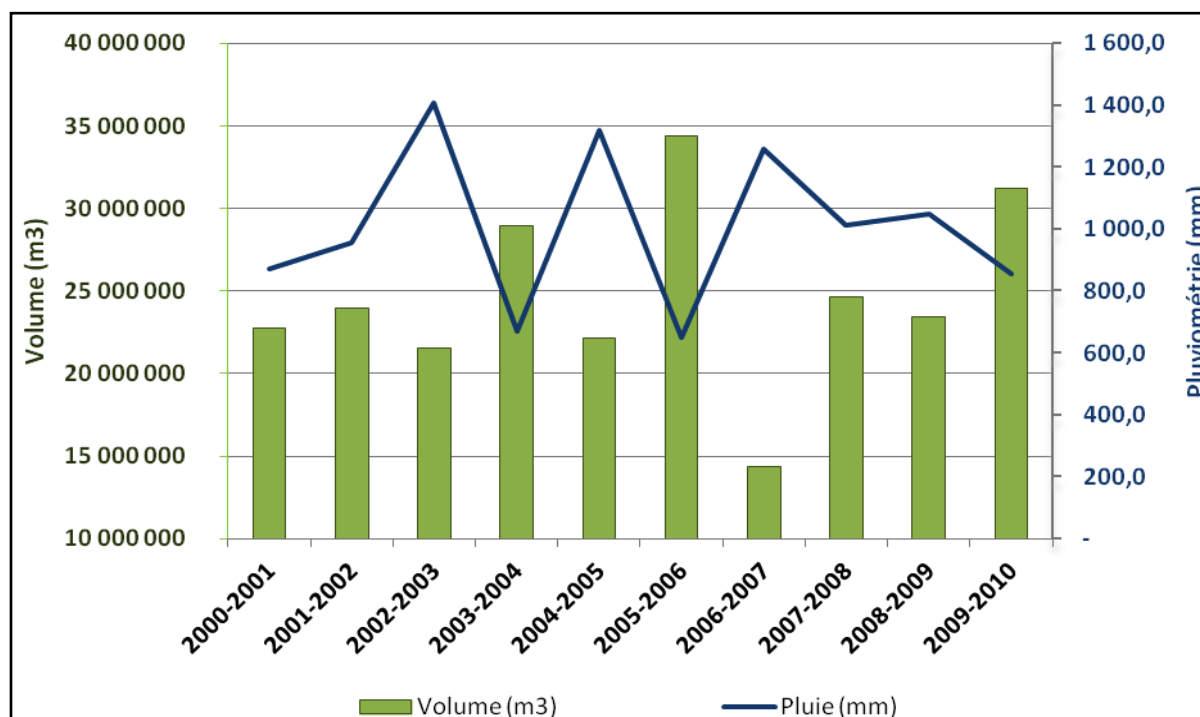


Figure 52 : Volume global consommé à partir de la retenue de Bevava pour l'irrigation et pluviométrie par campagne (2000-2010) ; source : Projet BVLac

Pour l'ensemble des associations, cela représente une consommation à l'hectare comprise entre 4000 m³/ha en 2006-2007 à près de 10 000 m³/ha lors de la campagne précédente, en 2005-2006.

La figure 52 montre une corrélation entre volumes prélevés et pluviométrie mais elle ne permet pas à elle seule d'expliquer une telle variation dans la consommation de la ressource. En prenant les trois campagnes les plus consommatrices d'eau (2003-2004, 2005-2006 et 2009-2010), il est évident que les lâchers du barrage ont du compenser le manque de pluie (pluviométrie inférieure à la moyenne de 1100 mm sur la période 1963-2010). En revanche, ce n'est pas le cas pour la première campagne (2000-2001) où les volumes lâchés sont légèrement inférieurs à la moyenne des dix campagnes considérées (22,7 Mm³ lâchés pour une moyenne de 24,7 Mm³). En effet, le niveau du lac en début de campagne est très bas (812 NGM, côte la plus basse côte en démarrage de campagne d'irrigation), et il a donc fallu limiter les lâchers et organiser des systèmes de tours d'eau afin de pallier ce déficit. Ce problème de déficit de la ressource sera abordé au prochain chapitre du point de vue des techniciens gestionnaires et des stratégies des usagers.

A l'inverse, si l'on prend en compte les campagnes les moins consommatrices d'eau, la corrélation avec la pluviométrie coïncide davantage.

La connaissance des débits dans les canaux d'irrigation va nous permettre d'affiner l'analyse de la consommation de l'eau dans le réseau hydro-agricole à l'échelle des canaux primaires

(CPRG pour la vallée Marianina, I2 et I8 pour le PC 15) et, des canaux secondaires afin de mettre en évidence les différences de consommation entre chaque AUR pour les campagnes dont nous avons les mesures de débits relevés par la FAUR.

4.2 La consommation à l'échelle des associations d'usagers du réseau (AUR)

Afin de caractériser les consommations d'eau à l'échelle des associations pour les différentes campagnes considérées (2007 à 2012), nous nous appuyons sur les débits dans les canaux primaires et secondaires issus des relevés des hauteurs d'eau effectués trois fois par semaine par les techniciens de la FAUR, de mesures sur le terrain (2008-2009) ainsi que sur les calculs réalisés par K. Fujiki dans le cadre de son mémoire de master 1 sous la direction de M. Mietton (Fujiki, 2012).

Ces hauteurs d'eau une fois transformées en débits, à l'aide d'abaques, ont permis de travailler sur des volumes globaux dans un premier temps puis de les rapporter à l'hectare afin de pouvoir comparer l'utilisation et la gestion de la ressource pour chaque unité de gestion. Les disparités mises en évidence de façon quantitative et spatiale, à l'échelle des AUR, créent des inégalités face à l'accès à la ressource pour laquelle chaque usager paie une redevance. Il s'agit de comprendre quels peuvent être les facteurs explicatifs au sein du périmètre irrigué Vallée Marianina – PC 15.

S'il peut y avoir des erreurs dans les relevés ou dans le traitement des hauteurs d'eau dans les canaux (vétusté du matériel, erreur humaine dans les calculs ou retranscriptions etc...), ces données ont permis d'obtenir une image de la consommation d'eau pour chaque association et aussi de vérifier les données qui présentent un écart anormal par rapport aux valeurs des autres campagnes : par exemple, lorsque l'on regarde les consommations d'eau lors de la campagne 2010-2011, celles de la vallée Marianina sont supérieures de 40% à celles du PC 15.

Or si un écart entre l'amont (vallée Marianina) et l'aval (PC 15) est logique dans un périmètre irrigué, il est beaucoup moins marqué lors des autres campagnes (de 10 à 20%). Suite à une vérification dans les données initiales, il s'avère que c'est une erreur de calcul dans le tableur qui explique cette différence (Fujiki, 2012)

La consommation en eau a été établie de façon théorique pour chaque périmètre en fonction de la méthode culturale. Les résultats sont présentés dans l'étude de faisabilité du projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra réalisée par le CACG⁶¹ (étude financée par un don de l'AFD).

⁶¹ Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne

Ils se sont appuyés sur la base de données des besoins en eau de l'avant-projet sommaire (APS) pour les recalculer en tenant compte des modifications de la gestion de l'eau dans les périmètres, selon trois critères (CACG, 2000) :

- il y a un décalage dans le calendrier cultural : le début de la mise en eau ne se fait plus en octobre mais en novembre (Figure 53) ; en effet l'irrigation commence aujourd'hui lors de la troisième décade de novembre afin de préserver au maximum les ressources avant les premières pluies ;
- concernant l'ensemble du PC 15, l'APS n'avait pas pris en compte le besoin de « pré-irrigation » des parcelles avant labour, à raison de 100 mm pour une décade ;
- enfin, l'APS prévoyait 70% de surface repiquée et 30% de surface cultivée en semis direct alors que l'étude du CACG table sur une répartition de 90% pour le repiquage et 10% de semis direct.



Figure 53 : Mise en eau du PC 15 amont le 27 novembre 2010, photo P. Grandjean

D'après leur calcul des besoins en eau (l/s/ha), nous avons recalculé les volumes globaux par décade et par pratique culturale, en fonction des superficies irriguées à cette date (3488 ha contre 3797 ha aujourd'hui⁶², Tableau 22).

		Novembre	Décembre	Janvier
Repiquage (90%)	Sup. (ha)			
PC 15	2242,8	2 902 856,83	3 770 917,63	5 315 283,07
Marianina	896,4	195 172,42	1 088 963,14	2 124 402,34
Semis direct (10%)				
PC15	2242,8	383 249,67	404 345,09	578 302,85
Marianina	896,4	0,00	161 607,75	231 133,82
Volume total (m³)		3 481 278,91	5 425 833,60	8 249 122,08
		Février	Mars	Avril
Repiquage (90%)	Sup. (ha)			
PC 15	2242,8	1 763 375,62	2 867 913,22	3 429 841,54
Marianina	896,4	704 783,81	1 146 244,61	1 370 832,77
Semis direct (10%)				
PC15	2242,8	155 672,06	318 657,03	497 145,60
Marianina	896,4	62 219,23	127 360,51	198 698,40
Volume total (m³)		2 686 050,72	4 460 175,36	5 496 518,30
VOLUME THEORIQUE TOTAL NECESSAIRE PAR CAMPAGNE POUR L'ENSEMBLE DES PERIMÈTRES: 29 798 978,98 m³				

Tableau 22 : Besoins mensuels théoriques par périmètre et méthode culturale pour les périmètres irrigués Vallée Marianina - PC 15, d'après CACG, 2000, J. Erismann, 2012

Malgré la différence de superficie entre ces besoins théoriques et la réalité d'aujourd'hui, il est possible de faire un parallèle avec les consommations mensuelles actuelles (qui ne prennent pas en compte les méthodes culturales) pour chaque association (Tableau 23, Fujiki, 2012).

⁶² Pour le périmètre Vallée Marianina, la superficie irriguée a augmenté de 140 ha. Cette différence est majoritairement due à la construction de canaux secondaires, en particulier au sein de l'association Andranomangatsiaka, tout à fait en aval du périmètre, ce qui a permis de récupérer près de 115 ha. Les 25 ha restants proviennent à la fois de l'amélioration du maillage interne et des travaux de planage dans les autres associations (+ 20 ha pour Ambolotara et + 9 ha pour Bemanjato et curieusement, mais à la marge, - 3 ha à Ambohimasina et -1 ha à Ambohibary). Pour le PC 15, la superficie a augmenté de 169 ha : 137 ha grâce aux nouveaux aménagements des mailles 22 et 23, et le reste (32 ha) répartis entre les autres associations.

PERIMETRE	SECTEUR	ASSOCIATION	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Total	Superficie (ha)	Conso. moyenne m3/ha	
Vallée Marianina	CPRG amont	Ambolotara Maromaniry	240 710,40	899 251,20	663 552,00	720 576,00	975 456,00	-	3 499 545,60	336,85	10 389,03	
		Bemenjato Mandroso	89 337,60	439 603,20	409 276,80	390 528,00	462 672,00	-	1 791 417,60	161,91	11 064,28	
	CPRG Aval	Ambohimasina Mahavokatra	-	333 676,80	682 560,00	319 507,20	639 792,00	498 096,00	2 473 632,00	328,64	7 526,87	
		Andranomangatsiaka	-	227 232,00	191 376,00	230 688,00	546 912,00	456 192,00	1 652 400,00	211,75	7 803,54	
		Ambohibary Vonona	-	244 512,00	222 134,40	115 603,20	447 552,00	358 560,00	1 388 361,60	97,09	14 299,74	
		Total Vallée Marianina		330 048,00	2 144 275,20	2 168 899,20	1 776 902,40	3 072 384,00	1 312 848,00	10 805 356,80	1 136,24	9 509,75
	PC 15	I8 amont	Maille 1 2 3 (Ambohipehaonana)	104 198,40	165 697,92	749 347,20	326 592,00	692 064,00	60 048,00	2 097 947,52	333,00	6 300,14
			Maille 4 7 8 (Avotra)	100 569,60	451 768,32	418 219,20	203 212,80	404 438,40	80 110,08	1 658 318,40	206,54	8 029,04
		I8 aval	Maille 9 14 (Ezaka)	-	227 404,80	444 441,60	239 414,40	353 462,40	-	1 264 723,20	202,97	6 231,08
			Maille 15 16 (Mahazakatena)	-	373 939,20	756 691,20	415 713,60	621 086,40	-	2 167 430,40	288,44	7 514,32
Maille 21 (Miaramzotra)			-	356 227,20	734 356,80	332 208,00	464 313,60	-	1 887 105,60	244,39	7 721,70	
I2 amont			Maille 5 6 (Mahasoa)	97 286,40	575 510,40	557 452,80	359 683,20	633 830,40	515 203,20	2 738 966,40	252,00	10 868,91
	Maille 11 12 (Fanavaozantsoa)	63 244,80	415 065,60	414 028,80	371 347,20	434 332,80	356 356,80	2 054 376,00	170,00	12 084,56		
	I2 aval	Maille 10 13 (Mahavokatra)	114 307,20	680 140,80	719 928,00	474 163,20	838 684,80	584 020,80	3 411 244,80	333,00	10 243,98	
		Maille 17 18 (Manasoa)	-	261 705,60	554 169,60	343 785,60	469 497,60	454 204,80	2 083 363,20	243,53	8 554,85	

Tableau 23 : Synthèse du volume mensuel consommé par association au cours de la campagne 2008-2009, Fujiki, 2012, d'après les données de la FAUR

L'analyse des consommations d'eau dans les périmètres irrigués porte sur cinq campagnes agricoles de 2007 à 2012. A titre d'exemple, nous présentons les consommations de la campagne 2008 – 2009, d'une part car il y a eu une phase de terrain à cette période avec des mesures complémentaires à celles de la FAUR et des opérateurs du projet et, d'autre part car ce fût une saison où les facteurs climatiques ont été favorables (pluviosité précoce et bien répartie) avec le barrage plein en début (820,04 NGM, au-dessus de la cote de déversement le 1^{er} novembre 2008) et en fin de campagne (819,66 NGM à la fermeture du barrage le 27 avril 2009). Toutes ces conditions réunies permettent de comparer au mieux les besoins théoriques et effectifs de la ressource en eau. Mis à part en début et en fin de campagne dans le PC 15, on peut tout de suite noter que les consommations théoriques sont toujours inférieures aux consommations réelles (Tableau 24 et Figure 54).

	Novembre		Décembre		Janvier	
	THEORIQUE	EFFECTIF	THEORIQUE	EFFECTIF	THEORIQUE	EFFECTIF
Vallée Marianina	195 172,42	330 048,00	1 088 963,14	2 144 275,20	2 124 402,34	2 168 899,20
PC 15	3 286 106,50	479 606,40	4 175 262,72	4 097 658,24	5 893 585,92	6 603 552,00
Total	3 481 278,91	809 654,40	5 264 225,86	6 241 933,44	8 017 988,26	8 772 451,20
	Février		Mars		Avril	
	THEORIQUE	EFFECTIF	THEORIQUE	EFFECTIF	THEORIQUE	EFFECTIF
Vallée Marianina	767 003,04	1 776 902,40	1 273 605,12	3 072 384,00	1 569 531,17	1 312 848,00
PC 15	1 919 047,68	3 627 460,80	3 186 570,24	5 797 051,20	3 926 987,14	2 812 769,28
Total	2 686 050,72	5 404 363,20	4 460 175,36	8 869 435,20	5 496 518,30	4 125 617,28
Total théorique 2000 : 29 406 237,41 m³						
Total effectif 2008-09 : 34 223 454,72 m³						

Tableau 24 : Consommations théoriques (2000) et effectives (2008-2009), Erismann, Fujiki, 2012

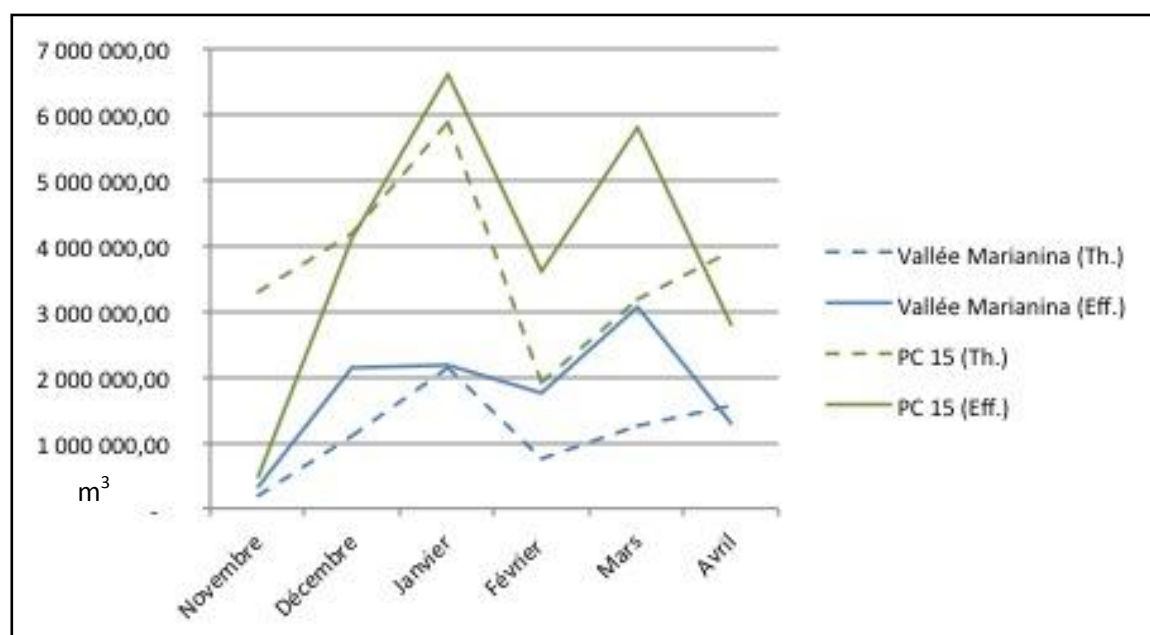


Figure 54 : Aperçu graphique de la différence entre consommations théorique et effective pour les périmètres Vallée Marianina et PC 15

Cette différence est en partie expliquée par le fait qu'il y a des apports complémentaires à ceux du barrage : les eaux de ruissellement, la rivière Harave, et les eaux de drainage ; cela est mis en évidence, au bas du tableau 23 précédent, avec l'écart présenté entre les volumes prélevés et les volumes mesurés aux prises qui atteignent pour cette campagne 10 Mm^3 . La ressource fournie par le barrage atteint $23,4 \text{ Mm}^3$ en 2008-2009 alors que le volume prévu en 2000 et, pour une surface légèrement moindre, est lui de $29,8 \text{ Mm}^3$. Ainsi, lors d'une année climatique 'correcte' avec un bon remplissage du barrage, la ressource est suffisante, et on se rend bien compte de l'importance de la préservation du volume utile de la pièce maitresse de ces périmètres irrigués : le barrage et son lac de retenue.

L'analyse des débits à l'hectare pour les cinq campagnes va mettre en évidence des différences de consommations nettes et de plusieurs ordres : entre les périmètres, au sein des périmètres entre les secteurs amont et aval et, entre les associations.

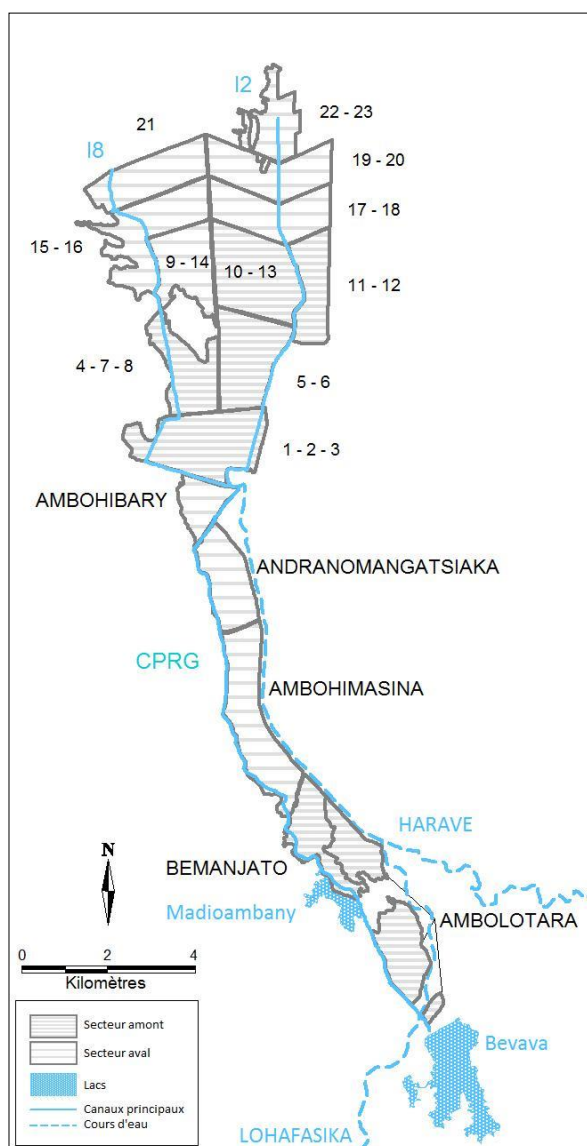


Figure 55 : Secteurs amont et aval des périmètres irrigués Vallée Marianina et PC 15

En comparant les deux périmètres irrigués, on se rend compte que d'une manière générale, c'est en vallée Marianina que la consommation d'eau est la plus importante : $9\,509,75 \text{ m}^3/\text{ha}$ contre $8\,800,92 \text{ m}^3/\text{ha}$ au PC 15. On obtient le même résultat pour les cinq campagnes avec des valeurs moyennes comprises entre $10\,420 \text{ m}^3/\text{ha}$ en Vallée Marianina et $8\,648,00 \text{ m}^3/\text{ha}$ au PC 15 (Fujiki, 2012).

Une des explications peut provenir du caractère sableux du terrain en vallée Marianina qui nécessite donc un plus grand volume, en début de campagne notamment, afin de saturer le sol en eau, et aussi par sa position en amont du réseau.

Les disparités dans les consommations d'eau se retrouvent à l'intérieur de chaque périmètre entre les secteurs amont et aval (Figure 55). La consommation d'eau est supérieure en amont de chaque périmètre (Tableau 25).

Secteur	Consommation moyenne (m ³ /ha)
VM Amont	12 826,00
VM Aval	10 332,30
PC 15 Amont	9946,75
PC 15 Aval	7840,50

Tableau 25 : Consommation d'eau par secteur amont et aval pour la campagne 2008-2009

On retrouve ces clivages quelle que soit la campagne considérée : pour la vallée Marianina, la consommation moyenne (2007-2012) en amont est de 12962,50 m³/ha contre 9465,20 m³/ha dans le secteur aval ; au PC 15 ces valeurs, moins élevées, sont de 9925,20 m³/ha en amont et 7960,43 m³/ha en aval du périmètre.

La différence de consommation moyenne entre l'amont et l'aval est de 3497,30 m³/ha en vallée Marianina et 1964,77 m³/ha au PC 15. D'un point de vue évolutif, ces différences tendent à se creuser au PC 15 mais restent à peu près stables en vallée Marianina (Fujiki, 2012).

C'est à l'échelle des associations que les disparités sont les plus importantes avec des consommations allant quasiment du simple au double pour une même campagne, que cela soit en Vallée Marianina ou au PC 15.

Les associations les plus consommatrices d'eau en vallée Marianina sont Bemanjato avec un volume moyen par hectare de 14 271 m³/ha entre 2007 et 2012 (et un maximum absolu de 17 725 m³/ha en 2007-2008 avec la retenue pleine), puis viennent Ambohibary, la plus petite des associations de vallée Marianina avec 97 ha de superficie réelle (en moyenne 11 839,60 m³/ha) et Ambolotara (11 654,00 m³/ha). Enfin, les plus économes sont Andranomangatsiaka avec 8384,40 m³/ha et Ambohimasina avec 8171,60 m³/ha (cette association détient également la plus faible consommation sur ces cinq campagnes avec 5917,00 m³/ha en 2009-2010) (Fujiki, 2012).

La différenciation de la consommation des associations du PC 15 comporte un niveau supplémentaire car il est équipé de deux canaux primaires : même si l'écart est moindre par rapport à celui que l'on note à l'échelle des associations, il faut tout de même préciser que les associations dépendant du canal I8 subissent régulièrement des retards dans l'ouverture de leurs vannes secondaires en raison d'un défaut de recouvrement des redevances liées à l'eau. Dans son mémoire, K. Fujiki indique toutefois une amélioration de cette situation à partir de 2009 sans doute liée à la décision de la FAUR d'intervenir les équipes de techniciens entre les canaux I2 et I8. Globalement les associations dépendant du canal I2 secteur amont sont les plus grands consommateurs d'eau (Maille 5-6 : 10 389,40 m³/ha et Maille 11-12 : 10803,00 m³/ha en moyenne). Alors que l'association des mailles 1-2-3 a la plus faible consommation des secteurs amont (9087 m³/ha). Pour les mailles situées en aval (I2 et I8) la plus élevée revient à l'association des mailles 15 et 16 avec 9585 m³/ha.

Quant aux plus économes de ce secteur aval, ce sont les associations alimentées par le canal I2 : les mailles 17, 18, 19, 20, 22, 23 avec en moyenne 6999,53 m³/ha⁶³ (les associations à l'aval du canal I8 consomment en moyenne 8921,33 m³/ha).

Les différences de consommation varient donc non seulement dans l'espace, en fonction des AUR, et aussi dans le temps, en fonction de la décade considérée. Nous avons donc tenté une spatialisation des consommations d'eau pour chaque décade de la campagne.

C'est par les mesures dans les canaux secondaires que l'on peut le mieux se rendre compte des problèmes rencontrés par les gestionnaires et les agriculteurs. Les valeurs utilisées sont calculées sur des moyennes de débits dans les canaux secondaires et tertiaires par décade mais sont présentées par association pour une meilleure lisibilité. Enfin, le traitement cartographique met en évidence les associations où les débits effectifs dans les canaux dépassent le débit nominal prévu par le projet (Tableau 26, Figure 56 et 57).

En effet, à l'origine les canaux et régulateurs du PC15 sont conçus pour recevoir un débit de 1,25 l/s/ha, alors que les aménagements postérieurs en vallée Marianina sont équipés pour 1 l/s/ha. Mais les calculs théoriques des besoins à la parcelle (CACG, 2000) montrent qu'en fonction du calendrier cultural et de la façon culturale (semis direct ou repiquage), les débits de pointe s'échelonnent entre 1,24 l/s/ha à 1,45 l/s/ha. En considérant que 80% de l'eau va atteindre les parcelles, cela équivaut à des débits en tête des canaux secondaires qui vont de 1,55 l/s/ha à 1,81 l/s/ha pour des parcelles repiquées. Ces valeurs sont sensiblement moins élevées pour les parcelles en semis direct car les besoins à la parcelle s'étendent sur une plus longue période (deux décades) avec des débits de pointe compris entre 1,16 l/s/ha et 1,41 l/s/ha, soit pour une efficacité de 0,8, des débits allant de 1,45 l/s/ha à 1,77 l/s/ha (CACG, 2000).

L'ouverture des prises secondaires s'effectue une fois que l'ensemble des travaux sont réalisés dans chaque association et surtout lorsque l'ensemble des redevances est recouvré par la FAUR. Ce dernier point, souvent litigieux pour les agriculteurs « bon payeurs » au sein d'une association et qui se retrouvent de fait sans eau à cause de quelques-uns, explique que les secteurs avals des périmètres n'ont pas reçu d'eau la dernière décade de novembre et la première décade de décembre (sauf pour Ambohivary qui a reçu de l'eau à partir du 4 décembre 2008).

La spatialisation de ces débits à l'hectare (moyenne des débits dans les secondaires) par association et par décade met également en évidence les disparités précédemment évoquées.

⁶³ La consommation des mailles 22 et 23 reste la plus faible de tout le périmètre (minimum absolu sur les cinq années considérées avec 4163,00 m³/ha en 2011-2012) ; même si c'est une réalité de pénurie d'eau, il y a plusieurs biais dans le calcul des consommations à l'hectare en raison, d'une part, d'une incertitude sur la superficie réelle de ces mailles nouvellement aménagées et, d'autre part, car cette maille est également alimentée par des eaux de drainage qui ne sont pas comptabilisées ici. Toutefois, même sans tenir compte de cette association, la consommation moyenne la partie aval du canal I2 reste la plus économe avec une moyenne de 7842,40 m³/ha.

Au-delà des volumes globaux mensuels utilisés par chaque association, la gestion de l'eau en riziculture s'effectue au pas de temps de la décade. Un retard dans l'approvisionnement peut avoir de graves conséquences en matière de rendements, d'autant plus qu'une majorité des agriculteurs utilisent des semences photosensibles.

Les cartes présentées (Figure 56 et 57) sont une première étape dans ce qui pourrait être un nouvel outil de gestion de la ressource en eau dans les périmètres irrigués. Cela permet en effet d'avoir une meilleure représentation de la situation et des problèmes rencontrés au sein du réseau en complément des savoirs des techniciens et ingénieurs de la FAUR.

Dans un premier temps, un SIG devrait permettre de croiser plus facilement des données de types différents : physiques d'une part, les types de sols, la morphologie du réseau d'irrigation et de drainage, les données climatiques et hydrologiques et humaines d'autre part, état du foncier et mode de faire-valoir (facteur complexe et néanmoins indispensable), stratégies culturales des agriculteurs (choix des semences, méthodes culturales). Ces facteurs multiples permettent de mieux appréhender et améliorer la gestion de l'eau dans ces périmètres irrigués et dans un second temps devront permettre d'établir une base de données spatiales et dynamiques avec un retour d'expérience des précédentes années d'exploitation du réseau, en établissant des analyses croisées de ces facteurs explicatifs.

AUR_VM_PC15	NOV3 2008	DEC1 2008	DEC2 2008	DEC3 2008	JANV1 2009	JANV2 2009	JANV3 2009	FEV1 2009	FEV2 2009	FEV3 2009	MARS1 2009	MARS2 2009	MARS3 2009	AVR1 2009	AVR2 2009	AVR3 2009	Moy.
AMBOHIBARY	0,00	1,03	1,10	0,97	0,97	0,78	0,56	0,97	0,38	0,59	1,47	1,62	2,03	1,32	0,41	0,57	0,92
ANDRANOMANGATSIKA	0,00	0,00	0,29	0,98	1,07	1,10	0,77	1,14	0,69	0,56	1,14	1,24	1,15	1,00	0,43	0,62	0,76
AMBOHIMASINA	0,00	0,00	0,71	0,75	0,75	0,75	0,44	0,88	0,30	0,61	0,84	0,73	0,81	0,60	0,34	0,46	0,56
AMBOLOTARA	0,95	0,95	1,08	1,07	1,06	0,79	0,79	1,05	0,85	0,85	0,93	1,06	1,07	1,00	0,58	0,23	0,89
BEMANJATO	1,06	1,06	1,10	1,10	1,07	1,08	1,08	1,10	1,14	1,06	1,09	1,10	1,10	1,08	1,03	0,76	1,06
Moyenne VM	0,40	0,51	0,86	0,97	0,98	0,90	0,73	1,03	0,67	0,73	1,09	1,15	1,23	1,00	0,56	0,53	0,84
1 - 2 - 3	0,93	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	0,91	0,78	0,46	0,68	0,95	0,70	0,65	0,33	0,59	0,53	0,58
4 - 7 - 8	0,94	0,00	0,00	0,00	0,70	0,83	0,89	0,69	0,06	0,74	0,93	0,69	0,50	0,35	0,55	0,58	0,53
5 - 6	0,89	0,74	1,07	0,95	0,84	0,98	0,75	0,96	0,00	0,94	0,92	0,96	0,95	0,80	0,96	1,01	0,86
11 - 12	0,88	0,82	1,07	1,08	0,91	1,04	0,92	0,91	0,16	1,11	0,93	0,99	1,05	0,93	0,96	0,88	0,92
10 - 13	0,81	0,69	0,88	0,92	0,78	0,90	0,82	1,07	0,00	1,22	0,94	0,96	0,99	0,78	0,89	0,73	0,84
17 - 18	0,00	0,00	0,52	0,77	0,88	0,89	0,90	0,75	0,45	0,75	0,53	0,81	0,96	0,00	1,07	0,68	0,62
19 - 20	0,00	0,00	0,27	0,73	0,80	0,80	0,76	0,55	0,24	0,58	0,36	0,68	0,88	0,00	0,92	0,48	0,50
22 - 23	0,00	0,00	0,45	1,92	1,74	1,75	1,76	0,90	0,60	0,83	0,45	1,17	1,75	0,00	2,09	0,22	0,98
21	0,00	0,00	0,79	0,96	1,08	0,96	0,93	0,66	0,17	0,72	0,66	0,62	0,59	0,00	0,57	0,42	0,57
15 - 16	0,00	0,00	0,82	0,96	1,03	0,97	0,94	0,79	0,20	0,85	0,84	0,76	0,79	0,00	0,66	0,52	0,63
09 - 14	0,00	0,00	0,78	0,93	0,95	0,89	0,85	0,70	0,20	0,76	0,74	0,74	0,65	0,00	0,58	0,48	0,58
Moyenne PC15	0,40	0,20	0,60	0,84	0,96	0,99	0,95	0,80	0,23	0,83	0,75	0,83	0,89	0,29	0,89	0,59	0,69
Moyenne Périmètres irrigués	0,40	0,33	0,68	0,88	0,97	0,96	0,88	0,87	0,37	0,80	0,86	0,93	1,00	0,51	0,79	0,57	0,74

Tableau 26 : Consommation d'eau par AUR et par décade pour la campagne 2008-2009 (l/s/ha) ; source : FAUR, 2009 (les valeurs en rouge représentent les débits supérieurs au débit nominal des canaux)

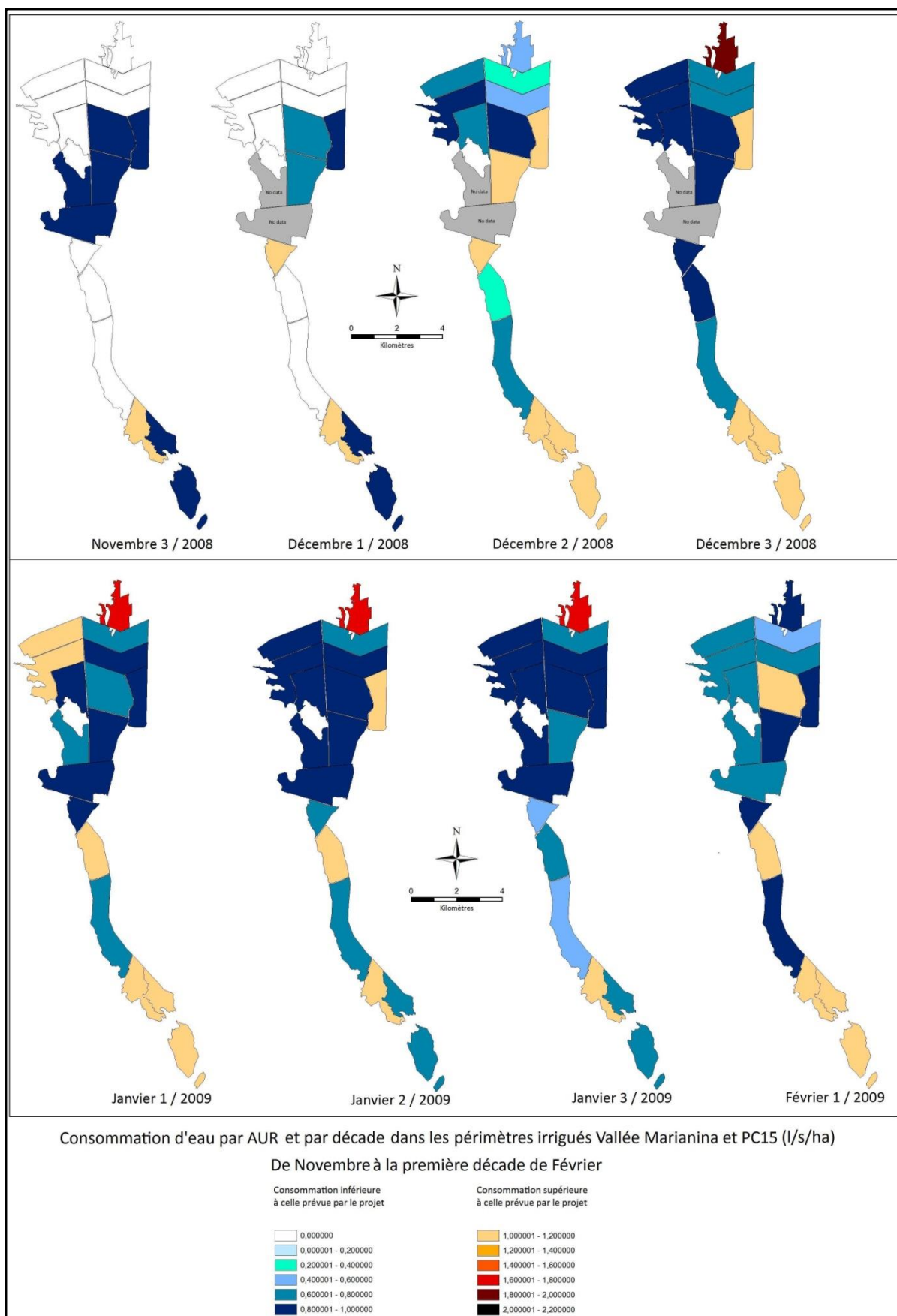


Figure 56 : Consommation d'eau par AUR et par décade en l/s/ha (de novembre à la première décade de février) ; source : FAUR, 2009

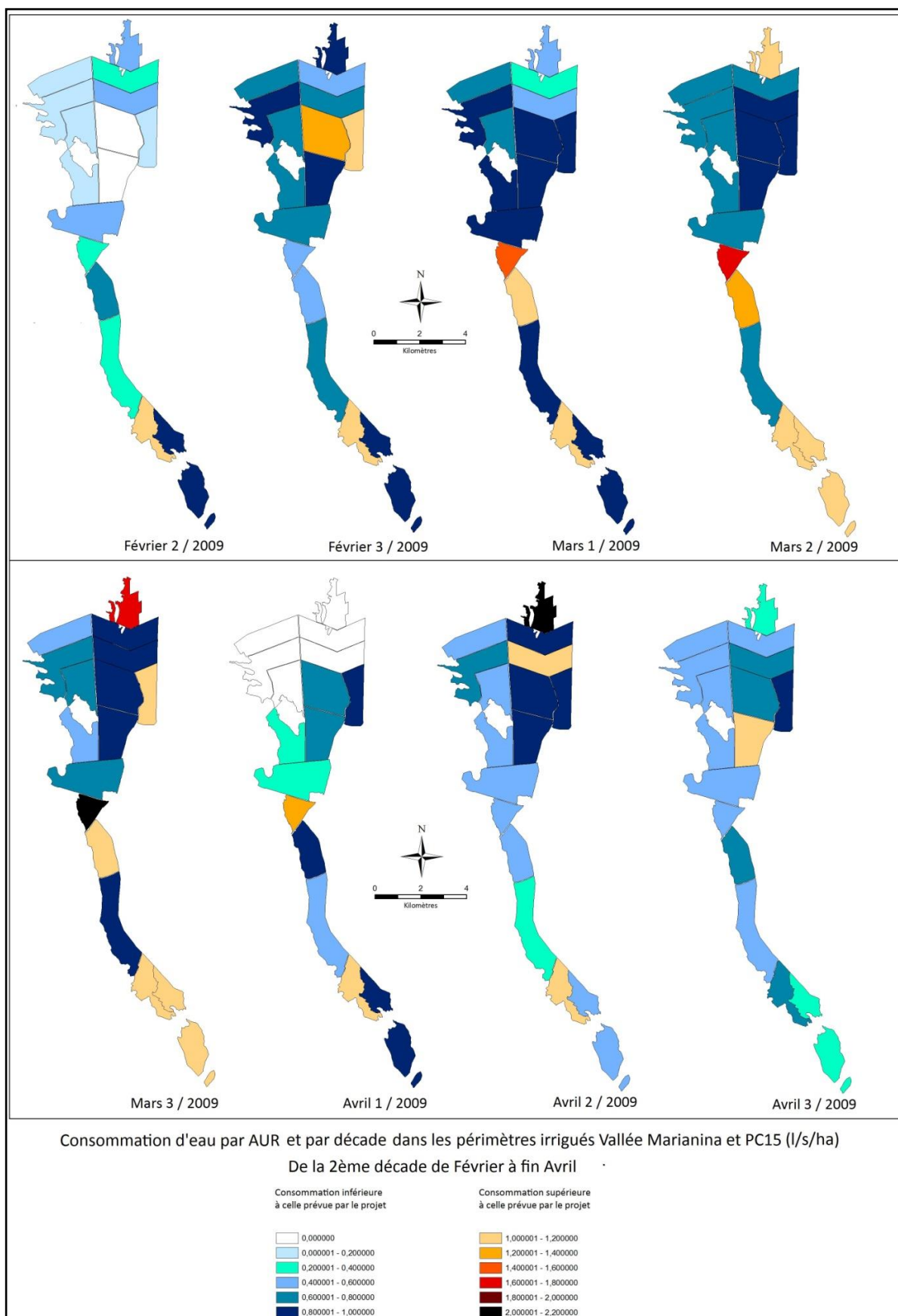


Figure 57 : Consommation d'eau par AUR et par décade en l/s/ha (de la deuxième décade de février à fin avril) ; source : FAUR, 2009

Dans cette problématique d'aménagement, nous nous intéresserons ici aux facteurs physiques et techniques qui permettent d'expliquer les disparités de consommation en eau, et notamment le clivage entre la vallée Marianina et le PC 15. Tandis que les facteurs humains nous renseigneront davantage sur les disparités au sein des associations et seront traités dans la troisième partie qui portera sur les possibilités et stratégies de développement à élaborer pour le bassin du lac Alaotra où l'homme a une place essentielle. Les types de facteurs explicatifs sont largement inspirés du mémoire de K. Fujiki (2012).

Un des facteurs essentiels permettant d'expliquer la variabilité des consommations de la ressource dans l'espace tient à l'aménagement et à la géographie du réseau ainsi qu'à son histoire. En effet, le PC 15 a bénéficié d'importants travaux au niveau de la structure du réseau. Contrairement à la vallée Marianina, aménagée plus tardivement, il y a eu des opérations de planage du terrain et la gestion de l'eau au PC 15 s'effectue jusqu'au niveau des canaux tertiaires (quasi inexistantes en vallée Marianina). De plus, il est équipé de nombreuses prises, ce qui n'est pas le cas en vallée Marianina, où elles sont souvent mal réparties. Par exemple, l'association Ambolotara, la plus grande du périmètre amont avec plus de 300 hectares, ne possède qu'une seule prise secondaire sur un canal (Ambolotara 1D) qui dessert l'ensemble du périmètre. L'association d'Ambolotara doit également faire face à des pertes en eau élevées en raison d'un défaut d'aménagement : le canal qui l'alimente est en terre et donc demande un entretien supplémentaire que les agriculteurs et les techniciens de la FAUR ne peuvent pas toujours assurer. Toutefois, même si les aménagements de la structure du réseau de la vallée Marianina sont moins développés, la gestion de l'eau peut y être plus fine grâce à l'installation de modules à masques avec répartiteurs alors que le PC 15 est équipé de simples vannes qui ne permettent pas le même type de régulation des débits. Il y a donc là un fort potentiel d'amélioration de la gestion de l'eau même s'il manque des aménagements au niveau tertiaire.

La différence de niveau de consommation entre les deux périmètres tient également pour une bonne partie à la nature des sols qui les composent. La vallée Marianina a des sols d'une texture beaucoup plus sableuse que ceux du PC 15 avec un tri granulométrique qui s'effectue d'amont en aval (Belle, 2010). Ce sont donc à la fois des caractères pédologiques et morphologiques qui déterminent la façon dont va se comporter l'eau acheminée dans ces réseaux. Nous l'avons vu précédemment, l'association Bemanjato est celle qui consomme le plus d'eau sur l'ensemble des deux périmètres avec des valeurs pouvant aller du simple au triple par rapport à ses voisines : en 2007-2008, elle a reçu 17725 m³/ha tandis que Andranomangatsiaka recevait 6858 m³/ha. En aval de la vallée, on retrouve plus des horizons de limons argileux intercalés de niveau sableux qui créent des conditions de mise en charge de l'eau (Nicoud et Mietton, 2009). De plus les mesures effectuées à la tarière et dans les puits montrent la proximité de la nappe phréatique même en saison sèche (Annexe 12). Si les pertes en eau sont le problème majeur en vallée Marianina et font de ce fait augmenter de façon significative les volumes d'eau consommés, le principal risque au PC 15 est plutôt celui de l'inondation, particulièrement à l'aval du périmètre où l'on a des sols hydromorphes dominés par les argiles.

Conclusion partie II

La fédération des usagers du réseau a quasiment atteint une autonomie financière et organisationnelle. Pourtant, à l'échelle des associations, la situation reste encore délicate avec des disparités spatiales fortes dans l'organisation, l'accessibilité et la distribution de la ressource. Les problèmes rencontrés par les gestionnaires sont multiples (en dehors de la quantité d'eau disponible dans la retenue pour la campagne) :

- la qualité des sols au sein des périmètres peut expliquer certaines différences dans les consommations d'eau : la vallée Marianina est composée d'alluvions à texture sableuse essentiellement, tandis que le PC 15 est composé de sols hydromorphes à texture argileuse ; le rôle de la nappe phréatique et le comportement de ces sols lors des lâchers sont donc différents d'une zone à l'autre ;
- dans certaines associations, l'économie de l'eau est plus présente à l'esprit des agriculteurs et des responsables de réseau parce qu'ils bénéficient d'un encadrement plus important grâce à leur proximité géographique avec les techniciens ou leur implication dans la gestion du réseau ;
- les modes de faire-valoir indirects sont complexes (métayage, sous-métayage, contrat annuel...) et rendent également la gestion de l'eau difficile, ne serait-ce que pour l'identification des exploitants. Le recouvrement des redevances devient alors laborieux et la police des eaux rencontre de grandes difficultés pour trouver les personnes concernées ;
- enfin, l'émiettement du parcellaire, l'absence de réseau d'irrigation tertiaire en vallée Marianina et la multiplication des prises-pirates sont des difficultés supplémentaires pour une bonne gestion de l'eau.

Ces constats montrent combien il est complexe d'apporter des solutions pour améliorer la gestion de l'eau dans les périmètres irrigués et pourquoi il semble indispensable de continuer à renforcer les compétences des associations d'usagers du réseau au niveau organisationnel. Mais cela met aussi en évidence le fait qu'il faut aussi s'intéresser aux espaces où les aménagements hydro-agricoles plus traditionnels marquent moins le territoire et ne représentent pas une contrainte pour améliorer la productivité des systèmes agricoles.

TROISIEME PARTIE

D'EVENTUELLES SOLUTIONS POUR DEMAIN

PRODUIRE AILLEURS, MIEUX, AUTREMENT ?

Malgré des efforts financiers et techniques répétés, la maîtrise de l'eau reste difficile dans le bassin du lac Alaotra. On peut dès lors se demander si ces aménagements ne créent pas plus de disparités et de problèmes qu'un réel développement pour les agriculteurs. Face à ce constat, il est important de compléter cette recherche en considérant l'articulation entre l'aménagement et le développement et surtout de se poser la question suivante : pourquoi et comment faire mieux ? La ressource en eau pour l'irrigation participe de façon essentielle au développement économique et social.

« L'eau est une ressource dont la valeur est liée à un ensemble de savoir-faire en rapport avec l'interprétation et l'utilisation du milieu par les communautés rurales des Hautes Terres. La gestion de l'eau – les pratiques et leur signification vis-à-vis du milieu – tient compte des hétérogénéités de l'espace physique à des niveaux écologiques différents, de la topographie de détail, à un agencement de haut en bas des terroirs qui fait référence à une perception dynamique d'ensemble. » (Blanc-Pamard, 1985, p.430).

Question essentielle donc mais pas suffisante pour appréhender les problèmes que posent l'aménagement et la gestion d'un territoire dans la perspective d'une augmentation de la production rizicole (alors que le pays n'atteint pas l'autosuffisance alimentaire (Figure 58 et Figure 59)) et aussi du revenu des agriculteurs . L'importance du secteur rizicole a également une dimension culturelle ; le riz étant l'aliment de base des malgaches qui sont parmi les tous premiers consommateurs au monde (100 à 120 kg par personne et par an).

Les pistes sont nombreuses lorsque l'on parle de développement. Du développement économique voulu par le Président de la 1^{ère} République, P. Tsiranana, qui organisait en 1962 les « Journées malgaches du développement », au développement rapide et durable souhaité par l'ancien Président M. Ravalomanana, une foule de concepts se sont succédé au cours des 50 dernières années dans les politiques publiques et au sein des actions de l'aide internationale, afin d'élaborer des stratégies de développement pour le pays au cours des 50 dernières années. Dès 1991, Madagascar a mis en place de façon précoce et ambitieuse un plan d'action environnementale sur 15 ans (Falloux et Talbot, 1992) selon les prescriptions des forums internationaux. Cette planification environnementale comportait trois phases : la mise en place d'un système institutionnel, la décentralisation et le transfert de gestion aux populations locales pour finir par « *développer le réflexe environnemental chez tous les acteurs* » (Chaboud *et al.*, 2007). La crise de 2001 amènera cependant un retour vers la centralisation sur ces questions en particulier. La place de l'Homme se trouve tantôt en concurrence, tantôt en collaboration avec la Nature et dans ses relations avec la gestion du territoire, des ressources naturelles et des modèles de développement agricoles face aux défis de la mondialisation.

Les grands périmètres irrigués nécessitent des financements importants pour les maintenir en état de fonctionnement optimal face aux aléas climatiques. Même si la fédération des usagers de l'eau est en bonne voie pour atteindre une certaine autonomie financière et

organisationnelle, la région du lac Alaotra ne peut pas s'appuyer sur ces seuls périmètres irrigués. Quelle que soit la performance relative du système, il faut trouver d'autres clés pour un meilleur développement et faire face aux défis de demain, à la pression démographique en particulier. En effet, la démographie du pays et de la région conditionne en partie l'avenir. Le plus fort de la transition démographique est à venir (Gastineau et Sandron, 2006) (Figure 60), puisque la baisse de la mortalité a commencé à diminuer dans les années 1950 (Chevalier, 1952) et que celle de la fécondité ne se fait sentir qu'à partir des années 1970, selon les études de démographes tels que Lacombe (1973 et 1975), Gendreau (1969) ou encore Andriamboahangy (1973), et comme nous le montrent Razafimanjato et ses collègues dans leur article de 2001 sur la situation démographique de Madagascar.

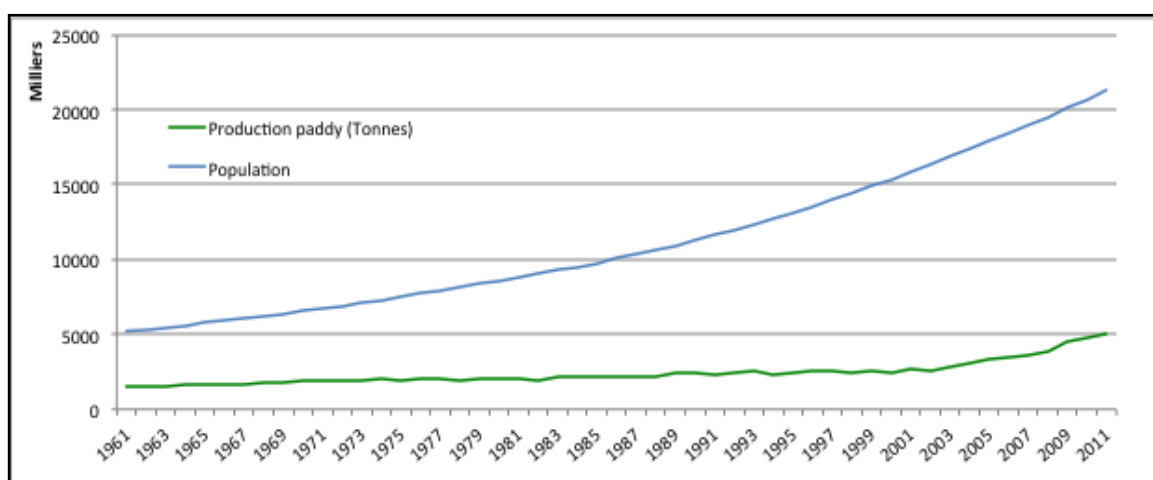


Figure 58 : Evolution de la population et de la production rizicole à Madagascar (1961 - 2011) ; source : FAOSTAT

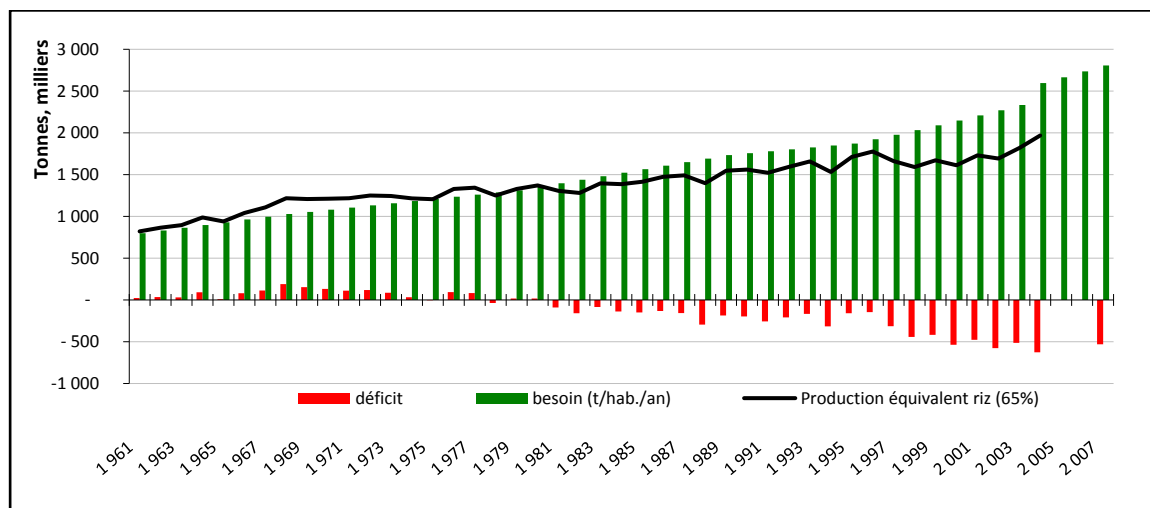


Figure 59 : Evolution de la production et des besoins en riz (1961 - 2007) ; source : Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, FAO (Annexe 13)

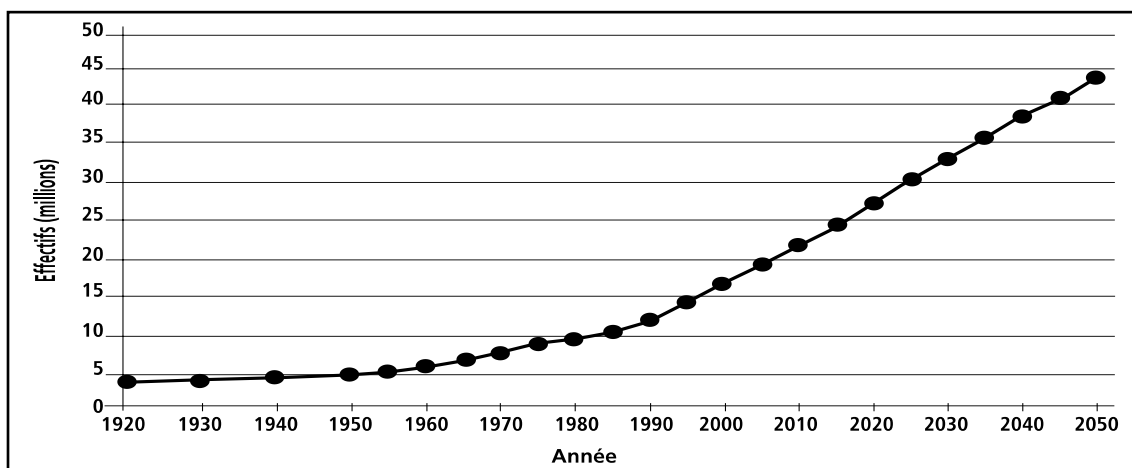


Figure 60 : Evolution de la population à Madagascar de 1921 à 2050, in Gastineau et Sandron, 2006 ; Sources : Commissariat général au Plan, 1962, pour la période 1921-1949 ; United Nations, 2005, pour la période 1950-2050 (scénario central pour les projections)

Selon la FAO, la population malgache pourrait atteindre 35 millions à l’horizon 2030 et 53,5 millions en 2050. Suivant le dernier recensement général de la population et de l’habitat (RGPH) en 1993, la population de la région Alaotra Mangoro était de 1 003 944 habitants (soit 22,3 hab/km² pour une densité moyenne nationale de 20,1 hab/km²).

Les projections sur la démographie que l’on trouve dans la monographie de la région Alaotra Mangoro (MAEP⁶⁴, 2004), par rapport au dernier recensement de 1993, donnent une population de 1 262 685 habitants pour 1999 et un recensement administratif des Fivondronana de Madagascar en 2001 annonce une population de 1 367 478 habitants. Les monographies des différents districts de la région Alaotra-Mangoro en 2004 annoncent eux une population de 1 112 550 habitants (ONE, 2006). Cela montre combien il est difficile d’obtenir des renseignements précis sur la démographie à Madagascar mais, à ce jour, la tendance actuelle reste tout de même celle d’une plus forte croissance démographique dans cette région que dans le reste de l’île : la moyenne nationale étant de 2,8% (calcul à partir des données démographiques de 1975 et 1993) alors que l’on a une valeur de 3,1% pour l’ensemble de la région. Cette croissance pourrait atteindre 5,2% pour les deux sous-préfectures du lac Alaotra, Ambatondrazaka et Amparafaravola. Ceci s’explique bien évidemment par les potentialités agricoles de ces zones qui attirent depuis plusieurs siècles les agriculteurs en quête de terres arables. Cette dynamique migratoire a d’ailleurs été renforcée par les aménagements des colons depuis le début du XXème siècle et l’installation de cultures de rente (Razafimanjato *et al.*, 2001). Selon la FAO, la population malgache pourrait atteindre 35 millions à l’horizon 2030 et 53,5 millions en 2050.

Plusieurs hypothèses susceptibles d’apporter un possible développement à la région du lac Alaotra et à ses habitants peuvent être explorées. Dans un premier temps, on peut se demander si l’extension des surfaces de production est possible et souhaitable : si l’on ne peut

⁶⁴ MAEP : Ministère de l’Agriculture, de l’Elevage et de la Pêche

guère améliorer la gestion de l'eau au sein des périmètres aménagés, il faut chercher du potentiel de terres ailleurs, en amont ou en aval, dans un contexte où le parcellaire existant est déjà fortement morcelé, à l'échelle régionale et nationale avec une superficie moyenne des exploitations inférieures à 1 hectare.

Cette première hypothèse amène également la question de l'augmentation globale de la production : que l'on puisse ou non augmenter les surfaces cultivables, il existe *a priori* des solutions pour produire mieux sur une même surface, avec des techniques agricoles plus ou moins innovantes et portées ou non par des projets ou sur des terres aujourd'hui peu mises en valeur, comme les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau. Serait-ce alors suffisant ?

La troisième piste concerne la maîtrise et l'efficacité de l'eau ainsi que l'agriculture pluviale et la gestion intégrée des ressources en eau et des sols, ainsi que les types de production et leur commercialisation : n'y aurait-il pas la possibilité de développer d'autres filières agricoles avec la recherche de nouveaux marchés, dans l'optique où le bassin du lac Alaotra, serait enfin désenclavé ? Ces différentes hypothèses rentrent en interférence les unes avec les autres, tout comme l'est l'évolution de la démographie régionale, mais par souci didactique chaque point sera abordé séparément avant de pouvoir en faire une synthèse en conclusion à travers les modalités de gouvernance des ressources naturelles pour un meilleur développement de l'Alaotra.

1. Une extension des surfaces de production ?

On peut imaginer qu'une solution, au moins partielle, puisse se trouver donc en dehors des périmètres irrigués, et corresponde à la conquête de nouvelles terres. Les aménagements hydro-agricoles apportent certes une certaine sécurité dans l'approvisionnement en eau des rizières (4 années sur 5 en théorie), mais cela reste un espace fini où l'augmentation seule des rendements ne suffirait pas à couvrir les besoins. Par ailleurs, ces dernières années, la production rizicole des périmètres irrigués Vallée Marianina et PC 15 a tendance à stagner, voire à diminuer depuis la campagne 2004-2005 (Andri-ko, 2008 et Annexe 14). Les efforts de développement se sont concentrés sur les plaines et bas-fonds où les résultats agronomiques ne peuvent guère être améliorés. De plus, les périmètres irrigués, où les investissements et l'entretien nécessitent de tarifier la ressource, coexistent avec des espaces non aménagés où l'eau, bien plus que plus aléatoire dans son approvisionnement, peut être utilisée directement et de façon traditionnelle par un réseau de canaux en terre. La vallée Marianina en est le parfait exemple avec une différenciation nette entre la rive gauche (périmètre irrigué) et la rive droite (culture traditionnelle) et où les liens entre agriculteurs sont ténus puisque 30,4 % des propriétaires de parcelles du périmètre vallée Marianina résident en rive droite et occupent 26,6% de ce territoire, comme nous allons le voir dans un premier temps.

Cette augmentation des superficies cultivées peut s'effectuer soit en amont des périmètres irrigués, dans le domaine des tanety et de la forêt naturelle, soit en aval sur les terrains tourbeux des marais. Concernant notre terrain d'étude, la biodiversité offerte tout à la fois par la forêt naturelle et les marais est un thème fédérateur qui concentre les financements et les efforts d'aménagement : pour la première avec des systèmes de transfert de gestion aux communautés de base et pour les seconds avec des systèmes de protection (zonage Ramsar) et des tentatives de développement s'appuyant notamment sur l'écotourisme. Les deux autres ensembles, tanety et plaines rizicoles (non aménagés), doivent eux faire face à un certain manque de prospective dans leurs modalités de gestion.

La conquête de nouveaux espaces de cultures à l'amont et à l'aval des terres déjà aménagées s'effectue selon des modalités différentes. L'impact écologique dans les amonts a des conséquences importantes sur l'aval. La pression démographique qui pousse les populations à trouver de nouvelles terres sur ces "hauts versants" est un facteur aggravant de l'érosion, sur des sols déjà sensibles, accélérant l'ensablement des grands aménagements hydro-agricoles en aval.

Si la conquête des espaces de l'aval est antérieure à celle de l'amont, c'est cependant par cette dernière que nous commencerons l'exposé selon la logique de l'écoulement des eaux dont nous avons étudié le fonctionnement. La limite entre ces deux espaces se situe au barrage de Bevava, à la fois d'un point de vue hydrologique mais également paysager, car c'est à ce niveau que l'on passe du domaine savanien des tanety à la plaine alluviale.

A l'amont de la plaine alluviale de la vallée Marianina, on retrouve trois bassins versants. Si ces trois bassins ont un impact sur les périmètres irrigués de l'aval, c'est le bassin versant de la Sasomangana qui sera l'objet principal de l'étude car il revêt une importance toute particulière en étant le collecteur des eaux du réservoir de Bevava. Toutefois, les deux autres bassins versants seront également traités sous l'angle de l'érosion qui fragilise les aménagements.

1.1 En amont des périmètres irrigués ?

Les amonts des périmètres irrigués des vallées du sud-est sont dominés par trois sous bassins versants (Figure 24, partie II, p.76). L'intérêt est porté principalement sur celui de la Sasomangana, en tant que bassin d'alimentation du réservoir de Bevava et du périmètre VM-PC 15.

Dans le fond de vallée étroit de la Sasomangana, toutes les surfaces planes exploitables sont déjà mises en culture et partiellement irriguées par de longs canaux en terre. Le potentiel s'il existe se trouverait donc nécessairement sur les tanety environnantes.

Bien que la volonté soit présente, au sein des projets successifs, de prendre en compte ces espaces en amont du barrage de Bevava, les réalisations sont difficiles en raison de l'enclavement de ces territoires. Toutefois, des tentatives de diffusion de nouvelles pratiques agro-écologiques et de sécurisation foncière sont menées. En effet, ce bassin versant de Bevava se situe à la limite entre deux grandes plaines alluviales vouées à la riziculture : la plaine de l'Alaotra avec les périmètres irrigués et la plaine de Didy, perchée, qui ne fait pas partie du bassin versant de l'Alaotra. Par sa situation, il est donc, d'une part, une terre d'accueil pour la population de ces deux plaines qui part chercher à la fois de nouvelles terres agricoles et aussi de nouveaux pâturages et, d'autre part, un lieu de passage, à la fois pour le bétail (transhumance locale et régionale) et les habitants de la région.

Les actions à entreprendre dans les bassins versants et en particulier en amont de la vallée Marianina et du PC 15 ont pour objectif de protéger les investissements et les riziculteurs de l'aval (périmètres irrigués et RMME). Dans un même temps, ces actions doivent permettre le développement pour les populations de ces amonts afin de se placer dans une logique « gagnant – gagnant » amont – aval. Si les populations voient un avantage direct pour leurs terres à opérer un changement dans leurs pratiques, ils seront les meilleurs alliés dans la mise en valeur et la protection des bassins versants (Mietton, 2007). Mais ces relations amont – aval peuvent être difficiles à envisager pour les paysans, comme l'a décrit A. Teyssier (1994) : *« Ce dédoublement de la perception de l'espace amont des bassins-versants provoque une déconnexion entre bas-fond et plateau, ce qui suggère des conflits sur les droits d'usage entre exploitations de l'aval et de l'amont ainsi qu'une utilisation de l'espace différente et antinomique : reboisement et pâturage, défrichement des bas de pente par le feu et mise en valeur agricole des plateaux. »*

Dans le bassin versant de la Sasomangana, l'unité morphologique dominante est celle des tanety (Figure 61), recouvertes de savanes herbeuses, majoritairement d'*Aristida sp. – bozaka* - qui est un indicateur de sols dégradés par l'érosion, le surpâturage et les feux de brousse (Rattray, 1960 ; Granier, 1967) et d'une valeur fourragère quasi nulle (Raison, 1984) ; à la différence des bassins de la Lohafasika et de l'Harave qui l'entourent, on trouve également des reliquats de reboisement en eucalyptus essentiellement (campagnes des années 1980), afin de lutter contre l'érosion et protéger le barrage de Bevava.

L'étude de ce bassin versant en particulier a permis d'appréhender de façon précise les aspects hydrologiques, géomorphologiques et sociaux (Erismann, 2006 et 2007 ; Bonnier, 2006) de ce territoire, fournisseur d'eau des périmètres irrigués. Grâce aux séjours prolongés dans les villages et à la volonté de comprendre le fonctionnement de ce territoire à l'échelle globale du bassin versant, il est apparu qu'il existait des relations étroites entre les acteurs de l'amont et ceux de l'aval, dans une logique de conquête de l'espace : relations de l'amont vers l'aval d'une part, principalement pour les riziculteurs, dont les rizières ont été inondées à la construction du lac de retenue de Bevava, et pour les jeunes à la recherche d'une terre à cultiver, et, d'autre part, relations de l'aval vers l'amont, par le biais des pratiques pastorales, de la nécessité d'une recherche de pâturages lorsque saisonnièrement l'ensemble des plaines est mis en culture, alors que la pression démographique et foncière ne permet plus de les faire paître dans les rizières au repos. Cette relation pastorale aval-amont s'inscrit donc dans une logique de nécessité : le manque d'espace et de ressource fourragère dans l'intervalle janvier-mai. Une fois les travaux des champs terminés, les propriétaires de bœufs envoient leurs troupeaux dans des kijana de l'amont des bassins versants. De ce point de vue, la nécessité est d'autant plus grande que l'on a à faire à des propriétaires de gros troupeaux à l'aval mais ce n'est pas systématique car les entretiens ont montré que même les propriétaires de petits troupeaux peuvent faire migrer des effectifs de 10 zébus ou moins.

Ces aires de pâturages, les kijana, sont gérées de manière collective et sont profondément liées aux différents lignages avec une organisation « hiérarchique » (Président de kijana et utilisateurs) en lien avec les échelons administratifs pour le paiement des taxes (« dina » aux bénéfices des communes et des fokontany d'arrivées, par tête de bétail et par saison). Les entretiens avec les éleveurs des communes d'Ilafy (48 personnes, possédant 723 zébus⁶⁵ – dont 9 propriétaires ayant un cheptel de plus de 20 têtes) et d'Ampitatsimo (33 personnes, possédant 642 zébus, dont 12 propriétaires ayant un cheptel de plus de 20 têtes) indiquent un prix variable en fonction du fokontany d'arrivée (entre 200 et 600 Ariary par tête et par saison) avec parfois l'obligation d'acheter un passeport dans la commune de départ.

Toutefois, cela s'effectue très souvent dans le cadre des liens de parenté entre propriétaires, bouviers et receveurs, et ce système ne semble pas toujours effectif.

⁶⁵ Le recensement des bovins en 2008 dénombre 4329 zébus pour la commune d'Ilafy et 5029 zébus pour Ampitatsimo.

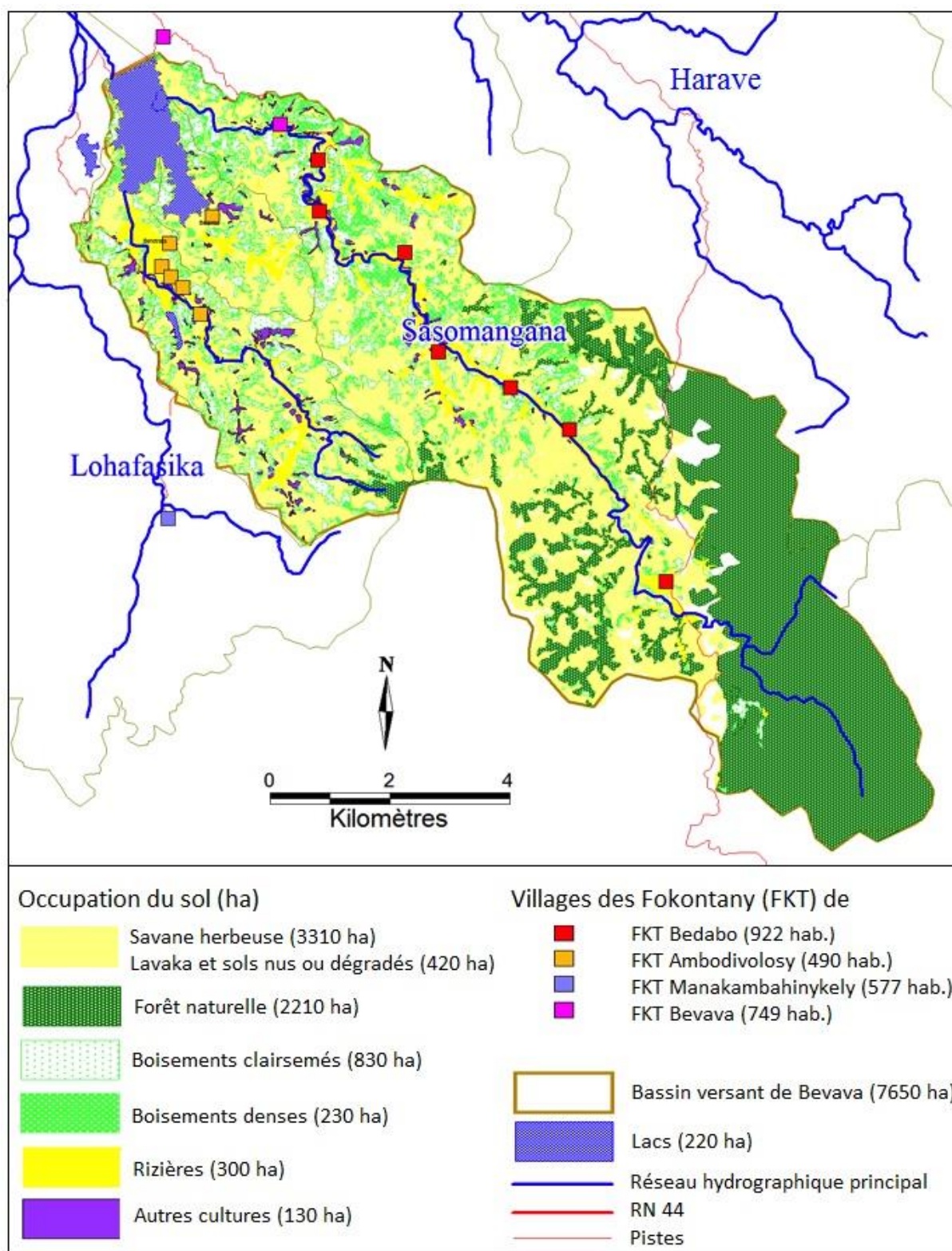


Figure 61 : Le bassin versant de Bevava, fournisseur d'eau des périmètres irrigués de la vallée Marianina et du PC15

A l'amont, les bovins sont des bêtes 'autochtones', possédées par les locaux et, au moins dans le bassin de Bevava, il semble que cette proportion (de bêtes autochtones) soit la plus importante. Au-delà de ces migrations saisonnières, qui augmente la pression sur des sols dégradés, il existe également des transhumances régionales qui transitent pour partie par le bassin versant de la Sasomangana : d'après nos enquêtes, ce sont principalement des Betsimisaraka de la côte est qui vont acheter du bétail dans les régions au nord-ouest du lac Alaotra, à Mahajanga, Maevatanana et Andranomena puis traversent la plaine de l'Alaotra par le sud pour rejoindre le bassin de Didy au sud de notre zone d'étude et retraverser le grand escarpement de l'est recouvert par la forêt naturelle (Figure 62).



Figure 62 : Transhumance régionale par le sud du bassin de l'Alaotra et le bassin de la Sasomangana

La gestion de l'environnement et la mise en place d'un plan de gestion agro-sylvo-pastoral peuvent se faire avec les acteurs locaux de l'aval et de l'amont, mais qu'en est-il de ces gens de passage difficilement identifiables qui créent une 'surcharge relative' à l'amont ? De plus, selon un habitant du bassin versant, « *s'occuper dans les amonts de l'enherbement est difficile car ceux de l'aval ne restent que 4 mois* » (Mr Ranefatra, entretien du 2 juillet 2007, habitant sihanaka d'Ampamohalamba).

Dans des conditions idéales (qui dépendent de la santé de l'animal, de la qualité de l'herbe, ainsi que de la distance parcourue) on parle de surpâturage à partir de 2 à 3 bovins à l'hectare.

Concernant le seul cheptel du bassin versant, cela donne un ratio de 0,4 bovin à l'hectare environ. Théoriquement, il n'y a donc pas de surpâturage⁶⁶, même si le paysage est fortement marqué (Figure 63). Mais cela ne rend pas compte de la réalité puisque comme nous l'avons vu ce territoire est également utilisé par les propriétaires de zébus de l'aval.

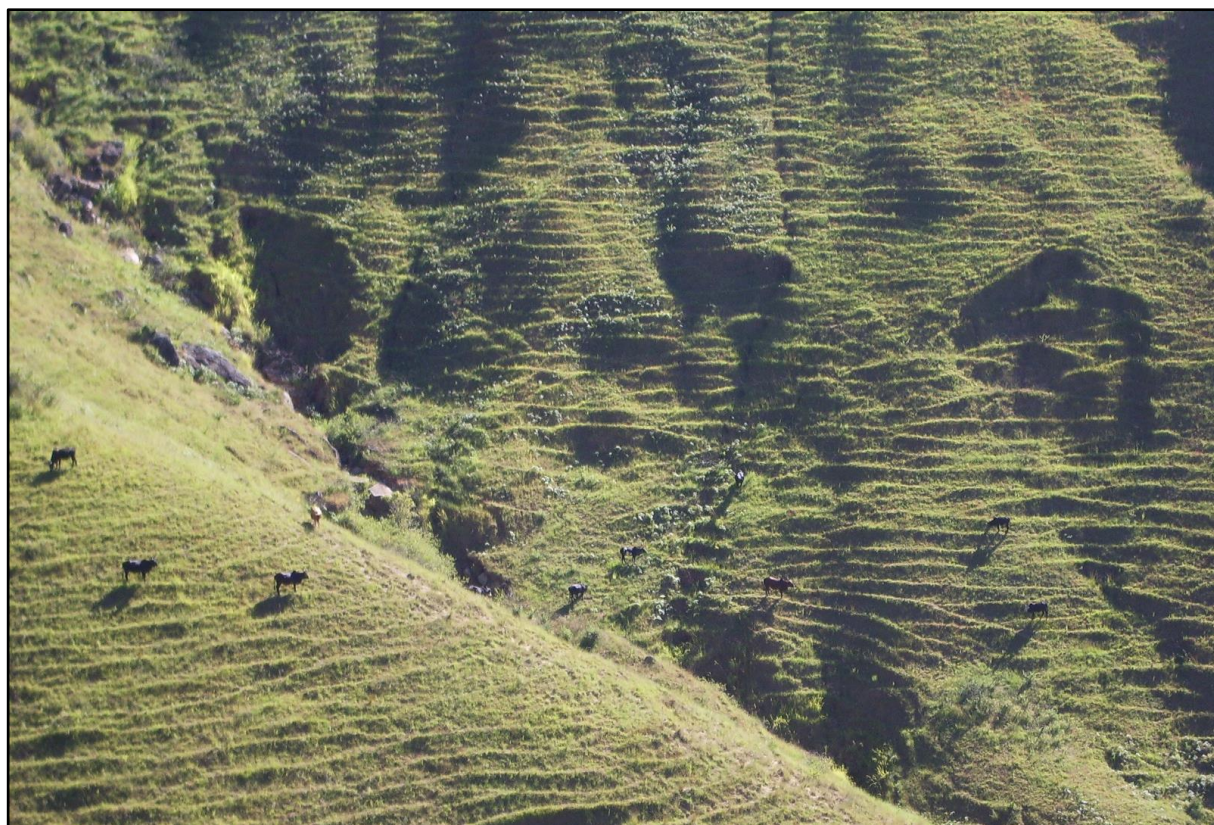


Figure 63 : Versant en "pied de vache" en amont de la vallée de la Sasomangana, 2008, photo J. Erismann

Le bénéfice de l'introduction de nouvelles espèces fourragères pourrait alors concerner à la fois les habitants de l'amont et ceux de l'aval : par l'enrichissement du sol in situ et aussi, si le sol est ainsi mieux fixé, par limitation au moins partielle de l'ensablement des périmètres de l'aval. Ce n'est d'ailleurs pas sur le seul bassin de Bevava que les efforts devraient porter mais aussi sur l'ensemble des bassins versants de la Lohafasika et l'Harave.

« La perception paysanne voit plus les possibilités que les contraintes du milieu, à la différence de l'analyse scientifique qui isole et amplifie les contraintes (érosion, pente,...). »
(Blanc-Pamard, Milleville, 1985).

⁶⁶ La notion de surpâturage ne dépend pas uniquement du nombre de bêtes à l'hectare ; il faut également prendre en compte la valeur nutritionnelle des espèces pâturées ainsi que la vulnérabilité des sols concernés.

Du point de vue territorial, sans que cela n'apparaisse très difficile, au moins le tiers inférieur des versant 'libérés' par les Eaux et Forêts (50 mètres à partir du bas de pente en remontant le versant) pourrait être aménagé avec des plantes de couverture devant réunir toutefois trois qualités concomitantes (Mietton, 1998 et 2004) :

- être appétables,
- être résistantes aux feux et,
- jouer un rôle de frein vis-à-vis du ruissellement.

Ces espaces devraient être embocagés avec des espèces non appétables, comme le lantana déjà utilisé par les populations sous forme de haies autour des parcelles de cultures et comme obstacle perpendiculaire aux écoulements sur les versants (Figure 64).

Cela montre bien que l'objectif de protection de la retenue de Bevava est d'ores et déjà acquis par les populations ; il s'agirait donc de les faire bénéficier de nouvelles espèces végétales, ayant un impact significatif tant en matière de protection et de restructuration des sols qu'en matière de diffusion des approches développées dans le cadre du projet BVLac (pratiques agro-écologiques, intégration agriculture-élevage).



Figure 64 : Tentatives d'embocagement de parcelles avec des lantana et des goyaviers dans le village d'Ambohimavory (FKT Manakambahiny kely – limite entre le bassin de la Sasomangana et de la Lohafasika), photo J. Erismann

Jusqu'ici la gestion collective de l'espace ne semble compliquer en rien la mise sur pied d'un plan de gestion puisque, d'une part, la ressource pourrait être partagée et, d'autre part, le schéma d'aménagement laisserait place à des voies d'accès vers le haut des versants, avec notamment une accessibilité toujours possible pour les troupeaux.

Dans pareil aménagement, les feux (qui seront probablement encore longtemps pratiqués) ne pourraient plus être allumés à partir du bas de versant et de ce fait on éliminerait les feux les plus dangereux (*Stylosanthes*, une légumineuse utilisée dans les pratiques agro-écologiques que nous aborderons dans la suite du texte (§ 2.2) arrête les feux dans le Moyen-Ouest selon les dire des paysans : « *on met du Stylosanthes car c'est un pare-feu !* »).

On constate que les acteurs locaux ont la volonté de faire évoluer leurs pratiques et en particulier de produire plus (communication des habitants de Bedabo et d'Ambodiriana). De plus le *Stylosanthes* ou le *Brachiaria* à terme pourrait être en partie remplacé par des cultures pluviales au fil du temps et, suivant les besoins, si le changement des pratiques permet de restaurer la qualité des sols.

On a constaté également que l'érosion de manière assez fréquente est très active le long des berges de la Sasomangana. Dès lors, il serait bien d'engager ponctuellement quelques actions mécaniques pour protéger les rizières de bas-fond (Figures 65 et 66).

Il existe donc des solutions pour tirer un meilleur parti de ce domaine savanien des tanety en amont du barrage de Bevava. Pour autant, la récupération de nouvelles terres dans cette zone où la vulnérabilité des sols est importante paraît difficile. L'extension des surfaces cultivées n'est donc pas ou peu envisageable à ce stade et les solutions proposées plus haut dans le texte ne prennent pas en compte le problème de l'augmentation globale de la production agricole nécessaire au développement rural du lac Alaotra.

Plus en amont encore, se trouve la forêt naturelle qui représente également un nouvel espace à conquérir pour les agriculteurs en manque de terres arables. Toutefois, entre défrichement et protection, cette magnifique forêt naturelle devrait plutôt être considérée comme un espace potentiel de développement à travers d'autres productions comme nous le verrons ci-dessous (§ 3).



Figure 65 : Erosion importante des berges de la Sasomangana réduisant l'espace des rizières dans le secteur de Behengitra (FKT Bedabo), en rive gauche, photo J. Erismann



Figure 66 : Erosion importante des berges de la Sasomangana réduisant l'espace des rizières dans le secteur de Behengitra (FKT Bedabo), en rive droite, photo J. Erismann

1.2 En rive droite de la vallée Marianina ?

Au début des années 1990, l'aménagement de la vallée Marianina avait pour objectif principal, grâce à la réalisation du CPRG, l'amélioration de l'approvisionnement en eau du PC 15 et la création d'un nouveau périmètre irrigué en rive gauche. Mais la rive droite de la vallée Marianina avait fait également l'objet de propositions d'aménagements qui ne devaient pas aboutir.

L'ensemble de la vallée était déjà organisé en associations dès 1989 afin de prendre part à la préparation du projet et à sa phase de concertation. En rive droite, on dénombrait quatre associations avec les caractéristiques suivantes (Gersar-BRL *et al.*, 1990, Tableau 27).

La situation politique instable du pays à partir de 1991 a contraint le projet à abandonner une partie de ses termes de référence. Un barrage a en effet été réalisé pour le périmètre 'Ilafy' mais les ressources en eau étaient insuffisantes ; de plus le réseau de canaux était incomplet, donc difficilement exploitable. On n'aperçoit aujourd'hui que quelques traces de cette volonté d'aménager la rive droite.

« Il est exact que l'aval du réseau rive droite Harave et le réseau Chenal n'ont jamais été réalisés, mais ceci n'est pas un mal compte tenu du manque d'eau constaté en rive droite. Toutefois, il faut noter la mise en place récente de huit (8) passages busés sous digue, qui permettent (quand il y a de l'eau dans la rivière Harave) d'alimenter des canaux traditionnels situés en rive droite. » (Commentaire de BRL lors de l'évaluation du projet « Vallées du sud-est » en 2000, CACG, 2000). Et lors de la réunion de restitution, le maire de la Commune d'Ilafy s'est exprimé ainsi : *« Et la rive droite, il ne faut pas l'oublier ! Et nous souhaitons être associés aux études de la Phase 2. »* . Compte-tenu de la disponibilité de la ressource en eau à ce jour, il faudrait pouvoir alimenter le barrage de Bevava par la rivière Ampiakarampotsy⁶⁷ pour pallier à la fois les besoins des périmètres irrigués et ceux de la rive droite.

Alors que le financement des périmètres irrigués est déjà difficile à pérenniser, il semble utopique d'envisager de nouveaux aménagements. Mais qu'en est-il des relations entre rive gauche et rive droite aujourd'hui ?

⁶⁷ Le rapport de faisabilité en 2000 chiffre cet aménagement (dérivation de la rivière Ampiakarampotsy et réseau d'irrigation en rive droite) à 13,4 milliards de Fmg...pour 540 hectares de rizières potentiellement irrigables et un gain de production de 1,5 milliards de Fmg par an puis de 2,4 milliards de Fmg une fois que la structure interne du réseau sera améliorée. L'auteur du rapport ajoute que le bénéfice se trouve également dans l'augmentation de la durée de vie des aménagements existants puisque cela réduirait l'impact des crues et des apports en sédiments par cette rivière (CACG, 2000, p.387).

Association	Localisation (Annexe 15)	Sup. (ha)	Participants engagés	Taux d'engagement	Intérêt
Manjakafiraisana ⁶⁸	Lohafasika amont	110	64	86%	Correction Lohafasika 1 et endiguement partiel
Ilafy ⁶⁹	Ilafy	670	345	53%	Barrage sur la rivière Harave et protection contre les crues
Chenal amont ⁷⁰	Ankazotsaravola	132	20	24%	Barrage sur le chenal Harave, aménagement de la rivière et protection des bassins versants
Chenal aval	NON CONSULTE A LA DATE DE L'AVANT PROJET DETAILLE				

Tableau 27 : Associations d'agriculteurs en rive droite de la vallée Marianina, d'après Gersar-Brl *et al.*, 1990

En étudiant de plus près les modalités de gestion de l'eau dans les périmètres irrigués, ainsi que les problèmes qui peuvent résulter du difficile recouvrement des redevances, il est apparu qu'une partie significative des agriculteurs (relevant de mode de faire-valoir direct ou indirect) de la vallée Marianina dispose à la fois de terres dans les parties aménagées de rive gauche et non aménagées en rive droite. Les personnes originaires de ces dernières peuvent alors faire face en rive gauche à des conflits en termes de gestion de l'eau lorsque celle-ci pose problème (excès ou déficit, ouverture tardive en raison du non paiement des redevances ou des périodes d'achèvement des travaux) car les rendements peuvent se trouver supérieurs sur un espace où la ressource est en accès libre à condition qu'elle y soit en quantité suffisante.

Ces rizières à mauvaise maîtrise de l'eau ont donc des rendements très variables en fonction de la qualité de l'année, d'un point de vue climatique et hydrologique : en 2009 par exemple,

⁶⁸ L'association 'Manjakafiraisana' (anciennement Lohafasika amont) n'est pas concernée par le réseau d'irrigation car chaque famille a son propre réseau traditionnel.

⁶⁹ L'association 'Ilafy' a souffert de l'ensablement des rizières lors des crues de l'Harave, suite au creusement du chenal dit Poclin, au centre de la vallée en 1985 ; de plus, en raison de l'érosion régressive de l'Harave, les prises sur la rivière ont été détruites ou sont perchées plusieurs mètres au-dessus du lit actuel de la rivière.

⁷⁰ L'association 'Chenal amont' est la seule à s'être déclarée intéressée par la protection des bassins versants, alors même que l'ensemble des usagers semble mettre en priorité l'ensablement des rizières. Lors de nos entretiens sur le terrain entre 2007 et 2009, les agriculteurs étaient conscients que l'ensablement de leurs rizières était dû à l'érosion dans les amonts ; en 1990 également et pourtant c'est aussi là que le taux d'engagement a été le plus faible.

les rendements s'échelonnent entre 0,97 T/ha et 5,8 T/ha (Andri-ko, 2009 in Penot *et al.*, 2009), avec près de 2/3 des rendements compris dans une tranche de production moyenne pour la région (2,5 T/ha à 4 T/ha) (Domas et Andriamalala, 2008).

Les aménagements hydro-agricoles des périmètres irrigués de la vallée Marianina et du PC 15 structurent fortement l'espace et le fonctionnement de la société autour de l'accès à l'eau. Ils peuvent également créer des rivalités ou concurrences avec les espaces non aménagés, en particulier dans la vallée Marianina où ces espaces sont mitoyens. Cette « co-spatialité » doit être prise en compte pour intégrer au mieux les préoccupations des agriculteurs à l'avenir et éviter de créer d'éventuels conflits en concentrant efforts et investissements sur les aménagements anciens (dont l'objectif affiché dès le départ était un transfert de gestion aux associations d'usagers).

Ces espaces en partie cultivés en rive droite et soumis aux aléas climatiques ne représentent donc pas une solution envisageable dans le cadre de l'extension des surfaces de production puisque le risque est trop élevé pour ces agriculteurs qui sont partie prenante dans les périmètres irrigués, comme nous le montre la figure 67 ci dessous. Ces habitants de rive droite qui s'insèrent dans le système représentent 30% des exploitants du périmètre sur plus d'un quart de la superficie du périmètre Vallée Marianina.

A la conquête de nouvelles terres, les relations entre agriculteurs et leur territoire se retrouvent aussi de façon prononcée et dans une dimension longitudinale à la fois en amont des périmètres (§1.1, partie III), vers les collines vouées à la fois au pastoralisme et aux cultures vivrières et la forêt naturelle et ses reliquats dans les précieux bas-fonds où l'eau est plus facile d'accès. Et aussi vers l'aval, où règnent les sols tourbeux des marais d'une biodiversité impressionnante.

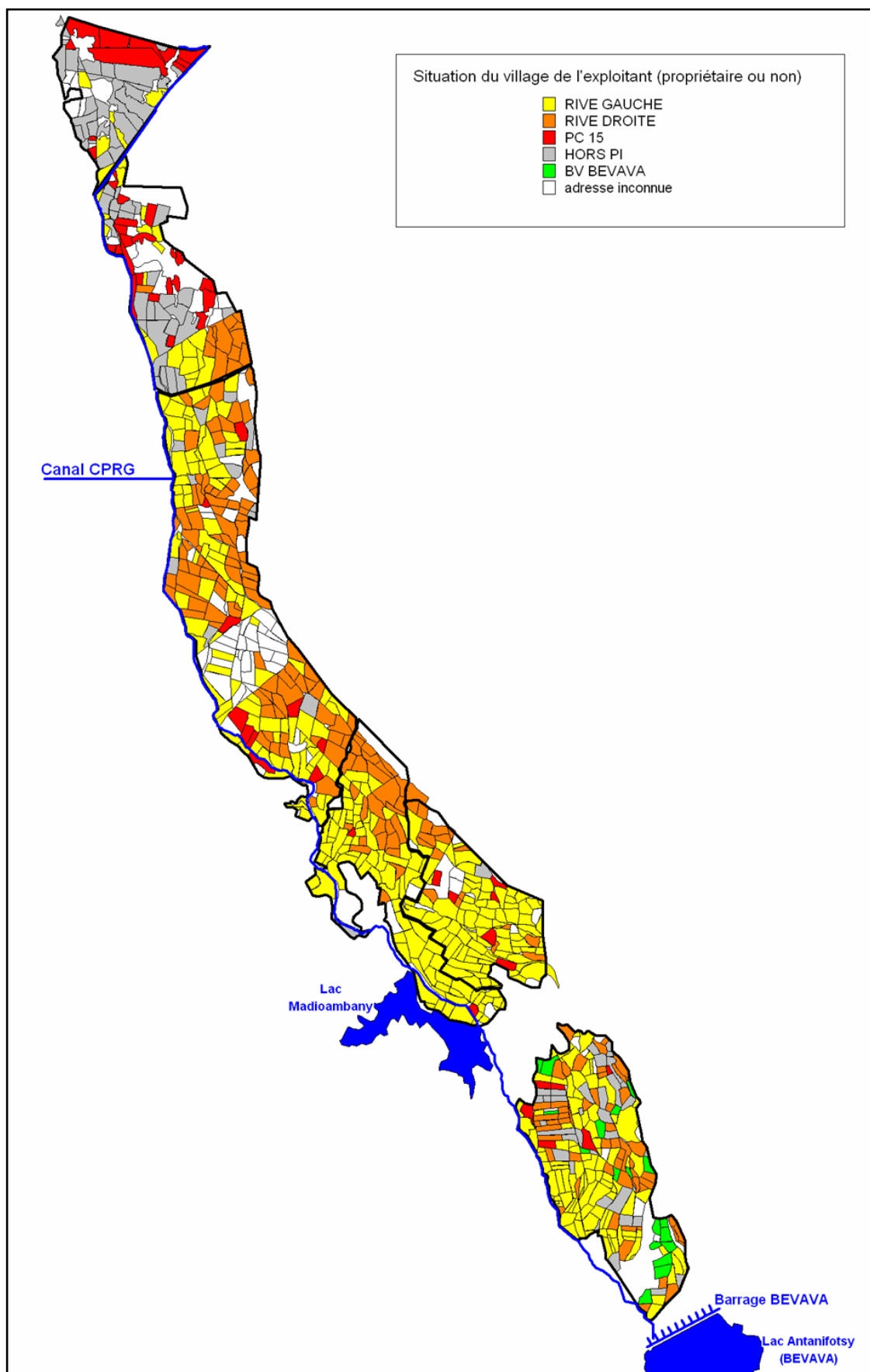


Figure 67 : Localisation des lieux de résidence des exploitants (propriétaires ou non) dans les cinq AUE de la vallée Marianina (base de données BRL, 2006)

1.3 En aval des périmètres irrigués ?

Les zones sud et ouest du lac Alaotra sont couvertes de marécages (320 km²) et de savane marécageuse (210 km²) (Ferry *et al.*, 2009).

Comme on l'a vu précédemment (Partie I), ces marécages peu peuplés à la fin du XIX^{ème} siècle ont permis l'installation de nouveaux migrants, notamment des merina sans que cela ne crée apparemment de pressions ou de conflits avec les sihanaka autochtones. Peu à peu, les marais ont été défrichés et mis en valeur, ce qui a conféré une valeur d'appropriation à ces terres inexploitées jusqu'alors. Les colons européens ayant conquis individuellement de nouvelles terres sur les marais sont d'ailleurs mieux perçus par la population sihanaka que ceux qui se sont installés en plaine, car ils ont « *mérité par leur labeur le droit d'exploiter des terres* » (Ottino, 1965). Sur une carte de 1913 (Figure 3, partie I, p.18), on peut voir que les vallées du sud-est sont presque entièrement composées de marais. Dès 1940, de longs drains ont été construits pour récupérer d'autres espaces mis en culture et favoriser l'installation de colons européens dans des concessions (Le Chevanton, 1952 ; Delenne, 1976). Puis, la SOMALAC a également effectué de gros travaux de drainage pour récupérer de nouvelles terres. Cette avancée des terres cultivées à l'intérieur du domaine du marais est ainsi liée aux aménagements successifs du PC 15.

En effet, en prolongeant le drain jusqu'à la Sahabe, cela permet d'augmenter la pente et de mieux évacuer les eaux, pour ainsi défricher et mettre en valeur des parcelles à l'intérieur même du marais.

Cette conquête de terres aux dépens des marais s'est poursuivie, ainsi que le montre cet extrait d'un article de M. Delenne (1976) :

« Un après-midi de mai, nous nous étions avancés loin dans le marais pour observer les nouvelles rizières. Deux hommes, jeunes encore, assis côte à côte, nous regardaient approcher l'air grave. Ils pêchaient. Ils surveillaient aussi leurs rizières, proches, car la moisson était pour bientôt. Tous deux habitaient Mahakary⁷¹(...). L'un était fils de pêcheur mais il avait défriché quelques terres. L'autre était arrivé au village depuis deux ans. Il était venu y chercher une terre, l'avait défrichée et il la cultivait sans savoir s'il pourrait la garder longtemps. Aujourd'hui tous deux pêchaient, demain ils moissonneraient ».

Cette conquête reste une pratique courante. Si sur les photographies aériennes de 1969⁷², on repère aisément une limite franche entre les parcelles cultivées et le marais, elle n'existe plus sur les images satellites de 2004, ni *a fortiori* sur le terrain aujourd'hui (Figure 68).

⁷¹ Mahakary est un village du PC 23 au sud-ouest du lac

⁷² Les photographies aériennes antérieures à 1969 ne couvrent malheureusement pas cette zone

La végétation des marais se compose de 45 espèces (au sein de 20 familles), identifiées par H. Andrianasetra Ranarijaona (1999), et dont les espèces dominantes sont : *Cyperus madagascariensis* (zozoro), *Cyperus latifolius* (vendrana), *Typhonodorum lindleyanum* (viha) et *Phragmites mauritianus* (bararata) (Ferry *et al.*, 2009). Elle est brûlée (« haiafo »), l'eau est drainée, les tourbes se tassent et les agriculteurs peuvent ainsi mettre en valeur de nouvelles terres qui serviront à la fois pour les pâturages et la riziculture.

En effet, ce vaste ensemble des marais autour du lac Alaotra reste un réservoir foncier pour les habitants du lac qui, avec la pression démographique et le morcellement des parcelles, doivent se tourner vers d'autres espaces. Ainsi, à partir de la limite aval du périmètre irrigué PC15, on trouve aujourd'hui un premier espace de transition, une bande de terre d'une largeur de l'ordre du kilomètre, des parcelles cultivées annuellement, mais très vulnérables aux variations du niveau de l'eau, puis un second espace de transition un peu plus important, d'une largeur de l'ordre de trois kilomètres, la rivière Sahabe exerçant potentiellement une limite naturelle à la suite des défrichements du marais.

Ainsi l'emprise du marais à l'aval du bassin versant a considérablement diminué en 35 ans (entre 1969 et 2004) en reculant d'environ quatre kilomètres, ce qui représente sur la surface étudiée (photographie aérienne de 1969) plus de 2600 ha de marais transformé en rizières cultivées annuellement ou occasionnellement en fonction des niveaux d'eau (Figure 68).

Au-delà de cette 'limite' de marais défrichés ou en cours de défrichement, il reste de multiples voies de navigation pour les pêcheurs qui repèrent de nouvelles potentialités en installant au fur et à mesure de petites parcelles. Cette mise en valeur n'étant pas légale, c'est par mitage qu'apparaissent les premières parcelles, qui finissent par définir un front de défrichement plus ou moins marqué selon les zones.

Ce recul du marais présente de lourdes conséquences à deux niveaux :

- écologique, par l'impact sur les habitats naturels d'espèces endémiques au lac Alaotra (lémuriens lacustres, oiseaux, principalement),
- hydrologique et géomorphologique, dans la diminution progressive du rôle tampon, d'absorption des flux et sédiments venus de l'amont (Ferry *et al.*, 2009).

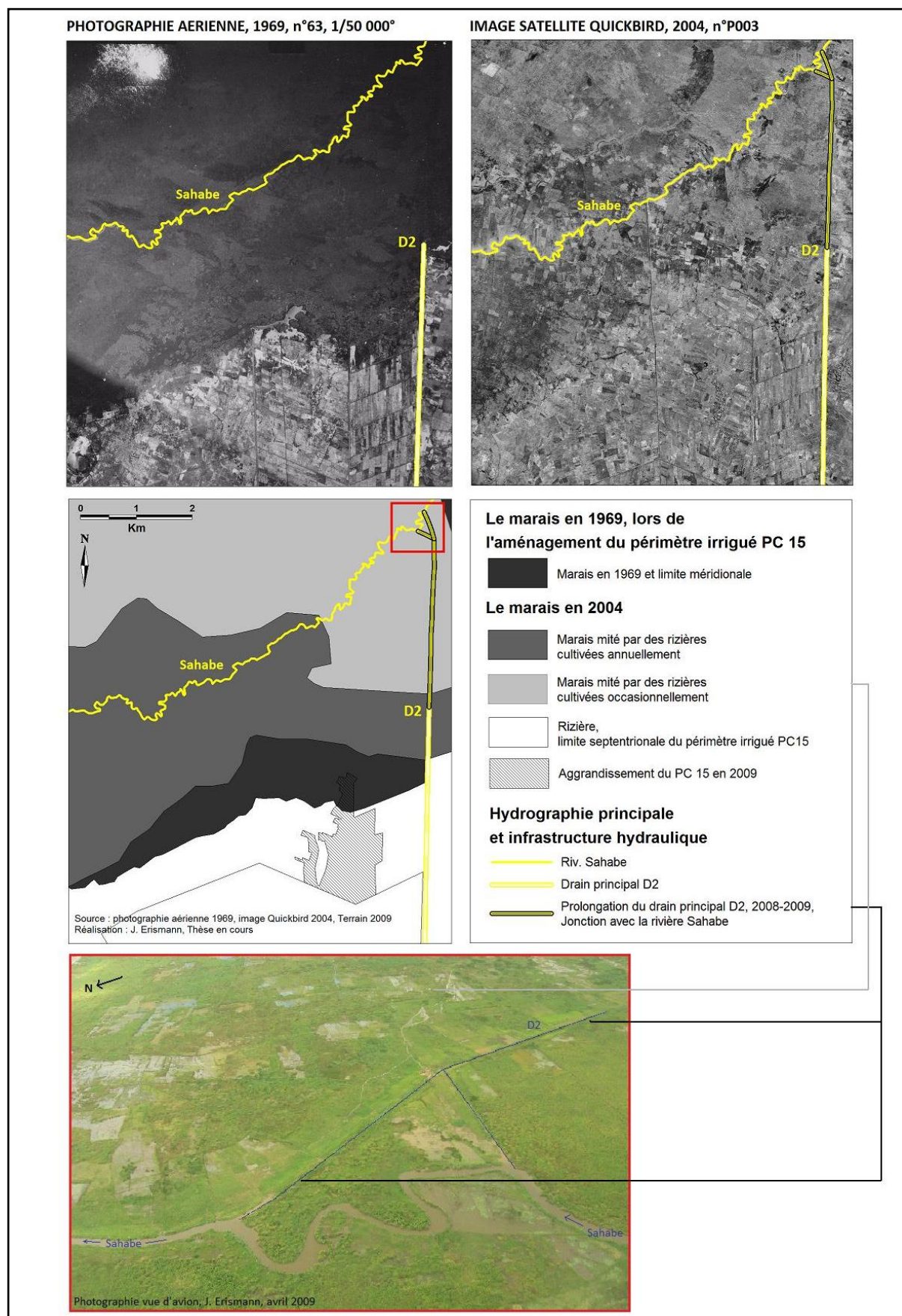


Figure 68 : Evolution de l'emprise du marais entre 1969 et aujourd'hui

La récupération des terres marécageuses entourant le lac Alaotra, plus grande étendue d'eau douce de Madagascar, n'est donc pas non plus une solution souhaitable.

Que cela soit sur les territoires de la vallée Marianina en rive droite alluviale, en amont dans le domaine savanien ou dans les marais de l'aval, l'extension des surfaces cultivables n'est pas une solution viable pour augmenter la production et le revenu des agriculteurs. Si le bassin du lac Alaotra semble être un espace fini au niveau des surfaces de production, il faut envisager de produire mieux sur une même surface. Pour cela, plusieurs techniques agricoles sont diffusées auprès des agriculteurs, avec ou sans l'aide de projet de développement tel que le projet BVLac du CIRAD.

2. Produire mieux sur une même surface, des solutions techniciennes importées

Pour augmenter la production rizicole à Madagascar et ainsi tenter d'atteindre l'autosuffisance alimentaire, il faut nécessairement passer par un changement dans les méthodes culturales. Le bassin versant du lac Alaotra a bénéficié et bénéficie toujours de nombreuses recherches et actions de développement du fait de sa vocation de grenier à riz de Madagascar. Deux méthodes - testées in situ - sont appréciées quant à leurs résultats : le Système de Riziculture Intensive (SRI) souvent associé au Système de Riziculture Améliorée (SRA) et le Semis sous Couverture Végétale (SCV), qui l'une comme l'autre sont des pratiques dites agro-écologiques. La première se focalise davantage sur les façons culturales en partant de ce que les agriculteurs connaissent déjà et en améliorant certains facteurs susceptibles d'augmenter les rendements ; la seconde est un « package » technique un peu plus complexe qui s'inscrit politiquement dans une révolution doublement⁷³ verte engagée par le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP) en 2007.

Ce chapitre présente et explique le fonctionnement de ces deux systèmes, puis passe en revue leurs avantages et inconvénients respectifs avant d'aborder leur diffusion à Madagascar et au lac Alaotra. Enfin, seront abordés quelques éléments de comparaison entre les deux solutions techniciennes proposées pour améliorer les rendements de production rizicole.

2.1 Le Système de riziculture Améliorée (SRA) et le Système de Riziculture Intensive (SRI) : changer les façons culturales

Dans les années 1960 le gouvernement malgache décide de lancer 'l'opération productivité rizicole' afin de limiter les importations de riz. Après des études techniques la méthode améliorée de riziculture (MAR) commence à être diffusée auprès des agriculteurs avec le soutien de nombreux ingénieurs et techniciens agricoles : le principal changement consiste à repiquer des plants jeunes (30 jours), en ligne, afin de favoriser le tallage et faciliter le sarclage (Mayer et Bonnefond, 1973 ; Gillain, 1992 in Serpantié, 2013). Dès 1992, les cadres et les conseillers du Ministère de l'Agriculture décident de renommer cette nouvelle méthode le Système de Riziculture Améliorée (SRA) ; il sera intégré au Programme National de Vulgarisation Agricole (PNVA).

⁷³ Après la révolution verte initiée dans les années 1970 et basée essentiellement sur une forte utilisation d'intrants chimiques, la révolution doublement verte tente de mieux prendre en compte l'écosystème et les connaissances scientifiques en écologie. Elle se doit théoriquement d'être appliquée dans une logique bottom-up en laissant une plus large part aux connaissances des agriculteurs (Griffon (ed.), 1995). L'auteur est, avec notamment B. Parmentier, un des diffuseurs du concept d'agriculture de conservation, que la FAO (2003) définit ainsi : « *L'agriculture de conservation (AC) vise à une meilleure utilisation des ressources agricoles par la gestion intégrée des disponibilités en sol, en eau et en ressources biologiques, combinée avec une limitation des intrants externes.* »

Bien que système ne soit plus diffusé à partir des années 2000 (Massonnet, 2012), le SRA est très souvent associé au SRI en raison de la complémentarité des approches en terme de méthode culturale et d'intensification : avec le temps l'approche SRA tend d'ailleurs à se rapprocher du SRI, le premier étant plus adapté aux rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, tandis que le second nécessite une bonne irrigation.

La méthode SRI, quant à elle, s'est développée à Madagascar à partir des expérimentations du Père de Laulanié, ingénieur agronome de formation (De Laulanié, 1993 et 2003), qui en raison d'une campagne agricole marquée par la sécheresse et l'arrivée tardive des pluies (1983-1984) a décidé de repiquer des plants plus jeunes et suivant un espacement plus important qu'en méthode traditionnelle. Le résultat fut bénéfique, avec un tallage⁷⁴ beaucoup plus important et une récolte d'autant plus abondante (Figure 69). En cherchant une explication scientifique, il se rend compte, grâce au livre de D. Moreau (1987), que le chercheur japonais T. Katayama a développé et expérimenté ce modèle (1931, 1951).

Les grands principes de cette méthode sont résumés comme suit par P. Vallois (1996) :

« La nouvelle riziculture malgache est une méthode des jeunes plants, bien espacés et bien sarclés, qu'en outre on oxygène autant que possible en contrôlant à minima le niveau d'eau ».

L'application du SRI est présentée dans l'encadré ci-dessous. A l'heure actuelle, ce système est utilisé dans 49 pays à travers le monde : depuis 2000 en Chine et en Indonésie, puis au Bangladesh, au Laos, à Cuba et plus récemment, à partir de 2011, en Colombie, en Corée ou encore à Taïwan (Styger, 2012).

⁷⁴ Multiplication des tiges de riz

Le système de riziculture intensive (SRI) :

Le principe de la méthode se base sur quatre innovations par rapports aux pratiques usuelles de la région:

-Un semis clair (300 à 600 g par 10 m²) recommandé sur pépinière sèche par opposition aux pépinières irriguées pratiquées sur un portion de rizière avec semis en boue.

-Un repiquage en ligne de plants très jeunes (entre 8 et 15 jours), brins par brins, très espacés (de 25*25 cm à 40*40 cm). Ce repiquage doit se faire dans une boue fine et épaisse, suite à un planage méticuleux.

-Une sarclage précoce (10-15 jours après le repiquage) et répété de 2 à 4 fois à la houe rotative permettant le contrôle des adventices et une oxygénation des racines.

-Une gestion minutieuse de la lame d'eau par des assecs fréquents du repiquage à la montaison, le maintien de 5 à 10 cm d'eau à partir de la floraison et un assèchement complet de la rizière dès la courbure des épis.

La méthode nécessite du travail supplémentaire pour les opérations de sarclage et le suivi de l'irrigation. Il s'agit donc avant tout d'une intensification par le travail. Une bonne maîtrise de la lame d'eau est nécessaire à l'application de cette technique.

Les avantages du SRI sont : une augmentation nette des rendements (de 50 à 200% d'augmentation suivant les sources bibliographiques), une économie de semences, une économie d'eau.

Encadré 1 : Les principes du système de riziculture intensive, extrait du mémoire de D. Lentier et X. Martin, CNEARC, 2004



Figure 69 : A gauche : Système racinaire puissant et tallage de 72 tiges en SRI contre faible développement du plant de gauche, à 6 tiges, repiqué de manière traditionnelle / A droite : Champ en SRI avant la récolte ; Source : Association Tefy Saina (qui signifie : « qui forme la matière grise »)

Ce système est d'autant plus intéressant qu'il permet de multiplier les rendements sans avoir recours à l'utilisation d'intrants chimiques coûteux et parfois difficiles à se procurer, d'éviter un gaspillage de l'eau par la pratique d'assecs pendant le développement de la plante (ce qui nécessite une bonne maîtrise de l'eau et un planage minutieux des rizières), et de rendre les plants plus résistants aux périodes d'inondation ou de sécheresse par la présence d'un système racinaire beaucoup plus développé, avec oxygénation du sol et fixation des nutriments (Uphoff *et al.*, 2002). Une étude menée à Ambatondrazaka en 2001 montre qu'en moyenne le rendement des agriculteurs suivis passe de 3,4 T/ha à 6,4 T/ha (Joelibarison, 2002) avec des valeurs pouvant atteindre 10 T/ha. Au delà de ces résultats records souvent annoncés par les défenseurs de cette méthode, une étude comparative sur des parcelles ayant les mêmes caractéristiques pédologiques et de maîtrise de l'eau, montre une augmentation de 5% des rendements par rapport à une technique traditionnelle (Serpantié et Rakotondramanana, 2013), venant confirmer les premiers résultats de l'agronome Razakamiamanana (1995). A tous ces bénéfices, on peut également ajouter que le besoin initial en semences est nettement moins important : 10 kg/ha contre 80 à 140 kg/ha selon la méthode de riziculture traditionnelle.

De quoi se réjouir donc *a priori* pour l'avenir du lac Alaotra et de la production rizicole en général. Pourtant, les critiques ne manquent pas, s'appuyant notamment sur un constat de faible diffusion de cette méthode en raison de facteurs socio-économiques (Moser et Barrett, 2003 ; Jenn-Treyer *et al.*, 2006) ainsi que des modalités de cette diffusion par une « approche normative du développement » (Serpantié, 2013). A l'échelle nationale, le Groupement SRI (GSRI, créé en 2008) a effectué un recensement auprès de ses partenaires : en 2009, 180 000 agriculteurs pratiquent le SRI sur 56 000 ha (Massonnet, 2012) ; en 2010, 159 000 pratiquants pour une superficie de 106 000 ha ; enfin au premier semestre 2011, on constate une diminution du nombre de pratiquants (96 000) et de la superficie (36 000 ha) (Gazette de la grande île, 2011 ; données issues du GSRI).

Au-delà de ces constats, il apparaît que la méthode comporte effectivement des contraintes : selon l'association Tefy-Saina (1995) et H.W. Rakotomalala (1997), elle nécessite un surplus de travail compris entre 38% et 54% (Moser et Barrett, 2003). Sur ce point précis, P. Vallois (2005), fervent défenseur du SRI, assure que l'économie des semences réalisée compense largement le coût en main-d'œuvre. Toutefois, cela reste un problème car cet effort supplémentaire intervient en pleine période de soudure, quand les moyens et l'énergie viennent à manquer.

A. Doberman (2004), quant à lui, admet que ce système est bon sur des sols pauvres mais qu'il ne convient pas forcément pour des systèmes irrigués intensifs sur des sols plus favorables et critique la validité scientifique de certains écrits, tels ceux de Uphoff (2001) ou Stoop *et al.* (2002), en dénonçant le fait qu'ils n'exposent pas leur base de données, qui permettrait toutes les vérifications, et qu'il y a un manque complet de description d'autres facteurs tels que la qualité des sols, les protocoles expérimentaux, ainsi que sur les méthodes

de sondages de ces rendements « exceptionnels » en SRI sans comparaison avec les records que l'on peut obtenir avec une méthode traditionnelle (Serpantié, 2013)...Enfin, les critiques de A. Doberman sont faites dans un contexte comparatif avec des études réalisées en Asie où la pratique de la riziculture est nettement différente, ce qu'il reconnaît par ailleurs.

Au lac Alaotra, la diffusion de cette méthode culturale a commencé au début des années 1990 par l'intermédiaire du rizier Madrigal puis du Plan National de Vulgarisation Agricole (PNVA) initié par le ministère du développement rural et de la réforme agraire qui en ont fait la promotion. Mais ce programme, qui n'a pas eu le fonctionnement escompté, s'est arrêté à la fin des années 90. Cette première étape a néanmoins permis à des agriculteurs de tirer parti de certains aspects du SRI, notamment pour ce qui concerne le rajeunissement des plants repiqués (de 40 jours à 20 jours environ) comme le constate R. Rakotocao de la Société Industrielle et Agricole du Lac Alaotra (SILAC, in Vallois, 2004).

Quelques années plus tard, lors de la campagne 2004-2005, et avec le soutien du projet BVLac, P. Vallois et H. Razanakoto ont tenté une expérience de diffusion du SRI selon une méthode particulière de formation et de communication conduisant de façon plus progressive à une nouvelle façon culturale en priorisant certains points du SRI comme l'économie des semences (Tetikasa mitsitsy ambioka - « dépenser moins et obtenir autant ») et sans forcer à un repiquage en ligne.

Au total, les premiers essais de SRI au lac ont concerné 57 agriculteurs sur une superficie de 38,2 ha répartis sur l'ensemble des périmètres irrigués Vallée Marianina (15,9 ha) et PC 15 (22,3 ha).

Le rapport intermédiaire de P. Vallois pendant la campagne (avril 2005) montre qu'une diffusion spontanée a eu lieu, comme un effet tâche d'huile sur les parcelles voisines, ce qui amène à un total identifié et cartographié de 78 ha pour près de 50 exploitants en SRI.

La méthode MAFF (*Mitsitsy Ambioka sy Fomba Fiasa* - économiser les semences et les façons culturales) est décrite par R. Razafimanantsoa en ces termes (2008) :

« Au niveau du message, la méthode MAFF s'appuie sur trois principes : Le déterminant immédiat, c'est l'économie des semences dégagées par l'adoption de la pratique. Le principe de moindre action et de parcimonie tient à privilégier l'investissement minimum pour que le paysan s'intéresse à la stratégie à court terme. L'augmentation de la récolte n'intervient que dans 6 mois tandis que l'économie de semence intervient dès que le paysan adopte le MAFF. Au niveau de l'itinéraire technique, les adaptations apportées par le MAFF permettent de rendre souple l'itinéraire technique SRI tant au niveau de la durée de la pépinière que l'âge de jeunes plants à repiquer. La densité de plants est variable (8-16 plants / m²) par rapport à la méthode de repiquage traditionnel. Le MAFF préconise le repiquage de plants de 14 à 20 jours au lieu de vieux plants. Le repiquage doit intervenir dans un délai d'une heure après l'arrachage. »

Cette méthode a porté ses fruits puisque l'auto-évaluation après la récolte auprès de 15 agriculteurs montre une augmentation de rendement de 2,5 T/ha (avec des valeurs comprises entre 1,5 et 7,2 T/ha) pour ce premier essai. Si statistiquement ces chiffres n'ont pas encore grande valeur, ils permettent toutefois d'être confiant pour l'augmentation de la production rizicole.

Par ailleurs, un gros effort de vulgarisation et de communication a été entrepris avec des formations pendant les grandes foires d'Ambatondrazaka et de Didy - rendez-vous incontournables des agriculteurs de la région – et aussi avec la diffusion d'émissions de radios, de nombreuses visites sur le terrain, des formations hebdomadaires gratuites (« Université-rizière ») et enfin des formations au sein même de quelques villages du PC15 ou de villages plus éloignés. La communication intervient également à une autre échelle, celle des bailleurs de fonds (BAD, BM, Cornell University, FAO, Intercoopération Suisse, JICA, et de BVPI, CTHA, PADR, IRD, MAEP, SMB, UE, USAID) dont dépendent les politiques agricoles (Serpantié, 2013), afin de poursuivre la diffusion de cette technique et l'appui aux agriculteurs.

Malheureusement, le message n'a pas bien été entendu et plusieurs problèmes d'ordre humain n'ont pas permis la poursuite dans de bonnes conditions de cette expérience au lac Alaotra. Pourtant, lors de la campagne agricole de 2005-2006, l'étude d'A. Chalvin (2006) montre que 90% des pratiquants du SRI ont poursuivi l'expérience, sans encadrement et sur des surfaces plus importantes.

Au final, « *L'opération MAFF a permis d'améliorer la productivité de 1 t/ha en moyenne sur 84 ha de rizières bien irriguées chez une cinquantaine d'adoptants du PC15-VM en 2004-2005 et 280 ha en 2005-2006 avec une surface moyenne égale ou supérieure à 1 ha par exploitant.* » (Jenn-Treyer et al., 2007).

Il existe peu de données capitalisées mais, d'une manière générale, les superficies cultivées en SRI à Madagascar ont fait un bond significatif à partir de 2008 en passant de 323 ha à 1199 ha en 2009 (Figure 70). Malheureusement, les valeurs correspondantes pour le lac Alaotra sur cette même période ne sont pas connues.

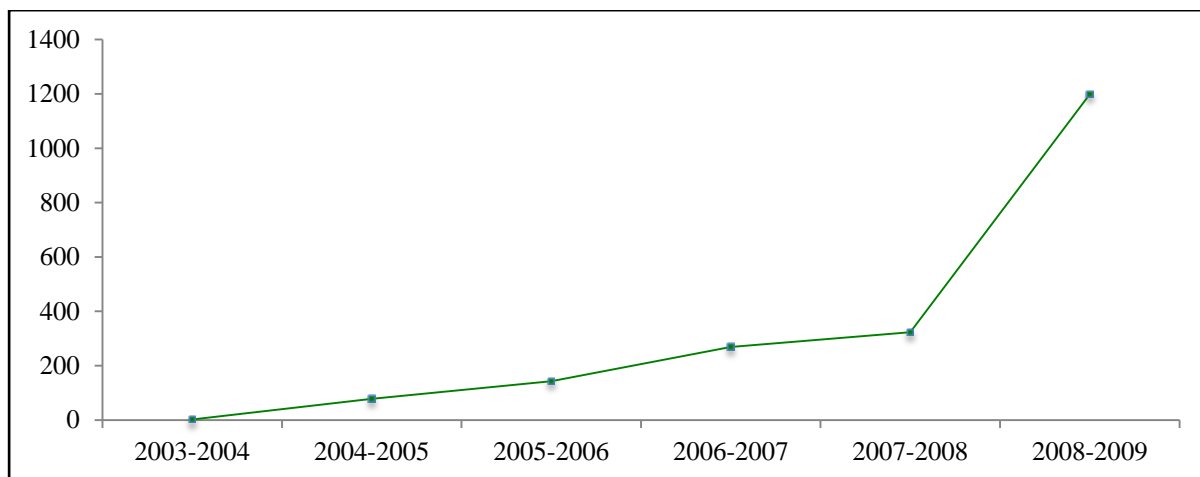


Figure 70 : Evolution des superficies cultivées en SRI/SRA à Madagascar de 2003 à 2009, Séguy, 2009
***Système de Riziculture Améliorée, dérivé du SRI**

Les tentatives de diffusion du SRI sont fortement dépendantes d'une bonne maîtrise de l'eau comme le montre la localisation des essais qui se trouvent en majorité à l'intérieur des périmètres irrigués (Figure 71).

En terme de superficie les parcelles cultivées en Sri sont aujourd'hui souvent associé à la technique du SRA (système de riziculture améliorée) car ce sont deux méthodes d'intensification. Mais en terme d'utilisation et de maîtrise de l'eau et leur histoire et institutionnalisation dans les programme national de vulgarisation agricole, c'est une méthode plus adapté à des parcelles où l'irrigation est plus aléatoire.

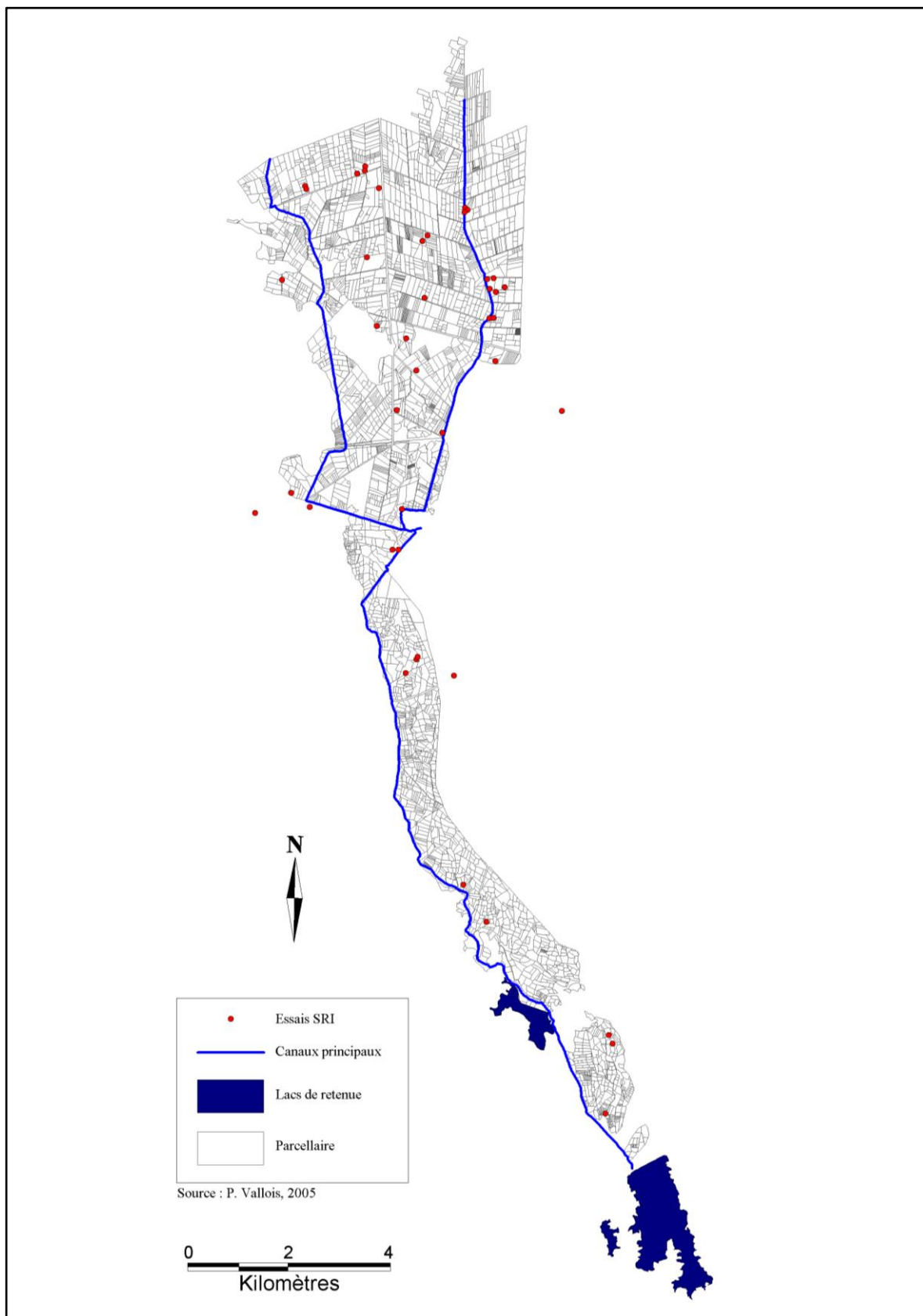


Figure 71 : Localisation des essais de SRI selon la méthode MAFF par P. Vallois pour la campagne 2004-2005 et rendements par AUE (Les rendements au PC 15 sont globalement plus importants car le réseau d'irrigation est mieux structuré qu'en vallée Marianina où il n'y a pas de réseau tertiaire – cf partie II)

2.2 Le semis sous couverture végétale (SCV) : un package technique

L'émergence du SCV remonte aux années 1960 aux Etats-Unis et aux travaux menés par le « Soil Conservation Service », faisant suite à la crise environnementale des années 30 - le « Dust Bowl » - liée à une érosion éolienne intense, ce qui a conduit à remettre en question la pratique du labour. A partir des années 1970, le semis direct se développe également en Amérique latine, au Brésil et en Argentine en particulier, toujours pour tenter de faire face à des problèmes d'érosion, principalement hydrique dans ce cas (AFD, 2006).

En 2004, les cultures en SCV recouvraient 95 millions d'hectares à travers le monde (Derpsch, 2005), essentiellement sur le continent américain (nord et sud, dont 25 millions d'hectares au Brésil, Laurent *et al.*, 2011), berceau de la création et de la recherche-développement sur ce système, en Australie, en Afrique, en Asie et aussi en Europe (20 000 à 30 000 ha en France selon L. Lagourgue, 2002), et près de 124 millions d'hectares dans le monde sont consacrés à une agriculture de conservation sans labour (no-tillage) en 2011, un des principes essentiels du SCV (Friedrich *et al.*, 2012).

Le SCV est en effet une technique basée sur trois principes agronomiques essentiels :

- le non-labour du sol
- une couverture permanente de végétation vive ou morte (résidus de récolte)
- une rotation et une succession de différentes cultures vivrières ou de pâturage

La technique du SCV est donc un regroupement de différents savoirs agronomiques pour pallier plusieurs problèmes à la fois (Raunet *et al.*, 1999) : notamment, la lutte contre l'érosion, l'enrichissement et le maintien de la fertilité des sols, la gestion des adventices.

A Madagascar, la diffusion de ce système s'inscrit dans le cadre de la révolution verte qui est définie par cinq points fondamentaux (Plan d'action pour la révolution verte du MAEP):

- les semences améliorées
- les engrais
- les matériels et équipements agricoles
- la maîtrise de l'eau
- les techniques culturales améliorées

Les premières expérimentations de SCV datent des années 1990. En quelques années, les systèmes ont été adaptés aux conditions pédoclimatiques (zones humides, semi-arides, plus ou moins longue saison sèche, moyenne altitude) et socio-économiques. La diffusion à plus large échelle de ces nouvelles techniques agro-écologiques a réellement commencé à partir de 1998 grâce à plusieurs organismes et à la création du GSDM (Groupement Semis Direct Madagascar) qui regroupent les différents acteurs du SCV dès 2000 et avec le soutien de

l'AFD (Agence Française de Développement) à partir de 2002, selon une approche plus systémique.

L'approche initiale pour la diffusion du SCV s'est faite comme pour le SRI sur des parcelles dites « témoins », pour l'adapter notamment aux conditions du milieu et tester les plantes de couverture. Avec les premiers succès, la diffusion du SCV s'est élargie au travers d'une approche terroir afin de prendre en compte les différentes unités morphologiques (tanety, baiboho...). Enfin, pour amener les agriculteurs à s'approprier cette nouvelle technique, les agronomes se sont focalisés sur les modèles les plus simples de SCV afin d'en montrer les bénéfices le plus rapidement possible (la réduction du temps de travail par exemple), en intégrant petit à petit l'élevage dans le système ainsi que les spécificités socio-économiques des exploitations à partir de 2007 (Serpantié, 2009).

Un des avantages du SCV est une couverture végétale permanente qui permet d'améliorer l'infiltration, de limiter l'évaporation, le ruissellement et de protéger le sol. Ces plantes de couverture sont choisies en fonction de leurs propriétés particulières et notamment un système racinaire profond⁷⁵ qui offre de multiples avantages :

- d'aération du sol
- de recyclage des éléments nutritifs des horizons profonds vers la surface, éléments utilisés par la culture principale
- de production d'une biomasse importante qui apportera des nutriments
- d'adaptation à des conditions climatiques et édaphiques parfois extrêmes

D'autres plantes peuvent avoir également l'avantage de minimiser l'utilisation d'intrants : les plantes odorantes et à essence en général par exemple repoussent les insectes et même les mulots, comme une barrière naturelle (*Cleome viscosa*, très odorante, ou *Pachynus erosus* qui libère de la roténone, un insecticide naturel).

Par ailleurs, la rotation des cultures apporte différents types de nutriments au sol, en fonction des choix culturaux, augmente le taux de matière organique et l'activité biologique dans les sols : les caractéristiques physico-chimiques et structurales s'en trouvent donc améliorées avec le temps ; cela limite également les problèmes de maladies ou d'invasion que l'on rencontre fréquemment dans les systèmes en monoculture. Il est cependant nécessaire de choisir avec précaution les espèces à associer (le niébé est très sensible aux ravageurs, certaines espèces de légumineuses sont sensibles aux maladies, Rabenandro *et al.*, 2009)

La variable 'carbone' est aussi un des atouts du SCV puisque ce système peut stocker de 2,5 à 7,5 tonnes de CO₂ par hectare et par an⁷⁶ (Bernoux *et al.*, 2006). Enfin, autre avantage, les cultures associées à la culture principale (dans notre cas, le riz) peuvent être des légumineuses qui apportent un revenu supplémentaire aux agriculteurs.

⁷⁵ *Paspalum pensacola* par exemple possède un système racinaire puissant et est également résistante au froid et à la sécheresse. Enfin, elle peut servir de pâturage.

⁷⁶ 1 tonne de CO₂ équivaut à 270 kg de carbone.

Sans aller plus loin dans les différents systèmes et associations possibles, une des critiques que l'on peut faire toutefois au SCV est sa complexité : au-delà d'un besoin important de formation et de suivi des agriculteurs, cela nécessite un changement profond dans les mentalités ainsi qu'une rigueur dans le suivi des itinéraires techniques sur plusieurs années. Ces nouvelles techniques sont également très demandeuses en intrants : or qu'ils soient azotés, potassiques ou phosphatés, leurs prix ne cessent d'augmenter et ils deviennent inaccessibles pour la plupart des agricultures familiales, sans parler du risque de pollution de l'eau et du sol. Certes, il existe des adaptations du SCV avec un minimum d'intrants : fumier, de 3 à 5 T/ha, et glyphosate (un désherbant total dosé à 2,5 l/ha) (Séguy, 2000) ; voire la possibilité de faire du SCV « bio » à forte valeur ajoutée (possible pour certains itinéraires techniques) en substituant le glyphosate par un dessèchement des biomasses (d'après les travaux de L. Séguy et S. Bouzinac en 2007, in Séguy, 2009).

En matière de superficie cultivée, la diffusion du système a connu une forte croissance à Madagascar à partir de la campagne agricole 2003-2004 avec +300 hectares par rapport à la campagne précédente, puis +839 ha et +1808 ha lors des deux campagnes suivantes pour atteindre 6381 ha au total en 2009 (Figure 72). Entre 2001 et 2003, le bassin du lac Alaotra a été un véritable laboratoire pour la mise en place des systèmes SCV par l'intermédiaire du projet BVLac et de ses opérateurs techniques (principalement BRL, AVSF, SD Mad et ANAE) (Figure 73 et Figure 74). A partir de la campagne 2003-2004, d'autres régions sont également concernées : les hauts plateaux, le moyen-ouest, ainsi que les zones côtières du sud de l'île, de Toliara à Farafangana. Mais c'est dans le grenier à riz de Madagascar que la proportion de SCV est la plus importante puisqu'il a regroupé jusqu'à 60% des surfaces du pays cultivées selon ces itinéraires lors de la campagne 2005-2006, même si ce rapport a tendance à diminuer, puisque en 2009, les superficies en SCV au lac ne représentent plus que 36% (2323 ha) de la superficie totale pour Madagascar.

Le SCV s'est donc beaucoup développé à Madagascar et a su s'adapter à différents contextes pédomorphologiques et climatiques. Un manuel très complet a d'ailleurs été développé avec un arsenal de fiches techniques et de présentation des différents systèmes et plantes de couvertures et est accessible en téléchargement sur le site du GSDM en version complète depuis 2013 (Husson *et al.*, 2013).

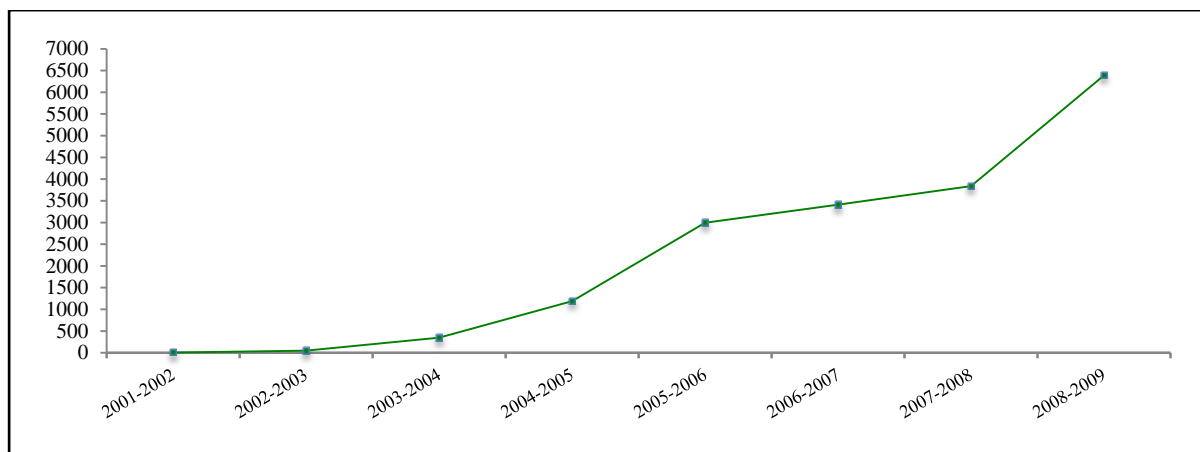


Figure 72 : Evolution des superficies cultivées en SCV à Madagascar de 2001 à 2009, Séguy, 2009

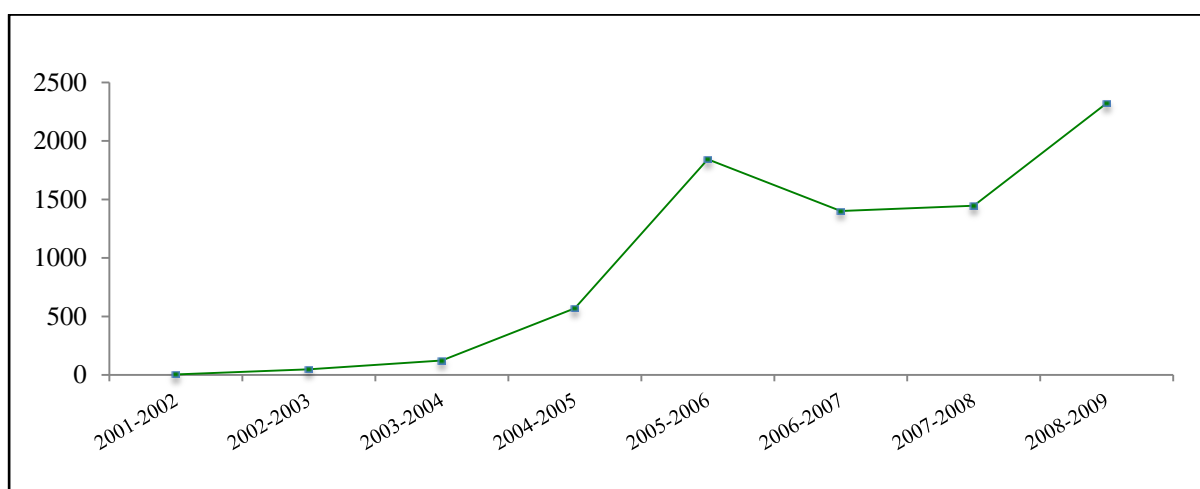


Figure 73 : Evolution des superficies cultivées en SCV au lac Alaotra de 2001 à 2009, Séguy, 2009

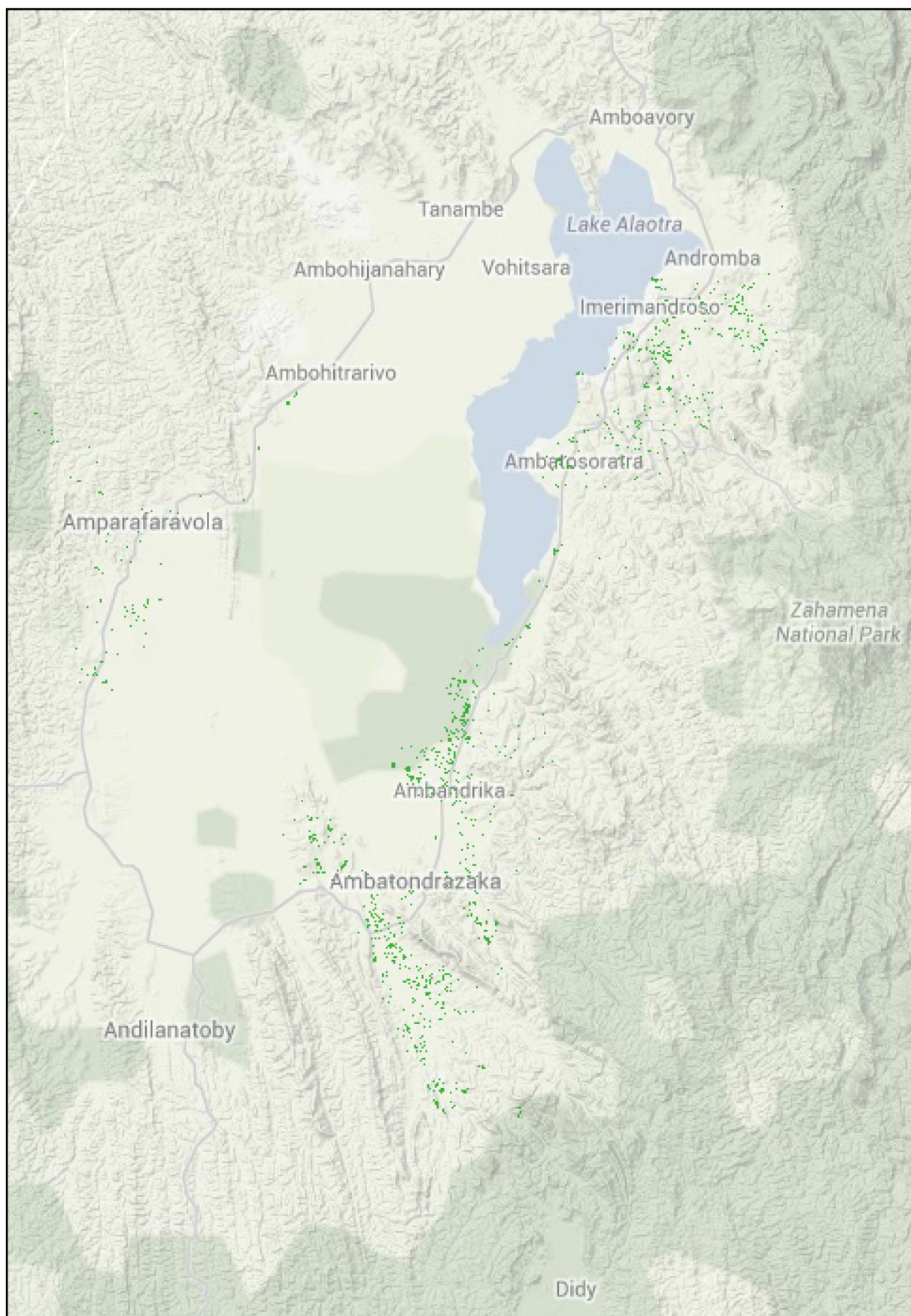


Figure 74 : Localisation des parcelles cultivées en SCV au lac Alaotra (Opérateur : BRL ; Source : www.manamora.net, Ledoux N., 2012)

2.3 Comparaison des modèles

La principale différence entre ces deux systèmes, qui nous sont apparus le plus souvent en concurrence sur le terrain (au moins du point de vue des débats parfois passionnés entre tenants de chaque « école »), est qu'ils ne concernent pas le même territoire : le SRI d'une part est essentiellement adapté aux périmètres irrigués puisqu'il nécessite une bonne maîtrise de l'eau, alors que le SCV s'est essentiellement développé en dehors des périmètres dans les plaines sans maîtrise de l'eau et sur les tanety. Ce combat quasi idéologique a causé beaucoup de torts au SRI, du moins à l'Alaotra, et n'est pas de nature à convaincre les bailleurs de fonds. Les acteurs en faveur du package technique du SCV ont eu parfois une attitude dogmatique, n'acceptant aucune critique comme le rapporte G. Serpantié dans un article en 2009 en citant des extraits d'un document du GSDM : « *Enfin, une certaine exclusivité territoriale exigeant « l'absence de remise en question de ces pratiques » ou de « messages contradictoires » a été recherchée par les promoteurs du SCV (GSDM, 2006, p 8).* ».

La diffusion du SCV, comme du SRI (selon le mode d'enseignement MAFF), suit des processus de diffusion construits avec les agriculteurs. Mais à la lecture des différents articles ou rapports de mission, la technique du SCV semble s'inscrire de manière plus forte dans le paysage grâce à un meilleur cadrage théorique tant au niveau agronomique, institutionnel (partenaires sur le terrain) que des processus de diffusion en suivant les trois principes de mise en œuvre d'une innovation (Clavel *et al.*, 2008) : la prise en compte de l'appropriation sociale au regard de stratégies à risques minimums, l'intégration des savoirs experts et profanes pour en garantir la durabilité, et la formation des acteurs locaux.

Sans chercher ici à faire un bilan économique ou à prouver qu'une technique est meilleure qu'une autre (répétons-le : chacun des systèmes s'applique sur des territoires différents et pour différents types d'exploitations) mais juste à rapporter quelques différences notables à prendre en compte pour une meilleure compréhension globale, on peut souligner :

Au niveau de la main-d'œuvre, d'après une étude menée sur 30 exploitations au lac Alaotra (Demeringo, 2005), la répartition entre main-d'œuvre familiale et salariée, en fonction des pratiques agricoles, se fait ainsi (Tableau 28)

Technique de riziculture	Main-d'œuvre familiale (%)	Main-d'œuvre salariée (%)
Traditionnel	16	84
SCV	30,6	69,4
SRI - MAFF	15,5	84,5

Tableau 28 : Proportion de main-d'œuvre familiale et salariée par techniques agricoles, d'après Demeringo, 2005

Si l'auteur reconnaît que ses enquêtes n'ont pas de valeur statistique, elle possède l'avantage de donner une tendance en comparant les différents modèles. La critique la plus importante

faite au SRI est son besoin en main-d'œuvre pour le repiquage, mais on remarque dans le tableau 28 que cela ne diffère que peu par rapport au modèle traditionnel.

Les coûts liés à la main d'œuvre sont donc plus importants pour le SRI que pour le SCV (+ 26 700 Ar/ha), mais ce coût est compensé par une économie au niveau des semences et des intrants (- 29 102 Ar/ha) (Tableau 29).

Technique de riziculture	Coût en main d'œuvre (Ar/ha)	Coût en intrants (Ar/ha)
SCV	108 000	40 902,1
SRI	134 700	11 799,3

Tableau 29 : Comparaison des coûts de main d'œuvre et en intrants, selon les techniques SCV et SRI, d'après Demeringo, 2005

Au niveau de la production, il est également difficile de faire une comparaison juste, à la fois en raison du manque de données et aussi parce que le système SCV apporte une production supplémentaire avec l'association des cultures. Mais, d'une manière générale, si l'on s'en tient à la production moyenne de paddy, elle est plus importante avec le système SRI : 5,7 T/ha contre 2,7 T/ha (FAO, 2000), 4,6 T/ha contre 2,4 T/ha (Demeringo, 2005).

Mais les avantages ne se comptent pas seulement en matière de coût ou de production puisqu'une des dimensions essentielles du SCV est son bénéfice en termes environnementaux avec une diminution de l'érosion et une amélioration de la fertilité des sols.

Les deux méthodes ont donc leurs contraintes et leurs bénéfices, la première jouant plus sur les façons culturales (travail de l'homme, physiologie de la plante) et sans intrants : c'est une modification par rapport à ce qu'ils connaissent déjà plutôt qu'une méthode entièrement nouvelle comme le SCV, avec des associations de plantes qu'ils ne connaissent pas et qui nécessitent l'achat de semences, ce qui sous-tend un approvisionnement effectif et stable dans le temps. De plus, les agriculteurs « craignent » les engrais chimiques qui « tuent » leur terre. En effet, si l'apport en nutriments n'est pas régulier, les rendements diminuent en-deçà de ce qu'ils pouvaient obtenir avant l'utilisation d'engrais, selon eux. Même si ce n'est pas une vérité absolue d'un point de vue scientifique, cela fait partie des craintes persistantes des agriculteurs.

3. Produire autrement : changer les priorités

Quelle que soit l'importance du secteur rizicole pour Madagascar, l'augmentation de sa production a des limites à la fois techniques mais aussi structurelles. En effet, au lac Alaotra comme dans le reste de l'île, les agriculteurs doivent faire face au problème de l'émiettement du parcellaire lié au partage égalitaire des terrains entre les héritiers. La surface moyenne d'une exploitation productrice en riz est inférieure à 1 hectare, ce qui pose de gros problèmes de subsistance et asphyxie les petits producteurs.

Depuis 2003, une réforme foncière s'est engagée à Madagascar avec la promulgation d'une première loi (n°2003-29), passée relativement inaperçue, puis a connu un véritable démarrage en 2005 avec une nouvelle loi (n°2005-19) sur le statut des terres. La région du lac Alaotra a été le laboratoire pour la mise en place de cette sécurisation foncière avec la création du premier guichet foncier de l'île à Amparafaravola à l'ouest du lac. S'il s'avérait nécessaire de protéger les terres mises en valeur par les agriculteurs et leur permettre ainsi d'adopter des stratégies de développement à plus ou moins long terme, la réalité montre que le découpage foncier est tel qu'une partie des agriculteurs ne peut plus subvenir aux besoins de la famille. Ce morcellement foncier pose également des problèmes en matière de gestion de l'eau et de recouvrement des redevances. Cette tendance va nécessairement atteindre ses limites étant donné que les plus petits exploitants ne pourront plus avoir une exploitation économiquement viable et même si l'attachement à la terre est important, il y aura un effet de seuil à partir duquel ils seront obligés de vendre à ceux qui en ont les moyens pour faire place à une constitution de grosses propriétés. Une des solutions pour les agriculteurs, face à cet émiettement du parcellaire (Figure 75), est donc de se tourner vers d'autres productions ou d'autres activités, sur place afin d'éviter un exode rural trop important.

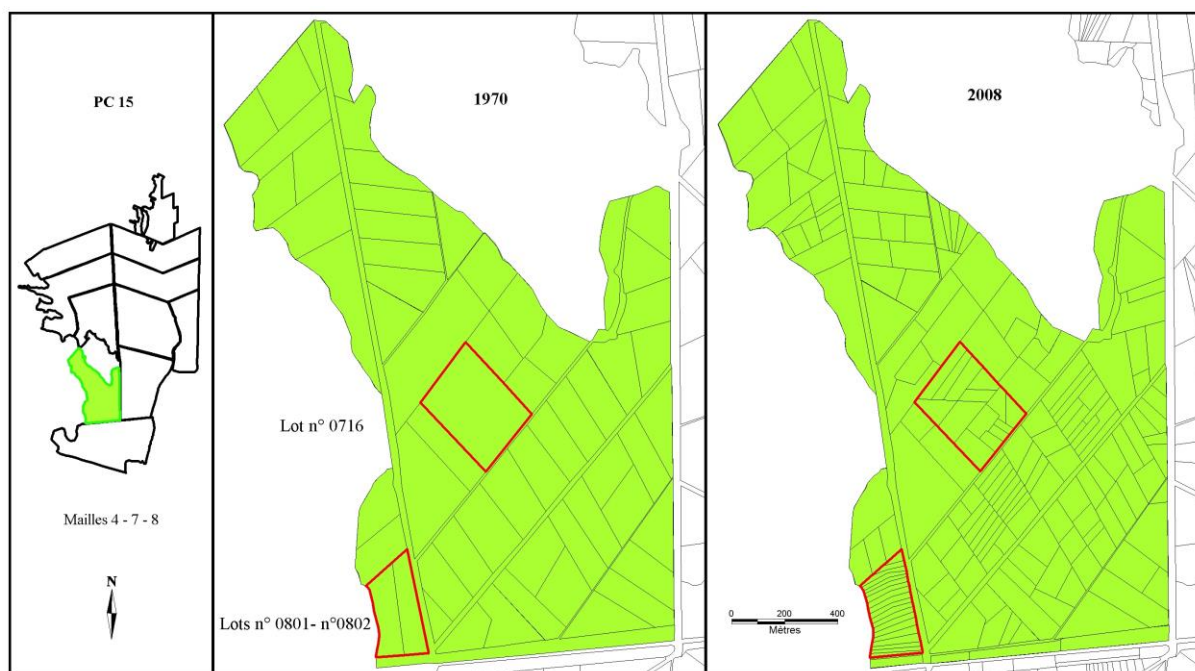


Figure 75 : Illustration du morcellement au PC 15 entre 1970 et 2008 au sein de l'association Avotra des mailles 4, 7 et 8

Produire autrement, c'est aussi penser l'espace et la gestion des ressources en eau et des sols différemment et sortir des périmètres irrigués : la maîtrise de l'eau dans l'agriculture de plaine et dans l'agriculture pluviale ainsi que la prise en compte de la qualité et de la fertilité des sols dans une vision holistique du système est la clé pour permettre à la fois une intensification écologique (The Montpellier panel, 2013) et une diversification de la production.

3.1 Les rizières à irrigation aléatoire

Comme nous l'avons vu en début de troisième partie, l'augmentation des superficies cultivables n'est pas réellement une solution dans cette région puisque les agriculteurs cherchent à produire du riz partout où les sols le permettent, quitte à pratiquer une culture « loterie » en semant à la volée. Ces espaces voués à la riziculture, en dehors des périmètres irrigués et sans maîtrise de l'eau, représentent pourtant une superficie considérable avec plus de 70 000 ha de rizières sur l'ensemble du bassin de l'Alaotra.

Quelque peu abandonnées par les projets de développement successifs jusqu'aux années 2000, à la faveur d'investissements importants dans les infrastructures hydro-agricoles historiques, ces rizières à irrigation aléatoire (RIA) constituent néanmoins un vaste potentiel pour l'augmentation de la production rizicole avec une possible marge de progression importante puisque les rendements sont très irréguliers, voire nuls, en fonction des aléas climatiques.

On peut considérer qu'il existe deux types de RIA en fonction de leur localisation sur la toposéquence et donc de leur accès à la ressource hydrique :

- les rizières dites « hautes » ont un accès très restreint en eau bleue⁷⁷. Ces terres sont aménagées, planées et entourées de diguettes afin de capter et de retenir un maximum d'eau disponible. Le principal risque pour ces rizières est le manque d'eau : en effet, il faut au minimum 100 à 150 mm de pluie décadaire, pour la mise en boue et le repiquage puis 70 mm chaque décade suivante pour conduire correctement la culture (BRL, 2005). Or, en terme de quantité, une telle pluviométrie est rare, et en matière de qualité, les pluies sont souvent tardives et ne permettent pas de mener à bien une culture avec les variétés traditionnelles photosensibles et avec un cycle long.
- Les rizières de plaines sont pour leur part soumises à la fois au risque de sécheresse et d'inondation. Elles sont alimentées en eau par les bassins versants latéraux (eau de ruissellement, sourcins), mais puisque l'espace est entièrement cultivé, il n'y a plus de chemin préférentiel pour l'eau et les agriculteurs optent pour des ouvrages d'épandages de crues pour que l'ensemble des rizières puissent profiter de la ressource. Mais ces inondations, plus ou moins contrôlées, amènent également une quantité importante de sédiments qui peut compromettre, voire anéantir l'espoir d'une récolte dans ces rizières. Il faudrait pouvoir utiliser ce savoir-faire des agriculteurs dans la gestion des crues pour détourner ces eaux à forte charge solide vers des espaces dédiés, où l'aléa hydrologique est accepté (Mietton, 2011), afin d'éviter un ensablement des rizières, conséquence bien plus grave que l'excès d'eau en lui-même selon les agriculteurs car à terme cela condamne leur terre.

La première hypothèse pour relever le défi de l'augmentation de la productivité dans ces RIA pourrait résider dans une nouvelle mobilisation de la ressource, en particulier lorsque celle-ci se trouve en situation de déficit. Les premières observations de terrain ont montré que même en saison sèche l'eau phréatique est peu profonde : plusieurs exemples dans le monde, en particulier en Inde, ont montré qu'il était possible d'utiliser cette ressource avec des motopompes à un prix abordable pour les agriculteurs, même si le carburant reste un poste de dépense important (Mietton, 2006), ou par des pompes à pied⁷⁸.

Un diagnostic a été réalisé avec un hydrogéologue en vallée Marianina pour évaluer le potentiel de cette ressource non exploitée (Nicoud et Mietton, 2009). La rivière Harave canalisée au centre de la vallée est perchée par rapport à celle-ci et à proximité de la digue l'eau souterraine est quasi affleurante (de 0,1 à 0,3 mètre de la surface) ; à 500 mètres du chenal elle est à 1 mètre de profondeur (Nicoud et Mietton, 2009). Les données physico-

⁷⁷ Nous utilisons ici la distinction sur l'origine de la ressource, entre l'eau des rivières et des lacs (eau bleue) et l'eau disponible dans le sol pour la plante (eau verte). Cette formule est utilisée pour la première fois par Falkenberg en 1995 puis très largement reprise par l'ensemble des gestionnaires de l'eau dans l'agriculture.

⁷⁸ Il existe une dizaine de fournisseurs pour ce type d'appareils sur la grande île.

chimiques des eaux prélevées (sondages à la tarière, puits et rivières, Figure 76) confirment que les prélèvements effectués dans les puits en bordure de la vallée bénéficient d'apports par les tanety (valeurs comprises entre 265 $\mu\text{S/cm}$ et 450 $\mu\text{S/cm}$), alors qu'au centre de la vallée les eaux sont nettement moins minéralisées avec des valeurs de l'ordre de 80 à 90 $\mu\text{S/cm}$ avec des mesures voisines pour les puits et les canaux d'irrigation. Au cœur de cette plaine alluviale, les valeurs ont des valeurs extrêmes dispersées (de 10 à 650 $\mu\text{S/cm}$), ce qui montre la nature très hétérogène des sols alluvionnaires de ces rizières à mauvaise maîtrise de l'eau. Cette étude hydrogéologique montre que l'utilisation de la nappe phréatique en complément d'irrigation dans ces rizières n'est pas envisageable en raison de la faible perméabilité et d'un alluvionnement trop fin ; en revanche à proximité des tanety, en bas de pente, la présence de nombreux sourcins peut soutenir la riziculture dans ces secteurs.

C'est donc vers les progrès agronomiques et techniques qu'il faut se tourner dans ces espaces pour améliorer l'efficacité de l'eau et ainsi augmenter la productivité rizicole.

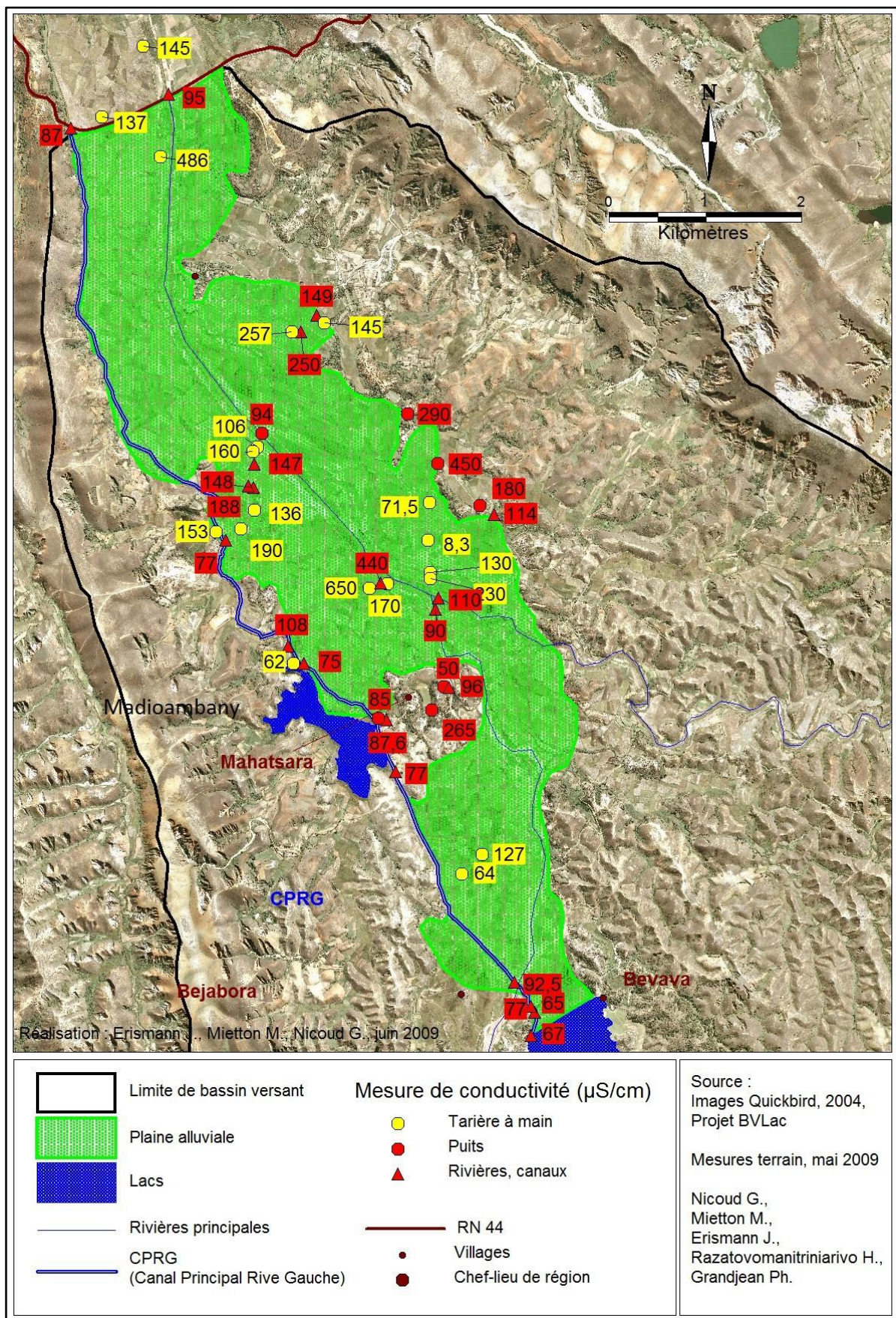


Figure 76 : Mesures de conductivité en vallée Marianina, mai 2009

En raison du caractère aléatoire de la disponibilité des ressources en eau, les variétés de riz traditionnellement utilisées au lac (par exemple, le Makalioka qui est photopériodique) ne permettent pas aujourd'hui d'obtenir des rendements satisfaisants. Mais grâce à l'amélioration génétique des variétés de riz, des progrès sont d'ores et déjà enregistrés : les variétés SEBOTA par exemple, développées au Brésil par L. Ségué, S. Bouzinac et J. Taillebois (d'où son nom), sont des riz « polyaptitudes » qui permettent une utilisation en pluvial ou en irrigué lors d'un même cycle cultural grâce à un système racinaire mixte⁷⁹. Ils sont plus résistants au stress hydrique et permettent d'obtenir une meilleure productivité : les rendements sont en général compris entre 3T/ha (sans engrais) et 6 T/ha (avec fertilisation) lors des premiers essais par l'ONG TAFA sur la rive ouest du lac en 2003-2004 (BRL, 2005). En vallée Marianina, les essais conduits par BRL pour le compte du projet montrent que la production a presque doublé par rapport aux pratiques traditionnelles (BRL, 2011). Le centre national de recherche agronomique malgache (FOFIFA⁸⁰) a également développé de nouvelles espèces tournées essentiellement vers la riziculture pluviale, comme le F154 ou le B22.

Au-delà des améliorations génétiques, les rendements et les revenus des agriculteurs peuvent aussi être améliorés par des itinéraires techniques adaptés des systèmes SCV en fonction du terroir et des possibilités d'investissements en intrants (entre autres) dans l'optique du développement de l'agriculture de conservation.

La recherche et le développement d'itinéraires techniques en système SCV ont permis de les adapter aux conditions socio-économiques, édaphiques et de maîtrise de l'eau sur ces RIA, en vallée Marianina en particulier.

Sur les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau les itinéraires techniques les plus pratiqués sont l'association de riz avec des plantes de couverture (légumineuses ou graminées) en contre-saison ou avec du maraîchage sur couverture morte (paillage) à destination du marché local. L'utilisation d'une couverture morte ne fait cependant pas l'unanimité car même si elle permet d'éviter l'opération de sarclage, cela représente un temps de travail et une dépense supplémentaires.

L'association entre le manioc d'une part, le *Brachiaria ruziziensis*, le *Brachiaria brizantha* ou le *Stylosanthes guianensis* d'autre part, est également adoptée par les agriculteurs. En effet, le manioc est le deuxième aliment le plus consommé par les Malgaches et en outre une culture fourragère apporte (en plus des avantages sur l'amélioration de la structure et de la texture du sol et l'apport conséquent en azote pour le *Stylosanthes*) un complément alimentaire pour les bovins, prenant ainsi en compte l'ensemble de l'exploitation des agriculteurs. Une autre variété, *Brachiaria humidicola*, a également été testée au lac, mais les longues saisons sèches et l'insuffisance de la pluviosité lors de certaines campagnes n'ont pas permis de la retenir

⁷⁹ Le système racinaire de ces variétés « polyaptitudes » est intermédiaire dans sa structure entre celui des variétés cultivées en riziculture irriguée et des variétés plus adaptées à la culture pluviale.

⁸⁰ Foibe-pirenena momba ny fikarohana ampiharina amin'ny fampandrosoana ny ambanivohitra

dans les systèmes à proposer. La rotation riz pluvial avec du maïs et une légumineuse en couverture est également un itinéraire technique répandu au lac Alaotra, en particulier sur des sols organiques ou d'alluvions récentes comme les baiboho (bas-fonds exondés enrichis par les apports collinéens).

L'intérêt n'est pas ici de montrer l'ensemble des nombreux itinéraires testés et adoptés au lac⁸¹, mais d'en montrer la variété et les possibilités d'adaptation lors des campagnes où l'eau vient à manquer. Ainsi, lors de la campagne agricole 2010-2011, les RIA suivies en SCV (675 parcelles) ont permis d'obtenir des rendements de 2,4 T/ha en moyenne malgré une arrivée tardive des pluies et un déficit pluviométrique sur l'ensemble de la saison culturale, avec moins de 500 mm à la station de Bevava entre le mois d'octobre et le mois d'avril (BRL, 2011).

En plus d'une augmentation significative des rendements en riz, qui permet par ailleurs l'adoption et la pérennisation de ces itinéraires auprès des agriculteurs, ces systèmes de cultures ainsi que la prise en compte de l'ensemble de l'exploitation (et non de la parcelle seule) apportent un triple avantage aux agriculteurs : un revenu supplémentaire avec les cultures de contre-saison, une diversification de l'alimentation ainsi qu'une amélioration de la structure et de la composition des sols.

Le risque pour la production dans ces rizières à mauvaise maîtrise de l'eau réside donc plus aujourd'hui dans les inondations et la charge solide importante déposée. Au-delà des pratiques traditionnelles des champs d'épandage de crue d'ores et déjà utilisée par les agriculteurs et qu'il faudrait renforcer et appuyer, ainsi que de la plantation de bananiers ou de vetiver qui font office de filtre à sédiments, il faut donc aussi s'intéresser à l'origine de ces ensablements dans les amonts lorsque les épisodes pluvieux sont excédentaires.

Le nouvel arsenal technique des agronomes (écobuage, association manioc - *Brachiaria*, utilisation de plantes de couverture : légumineuse comme *Stylosanthes* ou graminée comme *Brachiaria*, production de biomasse, riz polyaptitude etc...) est indispensable pour envisager une amélioration des rendements dans les plaines et périmètres rizicoles mais surtout une reconquête des amonts. Mais le travail ne doit pas être envisagé seulement à l'échelle de la parcelle, ni même de l'exploitation, où l'économiste intervient toutefois pour identifier certains blocages. Les nouvelles pratiques doivent être appréhendées sous l'angle d'unités fonctionnelles où les avals – faut-il le rappeler - sont sous la dépendance d'amonts fournisseurs d'eau et de sables générant une surélévation des fonds de lits et des ruptures répétées de digues.

⁸¹ Le CIRAD a publié plusieurs volumes d'un manuel pratique du semis direct à Madagascar très complet ; voir utilement le volume IV qui traite des systèmes SCV à proposer pour le lac Alaotra et le Moyen-Ouest, publié en octobre 2012 (CIRAD, 2012 ; voir le site agroecologie.cirad.fr). De manière plus générale, Agrisud International (2010) propose également un guide sur l'agro-écologie en pratiques (voir agrisud.org).

3.2 Promouvoir l'agriculture pluviale, familiale et la gestion intégrée des ressources

L'agriculture pluviale et familiale a été trop longtemps délaissée au profit d'importants investissements dans les infrastructures hydro-agricoles des périmètres irrigués, comme nous l'avons déjà vu ou de projets politiquement plus porteurs comme la protection et la conservation de la forêt. Et pourtant cette « petite agriculture » pluviale représente de 72% à 80% des terres cultivées dans le monde et de 55 à 58% de la production globale (Molden, 2007 ; Bruinsma, 2009). L'agriculture pluviale sur les tanety est une préoccupation ancienne, considérée par R. Dumont comme une « tâche prioritaire » (1959). Cependant, ce domaine collinéen n'était perçu alors que comme des zones fragiles à protéger, en particulier avec des actions de boisements et une interdiction d'exploitation par les services des eaux et forêts et la direction de la restauration des sols (Figures 27 et 28, partie II, p. 80 et 81). Mais les techniques agro-écologiques actuelles apportent de nouvelles solutions pour mettre en valeur les tanety et limiter l'érosion de façon plus efficace que les seuls boisements (à ne pas exclure cependant !).

Nous l'avons vu précédemment il est indispensable de s'occuper de la culture pluviale en amont des plaines et vallées rizicoles d'une part pour éviter des pratiques agricoles trop agressives et favoriser ainsi l'érosion et la sédimentation des infrastructures en aval mais aussi pour soutenir cette agriculture pluviale sur les tanety où il existe un réel potentiel de production grâce aux techniques agro-écologiques notamment. P. Péliissier (1995) écrivait par ailleurs que les agriculteurs malgaches « *ont tendance à considérer qu'en matière de riziculture ils n'ont plus rien à apprendre, ou du moins savent à quoi s'en tenir, mais qu'au contraire ils ont beaucoup à recevoir dans le domaine des cultures de collines.* » Lors des entretiens menés en 2008 dans les amonts, il se trouve que peu de personnes connaissent l'existence même des nouvelles pratiques agro-écologiques, d'autant que la zone enquêtée est davantage tournée vers la commune de Didy (situé en dehors du bassin versant de l'Alaoira, à quelques kilomètres plus au sud seulement, mais ne faisant pas partie de la zone des différents projets de développement agricole) plutôt qu'avec la vallée Marianina et la commune d'Ilafy (la limite administrative entre ces deux communes se trouve au niveau du bassin versant de Bevava et même du réservoir (voir Figure 30, partie II, p. 87). Le Président du FKT de Bedabo évoque même qu'ils sont en quelque sorte 'oubliés' y compris de la puissance publique (essentiellement sur les sujets de scolarisation et de santé). Ayant peu de terres cultivables, ils comprennent bien qu'ils ne représentent pas un enjeu à l'échelle régionale ou nationale. Il est vrai que l'isolement n'améliore pas les choses (pas de route carrossable dans toute la vallée de la Sasomangana) ! De ce point de vue, l'initiative qui a été celle du projet BVLac de communiquer par la radio régionale est très heureuse car parmi ceux qui connaissent les pratiques agro-écologiques, certains nous disent en avoir 'entendu parler' à la radio.

Dans les bas-fonds, nous l'avons vu en début de partie III, l'espace est fini, chaque espace plan est transformé en champs, et dès les entretiens menés en 2005 (Bonnier, 2006 ; Erismann, 2006) le manque de terres est fortement mis en avant par nos interlocuteurs dans le bassin versant de Bevava. Ainsi le chef du village de Behengitra, Mr Felix Randriamitidy, posait la question ainsi : « *peut-on gérer les tanety et avoir plus de terres cultivables ?* ». Ils sont également concernés par les problèmes d'ensablement des rizières à l'échelle de leur terroir avec les apports latéraux (cône de déjection au débouché des vallons ou des ravins – photo ?), ou encore l'érosion des berges de la rivière Sasomangana (Figure 65 et 66, p. 153). Mais si l'on prend en compte l'ensemble des possibilités qui existent aujourd'hui : nouvelles pratiques agro-écologiques ainsi que les pratiques traditionnelles de gestion de l'espace à travers la dina, l'irrigation gravitaire, ainsi que la construction de batardeaux et de canaux en terre (Figure 77), un progrès agricole et une reconquête des tanety sont alors possibles. La diffusion de ces techniques agro-écologiques dans les amonts est récente et encore peu étendue : suite à des visites de parcelles organisées par Best⁸² à notre demande (visites de démonstration, recommandées par M. Mietton depuis 2007 lors d'une des missions d'expertise) afin de montrer in situ les résultats de ces pratiques en vallée Marianina et de faciliter les échanges entre agriculteurs, techniciens et ingénieurs, quelques agriculteurs dans deux villages « pilotes » ont été sélectionnés pour lancer des tests sur une centaine d'hectares, que cela soit en riz irrigué, en RIA, avec les systèmes SCV mais également sur des problématiques d'aménagement avec végétalisation des versants et installation de pépinières sur place, d'embocagement ou encore d'installation de fascines sur quelques sites critiques.

Il existe également des solutions pour améliorer l'efficacité de l'eau par des systèmes de goutte-à-goutte selon l'expression souvent utilisée « *more crop per drop* ». Décrits par certains en raison de l'investissement nécessaire et même qualifiés de « *formidable instrument d'éclatement des solidarités sociales autour des eaux* » si ce système est mal diffusé ou généralisé (d'après les propos de T. Ruf en 2009 rapporté par F. Apollin, Coordination Sud, 2012), c'est pourtant un système d'appoint qui peut être intéressant et adapté aux conditions sociales dans notre zone d'étude. Le projet SCAMPIS⁸³ d'AVSF (pour le compte du FIDA et financé par COOPERNIC⁸⁴) à Madagascar a d'ailleurs donné de bons résultats sur les Hautes Terres et la côte Est entre 2009 et 2012, même s'il est encore trop tôt pour juger de la pérennisation de ces systèmes de micro-irrigation.

Toutefois, l'intérêt de la diffusion de cette technique est double : en effet, ils se sont appuyés sur la conception de kits à l'échelle locale permettant à la fois d'ouvrir un nouveau marché au niveau de l'emploi en créant une activité nouvelle (fabricants et distributeurs), de fournir un service après-vente et de réduire de 20% les systèmes par rapport à ceux importés d'Inde.

⁸² Best est un bureau d'étude partenaire du projet BVLac, spécialisé en socio-organisation.

⁸³ SCAMPIS : Scaling up micro-irrigation systems project India, Madagascar and Guatemala

⁸⁴ COOPERNIC : Coopérative européenne de référencement et de négociation des indépendants commerçants



Figure 77 : Gestion traditionnelle de l'eau dans le bassin versant de Bevava (A gauche : Raccordement des canaux en terre à flanc de tanety pour l'irrigation des rizières / A droite, en haut : irrigation gravitaire en amont du bassin ; en bas : construction d'un batardeau en saison sèche ; photos J. Erismann

Ici également, des mesures ont été prises pour faire de la promotion de ces nouveaux systèmes par voie de radio (seul média qui atteint les zones les plus reculées et les familles les plus vulnérables) et des parcelles témoins (comme pour le SCV) (Funk et Silvestrini, 2012). L'évaluation du projet a également montré que la baisse du temps de travail dans les champs grâce à cette micro-irrigation était un point important pour les agriculteurs ayant adopté cette nouvelle technique (Silvestrini, 2012).

Dans une logique de gestion du territoire à l'échelle du bassin versant, on peut parfois lire qu'il faut se baser sur une solidarité entre les agriculteurs de l'aval et ceux de l'amont pour aider à mettre en place des solutions bénéfiques pour les deux parties. Comme on l'a dit, il existe d'ores et déjà, de manière traditionnelle, un système de taxe à payer aux groupements de villages (fokonolona) par les éleveurs quand ils viennent faire pâturer leur troupeau dans les amonts pendant la saison des cultures puisque les terres de l'aval sont toutes rizicultivées. D'une manière générale, la dina est une convention traditionnelle entre les membres d'une communauté afin de régler des problèmes au sein d'un territoire avec un fort appui des anciens et de leurs connaissances du milieu (Razanaka, 2000).

Mais, dans ce contexte, il semble difficilement réalisable de demander une participation supplémentaire pour la protection des sols puisque la fédération des usagers de l'eau en aval a déjà du mal à recouvrir les sommes nécessaires à l'entretien des périmètres irrigués. Il faut donc que le bénéfice soit perçu directement par les acteurs de l'amont pour qu'une action de développement rural et agricole prenant en compte la protection des sols et la gestion de l'eau puisse être pérenne. Un autre problème se pose lorsque l'on s'intéresse à ce domaine des tanety : bien que la réforme foncière soit déjà bien avancée à Madagascar et en particulier au lac Alaotra où les premiers titres fonciers ont été distribués, il n'existe que très peu de sécurisation foncière dans les vallées du sud-est. Or, c'est indispensable à une action d'aménagement et de protection des ressources : les agriculteurs n'investiront pas s'ils n'ont pas l'assurance de bénéficier de ces actions sur le long terme. Les actions de développement agricole et de protection des sols sur les tanety de la rive ouest du lac fonctionnent mieux car 90% des titres fonciers concernent les sols pauvres et fragiles des tanety, étant donné qu'ils sont plus éloignés de la plaine que dans les vallées du sud-est (Mietton, 2011).

C'est donc sur les formes d'organisation de la gestion de l'eau et des sols ainsi couplés à une sécurisation foncière que se trouvent *a priori* les solutions : dans les plaines, depuis les années 1990 et le désengagement de l'Etat, des organisations de producteurs sont créées, puis des associations d'usagers de l'eau. L'extrême amont des bassins versants des vallées du sud-est, recouvert d'une forêt naturelle, bénéficie quant à lui, depuis le début des années 2000, de nouvelles formes d'organisation qui permettent à la fois de préserver l'environnement et de prendre en compte le besoin des populations à exploiter les ressources de la forêt par un système de transfert de compétences dans la gestion des ressources naturelles couplé à une sécurisation foncière.

Ce domaine de la forêt est essentiel car, rappelons-le, la forêt a une fonction de production de l'eau qui permet le remplissage du barrage de Bevava lors de la saison sèche. Cette forêt d'Ambohilero est classée depuis 1962 (Figure 78, Annexe 16).

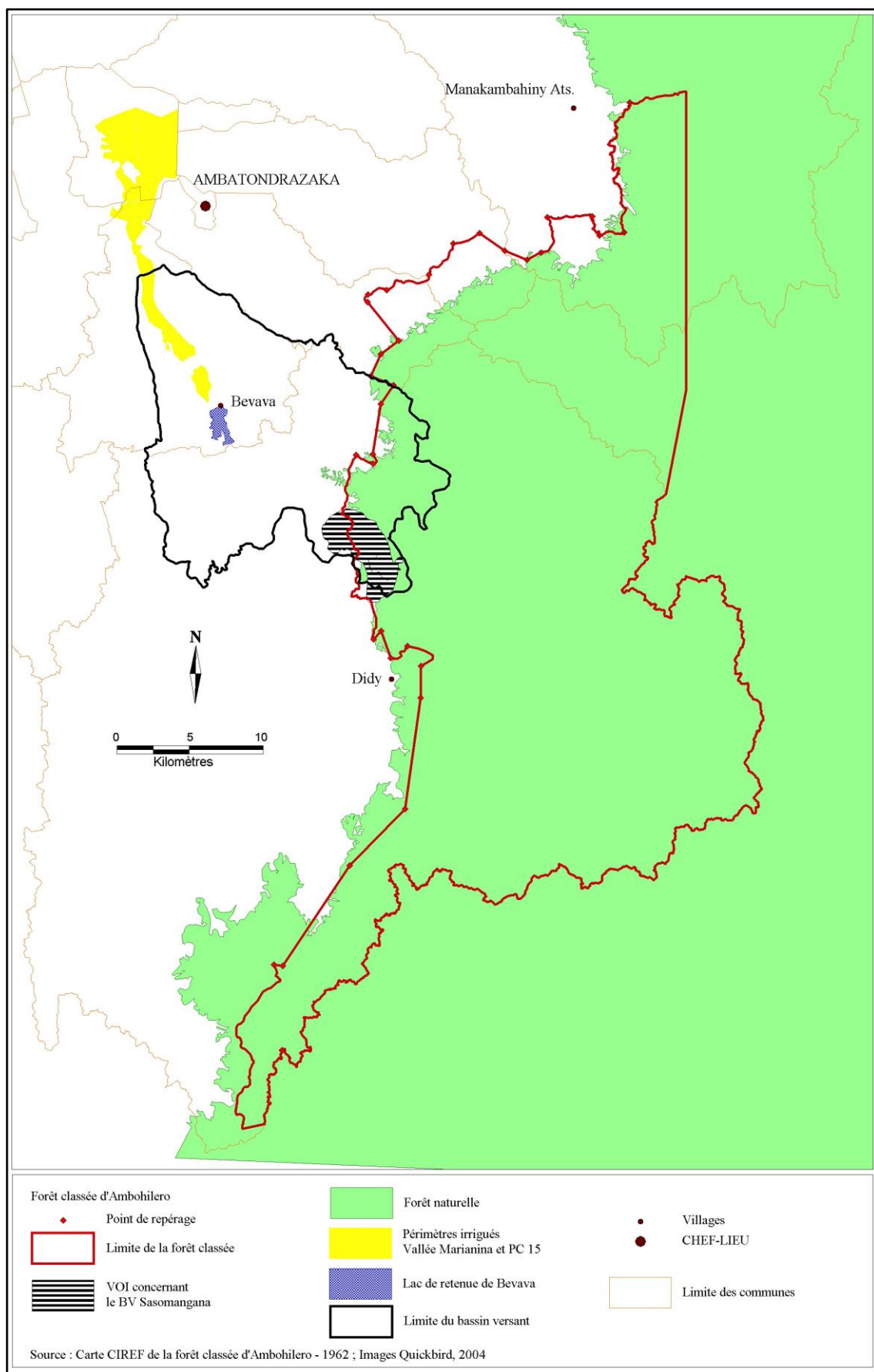


Figure 78 : Limite de la forêt classée d'Ambohilero en amont des périmètres irrigués

Les politiques forestières des différents régimes qui se sont succédé à Madagascar furent essentiellement répressives, ce qui n'a évidemment jamais donné de bons résultats. Mais, à partir de 1996, ces usages traditionnels de la forêt sont encadrés par une loi (n°96-025 – GELOSE, Gestion Locale Sécurisée) pour permettre un transfert de gestion des ressources naturelle aux populations locales (Montagne et Ramamonjisoa, 2006).

Elle se présente sous la forme d'une gestion contractualisée des ressources naturelles entre l'administration forestière et les communautés de base regroupées en associations et appelées VOI – vondron'olona ifotony⁸⁵. Ce processus devait être accompagné d'une sécurisation foncière (SFR – sécurisation foncière relative, procédure de délimitation du foncier) via un décret d'application de la loi forestière 97-017. Cet ensemble législatif a été beaucoup critiqué en raison de sa complexité et la partie foncière n'a jamais été réellement appliquée. Depuis 2001, un nouveau décret tente d'éclaircir ce transfert de gestion : la gestion contractualisée des forêts (GCF) ; en vain, car les relations entre les processus Gelose et GCF ne sont pas clairs (Karpe *et al.*, 2004).

Quoi qu'il en soit de l'arsenal législatif, les VOI ont une légitimité dans la gestion de ces « espaces pastoraux coutumiers lignagers » (Bertrand, 2004) organisés en kijana. En 2004, la grande île dénombre 453 contrats pour une surface totale de 400 000 hectares (Resolve Conseil, 2005).

Au sein de la forêt d'Ambohilero, on dénombre aujourd'hui huit VOI en GELOSE et huit VOI en GCF (18 000 hectares), dont trois qui concernent directement l'amont du bassin de la Sasomangana. Le plus important est celui de Sahatelo avec 1089 hectares en transfert de gestion et dont le rôle principal est le parcage des bœufs en dehors de la période de travaux dans les champs (Figure 78). Le zonage, défini avec les populations (qui « possèdent » ce kijana depuis six générations), est le suivant : agriculture de bas-fond (zone de culture en dehors de la forêt : environ 500 ha), droit d'usage (bois de chauffe et de service, cueillettes – miel, plantes médicinales avec prélèvements plafonnés, environ 30 ha), production durable de bois d'œuvre (environ 300 ha) et protection totale (environ 200 ha).

Etant donné que cette zone n'est pas exclusivement sous forêt (il y a une zone de tanety avec des reliquats forestiers dans les bas-fonds, à l'ouest de la route Ambatondrazaka – Didy), et que les modalités de gestion sont communautaires, il faudrait voir si l'on ne peut pas appliquer ce processus à l'ensemble du bassin versant de la Sasomangana, voire aux amonts de manière générale.

Cet intérêt pour la protection de la forêt et non une conservation prônée par certaines institutions qui excluent l'homme de son territoire comme ce fut le cas pour la forêt de Zahamena sur la rive est du lac Alaotra (Rahanirina, 2009 ; Bertrand *et al.*, 2009 ; Raboanarielina, 2012) et la mise en avant d'un transfert de compétences dans la gestion des forêts aux populations locales a donc mis en évidence qu'il était possible d'allier protection de

⁸⁵ Ce sont les communautés de base ; littéralement le principal ensemble de personnes.

l'environnement et prise en compte des besoins et des pratiques traditionnelles dans les milieux fragiles. Mais cela n'empêche pas les habitants des tanety, encore non concernés par ces transferts de gestion et pourtant à proximité immédiate des VOI, de continuer à défricher les reliquats forestiers sur les versants et dans les bas-fonds pour faire pousser du riz dans une logique de subsistance et non de commercialisation (Figure 79).



Figure 79 : Défrichements récents (2006, 2007 et 2008) avec pour but la colonisation de nouvelles terres cultivables en raison de la pauvreté des sols de tanety (communication des habitants de Bedabo et Ambohimorona, FKT Bedabo – bassin versant de la Sasomangana) ; photos J. Erismann

Alors pourquoi ne pas continuer ce transfert de gestion avec un transfert de compétences entre ces trois ensembles : la grande plaine rizicole et la forêt naturelle avec ce territoire de tanety intermédiaire à l'échelle du bassin versant en continuant dans cette lancée de tentative d'alliance entre protection de l'environnement, de l'eau et des sols dans une vision intégrée des ressources naturelles dans ce domaine des tanety où se pratique une agriculture familiale, et construire ainsi une cohérence à la fois spatiale et de gouvernance (Figure 80). L'utilisation des formes d'organisation et de gouvernance traditionnelles sont indispensables pour responsabiliser les acteurs face à une action de développement.

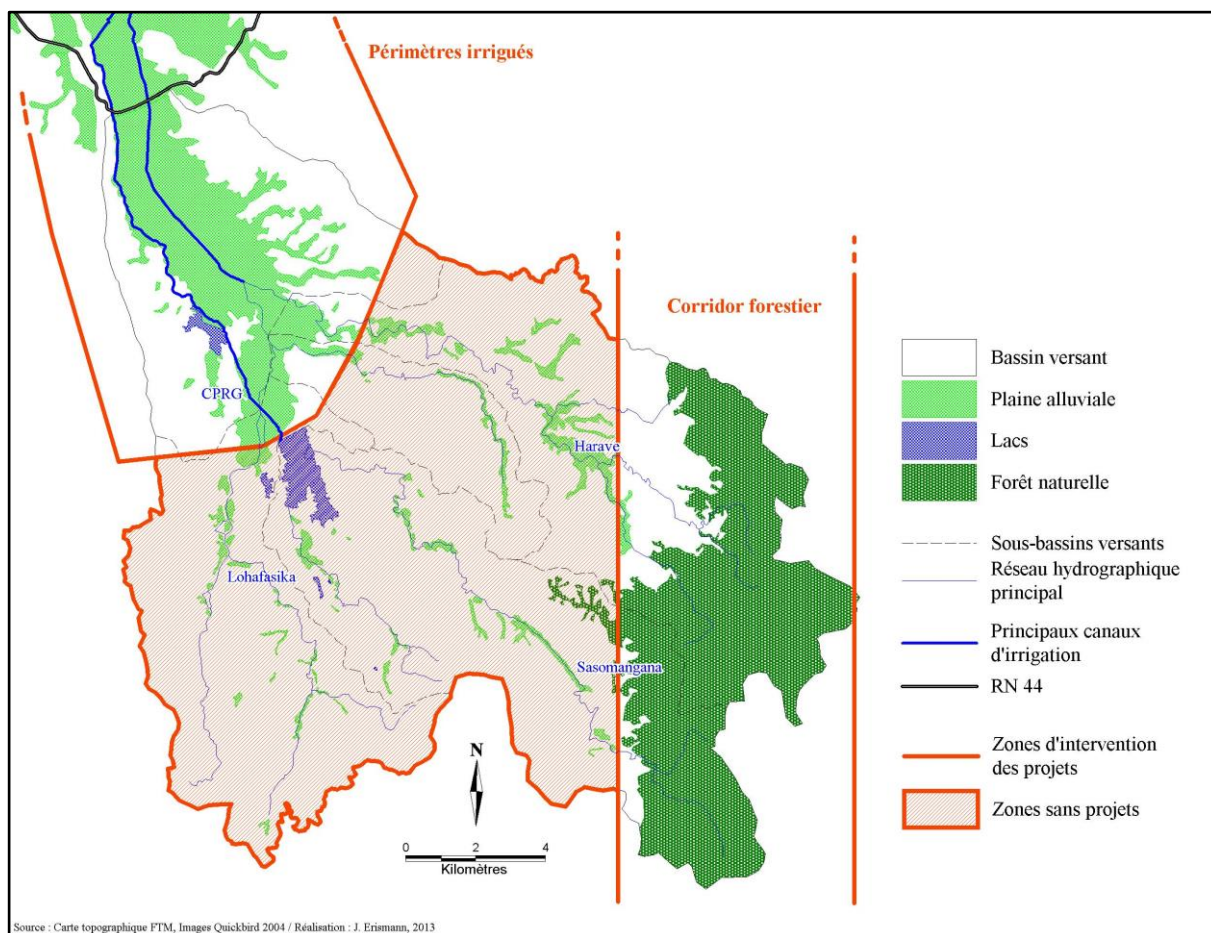


Figure 80 : Unité territoriale et synergies possibles en vue d'une gestion intégrée des ressources naturelles et de la protection de l'environnement

Une amélioration de la production et de la gestion de l'eau et des sols dans ces zones serait cependant probablement limitée par le manque d'infrastructures routières qui induit plusieurs problèmes :

- la difficulté d'exporter les produits sur le marché régional ou national,
- le manque d'incitation politique dans ces zones rurales reculées,
- le manque d'accès aux informations concernant le prix des denrées, la disponibilité en intrants et les progrès agricoles techniques.

Ces problèmes étaient déjà relevés par l'économiste R. Gendarme en 1960 :

« Madagascar a souffert des erreurs commises en Afrique où des crédits importants ont été utilisés à des investissements d'infrastructures somptuaires et sans correspondance avec les productions locales. Si regrettable soit ce précédent, il ne faut pas oublier que l'infrastructure (transport) fait nettement défaut à la grande île : vouloir le développement économique de ce territoire sans créer des voies de communication est un leurre. »

Cet enclavement physique devient donc, de fait, un enclavement économique. Le Plan national de Développement rural à Madagascar (PNDR, 2008) en fait également état en ces termes :

« Le faible épanouissement économique du monde rural est dû à l'importance du coût du désenclavement lié à la morphologie du relief - Madagascar est un pays montagneux - et la faible densité de population. L'enclavement actuel n'encourage pas la gestion durable des terres et des eaux. Il n'incite pas les producteurs à réaliser des investissements productifs. Une étude sur l'importance des transports dans le développement rural a révélé que 33% des communes n'ont pas accès à une route nationale et 30% à une route provinciale. »

Cet enclavement subi par les populations en amont du barrage vaut à une plus large échelle pour le bassin de l'Alaotra, pourtant « grenier à riz » de Madagascar. Le lac Alaotra est une voie sans issue : il n'existe qu'une piste, seulement en partie goudronnée, pour relier ce centre vital du pays à la capitale et aucune route vers deux centres importants que sont Mahajunga (moins de 300 km à vol d'oiseau à l'ouest) et la côte est (moins de 100 km). Or, sans possibilités d'écouler les productions rizicoles et vivrières en augmentation grâce aux projets de développement agricole, à quoi bon augmenter l'effort dans les champs ?

Une étude révèle que le temps moyen pour rallier un centre urbain à Madagascar est de 11 heures en moyenne, à pied ou en charrettes (Stifel *et al.*, 2003). Le lien entre éloignement, enclavement et pauvreté est également démontré puisque la proportion de ménages les plus pauvres augmente avec la distance et l'accessibilité aux marchés, ce qui entraîne une part d'autoconsommation plus importante dans la production végétale (+ 20% à 40%, Banque Mondiale, 2003). Les rendements y sont aussi moins élevés (jusqu'à deux fois moins) puisque ces agriculteurs n'ont pas accès à des semences de qualité, à des intrants mais aussi à l'information et à la formation.

Etant donné les fortes potentialités agricoles de la région du lac Alaotra et le manque de moyens pour investir dans les infrastructures de transport, il faut prioriser les investissements pour désenclaver la région, y compris les communes les plus reculées, caractérisées par une agriculture pluviale et familiale.

Des efforts ont toutefois permis d'améliorer cette situation difficile à partir des années 2000 avec un projet de réforme du secteur des transports et de réhabilitation des voies et modes de communication (Banque mondiale, 2013). Le désenclavement du lac Alaotra passe aussi par la réhabilitation de la voie ferrée historique MLA (Moramanga – Lac Alaotra) qui a été ajoutée au projet à partir de 2006. A l'origine, ces travaux n'étaient pas prévus et les routes concentraient 75% des financements (avec pour résultat la réhabilitation de 4751 km de routes nationales). Un rééquilibrage de la répartition des fonds a permis de s'occuper de ce mode de communication essentiel pour le transport des productions du lac Alaotra : de zéro, il passe à 29% du financement au détriment des routes (la proportion descend à 54%) et des ports (dont la part passe de 15% à 3% entre 2003 et 2006).

Ce réajustement a permis de mettre en avant les thèmes d'accessibilité aux marchés pour faciliter le commerce et de développer des infrastructures dans le secteur privé pour faciliter les investissements d'entrepreneurs locaux. Entre 2003 et 2012, ces orientations ont permis d'augmenter le trafic de passagers et de fret de 10% sur la RN44 (reliant Antananarivo et Moramanga au lac Alaotra), de faire baisser le prix du trajet pour les usagers de 16% (et jusqu'à -35% dans le nord du pays) et de baisser le temps de transport sur les routes principales de 30%.

Ces conditions mise en place (désenclavement, appui à l'agriculture pluviale soutenu, prise en compte des modes de gouvernance traditionnels), il devient alors possible d'envisager d'autres types de production, qui permettrait une diversification alimentaire ainsi qu'une nouvelle source de revenus en mettant en valeur les efforts fournis dans la gestion de l'eau et des sols et l'augmentation de la production à travers une approche plus globale des filières et de remonter les échelons vers la distribution de ces productions nouvelles.

3.3 Diversification de la production agricole

Pour déterminer les priorités en matière de diversification agricole, il faut s'orienter vers une approche filière⁸⁶, des chaînes de valeur, et s'appuyer sur les formes d'organisation et les produits où il existe un savoir-faire plutôt que d'innover, car l'accès au marché pour les petits producteurs est encore difficile. Afin d'améliorer la sécurité alimentaire, la diversification agricole est un des axes stratégiques du Plan National de Développement Rural (PNDR, Annexe 17) mis en place en 2006 et réactualisé en 2008 par le gouvernement malgache. Cet élargissement du panel de productions peut à la fois servir le marché national et international. Même si des filières d'exportation sont déjà organisées (litchi, vanille, girofle, café...), il semble plus important de privilégier les filières alimentaires à destination du marché intérieur, afin d'assurer une sécurité et une diversification alimentaire pour la population, avant de s'attaquer au potentiel d'exportation qui pose plusieurs problèmes : on peut noter en premier lieu la nécessaire mise en place d'un suivi de la qualité des produits pour répondre aux normes du marché international, comme le soulignait le secrétaire général du ministère de l'Agriculture, Mr Rabotoson, lors d'une interview en janvier 2013 sur la préparation de la foire internationale de Madagascar : «Les principaux problèmes de Madagascar en ce qui concerne l'exportation tournent surtout autour de l'atteinte des normes et de la qualité ». Une autre contrainte à l'exportation est le prix important du fret par rapport à la quantité potentiellement vouée à l'exportation.

⁸⁶ « On appelle filière de production l'ensemble des agents (ou fractions d'agent) économiques qui concourent directement à l'élaboration d'un produit final. La filière retrace donc la succession des opérations qui, partant en amont d'une matière première ou d'un produit intermédiaire aboutit en aval, après plusieurs stades de transformation/valorisation à un ou plusieurs produits finis au niveau du consommateur. » (Duruflé et al., 1988).

Pour la région Alaotra-Mangoro, le Programme Régional de Développement Rural (PRDR), établi en 2007, a défini les filières agricoles porteuses par district (Tableau 30). Au lac Alaotra, la filière riz occupe bien évidemment une place importante. Pour les productions non agricoles abordées dans la suite du texte, les filières porteuses sont l'artisanat et l'écotourisme. Les critères de priorisation sont liés aux intérêts du public, à la faisabilité et aux impacts des actions.

Il est surprenant de constater que le manioc, qui occupe la deuxième place dans l'alimentation malgache, ne soit pas inscrit dans le programme de priorisation des filières que cela soit au niveau national ou régional. Sa filière est qualifiée « d'amortisseur oublié des vulnérables » (Dostie *et al.*, 1999). C'est pourtant un aliment essentiel, notamment en période de soudure ainsi que pour les ménages les plus démunis. Les cultures vivrières en général ne sont d'ailleurs pas présentées dans le PRDR. Or tant que la sécurité alimentaire ne sera pas assurée, il sera difficile de promouvoir une diversification génératrice de nouveaux revenus.

Le programme Ruralstruc sur les « Dimensions structurelles de la libéralisation pour l'agriculture et le développement rural » a été mené conjointement par la Banque Mondiale, la coopération française⁸⁷ et le Fonds International pour le Développement Agricole (FIDA) entre 2006 et 2010 dans sept pays d'Afrique et d'Amérique latine⁸⁸. Les principaux résultats en matière d'orientation politique pour l'ensemble de ces pays sont de soutenir les agricultures familiales, de promouvoir les cultures vivrières et de renforcer les liens entre les mondes rural et urbain pour un meilleur développement territorial. Nous ne traitons pas ici du dernier thème mais nous nous inscrivons tout à fait dans les deux premiers résultats annoncés en tant que perspectives de développement pour la région du lac Alaotra.

⁸⁷ CIRAD, AFD, MAEE et MAAPRAT

⁸⁸ Madagascar, Sénégal, Mali, Kenya, Maroc, Mexique et Nicaragua

	RIZ	PECHE		ECOTOURISME	ARTISANAT	BOVIDES	GINGEMBRE	CANNE A SUCRE	APICULTURE	AVICULTURE	CAFE
		continentale	pisciculture								
SITUATION ACTUELLE											
Superficie (Ha) / Cheptel (Nb)	120 000	20 000	10			208 544	50	1 900	290 252	1 467 491	180
Production (T)	360 000	2 500	20	28 000		31 282	400	57 000	65 243	2 202	25
AMBITION DE LA REGION											
HORIZON 2012											
Superficie (Ha) / Cheptel (Nb)	230 000	23 000	50			258 590	90	2 300	291 068	4 108 973	300
Production (T)	900 000	3 200	100	35 000		38 788	810	69 000	65 426	6 164	55
Marché (Régional, National, International)	I	N	R			N	I	N	N	N	R
HORIZON 2020											
Superficie (Ha) / Cheptel (Nb)	300 000	23 000	100			325 118	180	2 900	292 156	7 630 949	350
Production (T)	1 500 000	3 500	200	40 000		48 768	1 600	87 000	65 670	11 447	75
Marché (Régional, National, International)	I	N	N			N	I	180	N	N	R

Tableau 30 : Filières porteuses dans la région Alaotra-Mangoro (PRDR, 2006)⁸⁹

A Madagascar, le projet s'est concentré sur cinq filières alimentaires d'importance en milieu rural (riz, lait, pomme de terre, maïs et haricot vert), dans quatre zones : Antsirabe, l'Itasy, Morondava et le lac Alaotra (Randrianarison *et al.*, 2009). Mais, tout comme pour le PRDR, la vision reste limitée puisque la seule production retenue dans cette étude pour la région de l'Alaotra est le riz.

Certes, c'est le grenier à riz de Madagascar (la production y est excédentaire) et il faut continuer à investir dans la riziculture, mais comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la structure du foncier et le morcellement des rizières posent aujourd'hui de sérieux problèmes au développement de cette filière et il existe d'autres potentiels de production qu'il faut développer.

En s'appuyant à la fois sur les filières à promouvoir selon le gouvernement malgache, les observations de terrain sur le dynamisme de la région et une revue de la littérature sur le développement des filières, voici un aperçu des productions à développer au lac peut être résumé ainsi :

- Les féculents : manioc et pomme de terre. Le manioc, dont on mange également les feuilles, riches en protéines (ravitoto), est à tout point de vue (alimentaire, tonnage et superficie) le deuxième produit après le riz. Au lac Alaotra, des tests ont été réalisés dans le cadre des pratiques agro-écologiques et les rendements de manioc peuvent être facilement augmentés, on le rappelle, par deux ou trois en l'associant à du *Brachiaria* qui pourra quant à lui servir de fourrage (Charpentier *et al.*, 2004 ; Chabierski *et al.*, 2005). Malheureusement, il n'y a pas de volonté de promouvoir cette filière, ni d'organisations de producteurs et le tubercule reste essentiellement autoconsommé.

⁸⁹ Pour l'écotourisme, il s'agit du nombre de visiteurs des parcs

Parmi les féculents, on peut aussi ajouter les filières de patate douce et de pomme de terre qui représentent également un enjeu alimentaire stratégique puisqu'elles occupent respectivement la troisième et la quatrième place dans l'alimentation des malgaches. L'intensification de la production de pomme de terre a commencé dans les années 1980 sous l'impulsion du gouvernement malgache et avec l'appui de FIFAMANOR⁹⁰, pour la recherche, le développement et la vente des semences. Les agriculteurs se sont organisés en groupements puis en fédération.

- La production de lait est une filière stratégique essentiellement développée dans le Vakinankaratra (70% de la production) avec de bonnes infrastructures et la présence d'agro-industries pour la transformation. L'Etat a fait importer des vaches laitières en 2005 et 2006 pour une production de 31,7 millions de litres en 2006 à destination du marché régional et national. L'aspect qualité est le point le plus important dans cette filière qui se développe sur plusieurs niveaux : au-delà de l'autoconsommation, la production laitière est distribuée à la fois au travers de filières courtes avec des collecteurs pour une vente au détail mais également par une filière de transformation et de distribution dans les grandes surfaces. Au lac Alaotra, les premiers essais remontent à la fin des années 50 (Birie-Habas et Schreder, 1962). En 1972, un projet entre Madagascar et la Norvège a permis la création d'une structure de recherche et développement laitier : FIFAMANOR qui est encore aujourd'hui un acteur essentiel de la filière.

Entre 1985 et 1992, plusieurs projets se sont succédé pour continuer à soutenir la production (Plan sectoriel d'élevage, ROMANOR⁹¹ et ROMA⁹² pour la vulgarisation, ROMINCO⁹³ pour la transformation et la commercialisation). En 2005, un projet de coopération décentralisée entre le département Ille-et-Vilaine et la région Alaotra-Mangoro a développé la filière laitière au lac, des organisations de producteurs ainsi qu'une ferme école, le manque de formation étant une véritable contrainte pour les projets. Ce sont là des avantages considérables pour continuer à développer cette filière, qui peut également bénéficier d'un transfert de compétences et de savoir-faire depuis la région du Vakinankaratra.

- Les légumes et grains secs : consommé en tant que légume, le maïs est une culture vivrière, dont la filière est prometteuse et en plein essor (Randrianarison L. *et al.*, 2009). Tout comme le manioc, le maïs fait partie des aliments de substitution lors des périodes de soudure. Sa production est estimée à 170 000 tonnes en 2004 et occupe la troisième place en terme de superficie cultivée à Madagascar, selon le MAEP. Il existe des organisations de producteurs, des greniers communs pour le stockage et la commercialisation ainsi que des structures pour soutenir la filière (FIFAMANOR pour la production des semences, SOPAGRI⁹⁴ pour la collecte). Quant aux légumes, les principales espèces ayant une importance économique et produites au lac Alaotra sont la tomate, les oignons et les haricots verts. L'essentiel de la

⁹⁰ Fiompiana fambolena malagasy norveziana (Elevage et agriculture malgache et norvégienne)

⁹¹ Ronono malagasy norveziana (« Lait malgache norvégien ») : projet issu de FIFAMANOR.

⁹² Ronono malagasy

⁹³ Ronono malagasy industrie et commerce

⁹⁴ Société de production agricole, surtout active dans le sud de l'île

production est réalisé par des maraîchers individuels même s'il existe quelques formes d'organisation en coopératives, comme Andri-ko basé à Ambatondrazaka qui s'occupe essentiellement de la diffusion des semences de cultures vivrières. Mais la production de produits frais reste faible en raison de problèmes au niveau des circuits de commercialisation (notamment en saison des pluies). Enfin, parmi les grains secs, on trouve les productions suivantes : haricot, niébé, dolique, voanjobory. Dans ce secteur il existe encore peu d'organisation de producteurs. Mais le maïs et les grains secs font partie des plantes utilisées dans les systèmes SCV sur tanety ou baiboho et dont la production est en partie autoconsommée. D'une manière générale, les légumineuses ont plusieurs avantages : outre leur bénéfice écologique (fixation d'azote et amélioration de la qualité des sols), elles participent à la diversification alimentaire et sont sources de protéines.

Il existe aujourd'hui des moyens pour que les progrès agricoles permettent de diversifier la production vers de nouvelles spéculations génératrices de revenus tout en protégeant les sols et en maîtrisant cette ressource irrégulière qu'est l'eau en améliorant son efficacité dans les champs. En guise de conclusion, nous reviendrons sur la gestion sociale de l'eau par une gouvernance tournée vers les agriculteurs et adaptée à notre contexte, préalable indispensable pour mettre en œuvre les diverses solutions proposées dans cette partie III.

Conclusion partie III

Il n'y a pas de solution unique pour résoudre l'ensemble des problèmes auquel est confronté Madagascar mais certaines solutions qui se dégagent dans le contexte du lac Alaotra sont proposées. L'agriculture à Madagascar reste quoi qu'il en soit un moteur de croissance globale pour le pays, comme le soutient P. Hazell (2007) dont la conviction est de soutenir les agricultures familiales pour réduire la pauvreté, malgré le contexte global de mondialisation et de libéralisation commerciale. Les différents points développés dans cette partie (produire ailleurs, produire mieux, ou autrement) ne sont pas exclusifs l'un de l'autre comme le souligne la démarche du panel de Montpellier (2013) avec ce qu'il considère comme le nouveau paradigme de l'agriculture africaine : « l'intensification durable ». Ils dénoncent une approche trop souvent unidimensionnelle et la non-prise en compte des facteurs socio-économiques (organisation de producteurs, filières et accès aux marchés, enfin l'éducation et la santé, trop souvent les parents pauvres des projets de développement).

« Une gestion plus durable de l'eau et une plus grande justice environnementale ne sont possibles qu'à travers l'émergence d'une nouvelle gouvernance. Celle-ci doit clarifier la distribution des rôles aux niveaux étatique et administratif, associer les populations concernées à la prise de décision et prendre en compte les interactions interscalaires aussi bien hydrologiques que sociopolitiques. » (Molle, 2012)

En matière de gestion de l'eau, Madagascar s'inscrit dans la mouvance actuelle de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Plus spécifiquement pour son usage agricole, l'orientation retenue est celle des bassins versants - périmètres irrigués (BVPI) depuis 2006 à travers la lettre de politique BVPI qui a pour ambition de s'attaquer à l'ensemble des problèmes depuis la protection des bassins versants jusqu'à la commercialisation des produits et la valorisation des filières. Ces approches doivent être connectées avec l'appui de l'Autorité Nationale De l'Eau et de l'Assainissement – ANDEA (mis en place par le code de l'eau).

Aux niveaux politique et institutionnel, la création du ministère de l'eau date de 2008. Auparavant les questions relatives à l'eau étaient intégrées à la fois au ministère des mines et de l'énergie et au ministère de l'environnement et des forêts mais sans missions bien établies.

Au niveau législatif, la prise en compte de l'eau d'irrigation est insuffisante. Le Code de l'eau (Loi N° 98-029 du 27.01.1999) ne prend pas ou peu en compte ces problématiques : ainsi le mot potable est cité 49 fois, alors qu'irrigation et agriculture ne le sont respectivement que 6 et 2 fois ; l'eau agricole est codifiée selon 3 articles seulement sur les 84 que comporte la loi ; alors même que 95,6% des prélèvements en eau sont à vocation agricole (Total de 14 970 km³ d'eaux prélevées en 2000, FAO, 2005).

Toutefois, à l'échelle nationale, les institutions se mettent peu à peu en place pour développer une réelle politique de l'eau en lien avec la sécurité alimentaire et de développement rural.

A l'échelle régionale, il faut se concentrer davantage sur les bassins versants dans leur ensemble, toujours dans cette approche intégrée des ressources naturelles. Au-delà du nécessaire changement des pratiques agricoles, il faut également regarder à plus long terme avec une gestion intégrée de la ressource en eau à travers les différents espaces qu'elle occupe : de la forêt naturelle en amont, véritable réservoir et source de production de l'eau, en passant par le domaine savanien des tanety occupés par les éleveurs et la production vivrière principalement et qui amène eau et sédiments vers la pièce maîtresse des aménagements hydro-agricole - le barrage de Bevava - pour terminer son chemin dans les plaines rizicoles et les marais d'une rare biodiversité. Il semble utopique d'établir des plans de gestion sans prendre en compte cet ensemble qu'est le bassin versant. Les actions à entreprendre pour chaque « toposéquence » sont certes différentes mais elles doivent appartenir à une même stratégie pour que chacun des acteurs, de l'amont à l'aval, puisse faire partie intégrante de l'amélioration du système. Protéger les bassins versants, c'est assurer une fonction de production d'eau mieux régulée et donc un développement plus durable.

A l'échelon local, les modes d'organisation sociale traditionnelle (le fokonolona, le dina, le partage de l'eau) doivent être la base des plans de développement ruraux, comme nous l'avons vu avec les VOI au sein de la forêt naturelle. La gestion devient alors collective ce qui peut favoriser une vision durable du territoire par les agriculteurs eux-mêmes. Puisque l'Etat, les différents projets successifs ne peuvent pas couvrir les zones rurales les plus reculées, il faut inciter les agriculteurs à cette gestion communautaire car une meilleure organisation au niveau local donnera plus de poids aux acteurs locaux au niveau des instances régionales.

L'évolution de la gestion des territoires tient donc d'une part, dans des facteurs humains et d'autre part, dans des facteurs méthodologiques, qui bloquent ou freinent la mise en application de concepts et de plans d'action pour le développement. En effet, il existe sans doute un poids, un héritage, des politiques passées qui se répercutent durablement sur la perception et le degré d'acceptation des directives actuelles par les populations concernées.

Dans ce contexte, il est important de souligner l'évolution de la place qu'occupent (ou n'occupent pas) les populations locales dans l'élaboration de ces stratégies, l'importance des modes de fonctionnement traditionnels et d'une certaine méfiance vis-à-vis du « Fanjakana » au sens large (les lieux du pouvoir : Etat, bailleurs de fonds, notables...). C'est ce qui nous amène à penser que les facteurs de blocage ne sont pas seulement humains mais aussi méthodologiques. Si, dans les textes, la notion de participation est mise avant à partir des années 1980, son application reste néanmoins difficile. Il faut reconnaître que plusieurs tentatives ont été menées pour inclure au mieux les préoccupations et les logiques des « développés » par les « développeurs ». Cependant, il semble que nous restons encore trop souvent dans une approche descendante : la consultation s'effectue de plus en plus en amont des processus de recherche et de développement mais elle fait encore trop souvent défaut au

niveau de l'analyse et de la restitution. Il y a là une source de questionnement dans l'adéquation des temporalités de la recherche et une remise en question méthodologique à tous les niveaux face aux difficultés d'application des politiques sur le terrain.

Cependant, le développement agricole ne peut être envisagé sous le seul spectre des ressources en eau et des sols. Un point fondamental qui n'a pas été abordé est la nécessaire intégration entre agriculture et élevage. Les relations amont-aval ne peuvent pas être davantage ignorées sur un plan socio-économique, les populations elles-mêmes envoyant leurs troupeaux de zébus vers les hauts pendant la saison de culture rizicole. Quant aux tanety, comment espérer que les gens présents là et isolés de tout projet à cause de problèmes d'accessibilité, puissent être moteur à la fois de développement et de protection des ouvrages hydro-agricoles de l'aval, sans qu'un modèle d'intégration de l'agriculture et de l'élevage soit envisagé dans le cadre du bassin versant. Pour augmenter le revenu et la production des agriculteurs, il faut s'intéresser à l'ensemble de leur exploitation pour préserver au mieux l'environnement. Même si cette intégration agriculture – élevage n'a pas ou peu été développée dans le cœur du texte, centré sur la ressource en eau, une approche holistique nécessiterait de considérer le système agro-pastoral dans son ensemble : certaines des pratiques du SCV vont d'ailleurs dans ce sens puisque *Brachiaria* ou *Stylosanthes* sont à la fois des plantes de couverture pour protéger, restructurer et nourrir les sols et des plantes fourragères appréciées par le bétail. Cette intégration passe également par des points importants tels que la santé animale ou la mise en place de parc à bétail améliorés facilitant la récupération d'une fumure organique pour les parcelles.

Enfin, au-delà de la diversification de la production, il faut également envisager une diversification des activités puisque indéniablement le manque de terres et la tendance à l'émiettement du parcellaire ne permettront plus à tous les habitants du lac de continuer à vivre de l'agriculture et s'intéresser aux autres richesses de la région. Il faut préciser que l'ensemble du bassin versant de l'Alaoatra est classé zone Ramsar depuis 2003, en répondant à cinq des huit critères qui vérifient l'importance internationale de cette zone humide (Annexe 18 et 19). 1312^{ème} site au niveau mondial (sur 2144 en 2013), c'est le premier pour lequel est inscrit la spécificité 'bassin versant'⁹⁵. L'écotourisme est une des filières porteuses du PRDR et fait partie des programmes de l'axe stratégique n°4, au titre de la valorisation des ressources naturelles et de la gestion durable des écosystèmes et de la biodiversité. C'est une branche économiquement intéressante puisque « *le développement de ce secteur (biodiversité, ndr) a fait du tourisme une des principales entrées de devises du pays.* » (PNDR, 2008). Relativement bien développé dans le sud de la région avec le parc d'Andasibe – Mantadia vers Moramanga, le bassin de l'Alaoatra n'en est qu'à ses débuts mais possède de nombreux attraits au niveau touristique. Récemment, la convention Ramsar, qui protège les zones humides depuis 1971, a reconnu que le tourisme pouvait rendre un « service écosystémique » en signant un mémorandum de coopération avec l'organisation mondiale du tourisme en

⁹⁵ Sans que cela soit précisé 'bassin versant', il y avait tout de même le bassin du Ndiaël au Sénégal en 1977 et le bassin du Drugeon en France en 2003.

2010, puis en adoptant la résolution XI.7 sur « le tourisme, les loisirs et les zones humides » à Bucarest en juillet 2012 (Ramsar, 2012). Afin d'éviter que les revenus du tourisme comme il arrive souvent échappent aux acteurs locaux, il est important de garder une forte dimension culturelle dans les projets et de créer ainsi une dynamique avec la population.

Conclusion générale

Au fil du temps, les sociétés du lac Alaotra se sont adaptées aux diverses influences et aux apports successifs des vagues d'immigration dans un premier temps, puis ont fait face à une profonde volonté dirigiste des colons étrangers puis des structures d'Etat qui ont fortement marqué et transformé le paysage et les pratiques agricoles avec les aménagements en périmètres irrigués. Ces structures étatiques n'ont que peu pris en compte les stratégies paysannes en voulant transformer une agriculture familiale en agriculture de marché jusqu'aux années 1980, avec le début du transfert de gestion et de responsabilités à des associations d'usagers du réseau. C'est à partir de ce moment-là que le capital social et humain a commencé à être mis au cœur des projets de développement agricole, afin de favoriser l'implication des agriculteurs dans le bon fonctionnement de ces aménagements. En revanche, la dimension de protection des bassins versants, bien qu'elle ait été inscrite dès les premiers objectifs d'aménagement de la SOMALAC (avec, rappelons-le 40 000 hectares de tanety), reste jusqu'aux années 2000 un projet inachevé.

L'étude dans le temps long de la littérature « grise » et scientifique était nécessaire pour comprendre ce qui hypothèque aujourd'hui les chances de succès ou provoque les échecs dans la gestion de l'eau et des territoires. Il aura fallu synthétiser en replaçant dans leur contexte politique et socio-économique les actions envisagées par les pouvoirs successifs afin de cerner au mieux les besoins et les appuis à mettre en avant pour des futures actions de développement.

Si l'importance des actions et des productions « littéraires » du passé est une composante essentielle de toute recherche, le temps du présent (nouveau diagnostic de la situation) mais aussi celui du futur doivent également être pris en compte.

Avec le fonctionnement actuel des périmètres irrigués et les nouvelles orientations des projets de développement ruraux, on se rend bien compte que la maîtrise de l'eau est évidemment un facteur déterminant pour le développement agricole en général et pour la riziculture en particulier. La maîtrise de l'eau dans l'irrigation permet de sécuriser les rendements annuels des propriétaires et/ou exploitants au sein de ces périmètres irrigués :

« On croit aller à l'essentiel en caractérisant l'irrigation par la maîtrise de l'eau, et les objectifs sont implicitement contenus dans cette affirmation : la maîtrise de l'eau, c'est le contrôle, donc l'accroissement de la production agricole » (Funel et Laucoin, 1981).

C'est le temps de l'intensification par l'irrigation et le contrôle de l'eau. Mais l'importance de ces réseaux d'irrigation représente en matière de gestion et d'entretien un coût considérable pour les agriculteurs et s'ils apportent une certaine sécurité aux producteurs en terme de récolte annuelle, on note que cela crée parfois plus de disparités que de bénéfices étant donné que l'émiettement du foncier ne permet plus, comme cela était prévu à l'origine, de subvenir

aux besoins d'une famille. Ainsi, les parcelles au sein des périmètres ne représentent plus qu'une partie minoritaire de l'exploitation.

« C'est à l'agronomie moderne que revient d'avoir séparé les genres : le génie technique d'un côté, les travaux agricoles de l'autre. Cette coupure n'est-elle pas à l'origine de certaines des difficultés et contre-performances dans les opérations de greffe de la modernité sur les paysanneries traditionnelles ? » (Sautter, 1993).

On se rend donc bien compte que la maîtrise de l'eau, au-delà du contrôle technique, doit aussi être envisagée comme une maîtrise sociale de l'eau et il faut pour cela sortir de la logique des périmètres irrigués afin de prendre en considération les réalités paysannes et les potentialités d'évolution qui s'offrent à ces agriculteurs à travers un système (au sens holistique du terme) tourné vers l'étude de l'exploitation au sens large.

Nous l'avons vu, l'avenir de cette région ne peut pas tenir avec un seul appui aux périmètres irrigués et d'autres pistes, d'autres modalités de gestion de l'eau doivent être envisagées en particulier pour développer le potentiel agricole des tanety qui permettra d'augmenter le revenu des producteurs, de diversifier l'alimentation ainsi que les activités des familles et aussi de s'appuyer sur une meilleure intégration agriculture – élevage nécessaire dans la prise en compte des exploitations ; enfin, se tourner vers les amonts, c'est également préserver à la fois les ouvrages hydro-agricoles et la diversité biologique de l'ensemble du bassin versant de la forêt naturelle en amont jusqu'aux marais et au lac pour toujours aller vers plus d'intensification durable et de diversification des activités. Le potentiel de développement économique de cette région repose en effet sur l'ensemble de ces aspects. Au-delà du nécessaire changement des pratiques agricoles (avec le recours aux pratiques agro-écologiques par exemple), il faut également regarder à plus long terme à travers une gestion intégrée de la ressource en eau et les différents espaces qu'elle occupe. La maîtrise de l'eau n'est donc pas seulement une maîtrise technique ou sociale des eaux, c'est aussi une gestion à l'échelle du bassin versant, les eaux de ruissellement et les risques liés à l'hydrodynamique de surface sur des sols vulnérables de tanety et les apports en sédiments, les eaux de la forêt naturelle, véritable réservoir et source de production, ressource aussi pour réalimenter les barrages et enfin, les eaux rejetées tout en aval des périmètres dans le marais d'une biodiversité rare et jusqu'au lac Alaotra, domaine des pêcheurs. .

Il semble utopique d'établir des plans de gestion sans prendre en compte cet ensemble qu'est le bassin versant. Les actions à entreprendre pour chaque « toposéquence » sont certes différentes mais elles doivent appartenir à une même stratégie pour que chacun des acteurs, de l'amont à l'aval, puisse faire partie intégrante de l'amélioration du système. Protéger les bassins versants, c'est assurer une fonction de production d'eau mieux régulée et donc un développement plus durable. Une action, une méthode, un plan de gestion, peuvent servir trois objectifs à des échelles différentes :

- local (dans les amonts) : limiter les risques d'ensablement dans les rizières et améliorer les rendements, en faisant participer les acteurs locaux à une action de préservation du milieu qui peut leur être directement bénéfique, tout en limitant les problèmes de l'aval,
- aval : sauvegarde et sécurisation des périmètres par une plus grande maîtrise des flux hydrologiques : réguler les flux hydrologiques et les apports de sédiments qui provoquent l'exhaussement des cours d'eau et des ruptures de digues à l'aval,
- extrême amont (forêt naturelle) : intérêt conservatoire d'une forêt pluviale et des lambeaux forestiers qui sont défrichés régulièrement en raison d'un manque de terres arables.

On se dirige de plus en plus vers des démarches participatives. Mais la communication et l'intégration des savoirs doivent s'effectuer de façon transversale entre les disciplines et entre les corpus (recherche – ingénierie – technique – paysanne). Si l'interdisciplinarité est devenue pour beaucoup de chercheurs un paradigme ou tout du moins une manière de penser la recherche et un objectif à atteindre, il manque cette transversalité entre les connaissances sociétales et scientifiques en vue de la création d'un nouveau savoir commun dans cette chaîne du développement.

Que cela soit au niveau de l'agriculture, de la protection de l'environnement, de l'érosion, une fois que l'on a passé du temps avec les agriculteurs et gagné un peu leur confiance, le discours est toujours le même : le défilé des vulgarisateurs et des projets, aux consignes parfois contradictoires, (repiqués serrés vs repiqués espacés par exemple) lassent grandement les agriculteurs. Et ce n'est pas nouveau :

« La compétence agronomique ne suffit pas quand on veut faire faire à des paysans traditionnels l'apprentissage difficile de nouveaux modes de culture et de nouvelles formes d'organisation sociale. Il y faut aussi une qualification humaine plus rare : l'aptitude à mériter la confiance et l'estime d'hommes qu'une longue expérience de la misère et de la dépendance a rendus légitimement méfiants. » (Lapierre, 1964).

C'est pourquoi il devient nécessaire de se tourner vers une gouvernance sociale de l'eau qui prenne en compte la dimension des institutions traditionnelles dans la gestion d'un espace et intégrer cette démarche participative selon trois temporalités : en amont des processus de recherche, dans l'analyse elle-même et dans la restitution des résultats (Tress, Tress et Fry, 2006). L'eau est un bien commun et sa gestion doit s'effectuer dans un sens de patrimonialisation de cette ressource.

« Les actions à mettre en œuvre sont propres à chaque territoire, à chaque « site », c'est-à-dire qu'elles doivent associer chaque société locale en respectant sa culture, en renforçant son « sentiment d'appartenance. » (Zaoual, 2008, in Guesnier 2010)

Repenser l'eau en agriculture pour améliorer l'alimentation, réduire la pauvreté, préserver les écosystèmes passe donc par un appui à un système intégré de l'agriculture, l'élevage et la pêche (non traité dans ce travail), mais aussi par un renforcement du capital humain par la formation et des appuis institutionnels pour accompagner les changements d'un agro-écosystème au sein d'un bassin versant.

« The way in which the concept of Integrated River Basin Management is to be operationalized will vary widely between countries and is likely to evolve constantly, in the endless search for elusive governance units that would unite nature and societies. » (Molle, 2006)

La formation, l'éducation et la santé sont souvent les parents pauvres des programmes de développement ruraux portés par les bailleurs de fonds. Mais les choses changent : depuis 2011, Madagascar a lancé le réseau FARMADA qui s'inscrit dans cette dynamique de Formation Agricole et Rurale (Réseau FAR). Ce genre d'initiatives doit être favorisé en améliorant le dialogue au niveau institutionnel entre le Ministère de l'Agriculture et le Secrétariat d'Etat chargé de l'Enseignement Technique et de la Formation Professionnelle. Dès 2009, des initiatives montrent l'intérêt et la réelle volonté d'harmoniser la formation agricole et rurale (Bene, 2012). Cette question de la formation agricole n'est pas neuve à Madagascar⁹⁶ (Annexe 20) mais pourtant ce volet ne s'est jamais vraiment donné les moyens de ses ambitions.

C'est probablement vers un nouveau paradigme qui intégrerait des solutions aux problèmes de gestion et de développement territorial que nous avons montré à travers le prisme de la maîtrise de la ressource en eau et vers de nouvelles modalités de gestion qu'il faut se tourner : favoriser l'initiative locale, accompagner, former, bref investir dans ce capital humain. En interrogeant les liens entre maîtrise de l'eau et progrès agricole, ce parcours de thèse m'a amené à penser une dimension plus méthodologique du développement et de la communication entre les différentes parties prenantes. D'un dirigisme certain à une recherche de plus de participation, il reste encore de nombreuses difficultés et défis à relever.

Un peu désabusé, à la fin d'une discussion avec un agriculteur, il me dit :

« Ce sont mes enfants, j'espère, qui verront le développement ici. »

⁹⁶ En 1820, des missionnaires créent la première école malgache, appuyée par le Code des 101 articles de 1876 qui définit les règles du système éducatif. Le premier établissement de formation agricole date quant à lui de 1915 : l'Ecole Pratique d'Agriculture.



Bibliographie

AFD, 2006, Le semis direct sous couverture végétale permanente (SCV), Paris, France, 68 p.

Agrisud International, 2010, L'agroécologie en pratiques, Guide Edition 2010, 188 p.

Andri-ko, 2008, Evaluation de la production agricole par le sondage de rendement pour la campagne 2007-2008 dans la région du lac Alaotra – Lot 1 : Evaluation de la production sur les périmètres irrigués PC 15 – Vallée Marianina, Andri-ko – CIRAD – AFD, 70 p.

Andriamboahangy B., 1973, Confrontation de l'état civil avec un recensement : un exemple dans la préfecture d'Antsirabe, Cahiers Orstom, vol. 10 (4), pp. 361-370

Andrianasetra Ranarijaona H., 1999, La flore des eaux stagnantes de Madagascar (lacs, marais et étangs) : essai de typologie, Thèse 3ème cycle, Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, 187 p. + annexes

Association-Tefy-Saina, 1995, Coutts de Revient Dans les Systèmes de Riziculture Divers, National Workshop on SRI, Antananarivo

Banque mondiale, 2003, Madagascar - Revue du secteur rural et environnemental volume 1, rapport principal n°26106, 70 p.

Banque mondiale, 2013, Implementation completion and results report – Transport, infrastructure investment project, Report n° ICR 1935, 69 p.

Belle M., 2010, Vallée Marianina, commune rurale d'Ilafy, Ambatondrazaka : d'une gestion de l'eau à une gestion de territoire, Région Alaotra – Mangoro, Madagascar, Mémoire de Master 1, Université J. Moulin Lyon III, 83 p.

Bene S., 2012, Analyse comparée des processus de mise en œuvre et de transformation des dispositifs de formation agricole et rurale dans trois pays d'Afrique : Cameroun, Maroc et Madagascar, vol. 5 Etude à Madagascar, 110 p.

Bergeret A., 1967, Les sociétés d'aménagement agricole à Madagascar, volume 1 : Rôle et cadre législatif – présentation globale des différentes sociétés ; volume 2 : La SOMALAC : société malgache d'aménagement du lac Alaotra, Institut de recherches et d'application des méthodes du développement, 400 p.

Bernoux M., Cerri C.C., Cerri C.E.P., Siqueira Neto M., Metay A., Perrin A.S., Scopel E., Razafimbelo T., Blavey D., Piccolo M. de C., Pavei M., Milne E., 2006, Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, Agronomy for sustainable development, 26, 8 p.

Bertrand A., 2004, Appui en transfert de gestion, filières socioéconomiques des produits forestiers et procédures d'adjudication simplifiée, rapport d'étude, FFEM-CIRAD, 33 p.

Bertrand A., Rabesahala Horning N., Montagne P., 2009, Gestion communautaire ou préservation des ressources renouvelables : Histoire inachevée d'une évolution majeure de la politique environnementale à Madagascar, Vertigo [En ligne], Volume 9, Numéro 3, 28 p.

Birie-Habas J., Schreder R., 1962, Deux années de mixed farming – 1959-1960, IRAM, station du lac Alaotra, L'agronomie tropicale, n°2-3, février-mars 1962, pp. 143-157

Blanc-Pamard Ch., Fontanel P., Laucoin G., Raymond Cl., 1984, La SOMALAC à Madagascar : production, organisation et économie du riz – conclusions, Mission d'évaluation sous la direction de Funel J.M., Ministère des relations extérieures – coopération et développement, 15 p.

Blanc-Pamard Ch., Milleville P., 1985, Pratiques paysannes, perception du milieu et système agraire, pp. 101-138, in A travers champs. Agronomes et Géographes, Paris, ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, 297 p.

Blanc-Pamard Ch., 1987, Systèmes de production paysans et modèle rizicole intensif : deux systèmes en décalage. L'exemple des riziculteurs de la SOMALAC sur les Hautes Terres centrales de Madagascar, Cah. Sci. Hum., 23 (3-4), pp. 507-531

Blanc-Pamard Ch., Lericollais A., 1990, "ABECEDAIRE", in Tropiques, Lieux et Liens, pp. 29-54, Paris, Editions de l'ORSTOM, coll. Didactiques, 616 p.

Bonnier F., 2006, Le bassin versant de Bevava – Evolution du paysage, modalités de gestion passée et future de la réserve forestière, Mémoire de Maîtrise Université J. Moulin Lyon 3, 75 p.

BRL, 2005, Diffusion des techniques de semis direct sur couverture végétale, zones vallées du sud-est et d'Imamba – Ivakaka, rapport de campagne pour le projet BVLac saison 2004-2005, CIRAD – AFD, 64 p.

BRL, 2011, Rapport final de campagne 2010-2011, Lot 3 : vallées du sud-est, 132 p.

Bruinsma J., 2009, The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050 ? Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, 24 – 26 June 2009, FAO, 33 p.

CACG, 2000, Etude de faisabilité d'un projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra, 4 vol., 388 p.

Callet R.P., 1908, Histoire des Rois – Tantara ny Andriana, 5 tomes, Librairie de Madagascar, 1878

C.A.M.V.A.L. (Comité d'Aménagement et de Mise en Valeur de l'Alaotra), 1960, Extraits du rapport du C.A.M.V.A.L. – Chapitre I : Les aménagements hydro-agricoles, Bulletin de Madagascar, n°165-166, pp. 115-125

Chabierski S., Dabat M.-H., Grandjean P., Ravalitera A., Andriamalala H., 2005, Une approche socio-éco-territoriale en appui à la diffusion des techniques agro-écologiques au Lac Alaotra, Madagascar, IIIe World Congress on Conservation Agriculture: Linking Production, Livelihoods and Conservation, Nairobi, Kenya, 3rd to 7th October, 8p.

Chaboud C., Froger G., Méral P. (dir.), 2007, Madagascar face aux enjeux du développement durable, Paris, Karthala, 308 p.

Chalvin A., 2006, MAFF : un mode de formation aux pratiques culturales rizicoles intensives à Madagascar, Facteurs et processus de diffusion, Projet BVLac, 17p + annexes.

Charmes J., 1973, De la rente foncière au capitalisme agraire : transformation des structures sociales sur les périmètres d'Anony et Sahamaloto (SOMALAC), Terre malgache = Tany malagasy, 15, pp. 127-149

Charmes, J., 1975, Métayage et capitalisme agraire sur les périmètres nord de la Somalac, Cahier ORSTOM, Série Sciences Humaines, Vol. 12-3, pp. 259-282

Charpentier H., Andriantsilavo M., Andriamandraivonona H., Razanamparany C., 2004, Projet d'appui à la diffusion de l'agro-écologie à Madagascar, rapport de campagne 2002-2003, Madagascar, CIRAD/TAFA/AFD, 72 p.

Chavanes B., 1983, Les sihanaka, structures traditionnelles, ronéotypé, 96 p. + annexes

Chevalier A., 1946, Cinquante années d'efforts scientifiques et sociaux pour le développement de l'agriculture malgache, Revue internationale de Botanique Appliquée, n°286 bis, pp. 340-351

Chevalier L., 1952, Madagascar, populations et ressources, Travaux et Documents, Cahier n° 15, Paris, Ined/Puf, 212 p.

Ciolina F., 1946, Hydraulique agricole et riziculture à Madagascar, Revue internationale de Botanique Appliquée, n°286 bis, pp. 405-422

Cipollone G. (dir.), 2008, Christianisme et droits de l'homme à Madagascar : un siècle d'évangélisation dans la région Alaotra-Mangoro, Karthala, 346 p.

CIRAD, 2012, Manuel pratique du semis direct à Madagascar, Volume IV : les systèmes à proposer, Antananarivo, CIRAD, 60 p.

Clavel D., Barro A., Belay T., Lahmar R., Maraoux F., 2008, Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique Sahélienne : le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie, Vertigo (en ligne), Vol. 8, n°3, 20 p.

Clément R., 1949, Une région d'avenir : le lac Alaotra, Entreprises et produits de Madagascar, n°1, pp. 65-70

Collas P., 2006, Appui à un aménagement forestier à Bevava, Rapport de mission, CIRAD, 32 p.

Commissariat général au plan, 1962, Economie Malgache - Evolution 1950-1960, République Malgache, Paris, Commissariat général au plan, 277 p.

Coordination Sud, 2012, Pour une justice sociale de l'eau : garantir l'accès à l'eau aux agricultures familiales du sud, rapport de la commission agriculture et alimentation, 68 p.

Cours G., 1950, Chroniques de la grande île – Notes économiques : la mise en valeur du lac Alaotra, Entreprises et produits de Madagascar, n°5, pp. 173-183

De Laulanié H., 1993, Le système de riziculture intensive malgache, Tropicultura, 11-3, pp.110-114

De Laulanié H., 2003, Le Riz à Madagascar, un développement en dialogue avec les paysans, édition Karthala, 288 p. (Testament socio-agricole rédigé en 1989 sous le titre « De la subsistance d'hier à la productivité de demain »)

Delenne M., 1973, La population du PC23 (lac Alaotra) devant les nouveaux aménagements de la SOMALAC : étude géographique, Tananarive : ORSTOM, 1973, 175 p. multigr.

Delenne M., 1976, Un type de migrations et d'aménagement agricole sur les hautes terres malgaches : le sud-ouest de l'Alaotra – des riziculteurs à la conquête du marais, Thèse, Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Nice, 336 p.

Demeringo H., 2005, Les techniques rizicoles au lac Alaotra à Madagascar : Analyses et propositions pour une meilleure gestion des systèmes de culture sous couvert végétal hors périmètre irrigué, Mémoire de DESS, Université Paris XII, 123 p.

Derpsch R., 2005, The extent of Conservation Agriculture adoption worldwide: Implications and impact, III World Congress on Conservation Agriculture : « Linking Production, Livelihoods and Conservation », 3rd to 7th October 2005, Nairobi, Kenya, 15 p.

De Vergnette J. (inspecteur des Eaux et Forêts), 1961, Expérience et travaux de reboisement forestier et de restauration des sols – Les travaux du Service des Eaux et Forêts du Lac Alaotra

Dez J., 1966, Les feux de végétation - Aperçus psycho-sociologiques, Bulletin de Madagascar, n°247, décembre 1966, pp. 1211-1229

Dez J., 1967, Les structures de base du développement agricole, d'hier à aujourd'hui, Colloque de Mantsoa, 23-25 février 1967 – Centre d'Etudes rurales de la Faculté de Droit et des Sciences Economiques de Madagascar

Dobermann A., 2004, A critical assessment of the system of rice intensification (SRI), Agricultural Systems, 79, pp. 261-281

Domas R., Andriamalala H., 2008, La diffusion des techniques de semis direct sur couverture végétale, Rapport de campagne (2007-2008), BRL, projet BVLAC, juin 2008

Dostie B., Randriamamonjy J., Rabenasolo L., 1999, La filière manioc : amortisseur oublié des vulnérables, INSTAT – Cornell – USAID, 36 p.

Droy I., 1994, Madagascar, de la gestion étatique à la gestion paysanne – le projet de réhabilitation des petits périmètres irrigués, International irrigation management institute – réseau recherche-développement, 27 p.

Droy I., 1998, Que sont les greniers à riz devenus ?, Autrepart, 7, pp. 89-110

Ducourau A., 1945, L'avenir agricole de l'Alaotra, Revue de Madagascar, n°sp., pp. 92-96

Du Maine, 1792, Mémoire sur Madagascar : idée de la côte occidentale de Madagascar, 64 p.

Dumont R., 1959, Evolution des campagnes malgaches. Quelques problèmes essentiels d'orientation et de modernisation de l'agriculture malgache, Tananarive, Imprimerie officielle, 235 p.

Durufié G., Fabre P., Yung J.M., 1988, Les effets sociaux et économiques des projets de développement rural, manuel d'évaluation, Ministère de la Coopération, 201p.

Erismann J., 2006, Structure et fonctionnement du bassin versant de Bevava, Mémoire de Maîtrise sous la direction de M. Mietton, Université J. Moulin Lyon 3, 67 p.

Erismann J., 2007, Les lavaka de Madagascar – synthèse bibliographique et étude de cas : le bassin versant de la Sasomangana sud est du lac Alaotra, mémoire de master 2 Recherche sous la direction de M. Mietton, Université Lyon III, 95 p.

FAO – UPDR, 2000, Diagnostic et Perspectives de la Filière Riz à Madagascar, Rapport, Ministère de l'Agriculture, Unité Politique de Développement Rural (UPDR) FAO-CIRAD, 89 p.

FAO, 2003, Economie de l'agriculture de conservation, Service de gestion des terres et de la nutrition des plantes, Division de la mise en valeur des terres et des eaux, 63 p.

FAO, 2005, L'irrigation en Afrique en quelques chiffres, enquêtes Aquastat – 2005, FAO Rapports sur l'eau n°29, 638 p.

Fernandez M.F., 1970, Contribution à l'étude du peuplement ancien du lac Alaotra, Taloha, n°3, pp. 3-54

Ferry L., Garreta Ph., 1989, Etudes hydrologiques dans la région du lac Alaotra – Rapport final, tome II, Annexes 1 Barèmes d'étalonnage – Fichier des débits journaliers, ORSTOM, 158p.

Ferry L., Mietton M., Robison L., Erismann J., 2009, Le lac Alaotra à Madagascar – passé, présent et futur, Zeitschrift für Geomorphologie, 53-3, pp. 229-318

Flacourt (de), 1661, Histoire de la grande isle, avec une relation de ce qui s'est passé les années 1655, 1656 et 1657, non encore venu par la première impression, Paris, 507 p.

Friedrich T., Derpsch R., Kassam A., 2012, Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture, Field Actions Science Reports [Online], Special Issue 6, Reconciling Poverty Eradication and Protection of the Environment, 7 p.

Froidevaux H., 1896, Un explorateur inconnu de Madagascar au XVIIème siècle François Martin, Paris, MDCCCXCVI, Impr. Nationale, extrait du Bulletin de Géographie historique et descriptive, pp. 5-44

Fujiki K., 2012, Les disparités spatiales vis-à-vis de l'eau dans une zone stratégique de riziculture à Madagascar : vallée Marianina et PC 15. Région de l'Alaotra-Mangoro, mémoire de Master 1 sous la direction de M. Mietton, Université Lyon III, 151 p. + annexes

Funel J.M., Laucoin G., 1981, Politiques d'aménagement hydro-agricole, Techniques vivantes, développement en zones arides, PUF, 212 p.

Funk E., Silvestrini S., 2012, Final evaluation report of « SCAMPIS » - Scaling up micro-irrigation systems in India, Madagascar and Guatemala, on behalf of IFAD, Center for evaluation, Saarland University, 90 p.

Gastineau B., Sandron F., 2006, Démographie et environnement à Madagascar, Economie rurale, n°294-295, juillet-octobre 2006, pp. 41-56

Gaudin T., 1994, L'aménagement du territoire vu de 2100, La Tour d'Aigues, ed. de l'Aube, 119 p.

Garin P., 1998, Dynamiques agraires autour de grands périmètres irrigués : le cas du lac Alaotra à Madagascar, thèse de géographie sous la direction de J.P. Raison, Université de Paris X, 466 p.

Gendarme R., 1960, L'économie de Madagascar, diagnostic et perspectives de développement, Etudes malgaches, centre d'études économiques, Institut des hautes études de Tananarive, Cujas (ed.), 211 p.

Gendreau F., 1969, Quelques aspects de la recherche en démographie à Madagascar, Cahiers Orstom, série Sciences humaines, vol. 6 (4), pp. 93-127

Gersar-BRL, 1988, Etude pour l'aménagement des vallées du sud-est du lac Alaotra – avant-projet sommaire et faisabilité, Entreprise socialiste SOMALAC, 43 p. + annexes

Gersar-BRL – SOCOTEC Madagascar EEDR Mamokatra, 1990, Etude des vallées du sud-est du lac Alaotra, vallée de la Sasomangana, Avant projet détaillé, Ministère de l'agriculture et du patrimoine foncier, 88 p.

Gersar-BRL - BEST, 1995, Appui aux services de l'agriculture et aux associations d'usagers de l'eau des vallées du sud-est et de la rive ouest du lac Alaotra – mois de janvier au mois de mars, Ministère du développement rural et de la réforme foncière et Direction du génie rural, 76 p.

Gillain J., 1992, La méthode de riziculture améliorée sur les Plateaux malgaches, Antsirabe, DRDR, document multigraphié

Granier P., 1967, Le rôle écologique de l'élevage dans la dynamique des savanes à Madagascar, Tananarive, IEMVT, 80 p. multigr.

Griffon M. (ed.), 1995, Vers une révolution verte : actes du séminaire du 8 et 9 nov. 1995, Poitiers, CIRAD, 206 p.

GSDM, 2006, Le semis direct sur couverture végétale permanente. Enjeux et potentiel pour une agriculture durable à Madagascar, Husson O., Rakotondramanana (eds), Voly rakotra. Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar, pp. 1-10

Guesnier B., 2010, L'eau et le développement durable : un couple en rupture sans gouvernance sociétale et coopération décentralisée, 15 p. Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 1, n° 1

Hastie J., 1903, Le voyage de Tananarive en 1817 – manuscrits de James Hastie, Bulletin de l'Académie Malgache II, 3^{ème} et 4^{ème} trimestres, pp. 91-114, pp. 173-192, pp. 241-269

Hazell P., Poulton C., Wiggins S., Dorward A., 2007, The future of small farms for poverty reduction and growth, 2020 Discussion, n°42, Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute, 52 p.

Husson O., Séguy L., Charpentier H., Rakotondramanana, Michellon R., Raharison T. et al., 2013, Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar, GSDM/CIRAD, Antananarivo, 716 p.

Indian Ocean Atlas, 1979, Central Intelligence Agency, Office of economic research, Washington, 80 p.

Jenn-Treyer O., Dabat M-H., Grandjean P., 2007, Une deuxième chance pour le système de riziculture intensive à Madagascar ? La recherche d'un compromis entre gain de productivité et investissement en facteur de production, Communication au colloque scientifique « Dynamiques rurales à Madagascar : perspectives sociales, économiques et démographiques, Antananarivo, 23-24 avril 2007, 28 p.

Joelibarison, 2002, Evaluation of Nutrient Uptake and Nutrient-Use Efficiency of SRI and conventional rice cultivation methods in Madagascar, in Uphoff et al., 2002

Julien G., 1900, Code des 305 articles : promulgué par la Reine Ravalomanana II, le 29 mars 1881, traduit et annoté par l'auteur, Tananarive, Impr. Officielle, 94 p.

Karpe Ph., Rakotomalala F.-V., Raminintsatry S.-H., 2004, De la mise en œuvre des normes législatives en général et du rapport GeLoSe/GCF en particulier, note d' étape, Consortium Resolve-URP-IRD, 8 p. + annexes

Katayama T., 1931, Analytical studies of tillering in paddy rice, J. Imp. Agric. Exp. Stn Jpn 1, pp. 327-374

Katayama T., 1951, Ine mugo no bungetsu kenkyu (Studies on tillering in rice, wheat and barley), Yokendo Publishing, Tokyo

Kling, 1957, Toponymie malgache, Bulletin de Madagascar, n°136, pp. 787-818

Lacombe B., 1973, Deux études sur l'état civil de Madagascar, Cahiers Orstom, vol. 10 (4), pp. 343-370.

Lacombe B., 1975, « Bibliographie commentée des études de population à Madagascar », Initiations-Documentations techniques, n°27, Paris, Orstom

Laffay Dr., 1902, Le bassin lacustre de l'Alaotra, Revue de Madagascar, n°7, pp. 22-38

Lagourgue L., 2002, Le semis direct en France : ses conditions d'adoption et de diffusion, ses réussites et ses échecs. Mémoire de DESS « Développement Rural », Université Lumière Lyon 2, 79 p.

Lapierre J.W., 1964, Les transformations de la société rurale dans la région du lac Alaotra, Civilisation malgache, série sciences humaines, n°1, pp. 203-223

Lapierre J.W., 1967, Les transformations de la société rurale dans la région du lac Alaotra – difficultés et problèmes d'une action de développement, Economies et Sociétés, Cahiers de l'ISEA, n°2, février 1967

Laurent F., Leturcq G., Mello I., Corbonnois J., Verdum R., 2011, La diffusion du semis direct au Brésil, diversité des pratiques et logiques territoriales : l'exemple de la région d'Itaipu au Paraná, Confins [Online], 12, 22 p.

Le Bourdieu F., 1978, Hommes et paysages du riz à Madagascar, étude de géographie humaine, Imprimerie de Foiben-Taosarintainin'i Madagasikara, 648 p.

Le Chevanton, 1952, La culture du riz dans les provinces. L'Alaotra, Entreprises et Produits de Madagascar, n° 11-12, avril 1952, Tananarive, pp. 7-15

Ledoux N., 2012, Analyse, amélioration et valorisation de la base de données mutualisée « Manamora » utilisée dans le cadre du Projet « Appui au Programme National en Agroécologie mené par le Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM), Rapport de stage, ENSAT, 59 p.

Lentier D., Martin X., 2004, Les périodes de soudure, déterminant de la sécurité alimentaire des Ménages agricoles ? Le cas de la zone rurale de Manakara -SE de Madagascar, CNEARC

Longuefosse, 1922, L'Antsihanaka, Bull. économique de Madagascar, pp. 223-248

Longuefosse, 1923, L'Antsihanaka, Bull. économique de Madagascar, pp. 111-134

Longuefosse M., 1925, L'Antsihanaka, Bulletin économique de Madagascar, n°1 et 2, 1^{er} et 2^{ème} trimestre 1925 pp. 5-47

Louzoun M.G., 1967, Le remembrement au lac Alaotra, Terre malgache – Tany malagasy, juin 1967, Université de Madagascar - Ecole nationale supérieure agronomique, pp. 101-128

Mampionona Miora, 2010, Randrianonibelaza, le prince du lac célèbre, pp. 285-292, in Terramorsi B., 2010, Les filles des eaux dans l'océan indien, mythes, récits, représentations, actes du colloque international de Toliara, 562 p.

Mantoux C., Verin P., 1969, Traditions et archéologie de la vallée de la Mananara (Imerina du Nord), Tananarive, Bulletin de Madagascar, n° 250, pp. 966-985

Massonnet A., 2012, SRI, défis alimentaires et sous-développement à Madagascar, Mémoire de Master 2, Université Paris IV, 91 p.

Mayer J., Bonnefond R., 1973, Les rizicultures paysannes : améliorations possibles, Secrétariat d'Etat aux affaires étrangères, Paris, 216 p.

Mayeur N., 1777, Voyage dans le Sud et l'intérieur des terres rédigé par Froberville, Bulletin de l'Académie Malgache, 1913, vol. XII, 1^{ère} partie

Mietton M., 1998, Erosion et gestion des savanes de l'Ankarafantsika, Rapport d'expertise pour C.I., 32 p.

Mietton M. 2004, Rapport d'expertise à Ambatondrazaka auprès du Projet BVLac, CIRAD-AFD, 37 p.

Mietton M. avec la collaboration de Bonnier F., Erismann J., Grisorio E., 2005, Rapport de fin de mission « Erosion » à Ambatondrazaka (Madagascar) auprès du projet BVLac – CIRAD – AFD, 23 p.

Mietton M. avec la collaboration de Erismann J., 2006, Rapport de fin de mission à Ambatondrazaka (Madagascar) auprès du projet BVLac – CIRAD – AFD, 10 juillet – 20 juillet 2006, 21p.

Mietton M., 2007, Rapport de mission « Environnement » auprès du projet BVLac, Ambatondrazaka, Madagascar, 10 p.

Mietton M., 2011, Rapport de fin de mission « Environnement » à Ambatondrazaka (Madagascar) auprès du projet BVLac – CIRAD – AFD, 16 p.

MAEP, 2004, Monographie de la région d'Ambatondrazaka, 164 p.

Molden D. (dir.), 2007, Water for food, water for life : a comprehensive assessment of water managment in agriculture, Earthscan, 645 p.

Molet L., 1957, Petit guide de toponymie malgache, Institut de recherche scientifique de Madagascar section des Sciences Humaines, Tananarive – Tsimbazaza, 62 p.

Molle F., 2006, Planning and managing water resources at the river-basin level : Emergence and evolution of a concept. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, Comprehensive Assessment Research Report 16, 38p.

Molle F., 2012, La gestion de l'eau et les apports par la political ecology, pp. 219-240, in Gautier D., Benjaminsen T.A. (dir.), 2012, Environnement, discours et pouvoir : l'approche political ecology, Quae, Paris, 256 p.

Montagne P., Ramamonjisoa B., 2006, Politiques forestières à Madagascar, entre répression et autonomie des acteurs, Economie rurale, 294-295, juillet-octobre 2006, 19 p.

Monteith, J.L., 1965, Evaporation and environment, pp. 205-234. In G.E. Fogg (ed.) Symposium of the Society for Experimental Biology, The State and Movement of Water in Living Organisms, Vol. 19, Academic Press, Inc., NY.

Moreau D., 1987, L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic, GRET – Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, 125 p.

Moser C.M., Barrett C.B., 2003, The disappointing adoption of a yield-increasing, low extenal-input technology : the case of SRI in Madagascar, Agricultural Systems, 76, pp. 1085-1100

Nambena S.M., 2008, Proposition de procédure de délimitation des fokontany dans les communes d'intervention du Projet BVLac – version provisoire, Projet BVLac – CIRAD – AFD, 8 p.

Nicoud G., Mietton M., 2009, Rapport de mission à Ambatondrazaka auprès du projet BVLac, avec la participation de J. Erismann et H.N. Razatovomanitriniarivo, 23 p.

ONE, 2006, Profil environnemental Région Alaotra Mangoro, 139 p.

ONU-FAO-OIT, 1966, Progrès de la réforme agraire : quatrième rapport, New York, 215 p.

Ottino P., 1965, Notables et paysans sans terre de l'Anony (lac Alaotra), Cahiers de l'Institut de Science Economique Appliquée, pp. 133-188

Pélissier P., 1966, Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance, 974 p.

Pélissier P., 1995, Les riziculteurs des Hautes Terres malgaches et l'innovation technique, pp. 182-204, in Campagnes africaines en devenir, Arguments, Paris, 318 p.

Penman, H.L., 1948, Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. Proc. Roy. Soc. London A193, pp. 120-146

Penot E., Domas R., Andriamalala H., Hyac P., Dupin B., Durand B., Nave S., Rabenandro T.H., Rasolomanjaka J., 2009, Place et rôle du riz pluvial dans les systèmes de production du lac Alaotra, Atelier national sur la recherche et le développement du riz pluvial à Madagascar, Antsirabe, 14 et 15 octobre 2009, FOFIFA, CIRAD, Université d'Antananarivo, 33 p.

Pernet R., 1953, Influence de la végétation sur l'évolution organique des sols gneissiques et basaltiques, Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, Série D, Tome V, pp. 251-286

PNDR, 2008, Repoblikan'i Madagasikara, 100 p.

PRDR, 2006, Repoblikan'i Madagasikara, 126 p.

Quintard (Ltn.), 1898, Le pays Sihanaka ou cercle d'Ambatondrazaka – Géographie, Notes, reconnaissances et explorations, Tananarive, pp. 1016-1051

Rabehevitra, 1989, La vie rurale sur la bordure est et nord du lac Alaotra : contribution à l'étude géographique des conditions paysannes, thèse sous la direction de Cabot J., Montpellier 3, 386p.

Rabenandro T., Dupin B., Hyac P., 2009, Guide synthétique d'agronomie et d'agro-écologie dans le contexte du lac Alaotra, AVSF, Projet de lise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra (BV Lac Alaotra), Min Agri – AFD – CIRAD, 47 p.

Raboanarielina C.M., 2012, The forgotten resource : community perspectives on conservation and well-being in Zahamena national park, Madagascar, Madagascar conservation and development, Vol. 7, Issue 2S, Nov. 2012, pp.70-78

Rahanirina B.V., 2009, Valorisation économique de la biodiversité par les contrats de bioprospection et la filière huiles essentielles : Le cas de Madagascar, Thèse, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, 424 p.

Raison J-P., 1984, Les hautes terres de Madagascar et leurs confins occidentaux : enracinement et mobilité des sociétés rurales, 2 volumes, Karthala, 1256 p.

Rakotoanosy A., non daté, Les Sihanaka. Structures traditionnelles, SOMALAC, Ambongalava, Ronéo, 96 p.

Rakotomalala, H.W., 1997. Comparaison entre la Riziculture Traditionnelle et le Système de Riziculture Intensive dans La Région de Ranomafana, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo

Rakotosihanaka P., 1995, L'espoir dans la terre, ed. Cristal, Ambatondrazaka, 44 p.

Ramilison E., 1952, No loharanon'ny Andriana nanjaka teto Imerina Andriantomara – Andriamamilaza, Tananarive, 2 fascicules, 211 p.

Ramsar, 2012, Résolution XI.7 : le tourisme, les loisirs et les zones humides, 11^{ème} session de la Conférence des parties à la convention sur les zones humides : « Les zones humides : lieux de vie et destinations », du 6 au 13 juillet 2012, Bucarest, Roumanie, 11 p.

Randrianarison L., Andrianirina N., Ramboarison R., 2009, Dimensions structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural – Programme RuralStruc Phase II, Rapport de synthèse du Programme RuralStruc II pour la Banque Mondiale, Antananarivo, 228 p.

Rattray J.M., 1960, The grass cover of Africa, FAO Agricultural studies, n°49, Rome, 168 p.

Raunet M., Séguy L., Fovet Rabots C., 1999, Semis direct sur couverture végétale permanente du sol : de la technique au concept, 9 p., in Rasolo F., Raunet M. (ed. sc.), 1999, Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture, Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998, Anae, Cirad, Fafiala, Fifamanor, Fofifa, Tafa, Montpellier, France, Cirad, collection Colloques, 658 p.

Razafimanantsoa R., 2008, Analyse de l'échec et de la diffusion du système de riziculture intensive à Madagascar, Mémoire de DESS en développement local et gestion des projets, Université d'Antananarivo, 55 p.

Razafimanjato J. Y., Randriamanjakaso J. H. Rafaralahy Rabeza V., Allman J., 2001, La situation démographique de Madagascar, Population, 2001-4, Vol. 56, pp. 657-668

Razafimpahanana B., 1972, Le paysan Malagasy, Points de vue sur la société malagasy, T.P.L., Tananarive, 108 p.

Razakamiarmanana, 1995, Le SRI : le riz miraculeux, Karoka, vol. 11, pp. 10-12

Razanaka S.J., 2000, Le dina, un mode de gestion communautaire moderne (Madagascar), pp. 177-191, in Compagnon D., Constantin F. (dir.), 2000, Administrer l'environnement en Afrique – gestion communautaire, conservation et développement durable, Karthala, 494 p.

Remuzat Cl., 1987, Les racines de l'antsihanaka – 1^{er} volume : des bakozetra au Tetivohitra, Mémoire de DEA sous la direction de G. Belloncle, Université F. Rabelais de Tours, 177 p.

Resolve Conseil, 2005, Evaluation et perspectives des transferts de gestion des ressources naturelles dans le cadre du Programme Environnemental 3, Antananarivo, Rapport final de synthèse, 55 p.

Rollot Ch., 1921, Mise en valeur de la plaine du lac Alaotra, Bulletin économique de Madagascar, 4^e trimestre, pp.243-254

Rotival M., 1952, Essai de planification organique de l'île de Madagascar, Tananarive, Service géographique de Madagascar, 67 p., cartes

Rouveyran J.C., Chavanes B., 1970, Approche descriptive et quantitative de l'Agriculture Malgache, Revue économique de Madagascar, n°5, 1970, in SCET, 1971, Etude de Didy – vol.II, pp. 69-72

Roy G., 1965, SOMASAK, bilan de quatre années d'action, Convention entre le Commissariat général au Plan et l'ORTOM

Sautter G., 1985, La géographie comme idéologie ? Cahiers de géographie du Québec, Vol. 29, n° 77, p. 193-203

Sautter G., 1993, Parcours d'un géographe, des paysages aux ethnies, de la brousse à la ville, de l'Afrique au monde, 2 volumes, Paris, Ed. Arguments, 708 p.

SCET Coopération, 1963, Lac Alaotra, étude des périmètres Anony Sahamaloto, Commissariat général au Plan, République malgache, 154 p. + annexes

SCET Coopération, 1965, Lac Alaotra, étude des périmètres PC 15 et vallée de la Sasomangana, République malgache – Ministère d'Etat chargé de l'agriculture, de l'expansion rurale, et du ravitaillement, 212 p. + annexes

Séguy L., 2000, Systèmes de cultures durables en semis direct et avec minimum d'intrants, protecteurs de l'environnement. Création-diffusion de ces systèmes, en petit paysannat, dans différentes régions écologiques de Madagascar, Rapport de mission, AFD, CIRAD, TAFA, ANAE, FOFIFA, FIFAMANOR, FAFIALA, 23 p.

Séguy L., 2009, Rapport de mission à Madagascar du 28 mars au 9 avril 2009, CIRAD, 96 p.

Serpantié G., 2009, L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar, Vertigo (en ligne), Vol. 9, n° 3, 42 p.

Serpantié G., 2013, Genèse malgache d'un modèle agroécologique : le système de riziculture intensive (SRI), Cah. Agric. 22, pp. 393-400

Serpantié G., Rakotondramanana M., 2013, L'intensification de la riziculture malgache, en pratiques, Cah. Agric. 22, pp. 401-410

Silvestrini S., 2012, Country evaluation report, Evaluation of « SCAMPIS » - Scaling up micro-irrigation systems in India, Madagascar and Guatemala, on behalf of IFAD, Center for evaluation, Saarland University, 79 p.

Stifel D., Minten B., Randrianarison L., 2003, Eloignement, routes, agriculture et pauvreté, pp.68-71, in Minten B., Randrianarisoa J.C., Randrianarison (ed.), 2003, Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar, Cornell Food and Nutrition Policy Program, 108 p.

Stoop, W.A., Uphoff, N., Kassam, A., 2002, A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar : opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers, Agric. Syst. 71, pp. 249–274

Styger E., 2012, Le SRI, applications à travers le monde, Communication au West Africa SRI workshop, Ouagadougou, Burkina Faso, 26 et 27 juillet 2012

Teyssier A., 1994, Contrôle de l'espace et développement rural dans l'ouest Alaotra – De l'analyse d'un système agraire à un projet de gestion de l'espace rural (Bassins versants d'Imamba et d'Ivakaka, Madagascar), Thèse sous la direction de J.P. Raison, Université Panthéon Sorbonne

The Montpellier Panel, 2013, Sustainable intensification : a new paradigm for african agriculture, London, 36 p.

Tress G., Tress B., Fry G., 2006, Publishing integrative landscape research : Analysis of editorial policies of peer-reviewed journals, *Environmental Science & Policy* 9(5), pp. 466-475

Trousselle M., 1897, Dix jours de marche d'Ambatondrazaka à la côte est en janvier 1897, *Notes Reconnaissances et Explorations*, avril 1897, pp. 122-130

United Nations, 2005, World Population Prospects – The 2004 Revision, Analytical Report, Department of Economic and Social Affairs, Population Division

Uphoff, N., 2001, Opportunities for raising yields by changing management practices : the system of rice intensification in Madagascar, in Uphoff, N. (Ed.), *Agroecological innovations. Increasing food production with participatory development*. Earthscan Publications Ltd., London, Sterling, VA, pp. 145–161

Uphoff, N., Fernandes E.C.M., Longping Y., Jiming P., Rafaralahy S., Rabenandrasana J., 2002, Assessments of the System of Rice Intensification, *Proceedings of an International Conference*, Sanya, China, 2002, Cornell International Institute for food, agriculture and development

Valette J., 1964, Madagascar vers 1750 d'après un manuscrit anonyme, *Bulletin de Madagascar*, n° 214, mars 1964, pp.211 – 257

Vallois P., 1996, *Discours de la méthode du riz*, Institut de Promotion de la Nouvelle Riziculture, 2^{ème} édition CITE, Antananarivo, 140 p.

Vallois P., 2004, *Rapport de mission à Ambatondrazaka du 13 au 26 septembre 2004*, 15 p.

Vallois P., 2005, *Riziculture repiquée, façons culturales « Economiser les semences »*, *Rapport intermédiaire*, Mitsitsy Ambioka @ PC15VM, 8 p.

Wackermann G., 2005, *Géographie du développement*, Ellipses, 357 p.

Zaoual H. (dir.), 2008, *Développement durable des territoires*, Economie sociale, environnement et innovations, L'Harmattan, 235 p.

Liste des annexes

Annexe 1 : Carte physique du bassin de l'Alaotra au 1/500 000° (Longuefosse, 1922)

Annexe 2 : Extrait du manuscrit de Flacourt (de), 1661

Annexe 3 : Liste des périmètres de colonisation dans le bassin versant du lac Alaotra

Annexe 4 : Plan de bornage du périmètre de colonisation n°15, 1919, Service topographique des Domaines, Ambatondrazaka

Annexe 5 : Limite du périmètre de colonisation n°15 en 1965, d'après SCET Coopération, 1965

Annexe 6 : Les réserves indigènes dans le bassin du lac Alaotra

Annexe 7 : Plan de bornage de la réserve indigène n°11, située dans la vallée Marianina, 1958, Service topographique des Domaines, Ambatondrazaka

Annexe 8 : Détail du réseau d'irrigation / drainage en 1965 (SCET Coopération, 1965)

Annexe 9 : Les grands périmètres irrigués à Madagascar, d'après Droy, 1998

Annexe 10 : Rapports CIREF

Annexe 11 : Pluviométrie annuelle par campagne (graphiques) et pluviométrie mensuelle, nombre de jours de pluie, et cumul pluviométrique (tableau) des cinq postes de mesure du bassin versant étudié, d'amont en aval, Projet BvLac, J. Erismann, 2000-2011

Annexe 12 : Mesures de profondeur de la nappe phréatique, mai 2009

Annexe 13 : Données ayant servi à l'analyse pour l'échelle nationale (MAEP, FAO, calculs personnels) - N.B. Les chiffres en gris sont des estimations (extrapolations)

Annexe 14 : Rendement de la production rizicole dans les périmètres irrigués (vallée Marianina et PC 15, d'après Andri-ko, 2009)

Annexe 15 : Localisation des périmètres irrigués lors de l'avant projet d'aménagement en 1990 (Source : projet BvLac)

Annexe 16 : Informations relatives à la forêt classée d'Ambohilero (CIREF, 1962, Ambatondrazaka)

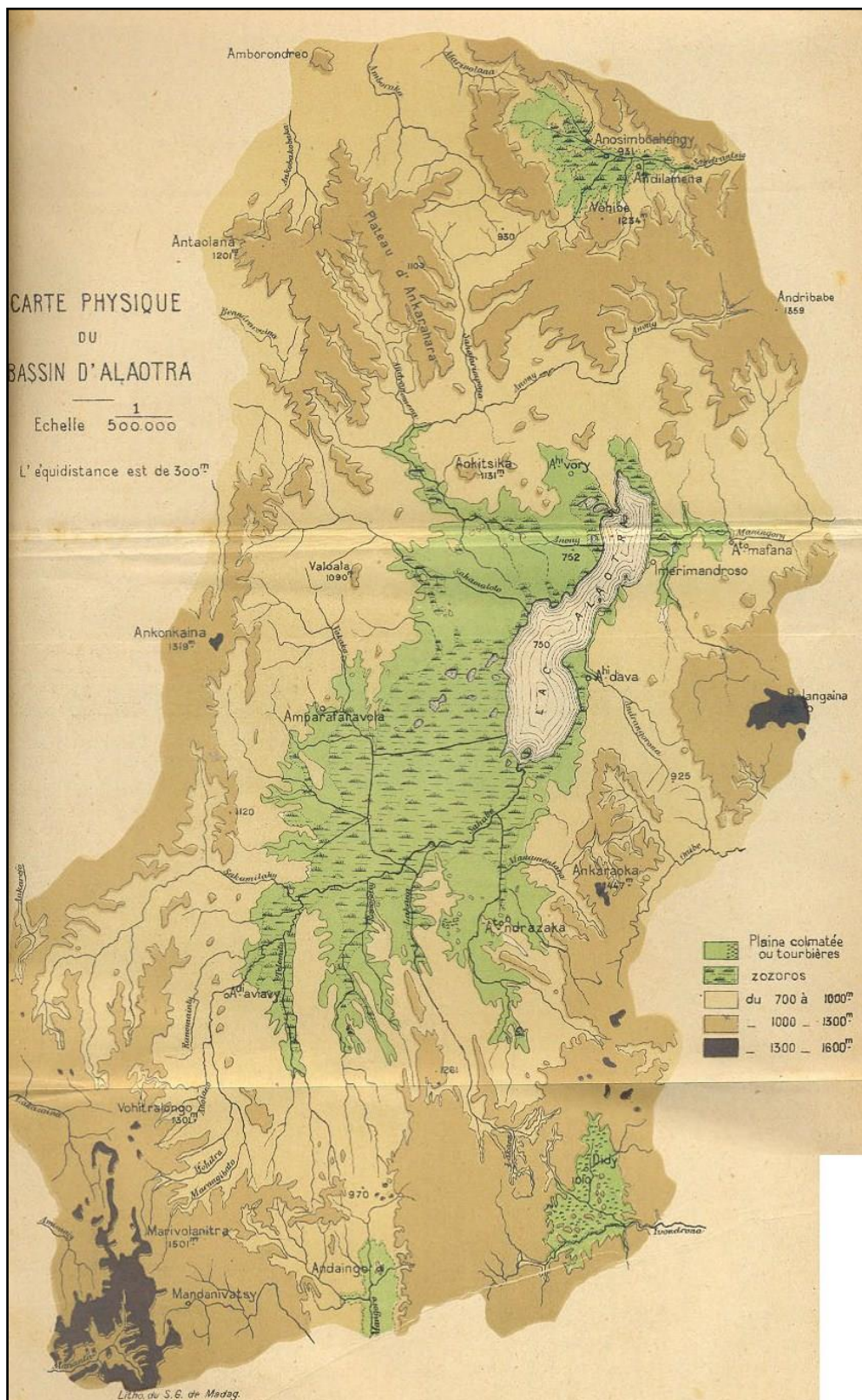
Annexe 17 : Orientations et axes stratégiques du PNDR en 2008

Annexe 18 : Critères pour la classification en zone Ramsar du bassin versant de l'Alaotra

Annexe 19 : Superficie des sites de la convention Ramsar sur les zones humides dans le monde (source : <http://sites.wetlands.org/statplanet/maps/statplanet.swf>)

Annexe 20 : Récapitulatif des grandes étapes du dispositif de FAR à Madagascar

**Annexe 1 : Carte physique du bassin de l'Alaotra au 1/500 000°
(Longuefosse, 1922, p.234)**



Ils plantent leurs ris dans les montagnes & vallées, apres auoir couppé les bois qui sont là pluspart de certaines Can- nes creuses que l'on nomme par toute l'Isle Voulou, & dans les grandes Indes Bambu, ou Mambu, estans seiches, ils y mettent le feu, lesquelles en bruslant font vn si grand bruit que la terre à vne lieuë à la ronde en tremble; car, comme ces Canes sont toutes creuses & separées par cer- tains nœuds à vn pied l'vn de l'autre, & que chascue canne contient plus de quarante nœuds, & qu'elles s'entre- touchent presque toutes, il y en a vn nombre infiny de grandes & petites: lors que le feu vient à les eschauffer, l'air qui est enfermé entre ces nœuds venant à se rarifier, fait faire autant de bruit entre chascue nœud comme vne Coulevrine; si bien que le bruit est aussi grand comme si vn nombre infiny de Canons, Coulevrines, Fauconneaux,

24

HISTOIRE

Mousquets & pistolets, venoient à tirer ensemble. Cela est si surprenant à ouïr, qu'vn iour ne sçachans pas ce que c'e- stoit, estant allé au village d'vn Grand, j'entendis en chemin, ce bruit qui se faisoit de l'autre costé d'vne vallée, ie ne sça- uois que penser. Lors que ces bois sont bruslez, toute la ter- re est couuerte de cendre, lesquelles se detrempent par la pluye, & au bout de quelque temps, ils sement le ris d'vne façon estrange; c'est que toutes les femmes & filles du villa- ge assistent au plantage d'vn chacun, & marchent de front ayans vn baston pointu à la main dont ils font vn trou en ter- re sans se baïssier, iettent deux grains de ris dans ce trou, & couurent le trou avec le pied, en le bouchant de terre & le tout en cadence; en sorte que toutes ensemble font la mes- me chose en vn instant, & font cette action en dancant & chantant. Cela se fait si promptement & adroitement, que rien plus. Lors que les bois sont abatus, bruslez, & le champ fermé, les femmes en ont le seul soing. Ainsi ils s'as- sistent les vns & les autres. Les femmes nettoient le champ des mauuaises herbes, & font la recolte. Et les hommes ce- pendant recommencent à deserter en vn autre endroit. Apres le port de Tametaui, il y a quatre petites riuieres qui se nomment Fautac, Faha, Faho, & Maroharats, à vne lieuë les vnes des autres: puis il y a Anacchinquets dans vne An- ce que l'on nomme Sahauez, ou il y a bon mouillage, fond sableux; mais exposé au vent d'Est Sudest, iusques au quart d'Est Nordest.

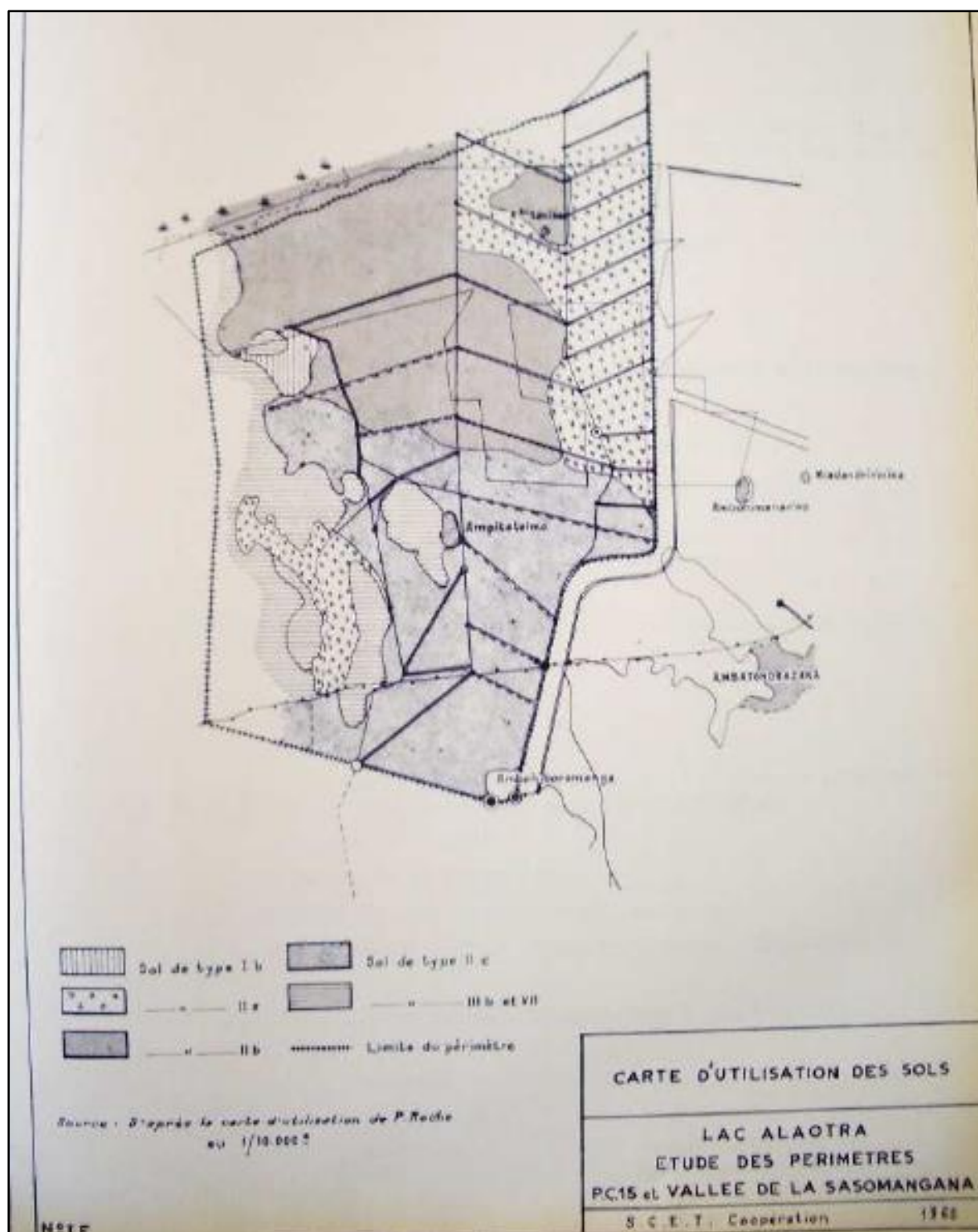
Annexe 3 : Liste des périmètres de colonisation dans le bassin versant du lac Alaotra

PERIMETRE DE COLONISATION				
				OBSERVATION
1	P.C.N°1	T.N°834-K	A VOHIDIALA	
2	P.C.N°2	T.N°6578	A L'OUEST D'ANDILANATOBY	
3	P.C.N°3	T.N°6579	A ANDILANATOBY	Annulé
4	P.C.N°4	T.N°363-K	A AMBONGAMENA ET BETAMBAKO	
5	P.C.N°4 BIS	T.N°364-K	A AMBONGAMANENO	Annulé
6	P.C.N°5	T.N°672-K	PRES DE BETAMBAKO ET ANTONGOPASANA	
7	P.C.N°5 DOMAINE	T.N°8180-K	A BETAMBAKO	
8	P.C.N°5 BIS	T.N°38-K	A ANTONGOPASANA	
9	P.C.N°6	T.N°1101-K	AU SUD-EST DE MANAKAMBAHINY	Annulé
10	P.C.N°7	T.N°1013-K	A AMPASIMPOTSY	
11	P.C.N°8	T.N°694-K	AU NORD-EST DE MANAKAMBAHINY	
12	P.C.N°9	T.N°735-K	ENTRE MIARAMANJAKA ET MIARINARIVO	Annulé
13	P.C.N°10	T.N°650-K	AU SUD-EST D'AMBOAVORIKELY	
14	P.C.N°13	T.N°1077-K	A L'OUEST DE FERAMANGA	
15	P.C.N°14	T.N°169-K	AU SUD D'AMBATOMATIVADY	
16	P.C.N°15	T.N°853-K	ENTRE BEAMBIATY-AMBOHIBOATAVO ET AMPITATSIMO	
17	P.C.N°16	T.N°989-K	PRES DES LACS ATSIKAKA ET AMPARIHIMPONY	Annulé
18	P.C.N°17	T.N°6701-K	A MIARAMANJAKA	Annulé
19	P.C.N°18	T.N°6394	A AMBARARATA	Ancien titre
20	P.C.N°19	T.N°689-K	A AMBOHIPASIKA	
21	P.C.N°20	T.N°2840-K	A AMBOHIMANGA	
22	P.C.N°21	T.N°270-K	AU SUD D'ANDREBA	
23	P.C.N°22	T.N°1032-K	A VOHIDRAZANA	
24	P.C.N°22 BIS	T.N°962-K	ENTRE VOHIDRAZANA ET AMBATOMANGA	
25	P.C.N°23	T.N°320-K	ENTRE AMBARINAKANGA	
26	P.C.N°24	T.N°1066-K	AU NORD DE MANAKAMBAHINY	
27	P.C.N°25	T.N°875-K	A L'OUEST DE BEJOFO	
28	P.C.N°26	T.N°408-K	A L'OUEST D'ANTOKAZO	
29	P.C.N°27	T.N°727-K	ENTRE LES VILLAGES D'ANTOKAZO ET D'ANDRANOMALAZA	
30	P.C.N°28	T.N°941-K	AU NORD-EST D'AMBOHIDAVA	
31	P.C.N°29	T.N°1079-K	A L'EST DE MORARANO	
32	P.C.N°30	T.N°624-K	A L'EST DE MORAFENO	
33	P.C.N°31	T.N°625-K	AU NORD-EST DE MAROSALAZANA	
34	P.C.N°32	T.N°626-K	SAHAMALOTO ET AMBODIMANGA	
35	P.C.N°33	T.N°1499-K	A L'OUEST DE MIARINARIVO ET D'AMBOHIANAHARY	
36	P.C.N°34	T.N°983-K	AU NORD DE BEANANA	
37	P.C.N°35	T.N°289-K	ENTRE SAHAMAMY ET ANORORO	
38	P.C.N°36	T.N°780-K	AU NORD DE SAHAMAMY	
39	P.C.N°37	T.N°2436-K	ENTRE TSARAHONENANA ET IMERIMANDROSO	
40	P.C.N°38	T.N°356-K	AU SUD DE TSARAHONENANA	

**Annexe 4 : Plan de bornage du périmètre de colonisation n°15, 1919,
Service topographique des Domaines, Ambatondrazaka**



Annexe 5 : Limite du périmètre de colonisation n°15 en 1965, d'après SCET Coopération, 1965

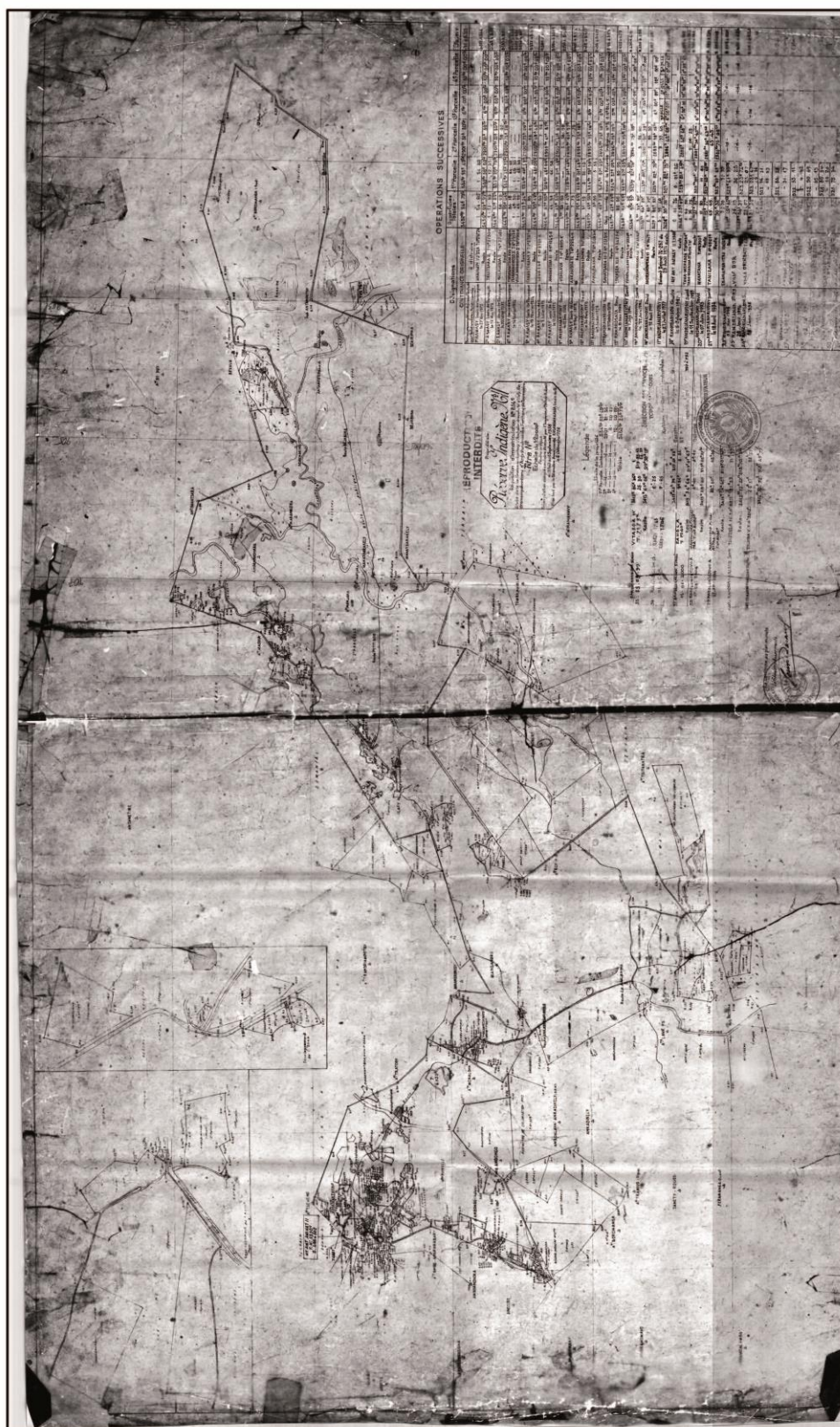


Annexe 6 : Les réserves indigènes dans le bassin du lac Alaotra

Réserve indigène n°	Situé à	N° titre	Observations
1	<i>Andilاناتoby</i>	805-K	<i>Annulé</i>
2	<i>Ambodinonoka Tsinjoarivo</i>	806-K	<i>Annulé</i>
3	Ambongamaneno	T.N.2376-K	
4	Betambako	T.N.2175-K	
6	<i>Sud de Manakambahiny</i>	809-K	<i>Annulé</i>
7	<i>Manakambahiny</i>	810-K	<i>Annulé</i>
8	Ambodiakondro	T.N.2377-K	
9	Ambohidavakely	T.N.2036-K	
10	Ambohidehilahy	T.N.22976-K	
11	<i>Ankazotsaravolo</i>	814-K	<i>Annulé</i>
12	Feramanga	T.N.2331-K	
13	Ambatondrazaka	T.N.2338-K	
14	Ambohimandroso et Andrarabary	T.N.2300-K	
15	Ambohiboatavo , Anosindrafilo, Ambohimanarivo	T.N.4133-K	
16	<i>Andingadingana</i>	819-K	<i>Annulé</i>
17	Ambararata	T.N.2468-K	
18	<i>Ambohimahatsinjo et Ambohitrapirana</i>	821-K	<i>Annulé</i>
19	<i>Mangalahala</i>	822-K	<i>Annulé</i>
20	<i>Ouest d'Ambohimanga</i>	823-K	<i>Annulé</i>
21	Andreba	T.N.2555-K	
22	Sahanidingana	T.N.2469-K	
23	Ambarinakana	T.N.2470-K	
24	Bemasoandro	T.N.2471-K	
25	Ambodiaviavy	T.N.2472-K	
26	Tsarahalana et Ranomainty	T.N.2473	
27	Ambohitromby Mahatsinjo	T.N.2478	
28	<i>Manakambahiny</i>	831-K	<i>Annulé</i>
29	Maharidaza	T.N.2176-K	
30	Ambatomainty Ambodifarihy	T.N.2267-K	
31	<i>Morarano Nord</i>	T.N.2476-K	<i>Annulé</i>
32BIS	Morarano Nord	T.N.2476-K	
33	Ampilahoana	T.N.2298-K	
33BIS	entre Andilamena et Ampilahoana	T.N.2473	
34	Mahakary	T.N.2474-K	
35	<i>Tandreba Nord</i>	839-K	<i>Annulé</i>
36	Ampahibe	T.N.2177-K	
37	<i>Amboavory Imerimandroso</i>	841-K	<i>Annulé</i>
38	<i>Vohitsara</i>	842-K	<i>Annulé</i>
39	Sahamaloto	T.N.1319-K	
40	Andranobe Anororo	T.N.2126-K	

Réserve indigène n°	Situé à	N° titre	Observations
41	Sahamamy Amparafaravola	T.N.2552-K)	
42	<i>Cantons d'Imerimandroso Andreba</i>	846-K	<i>Annulé</i>
42BIS	<i>Cantons d'Andreba et de Manakambahiby Est</i>	847-K	<i>Annulé</i>
43	<i>Vohitraivo-Vohimenakely</i>	848-K	<i>Annulé</i>
44	Andilاناتoby	T.N.2265-K	
2BIS	extrait PC 2	T.N.6378	
4BIS	extrait PC 4	T.N.2051K	
6BIS	extrait PC 6	T.N.1340K	
9BIS	extrait PC 9	T.N.734K	
12BIS	extrait PC 12	T.N.3202K	
14BIS	extrait PC 14	T.N.11384	
15BIS	extrait PC 15	T.N.989K	
16BIS	extrait PC 16	T.N.990K	
18BIS	extrait PC 18	T.N.11021	
20BIS	extrait PC 20	T.N.537	
23BIS	extrait PC 23	T.N.346K	
Ambatondrazaka	Tsarasokitra	T.N.1315	
Amparafaravola	Est d'Amparafaravola	T.N.1316K	
Andilanomby	Andilanomby	T.N.6395	

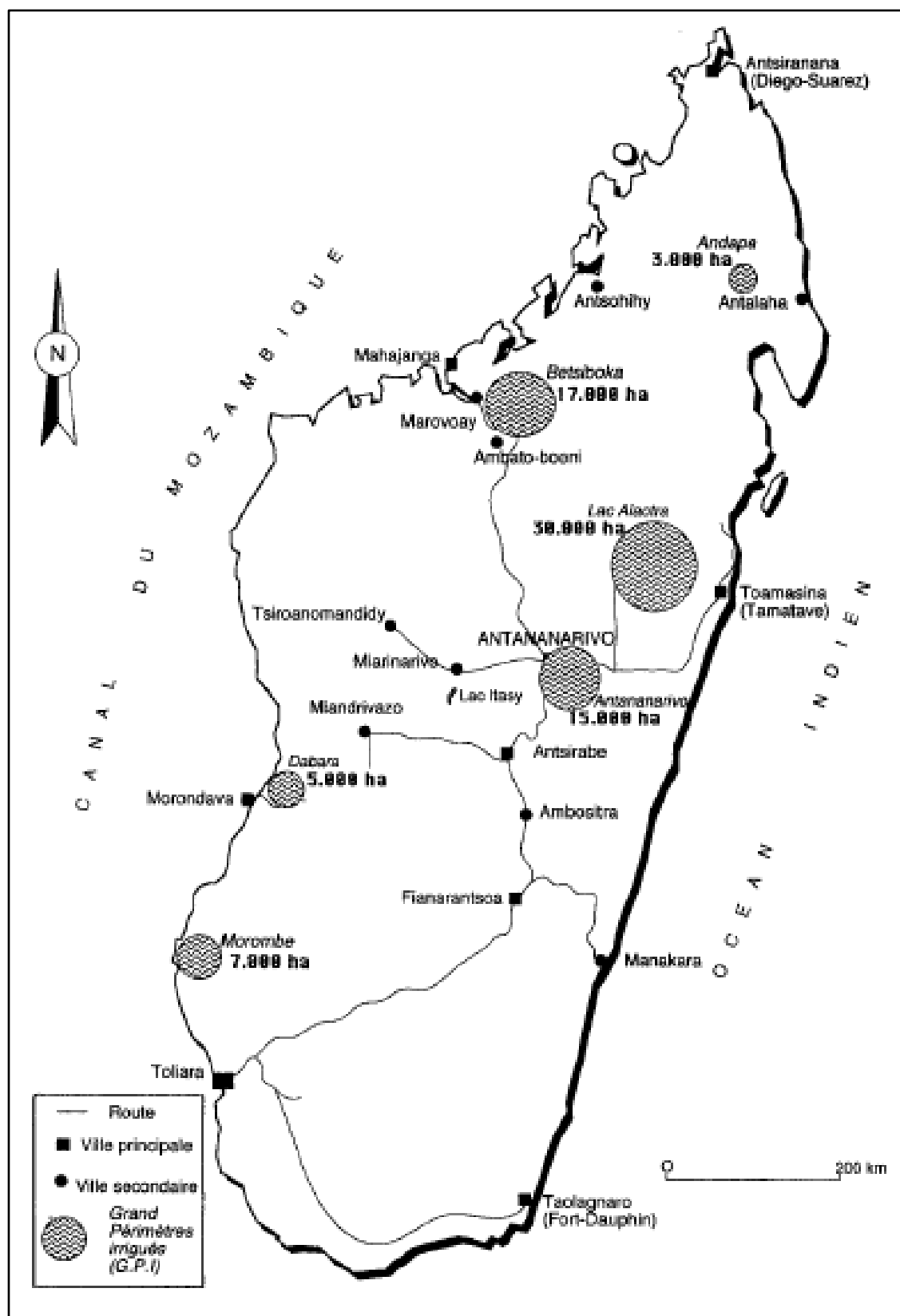
Annexe 7 : Plan de bornage de la réserve indigène n°11, située dans la vallée Marianina, 1958, Service topographique des Domaines, Ambatondrazaka



Annexe 8 : Détail du réseau d'irrigation / drainage en 1965 (SCET Coopération, 1965)

Canal primaire	Canal secondaire	Débit (l/s)	Surface théorique irrigable (ha)	Surface géographique de la maille irriguée (ha)
I2		2224	1482,6	
	I2-1	120	80	80
	I2-2	30	20	25
	I2-3	125	83	92
	I2-4	220	147	157
	I2-4 bis	33	22	22
	I2-5	45	30	30
	I2-6	255	170	187
	I2-7	45	30	30
	I2-8	240	160	164
	I2-9	47	31	31
	I2-10	72	48	66
	I2-11	206	138	146
	I2-12	75	50	53
	I2-13	63	42	55
	I2-14	195	130	148
	I2-15	78	52	58
	I2-16	Ne fonctionne pas		
	I2-17	201	134	150
	I2-18	86	57	57
I8		1758	1172	
	I8-A	186	124	126
	I8-1	21	14	20
	I8-2	75	50	64
	I8-3	62	41	50
	I8-B	30	20	20
	I8-4	165	110	112
	I8-C	47	31	36
	I8-5	83	55	58
	I8-5 bis	32	21	21
	I8-D	180	120	120
	I8-6	174	116	223
	I8-8	222	148	239
	I8-10	384	256	430
D9	Pour P.C. 14	82	55	55
D8	1 x	33	22	20
D3	D3-A	108	72	80
	D3-B	234	156	204
TOTAL		4254	2835	3429

Annexe 9 : Les grands périmètres irrigués à Madagascar, d'après Droy, 1998

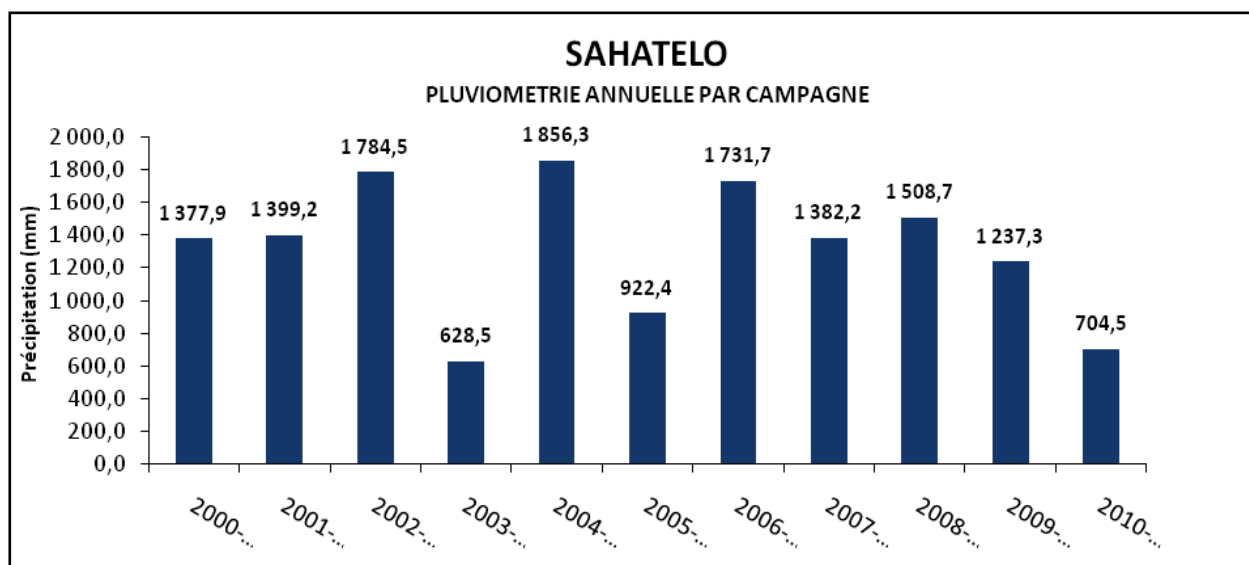


Annexe 10 : Rapports CIREF

- 1961 De Vergnette J. (inspecteur des Eaux et Forêts), Expérience et travaux de reboisement forestier et de restauration des sols – Les travaux du Service des Eaux et Forêts du Lac Alaotra
- 1966 Rapport mensuel, Reboisement National, plantation pendant la campagne 1965-1966, mars 1966
Rapport mensuel sur la station de recherche forestière d'Ambohikely, Juin 1966
- 1969 Rapport trimestriel sur la province de Tamatave, Janvier –Février –Mars 1969
Rapport trimestriel, Avril –Mai –Juin 1969
- 1971 Fiche du projet de protection des bassins versants du Lac Alaotra, 1971
- 1976 Rapport annuel, 1976
- 1977 Rapport annuel, 1977
- 1978 Rapport du quatrième trimestre de 1978
Rapport annuel, 1978
- 1980 Rapport du premier trimestre de 1980
Rapport du troisième trimestre 1980
- 1981 Rapport du deuxième trimestre 1981 (avril –mai –juin)
Rapport annuel, 1981
- 1984 Rapport du premier trimestre de 1984
Rapport du deuxième trimestre de 1984
Rapport du troisième trimestre de 1984
- 1985 Kenouche A., Fiche technique de synthèse. Barrage d'Antanifotsy, 1985
Rapport annuel sur les travaux de défense et de restauration des sols pour la protection des bassins versants, sur le chantier d'Antanifotsy-Bevava, 1985
- 1986 Mise en place d'une méthodologie d'approche et de structure pour la gestion des bassins versants, Mars 1986
Procès verbal de réunion interministérielle et rapport sur l'Opération Danga, 1986
Rapport d'activité trimestriel sur la chantier d'Antanifotsy-Bevava, du 1 Avril au 30 juin 1986
Rapport d'activité mensuel sur le chantier d'Antanifotsy-Bevava, du 1 au 31 Mai 1986
Rapport d'activité mensuel sur le chantier d'Antanifotsy-Bevava, du 1 au 30 juin 1986
Rapport d'activité mensuel sur la chantier d'Antanifotsy-Bevava, du 1 au 31 Juillet 1986
Rapport d'activité sur le chantier d'Antanifotsy-Bevava du troisième trimestre (juillet – août -septembre) de 1986
Rapport de tournée des agents enquêteurs des Eaux et Forêts, concernant des enquêtes socio-économiques dans la chantier d'Antanifotsy-Bevava, Octobre 1986
Rapport d'activité mensuel sur le chantier d'Antanifotsy-Bevava, du 1 au 31 Octobre 1986
Rapport d'activité mensuel sur le chantier d'Antanifotsy-Bevava du 1 au 30 Novembre 1986
- 1987 Rapport d'activité mensuel sur Antanifotsy-Bevava, du 1 au 28 Février 1987
Compte rendu de réunion sur l'élaboration du projet "Lac 3", Février 1987
- 1988 Fiche de projet sur protection des bassins versants, 1988
- 2005 Compte rendu de réunion sur la catégorisation des aires protégées (AP), Juillet 2005

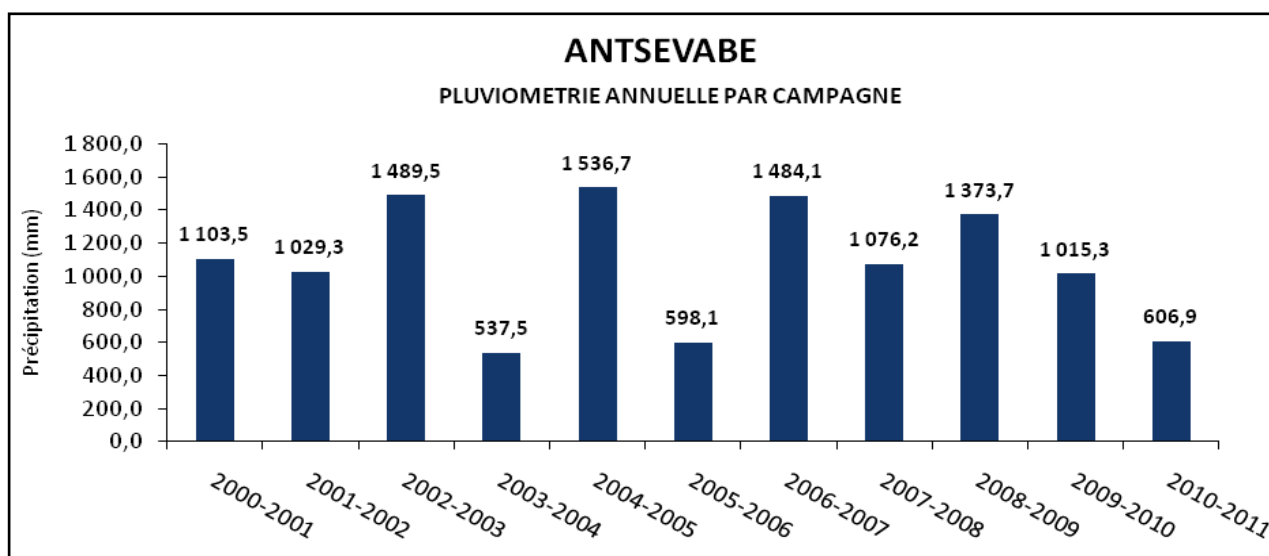
Annexe 11 : Pluviométrie annuelle par campagne (graphiques) et pluviométrie mensuelle, nombre de jours de pluie, et cumul pluviométrique (tableau) des cinq postes de mesure du bassin versant étudié, d'amont en aval, Projet BVLac, J. Erismann, 2000-2011

Station de Sahatelo – rivière Sasomangana



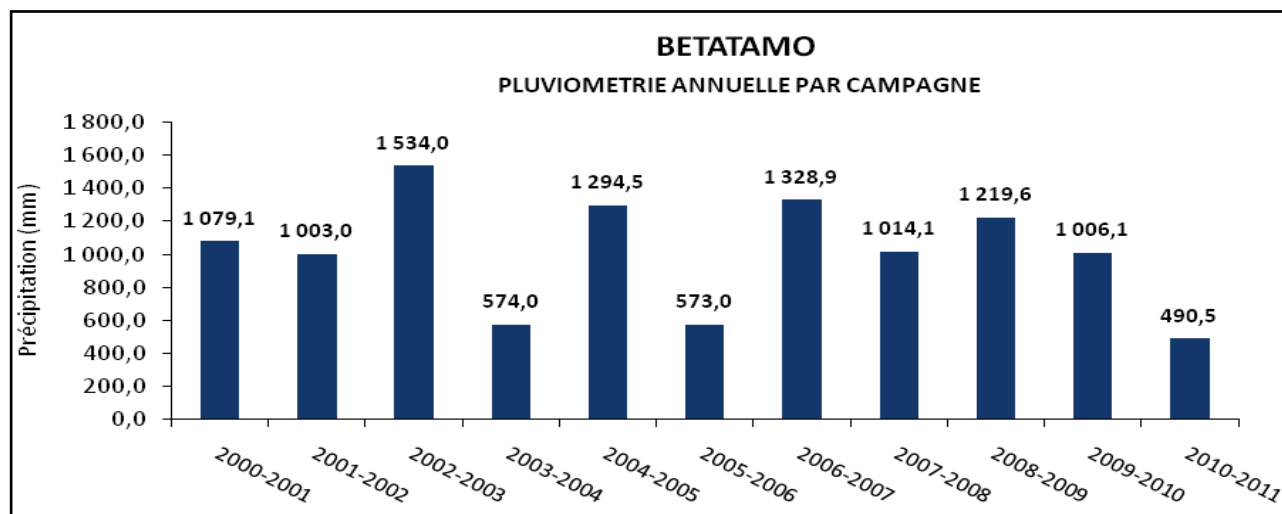
CAMPAGNE		SAHATELO											
		OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
2000-2001	Total	7,3	99,1	176,5	809,0	40,5	54,5	26,4	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	1,0	1,0	8,0	11,0	2,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	7,3	106,4	282,9	1091,9	1132,4	1186,9	1213,3	1238,8	1238,8	1238,8	1238,8	1238,8
2001-2002	Total	47,5	3,0	264,6	208,5	507,7	65,0	26,1	188,5	40,0	28,5	85,5	73,5
	nb.jours pluie	7,0	2,0	14,0	12,0	18,0	14,0	2,0	11,0	21,0	15,0	27,0	9,0
	Cumul pl	47,5	50,5	315,1	523,6	1031,3	1096,3	1122,4	1310,9	1350,9	1379,4	1464,9	1538,4
2002-2003	Total	16,5	106,0	499,5	418,0	339,0	210,5	47,5	22,0	29,0	38,5	23,5	34,5
	nb.jours pluie	8,0	9,0	22,0	29,0	20,0	14,0	6,0	8,0	10,0	22,0	13,0	12,0
	Cumul pl	16,5	122,5	622,0	1040,0	1379,0	1589,5	1637,0	1659,0	1688,0	1726,5	1750,0	1784,5
2003-2004	Total	15,5	76,5	182,5	280,0	170,5	281,5	47,5	39,0	40,0	21,5	20,5	6,0
	nb.jours pluie	5,0	7,0	12,0	18,0	19,0	24,0	8,0	7,0	8,0	14,0	11,0	4,0
	Cumul pl	15,5	92,0	274,5	554,5	725,0	1006,5	1054,0	1093,0	1133,0	1154,5	1175,0	1181,0
2004-2005	Total	0,0	18,0	702,5	172,8	455,0	434,5	40,5	54,5	0,0	8,0	25,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	5,0	24,0	11,0	17,0	21,0	9,0	14,0	0,0	3,0	15,0	0,0
	Cumul pl	0,0	18,0	720,5	893,3	1348,3	1782,8	1823,3	1877,8	1877,8	1885,8	1910,8	1910,8
2005-2006	Total	0,0	30,0	230,0	248,0	132,0	127,4	0,0	6,0	37,5	68,0	34,0	9,5
	nb.jours pluie	0,0	6,0	11,0	23,0	21,0	12,0	0,0	2,0	10,0	18,0	19,0	6,0
	Cumul pl	0,0	30,0	260,0	508,0	640,0	767,4	767,4	773,4	810,9	878,9	912,9	922,4
2006-2007	Total	9,0	133,0	148,3	505,8	359,0	324,5	105,1	36,0	37,0	42,5	11,0	20,0
	nb.jours pluie	8,0	14,0	10,0	24,0	24,0	18,0	11,0	13,0	18,0	20,0	12,0	2,0
	Cumul pl	9,0	142,0	290,3	796,1	1155,1	1479,6	1584,7	1620,7	1657,7	1700,2	1711,2	1731,2
2007-2008	Total	44,0	2,5	182,8	419,4	481,2	112,1	17,8	19,6	45,5	46,8	0,0	10,5
	nb.jours pluie	2,0	1,0	9,0	20,0	20,0	11,0	6,0	11,0	10,0	11,0	0,0	2,0
	Cumul pl	44,0	46,5	229,3	648,7	1129,9	1242,0	1259,8	1279,4	1324,9	1371,7	1371,7	1382,2
2008-2009	Total	93,0	243,6	60,0	321,9	355,9	119,4	171,0	27,6	11,2	47,1	32,5	25,5
	nb.jours pluie	6,0	13,0	10,0	15,0	13,0	16,0	8,0	4,0	3,0	13,0	10,0	6,0
	Cumul pl	93,0	336,6	396,6	718,5	1074,4	1193,8	1364,8	1392,4	1403,6	1450,7	1483,2	1508,7
2009-2010	Total	17,0	61,5	133,7	458,9	27,3	357,0	6,7	18,2	43,1	63,2	50,7	0,0
	nb.jours pluie	2,0	5,0	9,0	19,0	2,0	14,0	2,0	5,0	8,0	12,0	13,0	0,0
	Cumul pl	17,0	78,5	212,2	671,1	698,4	1055,4	1062,1	1080,3	1123,4	1186,6	1237,3	1237,3
2010-2011	Total	6,5	25,5	206,4	84,5	199,6	182,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	1,0	2,0	7,0	7,0	16,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	6,5	32,0	238,4	322,9	522,5	704,5	704,5	704,5	704,5	704,5	704,5	704,5

Station d'Antsevabe – rivière Harave



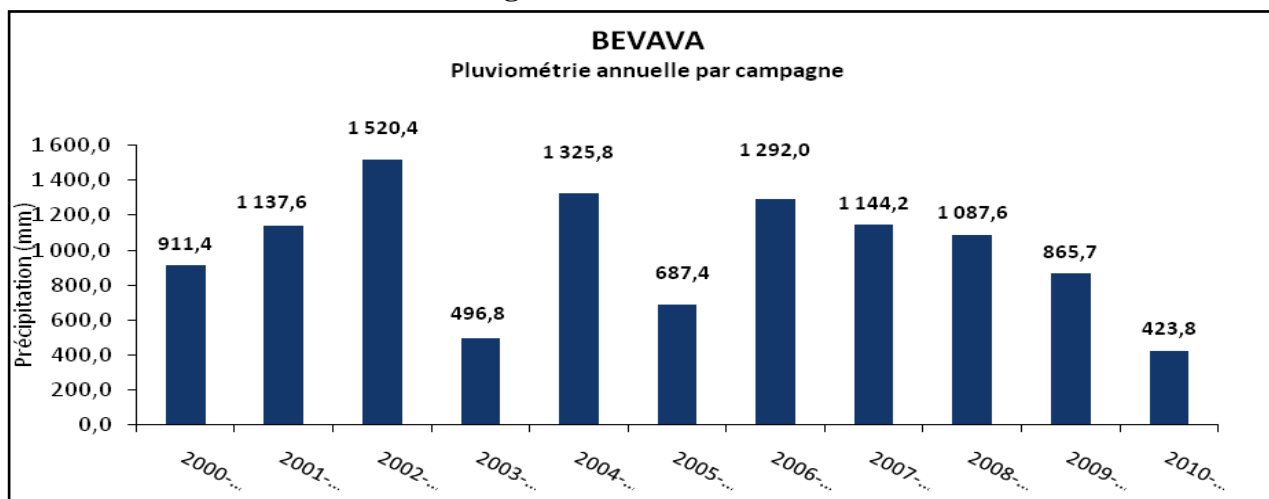
CAMPAGNE		ANTSEVABE											
		OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
2000-2001	Total	5,0	118,0	186,5	636,5	35,0	31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	2,0	0,0	8,0	10,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	5,0	123,0	309,5	946,0	981,0	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5	1012,5
2001-2002	Total	19,0	0,0	261,5	125,0	315,0	68,0	29,5	136,5	23,0	10,0	39,0	69,8
	nb.jours pluie	6,0	0,0	16,0	8,0	17,0	9,0	10,0	7,0	15,0	9,0	22,0	2,0
	Cumul pl	19,0	19,0	280,5	405,5	720,5	788,5	818,0	954,5	977,5	987,5	1026,5	1096,3
2002-2003	Total	4,5	58,0	476,0	436,5	242,5	195,0	10,5	20,0	12,0	19,0	1,5	13,0
	nb.jours pluie	5,0	9,0	22,0	27,0	21,0	19,0	5,0	6,0	8,0	11,0	2,0	7,0
	Cumul pl	4,5	62,5	538,5	975,0	1217,5	1412,5	1423,0	1443,0	1455,0	1474,0	1475,5	1488,5
2003-2004	Total	21,0	79,0	125,0	268,5	84,0	177,5	41,0	14,0	27,0	9,5	7,0	2,5
	nb.jours pluie	2,0	6,0	13,0	21,0	18,0	20,0	13,0	11,0	6,0	8,0	9,0	3,0
	Cumul pl	21,0	100,0	225,0	493,5	577,5	755,0	796,0	810,0	837,0	846,5	853,5	856,0
2004-2005	Total	1,5	12,0	601,0	173,0	345,5	290,0	3,0	22,5	17,0	50,5	20,7	0,0
	nb.jours pluie	1,0	4,0	22,0	13,0	18,0	16,0	3,0	15,0	17,0	12,0	8,0	0,0
	Cumul pl	1,5	13,5	614,5	787,5	1133,0	1423,0	1426,0	1448,5	1465,5	1516,0	1536,7	1536,7
2005-2006	Total	0,0	17,0	134,5	154,5	121,0	81,6	0,0	8,5	11,0	53,5	12,0	5,0
	nb.jours pluie	0,0	5,0	10,0	19,0	18,0	15,0	0,0	2,0	4,0	10,0	10,0	6,0
	Cumul pl	0,0	17,0	151,5	306,0	427,0	508,6	508,6	517,1	528,1	581,6	593,6	598,6
2006-2007	Total	2,5	109,5	151,5	486,5	288,0	299,5	75,5	8,5	7,5	30,0	6,5	18,6
	nb.jours pluie	3,0	10,0	11,0	25,0	22,0	14,0	10,0	6,0	3,0	10,0	4,0	6,0
	Cumul pl	2,5	112,0	263,5	750,0	1038,0	1337,5	1413,0	1421,5	1429,0	1459,0	1465,5	1484,1
2007-2008	Total	5,5	0,5	124,5	379,0	429,2	77,2	0,5	4,0	26,2	24,5	1,8	3,3
	nb.jours pluie	2,0	1,0	9,0	19,0	16,0	7,0	1,0	3,0	8,0	10,0	1,0	1,0
	Cumul pl	5,5	6,0	130,5	509,5	938,7	1015,9	1016,4	1020,4	1046,6	1071,1	1072,9	1076,2
2008-2009	Total	49,5	194,0	113,5	327,1	327,1	188,2	133,9	13,1	0,0	0,0	8,3	19,0
	nb.jours pluie	9,0	15,0	12,0	14,0	12,0	11,0	5,0	1,0	0,0	0,0	3,0	4,0
	Cumul pl	49,5	243,5	357,0	684,1	1011,2	1199,4	1333,3	1346,4	1346,4	1346,4	1354,7	1373,7
2009-2010	Total	7,6	92,4	69,0	298,7	26,4	425,1	2,5	9,6	14,0	44,3	25,7	0,0
	nb.jours pluie	3,0	5,0	6,0	17,0	4,0	13,0	1,0	4,0	5,0	12,0	8,0	0,0
	Cumul pl	7,6	100,0	169,0	467,7	494,1	919,2	921,7	931,3	945,3	989,6	1015,3	1015,3
2010-2011	Total	21,5	17,9	198,2	48,0	222,1	99,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	1,0	2,0	6,0	5,0	13,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	21,5	39,4	237,6	285,6	507,7	606,9	606,9	606,9	606,9	606,9	606,9	606,9

Station de Betatamo – rivière Lohafasika



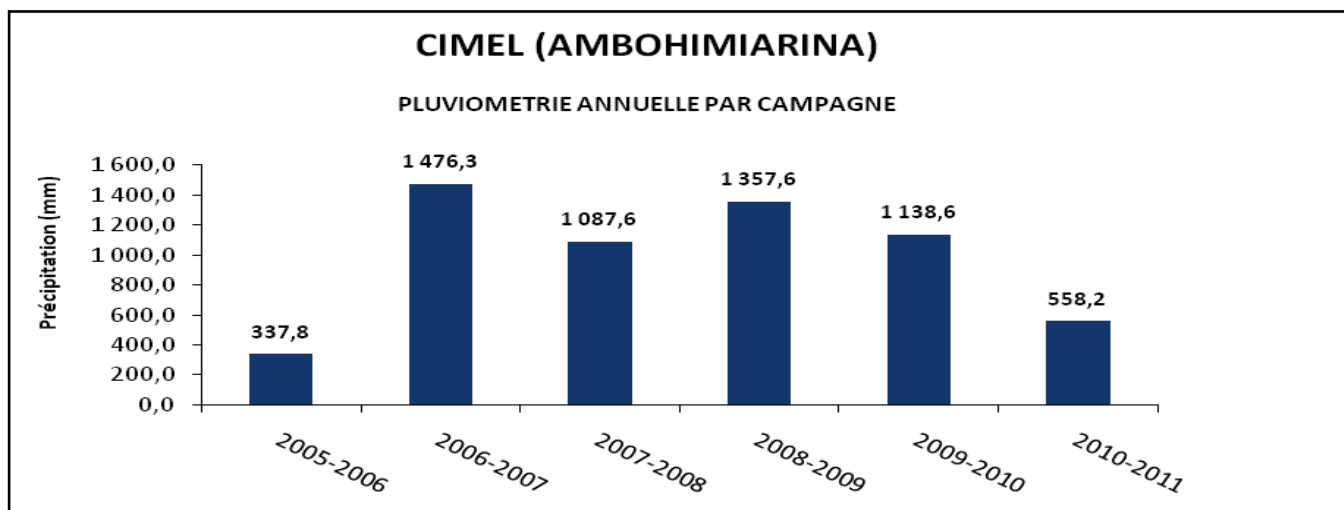
CAMPAGNE		BETATAMO											
		OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
2000-2001	Total	3,0	45,0	138,5	597,1	91,5	130,5	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	1,0	3,0	7,0	9,0	1,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	3,0	48,0	186,5	783,6	875,1	1005,6	1030,6	1030,6	1030,6	1030,6	1030,6	1030,6
2001-2002	Total	41,0	0,0	342,0	156,0	459,5	67,5	29,0	127,5	10,0	12,5	5,5	20,0
	nb.jours pluie	3,0	0,0	19,0	11,0	19,0	13,0	7,0	4,0	7,0	8,0	6,0	1,0
	Cumul pl	41,0	41,0	383,0	539,0	998,5	1066,0	1095,0	1222,5	1232,5	1245,0	1250,5	1270,5
2002-2003	Total	1,0	99,5	409,5	526,0	291,0	16,5	10,0	24,0	3,0	3,0	3,5	0,0
	nb.jours pluie	2,0	7,0	20,0	27,0	15,0	6,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	0,0
	Cumul pl	1,0	100,5	510,0	1036,0	1327,0	1343,5	1353,5	1377,5	1380,5	1383,5	1387,0	1387,0
2003-2004	Total	6,5	113,5	175,5	214,5	131,5	113,0	37,0	1,0	5,0	5,0	2,0	0,5
	nb.jours pluie	1,0	6,0	15,0	23,0	16,0	13,0	7,0	1,0	6,0	7,0	3,0	1,0
	Cumul pl	6,5	120,0	295,5	510,0	641,5	754,5	791,5	792,5	797,5	802,5	804,5	805,0
2004-2005	Total	0,0	0,0	445,0	166,0	450,5	203,5	7,0	13,5	2,0	6,5	0,5	0,0
	nb.jours pluie	0,0	0,0	18,0	16,0	19,0	8,0	1,0	9,0	3,0	4,0	1,0	0,0
	Cumul pl	0,0	0,0	445,0	611,0	1061,5	1265,0	1272,0	1285,5	1287,5	1294,0	1294,5	1294,5
2005-2006	Total	0,0	7,5	215,0	178,5	94,0	56,0	4,5	2,5	4,5	0,0	10,0	1,0
	nb.jours pluie	0,0	2,0	7,0	17,0	16,0	10,0	4,0	4,0	4,0	0,0	9,0	2,0
	Cumul pl	0,0	7,5	222,5	401,0	495,0	551,0	555,5	558,0	562,5	562,5	572,5	573,5
2006-2007	Total	10,0	194,0	53,0	469,7	305,2	183,0	66,0	21,0	5,5	11,0	16,0	0,0
	nb.jours pluie	1,0	13,0	5,0	23,0	14,0	3,0	1,0	2,0	6,0	2,0	1,0	0,0
	Cumul pl	10,0	204,0	257,0	726,7	1031,9	1214,9	1280,9	1301,9	1307,4	1318,4	1334,4	1334,4
2007-2008	Total	57,5	5,5	148,8	378,1	396,1	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	3,0	1,0	7,0	11,0	11,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	57,5	63,0	211,8	589,9	986,0	1014,1	1014,1	1014,1	1014,1	1014,1	1014,1	1014,1
2008-2009	Total	81,0	176,0	109,5	380,8	267,7	89,2	104,6	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	5,0	7,0	3,0	9,0	6,0	4,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	81,0	257,0	366,5	747,3	1015,0	1104,2	1208,8	1219,6	1219,6	1219,6	1219,6	1219,6
2009-2010	Total	0,0	66,5	150,5	404,5	0,0	384,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	3,0	5,0	13,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	0,0	66,5	217,0	621,5	621,5	1006,1	1006,1	1006,1	1006,1	1006,1	1006,1	1006,1
2010-2011	Total	0,0	77,5	190,0	61,0	106,0	56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	4,0	3,0	5,0	7,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	0,0	77,5	267,5	328,5	434,5	490,5	490,5	490,5	490,5	490,5	490,5	490,5

Station de Bevava – rivière Sasomangana



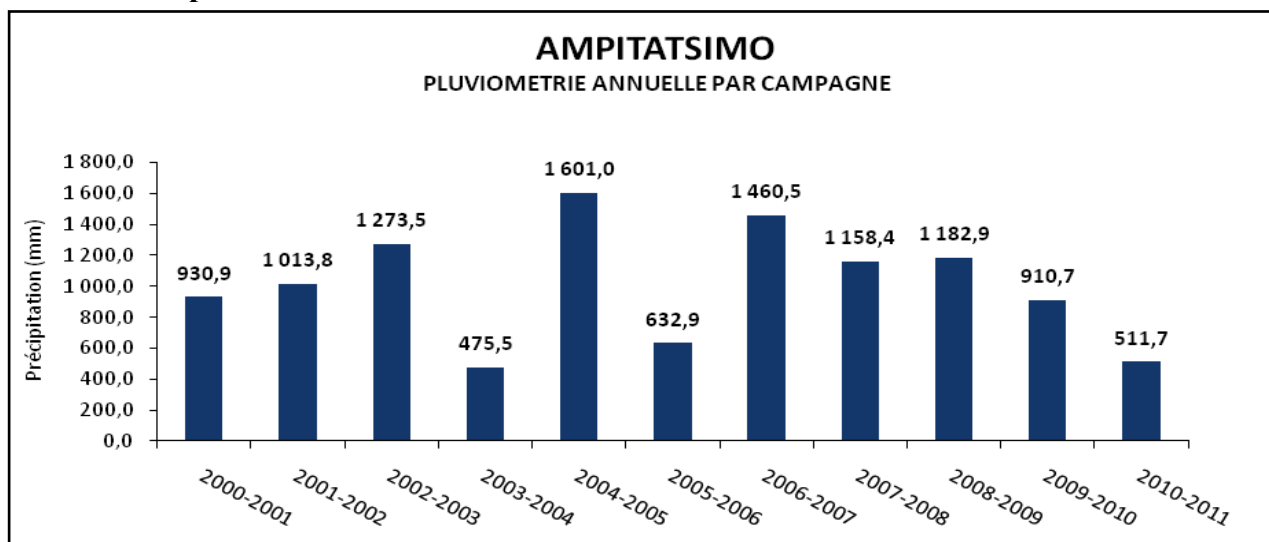
CAMPAGNE		BEVAVA											
		OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
2000-2001	Total	2,5	57,6	132,5	483,5	85,3	105,8	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	2,0	2,0	6,0	8,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	2,5	60,1	192,6	676,1	761,4	867,2	891,7	891,7	891,7	891,7	891,7	891,7
2001-2002	Total	0,0	0,0	326,0	198,6	341,9	59,5	28,5	131,5	10,0	7,5	4,5	29,6
	nb.jours pluie	0,0	0,0	18,0	11,0	16,0	13,0	9,0	10,0	7,0	5,0	7,0	1,0
	Cumul pl	0,0	0,0	326,0	524,6	866,5	926,0	954,5	1086,0	1096,0	1103,5	1108,0	1137,6
2002-2003	Total	0,0	59,5	454,0	539,0	203,5	150,5	11,0	16,5	0,0	3,5	2,0	6,0
	nb.jours pluie	0,0	3,0	22,0	28,0	16,0	16,0	3,0	4,0	0,0	7,0	2,0	5,0
	Cumul pl	0,0	59,5	513,5	1052,5	1256,0	1406,5	1417,5	1434,0	1434,0	1437,5	1439,5	1445,5
2003-2004	Total	0,0	115,0	108,0	244,4	72,8	110,5	20,4	0,2	4,1	0,6	0,3	1,5
	nb.jours pluie	0,0	6,0	14,0	19,0	12,0	10,0	4,0	1,0	4,0	1,0	1,0	3,0
	Cumul pl	0,0	115,0	223,0	467,4	540,2	650,7	671,1	671,3	675,4	676,0	676,3	677,8
2004-2005	Total	0,0	7,0	502,8	166,5	385,7	235,1	20,9	7,0	0,8	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	1,0	20,0	14,0	17,0	13,0	3,0	6,0	2,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	0,0	7,0	509,8	676,3	1062,0	1297,1	1318,0	1325,0	1325,8	1325,8	1325,8	1325,8
2005-2006	Total	0,0	43,7	290,0	151,5	142,1	35,3	3,9	0,5	2,7	9,2	8,5	0,0
	nb.jours pluie	0,0	7,0	12,0	15,0	16,0	12,0	3,0	2,0	3,0	4,0	5,0	0,0
	Cumul pl	0,0	43,7	333,7	485,2	627,3	662,6	666,5	667,0	669,7	678,9	687,4	687,4
2006-2007	Total	0,0	195,0	65,5	424,5	303,7	223,5	45,0	12,4	0,0	22,4	0,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	13,0	9,0	24,0	20,0	8,0	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0
	Cumul pl	0,0	195,0	260,5	685,0	988,7	1212,2	1257,2	1269,6	1269,6	1292,0	1292,0	1292,0
2007-2008	Total	44,7	3,6	181,1	357,5	422,5	56,0	1,0	50,0	12,3	12,5	0,5	2,5
	nb.jours pluie	4,0	1,0	7,0	16,0	19,0	9,0	1,0	5,0	1,0	7,0	1,0	1,0
	Cumul pl	44,7	48,3	229,4	586,9	1009,4	1065,4	1066,4	1116,4	1128,7	1141,2	1141,7	1144,2
2008-2009	Total	63,9	146,4	54,4	307,5	278,0	105,0	93,5	31,7	0,6	0,0	6,6	0,0
	nb.jours pluie	6,0	14,0	6,0	14,0	8,0	12,0	8,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	63,9	210,3	264,7	572,2	850,2	955,2	1048,7	1080,4	1081,0	1081,0	1087,6	1087,6
2009-2010	Total	6,3	77,5	102,5	311,4	15,2	346,3	4,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	3,0	8,0	9,0	15,0	5,0	18,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	6,3	83,8	186,3	497,7	512,9	859,2	863,7	865,7	865,7	865,7	865,7	865,7
2010-2011	Total	20,5	12,0	171,3	45,0	126,3	48,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	1,0	1,0	7,0	12,0	12,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	20,5	32,5	203,8	248,8	375,1	423,8	423,8	423,8	423,8	423,8	423,8	423,8

Station CIMEL d'Ambohimiarina – vallée Marianina



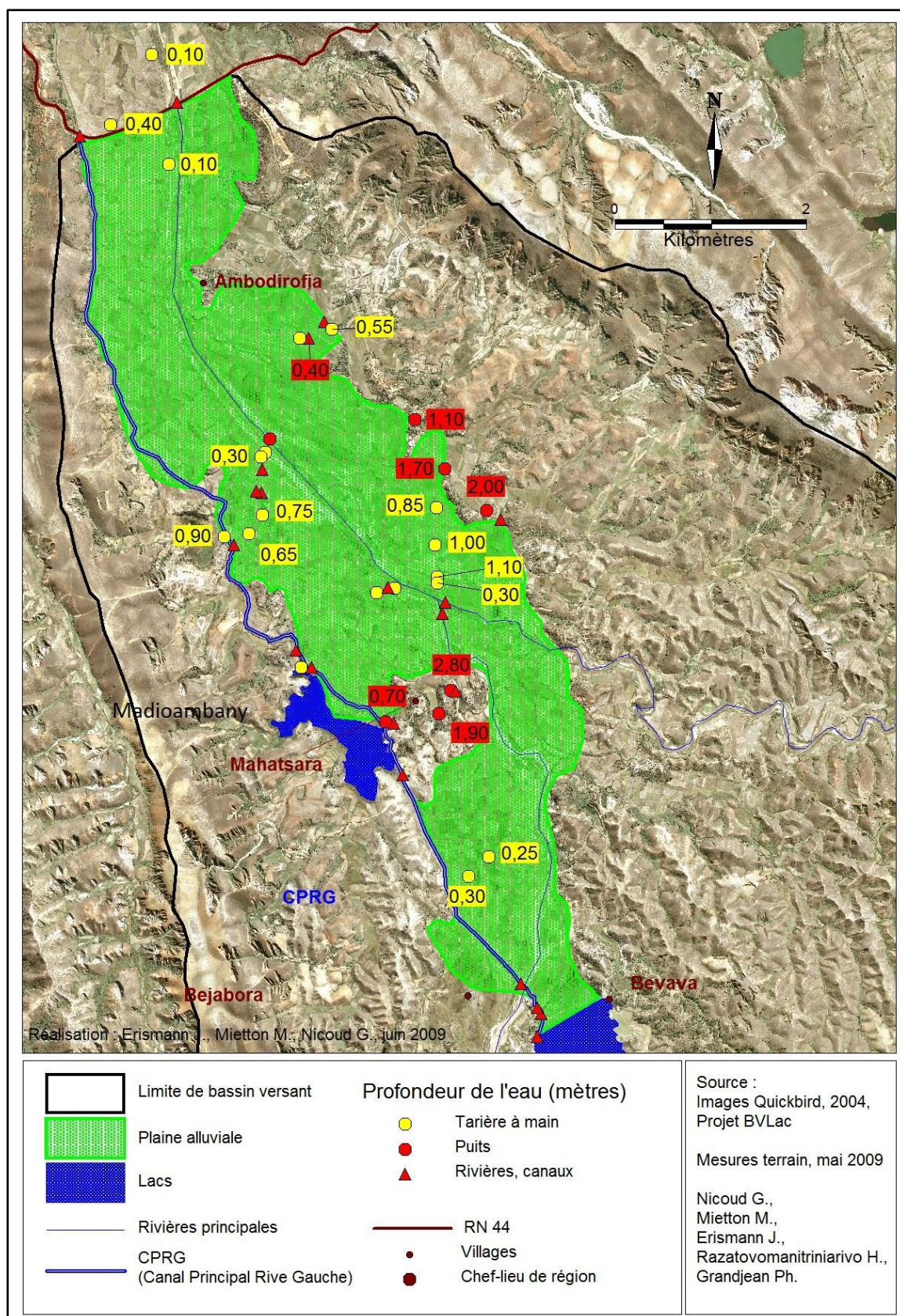
CAMPAGNE		AMBOHIMIARINA (CIMEL)											
		OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
2000-2001	Total nb.jours pluie Cumul pl	Pas de données											
2001-2002	Total nb.jours pluie Cumul pl												
2002-2003	Total nb.jours pluie Cumul pl												
2003-2004	Total nb.jours pluie Cumul pl												
2004-2005	Total nb.jours pluie Cumul pl												
2005-2006	Total nb.jours pluie Cumul pl	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0	78,4 8,0 78,4	118,8 18,0 197,2	66,6 15,0 263,8	25,0 12,0 288,8	9,6 15,0 298,4	10,8 17,0 309,2	17,0 14,0 326,2	10,0 15,0 336,2	1,6 5,0 337,8
2006-2007	Total nb.jours pluie Cumul pl	0,0 0,0 0,0	126,8 13,0 126,8	73,8 12,0 200,6	574,6 26,0 775,2	365,2 22,0 1140,4	263,7 16,0 1404,1	55,0 8,0 1459,1	0,6 3,0 1459,7	0,0 0,0 1459,7	0,0 0,0 1459,7	4,6 17,0 1464,3	12,0 30,0 1476,3
2007-2008	Total nb.jours pluie Cumul pl	15,4 12,0 15,4	14,8 4,0 30,2	198,2 10,0 228,4	401,4 20,0 629,8	364,8 21,0 994,6	53,0 15,0 1047,6	5,8 14,0 1053,4	6,2 12,0 1059,6	8,8 13,0 1068,4	6,0 19,0 1074,4	3,0 11,0 1077,4	10,2 7,0 1087,6
2008-2009	Total nb.jours pluie Cumul pl	62,2 13,0 62,2	174,4 16,0 236,6	91,8 16,0 328,4	363,4 21,0 691,8	357,4 21,0 1049,2	138,0 16,0 1187,2	111,2 17,0 1298,4	33,0 21,0 1331,4	7,6 20,0 1339,0	7,8 13,0 1346,8	7,2 11,0 1354,0	3,6 10,0 1357,6
2009-2010	Total nb.jours pluie Cumul pl	10,8 7,0 10,8	39,6 9,0 50,4	157,2 19,0 207,6	389,0 24,0 596,6	46,8 11,0 643,4	447,6 24,0 1091,0	5,6 14,0 1096,6	8,4 17,0 1105,0	6,8 16,0 1111,8	16,2 24,0 1128,0	7,6 12,0 1135,6	3,0 9,0 1138,6
2010-2011	Total nb.jours pluie Cumul pl	19,6 9,0 19,6	49,4 7,0 69,0	167,2 13,0 236,2	55,6 10,0 291,8	150,0 21,0 441,8	116,4 15,0 558,2	0,0 0,0 558,2	0,0 0,0 558,2	0,0 0,0 558,2	0,0 0,0 558,2	0,0 0,0 558,2	0,0 0,0 558,2

Station d'Ampitatsimo – PC 15



CAMPAGNE		AMPITATSIMO											
		OCT	NOV	DEC	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT
2000-2001	Total	9,0	14,0	155,0	574,6	65,4	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	2,0	1,0	9,0	9,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	9,0	23,0	178,0	752,6	818,0	855,5	855,5	855,5	855,5	855,5	855,5	855,5
2001-2002	Total	0,0	0,0	307,0	162,0	339,5	33,0	67,0	129,0	9,0	7,5	4,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	0,0	15,0	12,0	19,0	11,0	9,0	7,0	5,0	4,0	6,0	0,0
	Cumul pl	0,0	0,0	307,0	469,0	808,5	841,5	908,5	1037,5	1046,5	1054,0	1058,0	1058,0
2002-2003	Total	2,5	20,5	370,0	473,0	219,5	137,5	23,5	14,5	1,0	1,0	1,0	9,5
	nb.jours pluie	1,0	6,0	18,0	27,0	16,0	14,0	6,0	4,0	1,0	2,0	1,0	7,0
	Cumul pl	2,5	23,0	393,0	866,0	1085,5	1223,0	1246,5	1261,0	1262,0	1263,0	1264,0	1273,5
2003-2004	Total	0,0	43,0	168,0	204,5	83,5	86,5	36,5	1,0	0,5	5,5	1,5	0,0
	nb.jours pluie	0,0	5,0	15,0	21,0	13,0	17,0	8,0	1,0	1,0	7,0	2,0	0,0
	Cumul pl	0,0	43,0	211,0	415,5	499,0	585,5	622,0	623,0	623,5	629,0	630,5	630,5
2004-2005	Total	0,0	17,5	529,5	105,5	477,5	431,5	2,0	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	2,0	19,0	17,0	22,0	13,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	0,0	17,5	547,0	652,5	1130,0	1561,5	1563,5	1601,0	1601,0	1601,0	1601,0	1601,0
2005-2006	Total	0,0	13,5	244,0	122,0	114,0	96,9	24,0	1,5	0,5	5,5	11,0	0,0
	nb.jours pluie	0,0	3,0	10,0	15,0	11,0	11,0	4,0	3,0	1,0	4,0	5,0	0,0
	Cumul pl	0,0	13,5	257,5	379,5	493,5	590,4	614,4	615,9	616,4	621,9	632,9	632,9
2006-2007	Total	0,0	150,1	101,5	490,0	424,0	191,5	65,0	15,5	1,0	4,5	7,8	9,6
	nb.jours pluie	0,0	10,0	14,0	26,0	19,0	10,0	7,0	4,0	2,0	2,0	1,0	2,0
	Cumul pl	0,0	150,1	251,6	741,6	1165,6	1357,1	1422,1	1437,6	1438,6	1443,1	1450,9	1460,5
2007-2008	Total	9,5	16,5	192,0	460,5	343,5	35,0	1,5	54,0	6,5	5,5	1,0	32,9
	nb.jours pluie	3,0	3,0	10,0	19,0	18,0	9,0	1,0	3,0	4,0	4,0	1,0	2,0
	Cumul pl	9,5	26,0	218,0	678,5	1022,0	1057,0	1058,5	1112,5	1119,0	1124,5	1125,5	1158,4
2008-2009	Total	77,0	249,0	182,2	283,1	203,1	117,4	58,8	9,4	0,0	0,9	0,0	2,0
	nb.jours pluie	4,0	16,0	12,0	13,0	10,0	6,0	8,0	2,0	0,0	1,0	0,0	1,0
	Cumul pl	77,0	326,0	508,2	791,3	994,4	1111,8	1170,6	1180,0	1180,0	1180,9	1180,9	1182,9
2009-2010	Total	3,7	59,7	102,2	386,8	37,3	304,3	3,4	2,7	0,2	2,4	8,0	0,0
	nb.jours pluie	3,0	6,0	11,0	19,0	8,0	13,0	1,0	2,0	1,0	5,0	5,0	0,0
	Cumul pl	3,7	63,4	165,6	552,4	589,7	894,0	897,4	900,1	900,3	902,7	910,7	910,7
2010-2011	Total	3,5	19,4	105,0	46,9	183,4	153,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	nb.jours pluie	3,0	1,0	6,0	12,0	11,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cumul pl	3,5	22,9	127,9	174,8	358,2	511,7	511,7	511,7	511,7	511,7	511,7	511,7

Annexe 12 : Mesures de profondeur de la nappe phrétique, mai 2009

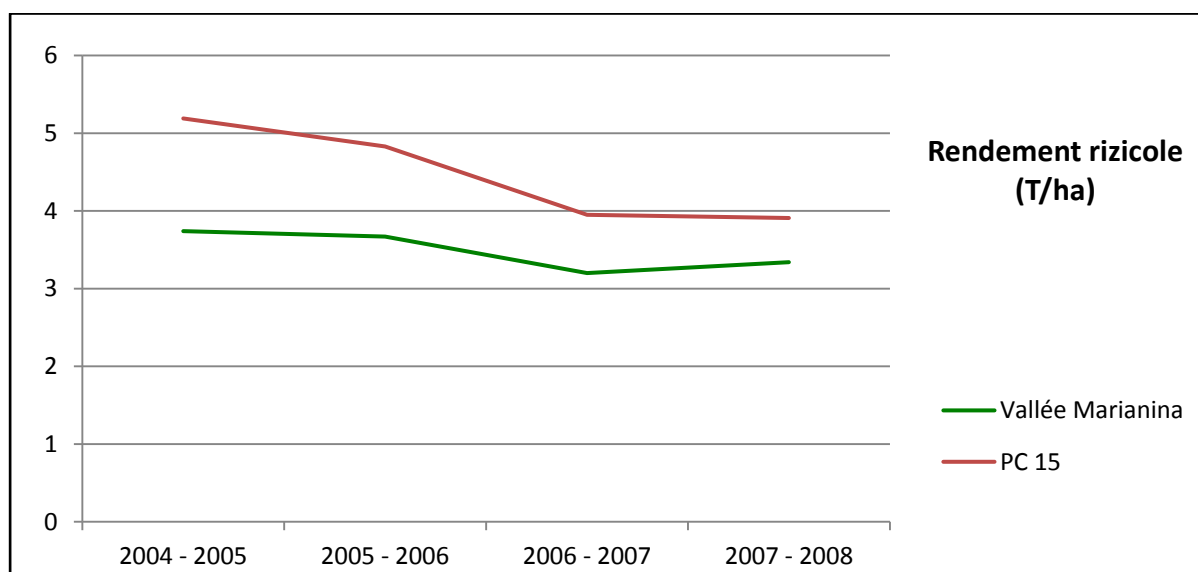


Annexe 13 : Données ayant servi à l'analyse à l'échelle nationale (MAEP, FAO, calculs personnels) - N.B. Les chiffres en gris sont des estimations (extrapolations).

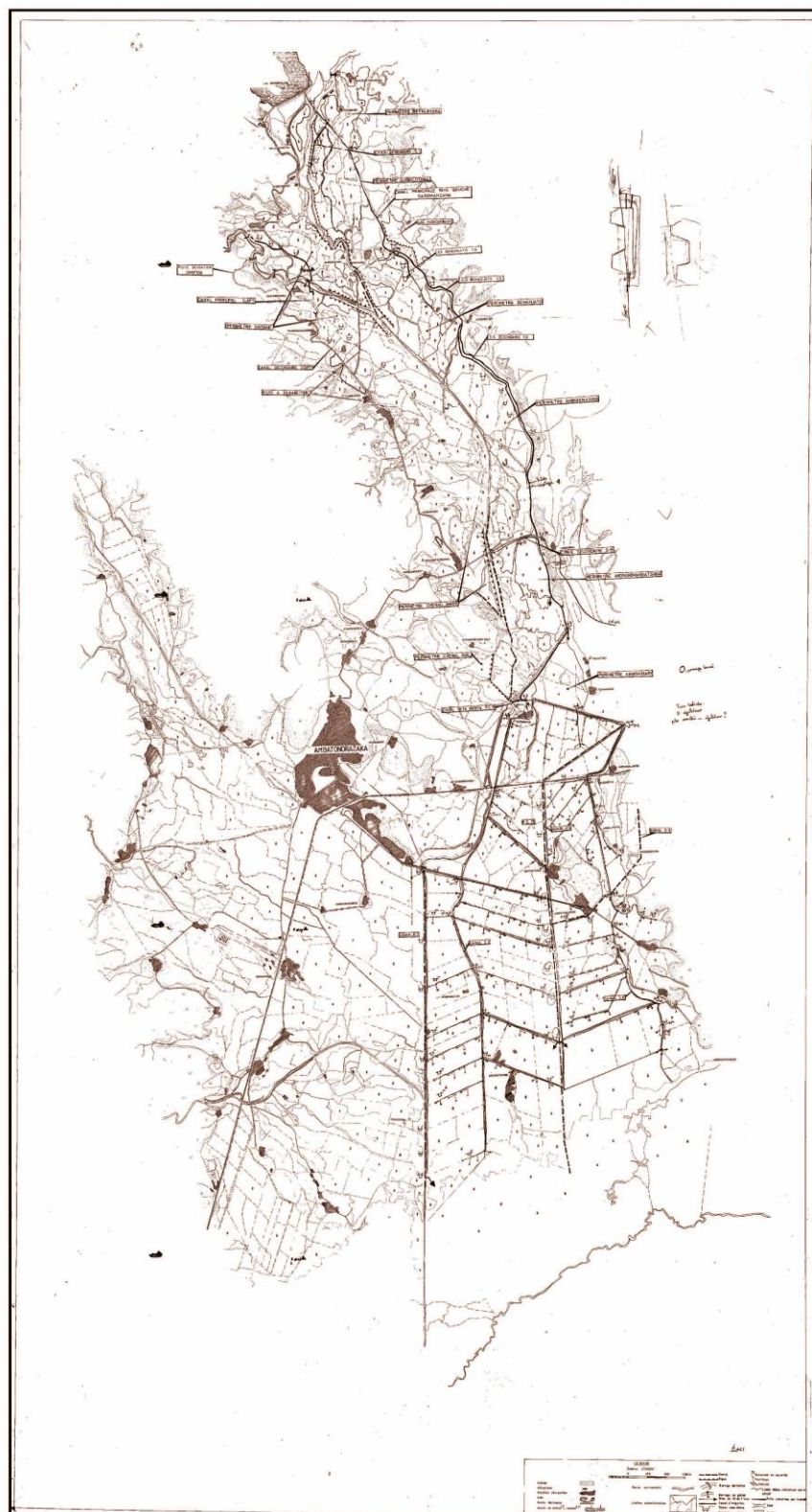
Population		Besoin en riz (t/hab./an)	Production paddy (tonnes)	Différentiel de production	Production équivalent riz (65% du paddy), tonnes	Déficit annuel
1 961	5 505 900	798 356	1 263 000		820 950	22 595
1 962	5 732 611	831 229	1 330 000	67 000	864 500	33 271
1 963	5 959 323	864 102	1 377 000	47 000	895 050	30 948
1 964	6 186 034	896 975	1 520 000	143 000	988 000	91 025
1 965	6 412 746	929 848	1 445 000	- 75 000	939 250	9 402
1 966	6 639 457	962 721	1 603 000	158 000	1 041 950	79 229
1 967	6 866 169	995 594	1 706 000	103 000	1 108 900	113 306
1 968	7 092 880	1 028 468	1 873 000	167 000	1 217 450	188 982
1 969	7 270 891	1 054 279	1 858 000	- 15 000	1 207 700	153 421
1 970	7 448 902	1 080 091	1 865 000	7 000	1 212 250	132 159
1 971	7 626 913	1 105 902	1 873 000	8 000	1 217 450	111 548
1 972	7 804 924	1 131 714	1 924 000	51 000	1 250 600	118 886
1 973	7 982 935	1 157 526	1 913 000	- 11 000	1 243 450	85 924
1 974	8 160 945	1 183 337	1 870 000	- 43 000	1 215 500	32 163
1 975	8 338 956	1 209 149	1 854 000	- 16 000	1 205 100	- 4 049
1 976	8 516 967	1 234 960	2 043 000	189 000	1 327 950	92 990
1 977	8 694 978	1 260 772	2 067 000	24 000	1 343 550	82 778
1 978	8 872 989	1 286 583	1 922 000	- 145 000	1 249 300	- 37 283
1 979	9 051 000	1 312 395	2 045 000	123 000	1 329 250	16 855
1 980	9 341 900	1 354 576	2 109 000	64 000	1 370 850	16 275
1 981	9 632 800	1 396 756	2 010 000	- 99 000	1 306 500	- 90 256
1 982	9 923 700	1 438 937	1 970 000	- 40 000	1 280 500	- 158 437
1 983	10 214 600	1 481 117	2 147 000	177 000	1 395 550	- 85 567
1 984	10 505 500	1 523 298	2 131 000	- 16 000	1 385 150	- 138 148
1 985	10 796 400	1 565 478	2 178 000	47 000	1 415 700	- 149 778
1 986	11 087 300	1 607 659	2 269 000	91 000	1 474 850	- 132 809
1 987	11 378 200	1 649 839	2 296 000	27 000	1 492 400	- 157 439
1 988	11 669 100	1 692 020	2 149 000	- 147 000	1 396 850	- 295 170
1 989	11 960 000	1 734 200	2 381 000	232 000	1 547 650	- 186 550
1 990	12 117 167	1 756 989	2 400 000	19 000	1 560 000	- 196 989
1 991	12 274 333	1 779 778	2 342 000	- 58 000	1 522 300	- 257 478
1 992	12 431 500	1 802 568	2 450 000	108 000	1 592 500	- 210 068
1 993	12 588 667	1 825 357	2 550 000	100 000	1 657 500	- 167 857
1 994	12 745 833	1 848 146	2 357 000	- 193 000	1 532 050	- 316 096
1 995	12 903 000	1 870 935	2 634 000	277 000	1 712 100	- 158 835
1 996	13 265 000	1 923 425	2 734 000	100 000	1 777 100	- 146 325
1 997	13 636 000	1 977 220	2 558 000	- 176 000	1 662 700	- 314 520
1 998	14 018 000	2 032 610	2 447 000	- 111 000	1 590 550	- 442 060
1 999	14 410 000	2 089 450	2 571 000	124 000	1 671 150	- 418 300
2 000	14 814 000	2 148 030	2 480 000	- 91 000	1 612 000	- 536 030
2 001	15 229 000	2 208 205	2 662 000	182 000	1 730 300	- 477 905
2 002	15 655 000	2 269 975	2 604 000	- 58 000	1 692 600	- 577 375
2 003	16 093 000	2 333 485	2 800 000	196 000	1 820 000	- 513 485
2 004	17 901 000	2 595 645	3 030 000	230 000	1 969 500	- 626 145
2 005	18 386 000	2 665 970				
2 006	18 871 000	2 736 295		-		
2 007	19 356 000	2 806 620	3 500 000	470 000	2 275 000	- 531 620

Annexe 14 : Rendement de la production rizicole dans les périmètres irrigués Vallée Marianina et PC 15, d'après Andri-ko, 2009

AUE	Campagne 04-05	Campagne 05-06	Campagne 06-07	Campagne 07-08	Variation entre les deux dernières campagnes (%)
Ambohibary	4,94	4,12	4,09	3,80	- 7,09
Ambohimasina	3,40	3,33	2,99	3,10	+3,68
Ambolotara	3,29	3,73	3,27	3,51	+7,34
Andranomangatsiaka	4,67	4,07	3,40	2,83	-16,76
Bemanjato	3,83	3,60	2,84	3,40	+19,72
Moyenne VM	3,74	3,67	3,20	3,34	+4,38
AUE mailles 15-16	5,13	4,60	4,28	2,77	-35,28
AUE mailles 19-20	4,32	4,37	3,86	4,34	+12,44
AUE mailles 11-12	5,58	5,26	4,56	4,84	6,14
AUE mailles 22-23	6,13	5,49	4,56	4,15	-8,99
AUE maille 21	5,00	4,91	4,02	3,77	-6,22
AUE mailles 1-2-3	5,26	4,48	3,60	3,77	+4,72
AUE mailles 17-18	4,74	5,21	4,18	4,01	-4,07
AUE mailles 9-14	5,70	4,62	3,60	4,88	+35,56
AUE mailles 5-6	4,93	4,47	3,44	3,87	+12,50
AUE mailles 10-13	5,82	5,16	3,94	3,82	-3,05
AUE mailles 4-7-8	5,17	5,31	3,66	2,83	-22,68
Moyenne PC15	5,19	4,83	3,95	3,91	- 1,01



Annexe 15 : Localisation des périmètres irrigués lors de l'avant projet d'aménagement en 1990 (Source : Projet BVLac)



Annexe 16 : Informations relatives à la forêt classée d'Ambohilero (CIREEF, 1962, Ambatondrazaka)

**Journal officiel de la République
Malgache**

10 Novembre 1962

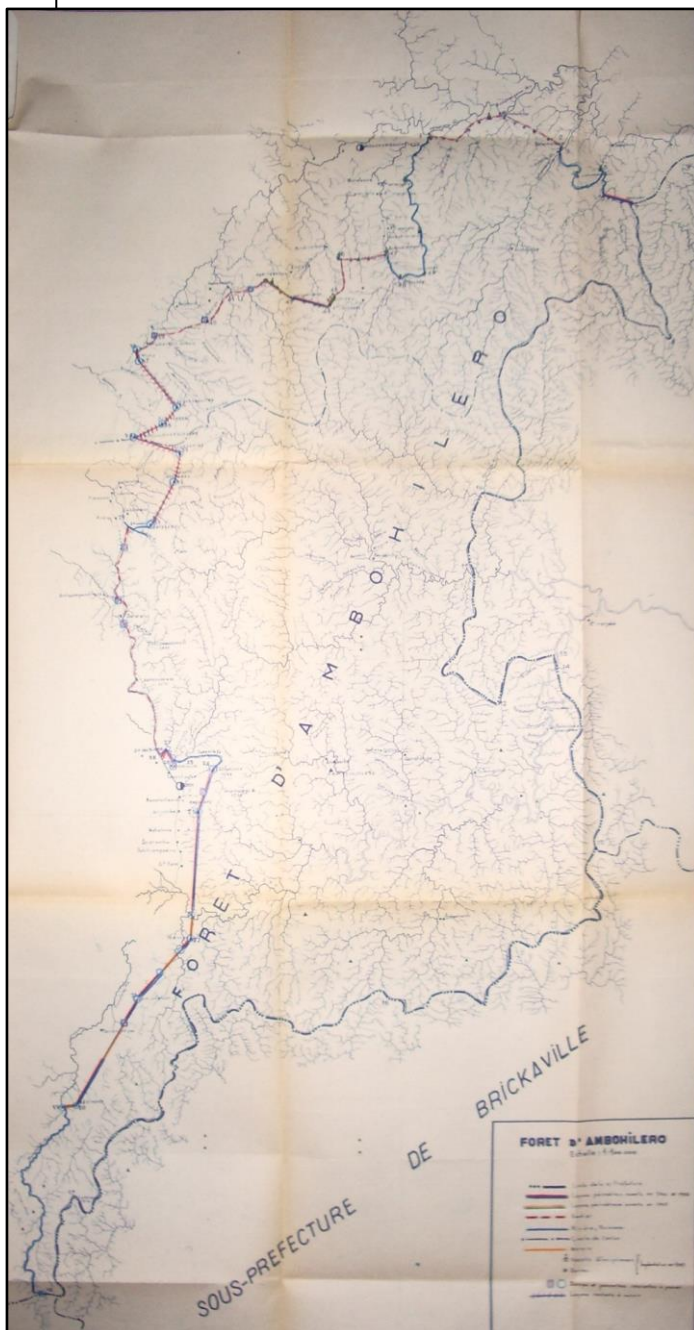
pages 2613 et 2614

« Par arrêté n° 2382-MAP/FOR du Ministre de l'agriculture et du paysannat, en date du 30 octobre 1962, est constituée en forêt classée, la forêt dite d'Ambohilero, d'une superficie de 117000 hectares environ. » (117600 ha, périmètre de 249 km, selon le projet FFEM)

« Cette forêt se trouve dans les cantons de Manakambahiny-Est, Didy et Ambatondrazaka, sous-préfecture d'Ambatondrazaka et est délimitée comme suit et telle au surplus qu'elle est figurée au plan annexé au présent arrêté. »

« Sont exclus du classement les périmètres de cultures des villages de Bemainty et Ambodinanto inclus dans le massif d'Ambohilero et délimités comme suit et tels au surplus qu'ils sont figurés au plan annexé au présent arrêté. »

« Les défrichements, cultures, installations, mises à feu sont interdits à l'intérieur de la forêt classée. Sont également interdits tous droits d'usage autres que le pâturage, le ramassage du bois mort, la recherche de plantes alimentaires ou médicinales, la récolte de miel, l'utilisation des pistes existantes et l'accès aux tombes »



Annexe 17 : Orientations et axes stratégiques du PNDR en 2008

Orientations	Axes stratégiques
Promouvoir la bonne gouvernance dans le secteur du développement rural	Amélioration du cadre institutionnel et des structures d'accueil du développement rural eu égard à la nécessité de la collaboration et de la responsabilisation des acteurs et au besoin de promouvoir les systèmes de partenariat
	Mise en place d'un environnement juridique et réglementaire favorable au développement rural
Faciliter l'accès au capital et aux facteurs de production	Facilitation de l'accès des producteurs et investisseurs à la terre
	Introduction des mécanismes d'organisation, de gestion et de développement des infrastructures
	Développement et pérennisation du financement du monde rural
	Facilitation de l'accès à l'amélioration du matériel et de l'équipement
	Promotion de l'électrification rurale
Améliorer la sécurité alimentaire et augmenter la production et la transformation agricoles	Amélioration de la productivité Agricole
	Diversification de la production et de l'alimentation
	Assurance d'une stabilité et d'une permanence des approvisionnements alimentaires
	Préparation aux urgences
	Transformation des produits
Valoriser les ressources naturelles et préserver les facteurs naturels de production	Gestion durable des écosystèmes et de la biodiversité
	Gestion durable des eaux et des sols
	Gestion durable des ressources forestières
	Gestion durable des espaces ruraux
	Mise en compatibilité des investissements ruraux avec l'environnement
Développer les marchés et organiser les filières	Partenariat Public Privé (3P) : articulation des réseaux d'acteurs ruraux
	Entrée d'opérateurs en aval dans le marché
	Diversification et développement des exportations
	Marketing/Communication

Annexe 18 : Critères pour la classification en zone RAMSAR du bassin versant de l'Alaotra

Critère 1: Les Zones Humides et Bassins versants d'Alaotra remplissent le critère 1 parce qu'elles présentent 9/20 soit 45% des types de zones humides naturelles continentales identifiés selon le système de classification RAMSAR. Cette zone est également un exemple représentatif unique de type de zone humide naturelle de la région biogéographique de l'Est de Madagascar (cf paragraphe 8, page 2).

Critère 2: Les Zones Humides et Bassins versants d'Alaotra répondent au critère 2 car ils abritent trois taxons localement endémiques d'Alaotra qui sont tous gravement menacés : *Hapalemur griseus alaotrensis* "Bandro" (seul taxon de lémurien vivant exclusivement sur le bord du lac, dans le marécage), *Tachybaptus rufolavatus* "Vivin'Alaotra" et *Aythya innotata* "Onjy". La zone abrite aussi d'autres espèces endémiques menacées *Ardea humblotii* « Vano », *Thalassornis leucotis* insularis « Danamona », *Tachybaptus pelzelni* « Vivy », *Anas melleri* "Angaka" (Young, 1995 ; Ramanampamonjy et Randrianasolo, 1997 ; Ramanampamonjy et Razafindrahanta, 1998).

Elle héberge également 5 espèces de poissons indigènes très rares comme *Paratilapia polleni* "Fony gasy ou Marakely", *Rheocles alaotrensis* "Katrana", *Rheocles sikorae* "Zono, Pirina", *Aureococcus alaotrensis* "Menazipo", *Gobius aenofuseus* "Toho ou Sondry", presque disparues à Alaotra.

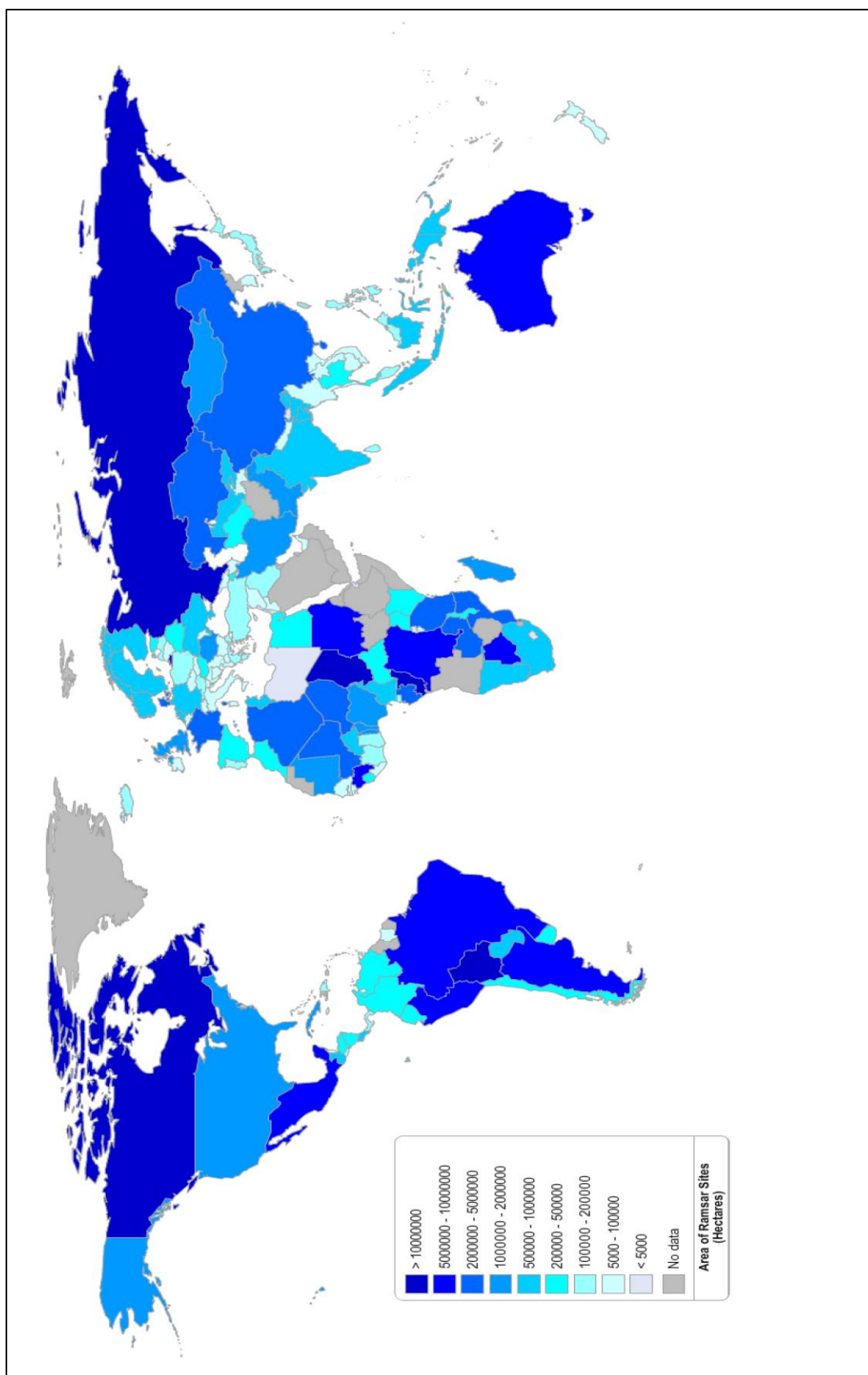
Critère 3: Les Zones Humides et Bassins versants d'Alaotra répondent au critère 3 car ils abritent actuellement 30 espèces d'Oiseaux d'eau dont 5 endémiques; 2 espèces de Lémuriens (*Hapalemur griseus alaotrensis* et *Microcebus rufus*); une espèce de carnivore *Galidia elegans*, 2 espèces de rongeurs endémiques *Brachyuromys* sp, *Eliurus* sp; 2 espèces d'insectivores *Suncus* murins, *Microgale cowani*. La zone humide d'Alaotra est également riche en faune ichthyique parce qu'elle contient une quinzaine d'espèces de poisson dont 5 citées ci-dessus endémiques. La zone héberge 6 classes d'Invertébrés (Insectes, Arachnides, Crustacés, Oligochète, Turbellariés et Gastropodes) dont 5 Ordres d'Insectes.

Sur le point de vue floristique, la zone humide d'Alaotra présente 75 espèces de flore dont 16 dans la famille de Cyperaceae et 11 Poaceae (Pidgeon, 1996)

Critère 4: Les Zones Humides et Bassins versants d'Alaotra remplissent le critère 4 car plusieurs espèces d'Oiseaux d'eau telles que *Ardea humblotii*, *Ardea cinerea*, *Ardea purpurea*, *Bubulcus ibis*, *Anas melleri* y font leur reproduction. Le marais constitue aussi un lieu de refuge des Anatidae *Anas melleri*, *Anas erythrorhynchos*, *Anas hottentota*, *Dendrocygna bicolor*, *Dendrocygna viduata*, *Sarkidiornis melanotos* durant la mue. Il s'agit également d'un site de ponte de poissons endémiques: *Paratilapia polleni*, *Rheocles alaotrensis*, *Rheocles sikorae*, *Aureococcus alaotrensis*.

Critère 8: Les Zones Humides et Bassins versants d'Alaotra répondent au critère 8 car le marais sert une source d'alimentation importante des poissons. Les 4 espèces de *Tilapia* inventoriés à Alaotra représentent 84,02 % en poids de tous les poissons. *Tilapia zilli* est herbivore et se nourrit de *Cyperus* sp, *Nymphaea* sp, *Phragmites* sp qui sont abondants dans le marais et du lac. *Oreochromis macrochir*, *O. niloticus* et *O. mossambicus* sont toutefois omnivores. Le marais constitue également un lieu de frai et d'alevinage des poissons parce que la plupart des poissons utilisent le substrat du marais ou le terriers au bord du lac pour la ponte.

Annexe 19 : Superficie des sites de la convention RAMSAR sur les zones humides dans le monde (Source : <http://sites.wetlands.org/statplanet/maps/StatPlanet.swf>)



Annexe 20 : Récapitulatif des grandes étapes du dispositif de FAR à Madagascar (Bene, 2012)

Période	Cadre institutionnel	Priorités stratégiques	Observations
1903	Création du Centre des Dresseurs de bœufs à Nanisana, devenant l'Ecole Pratique d'Agriculture en 1915		
1950	10 Ecoles Pratiques d'Agriculture (EPA) fonctionnelles (300 contremaîtres formés/an)		
1962	Création de la Direction de l'Enseignement Agricole (DSA) au ministère en charge de l'Agriculture		
1964-68	<ul style="list-style-type: none"> Plan de développement de l'enseignement agricole Mise en place du SEFA (Service de l'Enseignement et de la Formation Agricole) en remplacement de la DSA 	Besoins en ressources humaines des administrations rurales, des grands projets, et de l'animation rurale	3 LA 8 Collèges Agricoles 1 CAF 1 ESAT
1972	<ul style="list-style-type: none"> Crise de la formation agricole (1 700 formés par an supérieur aux besoins). Priorité donnée aux collèges agricoles : former des paysans modernes 		
1985	<ul style="list-style-type: none"> Schéma directeur de l'Enseignement Professionnel Agricole (Diagnostic FAO). Mise en place du SERFA (Service chargé de l'Enseignement du Recyclage et de la Formation Agricole) pour la coordination des activités pédagogiques, administratives et financements des activités formation et de production des écoles 	Former des techniciens agricoles, ouvrir la formation largement au paysannat	Développer le réseau de Lycées Agricoles
1994	<ul style="list-style-type: none"> Stratégie d'Enseignement et de Formation Agricole (PREFETEC, Etude Best-CINAM). Mise en place du CEFA (Cellule d'Exécution du programme de restructuration de l'Enseignement et de la Formation Agricole) 	<ul style="list-style-type: none"> La stratégie d'Enseignement et de Formation Agricole (EFA) est un complément de la stratégie sectorielle d'Enseignement Technique et Professionnel. Accent apporté sur l'adéquation offre/demande, l'importance de l'éducation de base, l'efficacité, le financement, et le pilotage. 	Professionnalisation et spécialisation des EASTA (création des EASTA Pro)
1998-2000	<ul style="list-style-type: none"> Ajustement structurel : amorce du désengagement de l'Etat, désintérêt croissant des jeunes Passage d'une démarche « top down » à une démarche ascendante Responsabilisation du secteur privé et des organisations professionnelles 		
2007-11	<ul style="list-style-type: none"> Etude préparatoire à la rédaction du document de SNFAR (Etude Best-CIEPAC) Mise en place du SFAR 	<ul style="list-style-type: none"> Reconduction constats globaux. Prise en compte d'innovations (formation au métier, leaders....) 	

Source : Synthèse bibliographique effectuée par la mission

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude, le bassin du lac Alaotra et les vallées du sud-est..	10
Figure 2 : Schéma des principales unités paysagères dans le bassin versant de l'Alaotra	15
Figure 3 : Présence des marais dans la partie sud – sud-est du bassin de l'Alaotra (la vallée Marianina couvre la partie droite (est) de la carte). Extrait de la carte au 1/100 000° d'Ambatondrazaka, 1913, feuilles 211 ouest et 225 ouest, Service géographique, Cartes anciennes du Département de Géographie – CRGA de l'Université J. Moulin Lyon 3	18
Figure 4 : Les voies de communication unissant l'Antsihanaka à la côte orientale à travers la forêt de l'est (in Remuzat, 1987, d'après la carte de Madagascar publiée par ordre du Général Gallieni, Service Géographique du Corps d'Occupation, mars 1903)	21
Figure 5 : Ethnie et densité de population à Madagascar. Indian Ocean Atlas, 1979.....	22
Figure 6 : Parcelle de tavy au sein de la forêt naturelle à l'amont du bassin versant de Bevava ; photo J. Erismann.....	24
Figure 7 : Schéma cadastral des périmètres de colonisation au lac Alaotra (Longuefosse, 1922).....	33
Figure 8 : Limites du périmètre de colonisation (PC) n°15 à sa création en 1919 et des réserves indigènes, d'après les plans de bornage, Service des Domaines, Ambatondrazaka...	34
Figure 9 : Titres de propriété figurant sur le plan de bornage initial du PC 15.....	35
Figure 10 : Réseau de drainage au lac Alaotra (Ducoureau, 1945).....	42
Figure 11 : Prise de vue aérienne de 1949 montrant les premiers drains du PC 15	44
Figure 12 : Partie est des aménagements du PC 15 en 1955 ; photo G. Legrand, et Google Earth	45
Figure 13 : Crête et parement aval du barrage d'Antanifotsy-Bevava, vue de l'appui gauche ; photo J. Erismann.....	46
Figure 14 : Ensemble hydrographique et hydraulique du périmètre irrigué PC 15 en 1965....	48
Figure 15 : Evolution du réseau hydraulique du périmètre irrigué PC 15 entre 1965 et 2008	49
Figure 16 : Les grands périmètres irrigués dans le bassin du lac Alaotra.....	56

Figure 17 : Nombre de parcelles par classes de superficie avant et après le remembrement (Source : BVLac, plans de lotissement de la SOMALAC-SCET Coopération et cartes topographiques au 1/50 000°)	60
Figure 18 : Evolution du parcellaire dans le PC 15 avant, après le remembrement, et aujourd'hui.....	61
Figure 19 : Les 11 associations d’usagers de réseau Vallée Marianina – PC 15 regroupées au sein d’une fédération	65
Figure 20 : Le paysage des « vallées du sud-est » dans les années 1980.....	67
Figure 21 : Evolution du réseau hydrographique de la Vallée Marianina entre 1949 (avant les aménagements) et 2004 (aménagements achevés).....	68
Figure 22 : Morphologie des réseaux de drainage, d’irrigation et ouvrages partiteurs (primaires et secondaires) – Périmètre vallée Marianina et PC 15	69
Figure 23 : Localisation et état actuel des piézomètres du barrage de Bevava.....	71
Figure 24 : Les bassins versants des vallées du sud-est du lac Alaotra	76
Figure 25 : Occupation du sol dans le bassin versant de Bevava (Erismann, 2006).....	78
Figure 26 : Front forestier au lac Alaotra au 20ème siècle, Cartes anciennes du Département de Géographie – CRGA de l’Université J. Moulin Lyon 3 (A gauche : extrait de la carte de la côte Est de Madagascar, Service géographique du corps d’occupation, octobre 1900, 1/1 000 000° ; au milieu : extrait de la carte de la côte Est de Madagascar, Service géographique de Madagascar, 1916, 1/1 000 000° ; à droite : carte topographique de 1975, d’après les photographies aériennes de 1965-1966).....	79
Figure 27 : Campagnes de boisement dans le bassin versant de Bevava (Bonnier F., 2006) ..	80
Figure 28 : Campagnes de boisement dans les années 1980 (Bonnier F., 2006).....	81
Figure 29 : Evolution de l'occupation du sol de la zone-test d'Amboasary entre 1957 et 2004	84
Figure 30 : Délimitation contradictoire des Fokontany, J. Erismann, 2008.....	87
Figure 31 : Population des fokontany du bassin versant de Bevava (Bevava, Ambodivolosy et Bedabo) par classe d’âge, recensement et enquête de terrain, 2008.....	87
Figure 32: Localisation des instruments de mesure et polygones de Thiessen du bassin versant	89

Figure 33 : Variation du niveau du lac de retenue et pluie moyenne sur le bassin versant de Bevava en janvier 2001	94
Figure 34 : Corrélation entre l'évènement pluvieux du 28 janvier 2001 et l'augmentation du volume du lac de retenue.....	96
Figure 35 : Variation du niveau du lac de retenue et pluie moyenne sur le bassin versant de Bevava en novembre 2006	97
Figure 36 : Variation du niveau du lac de retenue et pluie moyenne sur le bassin versant de Bevava en mars et avril 2009	99
Figure 37 : Réalimentation du lac de Bevava avec les eaux de la Lohafasika en saison sèche (tracé de la réalimentation du lac avec les eaux de la Lohafasika en saison sèche ; D. : déversoir du barrage ; V. : vallon par lequel se fait le débordement du lac vers le déversoir ou des eaux de la Lohafasika vers le lac).....	100
Figure 38 : Variation de niveau exceptionnelle en saison sèche du lac de retenue et pluie moyenne du bassin versant de Bevava.....	103
Figure 39 : Paysage criblé de lavaka au sud-est d'Ambatondrazaka, vue d'avion, photo J. Erismann.....	107
Figure 40 : Delta lacustre de la Sasomangana et barrage de Bevava (côte : 809,40 NGM), vue d'avion, photo Ph. Grandjean.....	108
Figure 41 : Bathymétrie du lac de retenue réalisée par échosondeur, Juin 2005	109
Figure 42 : Courbes de cubature du lac de retenue de Bevava et dégradations spécifiques (Mietton <i>et al.</i> , 2005).....	110
Figure 43 : Remplissage en saison sèche du lac de retenue de Bevava	111
Figure 44 : Variations des côtes du lac de retenue de Bevava par décades, 2000-2011, Projet BVLac, J. Erismann	115
Figure 45 : Evolution de la côte de retenue pour le type B1a, J. Erismann	117
Figure 46 : Evolution de la côte de retenue pour le type B1b, J. Erismann	117
Figure 47 : Remplissage du barrage pendant la saison agricole et les prélèvements, J. Erismann.....	119
Figure 48 : Déversement pendant la campagne agricole, J. Erismann.....	120

Figure 49 : Tour de prise d'eau du réservoir de Bevava à la côte 819,67 NGM, le 19 juin 2005, photo J. Erismann.....	122
Figure 50 : Tour de prise d'eau du réservoir de Bevava à la côte 811,93 NGM et barrage digue sur la gauche, 31 juillet 2006, photo J. Erismann	122
Figure 51 : Structure du réseau hydro-agricole des périmètres irrigués Vallée Marianina – PC 15, d'après CACG, 2000	123
Figure 52 : Volume global consommé à partir de la retenue de Bevava pour l'irrigation et pluviométrie par campagne (2000-2010) ; source : Projet BVLac	125
Figure 53 : Mise en eau du PC 15 amont le 27 novembre 2010, photo P. Grandjean	127
Figure 54 : Aperçu graphique de la différence entre consommations théorique et effective pour les périmètres Vallée Marianina et PC 15.....	130
Figure 55 : Secteurs amont et aval des périmètres irrigués Vallée Marianina et PC 15	131
Figure 56 : Consommation d'eau par AUR et par décade en l/s/ha (de novembre à la première décade de février) ; source : FAUR, 2009.....	136
Figure 57 : Consommation d'eau par AUR et par décade en l/s/ha (de la deuxième décade de février à fin avril) ; source : FAUR, 2009	137
Figure 58 : Evolution de la population et de la production rizicole à Madagascar (1961 - 2011) ; source : FAOSTAT	142
Figure 59 : Evolution de la production et des besoins en riz (1961 - 2007) ; source : Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, FAO (Annexe 13).....	142
Figure 60 : Evolution de la population à Madagascar de 1921 à 2050, in Gastineau et Sandron, 2006 ; Sources : Commissariat général au Plan, 1962, pour la période 1921-1949 ; United Nations, 2005, pour la période 1950-2050 (scénario central pour les projections)	143
Figure 61 : Le bassin versant de Bevava, fournisseur d'eau des périmètres irrigués de la vallée Marianina et du PC15.....	148
Figure 62 : Transhumance régionale par le sud du bassin de l'Alaotra et le bassin de la Sasomangana.....	149
Figure 63 : Versant en "pied de vache" en amont de la vallée de la Sasomangana, 2008, photo J. Erismann.....	150

Figure 64 : Tentatives d'embocagement de parcelles avec des lantana et des goyaviers dans le village d'Ambohimavory (FKT Manakambahiny kely – limite entre le bassin de la Sasomangana et de la Lohafasika), photo J. Erismann	151
Figure 65 : Erosion importante des berges de la Sasomangana réduisant l'espace des rizières dans le secteur de Behengitra (FKT Bedabo), en rive gauche, photo J. Erismann	153
Figure 66 : Erosion importante des berges de la Sasomangana réduisant l'espace des rizières dans le secteur de Behengitra (FKT Bedabo), en rive droite, photo J. Erismann	153
Figure 67 : Localisation des lieux de résidence des exploitants (propriétaires ou non) dans les cinq AUE de la vallée Marianina (base de données BRL, 2006).....	157
Figure 68 : Evolution de l'emprise du marais entre 1969 et aujourd'hui.....	160
Figure 69 : A gauche : Système racinaire puissant et tallage de 72 tiges en SRI contre faible développement du plant de gauche, à 6 tiges, repiqué de manière traditionnelle / A droite : Champ en SRI avant la récolte ; Source : Association Tefy Saina (qui signifie : « qui forme la matière grise »).....	164
Figure 70 : Evolution des superficies cultivées en SRI/SRA à Madagascar de 2003 à 2009, Séguy, 2009 *Système de Riziculture Améliorée, dérivé du SRI.....	168
Figure 71 : Localisation des essais de SRI selon la méthode MAFF par P. Vallois pour la campagne 2004-2005 et rendements par AUE (Les rendements au PC 15 sont globalement plus importants car le réseau d'irrigation est mieux structuré qu'en vallée Marianina où il n'y a pas de réseau tertiaire – cf partie II)	169
Figure 72 : Evolution des superficies cultivées en SCV à Madagascar de 2001 à 2009, Séguy, 2009	173
Figure 73 : Evolution des superficies cultivées en SCV au lac Alaotra de 2001 à 2009, Séguy, 2009	173
Figure 74 : Localisation des parcelles cultivées en SCV au lac Alaotra (Opérateur : BRL ; Source : www.manamora.net , Ledoux N., 2012).....	174
Figure 75 : Illustration du morcellement au PC 15 entre 1970 et 2008 au sein de l'association Avotra des mailles 4, 7 et 8	178
Figure 76 : Mesures de conductivité en vallée Marianina, mai 2009	181
Figure 77 : Gestion traditionnelle de l'eau dans le bassin versant de Bevava (A gauche : Raccordement des canaux en terre à flanc de tanety pour l'irrigation des rizières / A droite, en haut : irrigation gravitaire en amont du bassin ; en bas : construction d'un batardeau en saison sèche ; photos J. Erismann	186

Figure 78 : Limite de la forêt classée d'Ambohilero en amont des périmètres irrigués.....	188
Figure 79 : Défrichements récents (2006, 2007 et 2008) avec pour but la colonisation de nouvelles terres cultivables en raison de la pauvreté des sols de tanety (communication des habitants de Bedabo et Ambohimorona, FKT Bedabo – bassin versant de la Sasomangana) ; photos J. Erismann	190
Figure 80 : Unité territoriale et synergies possibles en vue d'une gestion intégrée des ressources naturelles et de la protection de l'environnement.....	191

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des superficies par unité paysagère	15
Tableau 2 : Extrait du titre foncier n°853K de la propriété dite Périmètre de colonisation n°15,	36
Tableau 3 : Classification des terres par la SCET (SCET Coopération, 1965) (Fmg : Franc malgache)	59
Tableau 4 : Types d'occupation du sol du bassin versant de Bevava	77
Tableau 5 : Caractéristiques des prises de vues aériennes (Bonnier F., 2006)	82
Tableau 6 : Evolution de l'occupation du sol des zones-tests entre 1949 et 1992 (% de la zone étudiée).....	82
Tableau 7 : Evolution de l'occupation du sol des zones-tests entre 1992 et 2004 (% de la zone étudiée).....	83
Tableau 8 : Démarche opérationnelle pour la délimitation des fokontany (Nambena, 2008) .	85
Tableau 9 : Pluviométrie (mm) de saison des pluies (novembre à avril) et pourcentage du total pluviométrique annuel (2000-2011).....	90
Tableau 10 : Pluviométrie annuelle (mm) par station et distance par rapport à la station de Sahatelo (S), 2000-2011	91
Tableau 11 : Différentiel pluviométrique par rapport à la station de Sahatelo	91
Tableau 12 : Pluviométrie moyenne mensuelle (en mm) par la méthode de Thiessen pour le bassin versant de Bevava.....	92
Tableau 13 : Intensités instantanées maximales en 30 minutes (calculées pour la période 1999-2005 à partir des pluviogrammes et acquises par la station CIMEL pour 2006 - 2010)	96
Tableau 14 : Pluviométrie (en mm) de saison sèche (mai à octobre)	101
Tableau 15 : Nombre total de cyclones et tempêtes tropicales ayant affecté Madagascar entre 1992 et 2012 et répartition mensuelle (source : Firinga.free.fr).....	102
Tableau 16 : Volume et côte du lac de Bevava lors du remplissage du lac en saison sèche, J. Erismann, 2012.....	112
Tableau 17 : Typologie des variations du niveau de la retenue et de disponibilité de la ressource pour la saison culturale suivante	113

Tableau 18 : Typologie de l'évolution de la côte du lac lors de la saison culturale	114
Tableau 19 : Rappel de la pluviométrie (mm) pendant la saison culturale à la station de Bevava.....	114
Tableau 20 : Volumes consommés pour l'irrigation calculés à partir des prélèvements sur le barrage et pluviométrie pendant la saison culturale, BVLac, J. Erismann.....	116
Tableau 21 : Phases du cycle cultural du riz, MAEP, J. Erismann	119
Tableau 22 : Besoins mensuels théoriques par périmètre et méthode culturale pour les périmètres irrigués Vallée Marianina - PC 15, d'après CACG, 2000, J. Erismann, 2012.....	128
Tableau 23 : Synthèse du volume mensuel consommé par association au cours de la campagne 2008-2009, Fujiki, 2012, d'après les données de la FAUR.....	129
Tableau 24 : Consommations théoriques (2000) et effectives (2008-2009), Erismann, Fujiki, 2012.....	130
Tableau 25 : Consommation d'eau par secteur amont et aval pour la campagne 2008-2009	132
Tableau 26 : Consommation d'eau par AUR et par décade pour la campagne 2008-2009 (l/s/ha) ; source : FAUR, 2009 (les valeurs en rouge représentent les débits supérieurs au débit nominal des canaux).....	135
Tableau 27 : Associations d'agriculteurs en rive droite de la vallée Marianina, d'après Gersar-Brl <i>et al.</i> , 1990.....	155
Tableau 28 : Proportion de main-d'œuvre familiale et salariée par techniques agricoles, d'après Demeringo, 2005.....	175
Tableau 29 : Comparaison des coûts de main d'œuvre et en intrants, selon les techniques SCV et SRI, d'après Demeringo, 2005.....	176
Tableau 30 : Filières porteuses dans la région Alaotra-Mangoro (PRDR, 2006)	195

Acronymes et abréviations

AFD	Agence française de développement
AMVR	Aire de mise en valeur rurale
ANAE	Association nationale d'actions environnementales
APS	Avant-projet sommaire
Ar	Ariary, monnaie malgache
AUE	Association des usagers de l'eau
AVSF	Agronomes et vétérinaires sans frontières
BAD	Banque africaine de développement
BERELAC	Bureau d'Etude et de Réalisation du Lac Alaotra
BEST	Bureau d'Expertise Sociale et de Diffusion Technique
BM	Banque mondiale
BRL	Bureau d'étude Bas Rhône Languedoc
BVLAC	Bassin versant du lac Alaotra (projet CIRAD – AFD)
BVPI	Bassin versant – Périmètres irrigués (projet AFD – BM)
CAMVAL	Comité d'aménagement et de mise en valeur de l'Alaotra
CACG	Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne
CEAMP	Centrale d'équipement agricole et de modernisation du paysannat
CFD	Caisse française de développement
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CIREF	Circonscription des eaux et forêts
CNARP	Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques
COMEMA	Comité d'expansion de la plaine de Marovoay (Société d'aménagement)
COOPERNIC	Coopérative européenne de référencement et de négociation des indépendants commerçants
CPRG	Canal principal de rive gauche
CRGA	Centre de recherche en géographie et aménagement (Université J. Moulin, Lyon III)
CTHA	Centre technique horticole de Toamasina
ECART	European consortium for agricultural research in the tropics
ERI	Eco-regional initiatives (financé par USAID)
FAO	Food and Agriculture Organization
FAFIALA	Centre d'expérimentation et diffusion pour la gestion paysanne des tanety
FAR	Formation agricole et rurale
FAUR	Fédération des associations des usagers des réseaux
FFEM	Fonds français pour l'environnement mondial
FIDA	Fonds international pour le développement agricole
FIDES	Fonds d'investissement et de développement économique et social

FIFAMANOR	Fiompiana Fambolena Malagasy Norveziana (projet d'agriculture et d'élevage malgacho-norvégien)
FIPA	Fédération internationale des producteurs agricoles
FKT	Fokontany (échelon administratif sous le niveau communal)
FMG	Franc malgache (ancienne monnaie)
FOFIFA	Foibe-pirenena momba ny fikarohana ampiharina amin'ny fampandrosoana ny ambanivohitra (Centre national de la recherche appliquée au développement rural)
FTM / CPM	Firaisankinan'ny Tantsaha eto Madagasikara Coalition paysanne de Madagascar
GELOSE	Gestion locale sécurisée
GERSAR	Groupement d'études et de réalisation des sociétés d'aménagement régional
GRET	Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques
GSDM	Groupement semis direct Madagascar
GSRI	Groupement système de riziculture intensive
ICBG	International Cooperative Biodiversity group
IMRA	Institut malgache de recherche appliquée
INSTAT	Institut national de la statistique
IRD	Institut de recherche pour le développement
JICA	Agence japonaise de coopération internationale
MAAPRAT	Ministère de l'agriculture, l'alimentation, la pêche, la ruralité et l'aménagement du territoire (intervenant dans la coopération française)
MAEE	Ministère des affaires étrangères et européennes (intervenant dans la coopération française)
MAFF	Mitsitsy Ambioka sy Fomba Fiasa (économiser les semences et les façons culturales)
MAEP	Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche
NGM	Nivellement général de Madagascar
OIT	Organisation internationale du travail
ONE	Office national pour l'environnement
ONU	Organisation des nations unies
PC	Périmètre de colonisation
PADR	Programme d'appui au développement régional
PRDR	Programme régional de développement rural
PSDR	Programme de soutien au développement rural (financé par la banque mondiale)
PVA	Prise de vue aérienne
RI	Réserve indigène
SAMANGOKY	Société d'aménagement du bas Mangoky (sud-ouest de Madagascar)
SCAMPIS	Scaling up micro-irrigation systems project India, Madagascar and Guatemala
SCET	Société centrale pour l'équipement du territoire

SCV	Semis sous couverture végétale
SD MAD	Semis direct Madagascar
SEFEDITA	Société d'aménagement dans le sud-ouest de l'île
SEM	Société d'économie mixte
SMB	Secrétariat multi-bailleurs (développement rural)
SOGREAH	Société grenobloise d'études et d'application hydrauliques
SOMEAH	Société malgache d'études et d'application hydrauliques (filiale de SOGREAH)
SOMALAC	Société malgache du lac Alaotra (Société d'aménagement)
SOMASAK	Société malgache d'aménagement de la Sakay (rivière de la Haute Matsiatra, centre sud de l'île)
SRI	Système de riziculture intensive
TAFA	Tany sy fampandrosoana (Terre et développement)
UE	Union européenne
USAID	United States agency for international development
ZAF	Zone d'aménagement foncier