



RAPPORT FINAL

Étude de la variabilité génétique des
populations de carpe et de tilapia à
Madagascar: liens avec la gestion et le
flux des géniteurs

Monique RAVAKARIVELO
30/06/2014



Département de
Recherche
Zootechniques et
Vétérinaires
Ampandrianomby B.P 04
Antananarivo 101
Tél : 034 06 400 81

REMERCIEMENTS

Je voudrais adresser mes sincères remerciements à :

- L'Ambassade de France à Madagascar et à la cellule de coordination du projet PARRUR, qui m'ont accordé cette allocation, m'ayant ainsi permis de compléter mes données dans le cadre de ma thèse
- A mon directeur de thèse qui m'a accordé toute sa confiance depuis le début du projet et par ses conseils précieux
- Au collectif MADAPISCI qui a toujours répondu présent tout au long de cette étude
- Aux pisciculteurs sans qui, cette étude n'aurait pu être faite

Sommaire

1. INTRODUCTION	4
2. METHODOLOGIE.....	5
2.1. Zones d'étude.....	5
2.2. Prélèvements biologiques et analyses au laboratoire	5
2.3. Etude des systèmes et de la dynamique des flux.....	5
3. RESULTATS.....	6
3.1. RESULTATS DES TRAVAUX SUR LE TILAPIA.....	6
3.1.1. Variabilité génétique du tilapia	6
3.1.2. Etude des systèmes	10
3.1.3. Dynamique des flux de poisson.....	12
3.2. RESULTATS DES TRAVAUX SUR LA CARPE	12
3.2.1. Variabilité génétique	13
3.2.2. Etude des systèmes	16
4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES	18
5. CONCLUSION	21

1. INTRODUCTION

La pisciculture a été pratiquée à Madagascar depuis les années 1900. L'activité se résumait, en ce temps, en un simple emprisonnement des poissons emmenés naturellement par les eaux d'inondation. L'émergence d'une véritable activité piscicole est liée à l'introduction d'espèces exotiques dont la carpe ou *Cyprinus carpio* et le tilapia ou *Oreochromis niloticus* qui constituent les deux principales espèces de poisson d'eau douce du pays, aussi bien pour la pêche continentale que pour la pisciculture. Ces introductions avaient pour objectifs d'accroître la production aquacole. En effet, afin de faire face à l'accroissement de la demande et de pallier à l'effondrement des stocks halieutiques causé par la surpêche surtout au niveau des côtes (Rakotoambinina, 2009), de nombreux efforts ont été effectués par le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques et les différents acteurs de la filière.

Cependant, la production aquacole continentale reste très faible par rapport au potentiel du pays en termes de plans d'eau et par rapport à la demande du marché (MPRH, 2012; FAO, 1992). Sur une production annuelle totale de 94392 tonnes de poissons, seules 3400 tonnes proviennent de l'aquaculture continentale dont 800 tonnes issues de la pisciculture en étang et 2600 tonnes issues de la rizipisciculture (MPRH, 2013). Les programmes d'appui à l'aquaculture, notamment sur la carpiculture réalisées, dans les années 80- 90 et les appuis techniques prodigués par la FAO restent vains.

Les acteurs évoquent plusieurs raisons, notamment la cause génétique qui semble être privilégiée.

Mais le niveau de production d'une exploitation résulte de la combinaison de plusieurs facteurs qui peuvent être (i) structurels ie les facteurs de production accessibles aux pisciculteurs ; (ii) ou contextuels ie les facteurs externes qui influencent les choix du pisciculteur (caractéristique agro-écologique, situation du marché, opportunités présentes) ; (iii) socio-économiques notamment à travers les caractéristiques du pisciculteurs et ses choix dans l'organisation et la priorisation des différents systèmes d'activités présents dans son exploitation. La génétique peut être à la fois un élément structurel si on considère les géniteurs comme un facteur de production ; ou un élément contextuel puisque l'accès ou non à une souche donnée dépend du contexte dans lequel le pisciculteur se trouve ; ou encore socio-économique puisque l'utilisation d'une souche donnée est un choix du pisciculteur. Ces facteurs, contribuant au niveau de productivité, se superposent au niveau des élevages piscicoles et définissent des profils d'élevages différents.

L'objectif de cette étude était de déterminer la variabilité génétique des souches de carpes et de tilapia disponibles localement, de décrire les types d'élevage existants c'est -à-dire ceux présentant les mêmes profils et de cartographier les flux de géniteurs sur le territoire malgache.

Ce présent rapport insère les nouvelles données collectées ayant fait l'objet de cette allocation, tout en tenant compte des résultats collectées pendant le projet PARRUR.

2. METHODOLOGIE

2.1. Zones d'étude

Cette étude a été menée dans plusieurs régions de Madagascar notamment :

- Région Analamanga
- Alaotra Mangoro
- Haute Matsiatra
- Vakinankaratra
- Itasy
- Antsinanana/Analanjirifo
- Bongolava
- Boeny

Le choix de ces différentes régions ont été fixées suite aux discussions entre les structures d'encadrement mais également suite aux entretiens avec les responsables au niveau du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

Ce sont également dans ces zones que les enquêtes sur la description des types et des flux de géniteurs ont été effectuées.

2.2. Prélèvements biologiques et analyses au laboratoire

Pour le tilapia, des bouts de nageoires ont été prélevés et conservés dans de l'éthanol à 70°C. Ces échantillons ont été ensuite génotypés sur séquenceur automatique Li-Cor® pour 9 marqueurs microsatellites: UNH 104, UNH 129, UNH 142, UNH 146, UNH 154, UNH 189, UNH 211, UNH 216 et UNH 995. La Lecture des profils de migration des amplicons sur gels par le logiciel SAGA Generation 2. Une double lecture des gels a été réalisée pour repérer et corriger les erreurs de typage et les données brutes analysées sous GENEPOP, GENETIX, STRUCTURE, MicroChecker.

Pour la carpe, les échantillons ont été analysés par un laboratoire LABOGENA et les données analysées avec les mêmes logiciels que pour le tilapia

2.3. Etude des systèmes et de la dynamique des flux

Des enquêtes en élevage ont été effectuées et les données ont été analysées avec plusieurs méthodes intégrant certains principes de la typologie à dire d'expert aux méthodes d'analyses

mutivariées. Cela permet d’allier les avantages de la méthodologie à dire d’expert à ceux issus des analyses multivariées, notamment la possibilité d’appréhender les systèmes piscicoles mais aussi de mettre en exergue ou au contraire minimiser des critères qui a priori semblaient importants ou non (Alary et al, 2002).

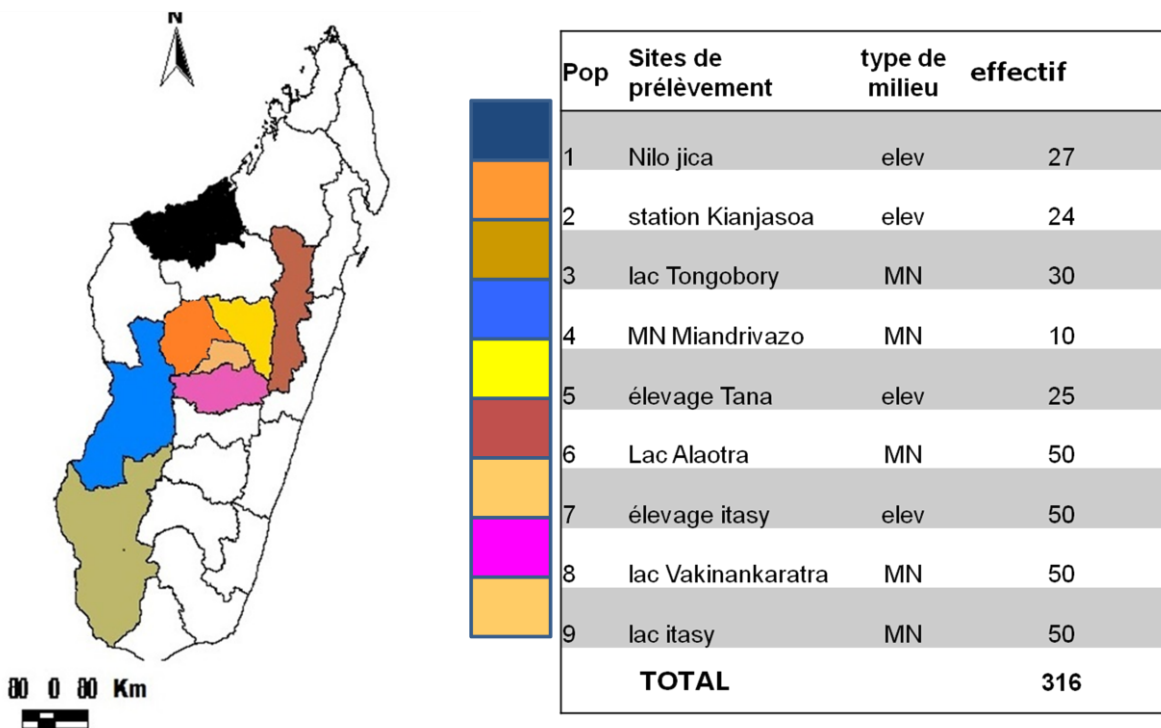
3. RESULTATS

3.1. RESULTATS DES TRAVAUX SUR LE TILAPIA

3.1.1. Variabilité génétique du tilapia

La figure ci-dessous représente la répartition des échantillons de nageoires utilisées pour l’analyse de la variabilité génétique du tilapia.

Figure 1 : Carte représentant les différents sites de prélèvements des échantillons de tilapia



a) Variabilité génétique intrapopulationnelle

La variabilité génétique intra-populationnelle a été mesurée avec le taux d’hétérozygotie et le test d’équilibre.

Le taux d’hétérozygotie

L’hétérozygotie observée (H_o) et l’estimation non biaisée de l’hétérozygotie attendue sous l’hypothèse d’équilibre de Hardy-Weinberg (H_{nb}) sont calculées à l’aide du logiciel GENETIX version 4.05.2.

Tableau 1 : hétérozygotie observée (Ho) et hétérozygotie non biaisée des 9 populations d'étude

Populations	Origines	Hn.b.	Hobs.	Hobs./Hn.b
pop1	Nilo jica	0.5486	0.5361	déficit
pop2	station Kianjasoa	0.6431	0.5812	déficit
pop3	lac Tongobory	0.5903	0.5895	déficit
	MILIEU NATUREL			
pop4	Miandrivazo	0.6069	0.6403	excès
pop5	élevage Tana	0.7029	0.6663	déficit
pop6	Lac Alaotra	0.4919	0.4866	déficit
pop7	élevage itasy	0.7409	0.6903	déficit
pop8	lac Vakinankaratra	0.5378	0.5464	excès
pop9	lac itasy	0.7715	0.6627	déficit

Ce tableau montre que pour l'ensemble des populations d'étude, les valeurs de Ho sont inférieures à celles de Hn.b reflétant un déficit en hétérozygotie.

Le test d'équilibre

Le test d'équilibre est estimé par le calcul des valeurs du Fis et testé par le logiciel GENEPOP.

Tableau 2 : test d'équilibre sur les populations d'étude

	Nilo jica	station Kianjasoa	lac Tongobory	MN Miandrivazo	élevage Tana	Lac Alaotra	élevage itasy	lac Vakinankaratra	lac itasy
	POP1	POP2	POP3	POP4	POP5	POP6	POP7	POP8	POP9
UNH 104	0,806	0,323	0,834	0,486	0,411	0,804	0,235	0,796	0
UNH 129	0,823	0,053	0,233	0,599	0,034	0,04	0,063	0,609	0,001
UNH 142	0,453	1	0,08	1	0,47	0,658	0,047	0,399	0,026
UNH 146	0,136	0,38	0,06	0,46	0,022	0,372	0,055	0,027	0
UNH 154	1	0,002	0,229	0,539	0,548	0,017	0,201	0,277	0,027
UNH 189	0,25	0,325	0,278	1	0,535	0,051	0,017	1	0
UNH 211	0,025	0,707	0,116	0,077	0,824	0,268	0,003	0,103	0,005
UNH 216	0,094	0	0,129	NI	0,79	1	1	0,311	0,012
UNH 995	1	0,315	0,833	0,492	0,322	1	0,011	0,635	0
PROB	0,269	high sign	0,059	0,759	0,183	0,093	0	0,289	high sign

$p < 0,05 \Rightarrow$ différence statistiquement significative

$p < 0,01 \Rightarrow$ hautement significatif

Sur les 9 populations analysées, six sont en équilibre de Hardy Weinberg (Nilo jica, Tongobory, Miandrivazo, Alaotra, Tana et Vakinankaratra). Ce sont tous des populations prélevés du milieu naturel, mis à part la souche Nilo jica, nouvellement importée par la Coopération japonnaise. Pour les autres populations (station Kianjasoa, élevage Itasy et lac Itasy) présentant un écart significatif par rapport à l'équilibre de Hardy Weinberg, cette déviation pourrait être due à un effet Wahlund c'est-à-dire à la présence de 2 ou plusieurs sous populations. Cela pourrait être le cas au

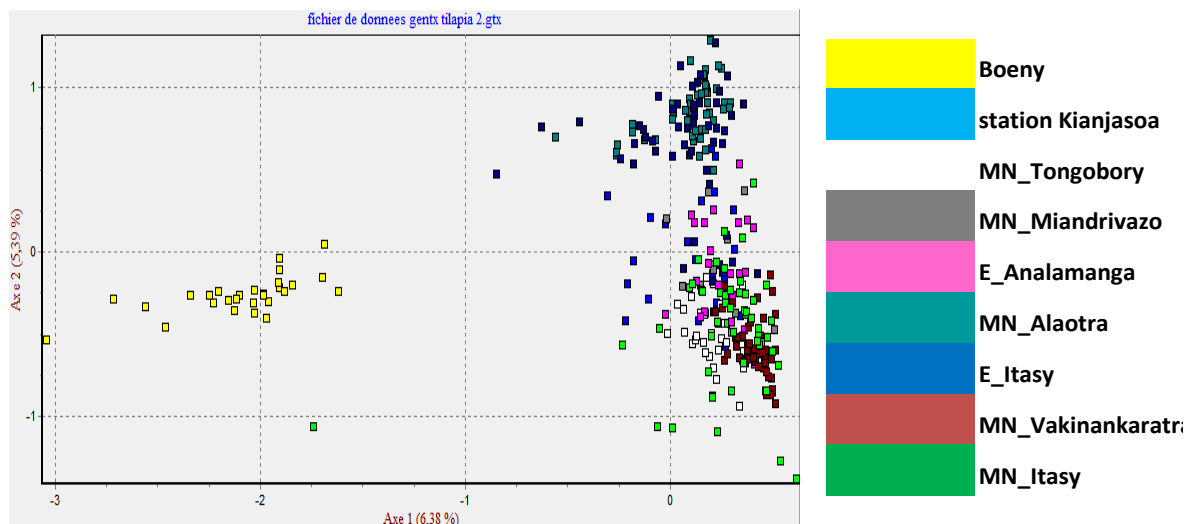
niveau de la station Kianjasoa car en fonction du mode de gestion des géniteurs appliqués, il se pourrait que les souches introduites de Maurice et d’Egypte de 1956 aient été reproduites et conservées séparément sans brassage génétique entre elles. Le même mode de fonctionnement aurait pu se produire dans l’élevage en Itasy. Pour le cas du lac, ce déficit pourrait être dû à un échantillonnage des échantillons à proximité des cages. Ces échanges sont représentés dans le graphique 5 décrivant la dynamique des flux de tilapia au niveau des régions d’étude.

b) Variabilité génétique interpopulationnelle

Analyse factorielle des correspondances

Une analyse factorielle des correspondances (AFC) (She *et al.* (1987) a été réalisée afin de représenter graphiquement les relations génétiques entre individus.

Figure 2: analyse factorielle des correspondances sur l’ensemble des individus échantillonnés



L’analyse factorielle des correspondances sur la base des fréquences génotypiques montrent que la population nilo jica se distingue très nettement des autres populations.

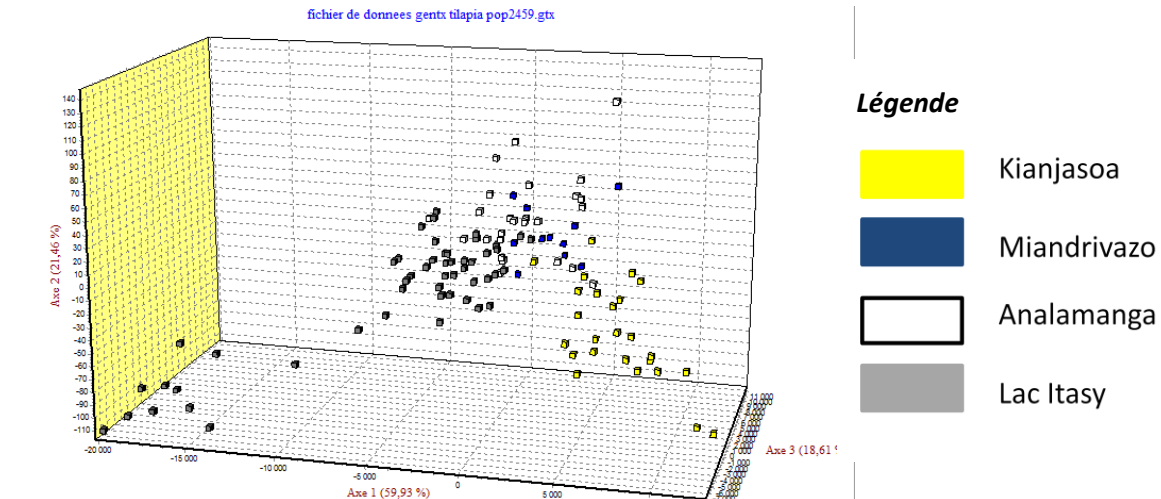
Deux populations (lac Alaotra en bleu vert et élevage Itasy en bleu foncé) constituent un même nuage de point et se superposent suggérant une similarité génotypique entre elles. Les populations d’élevage d’Itasy forment un ensemble plus homogène par rapport à celles du lac Alaotra constitué d’individus plus ou moins éparpillés.

Les populations en blanc (Tongobory) et rouge (lac Vakinankaratra) semblent présenter une proximité génotypique par rapport aux autres populations.

La population en vert (lac Itasy) semble se distinguer de son hétérogénéité. Il en est de même pour les populations en violet (Tana), en bleu clair (Kianjasoa) et en gris (Miandrivazo) qui se rapprochent plus des individus du lac Alaotra et de l’élevage Itasy.

L'analyse factorielle des correspondances de chaque population n'a pas montré de précisions supplémentaires. Cela a confirmé les observations énoncées ci-dessus. La figure ci-dessous représente une AFC en 3 dimensions sur les populations 2, 4, 5 et 9.

Figure 3 : analyse factorielle des correspondances sur les populations d'étude



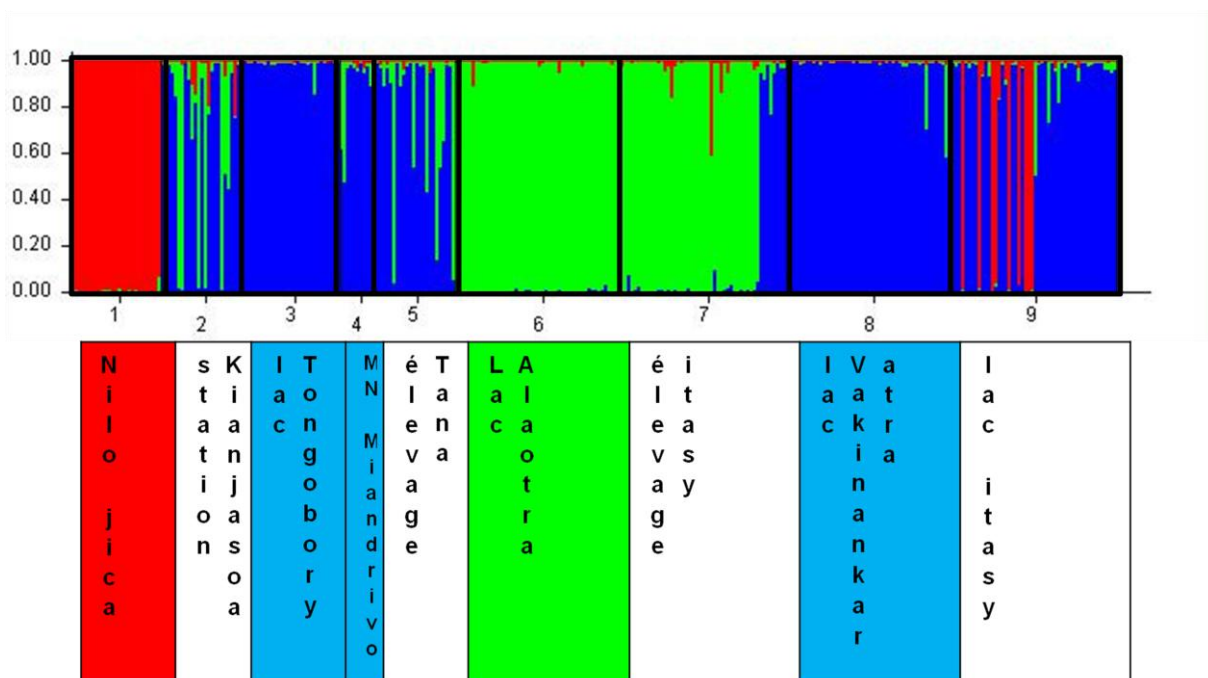
La population de Kianjasoa (en jaune) semble au moment de cette étude, être plus homogène bien que les individus soient dispersés, cela pourrait être dû à une hybridation entre les 2 souches depuis son introduction en 1956 (Kiener, 1963). Cependant, la population du lac Itasy semble être constituée de 2 sous populations distinctes qui sembleraient être issues des 2 souches introduites à Madagascar en 1956 de Maurice et d’Egypte et empoissonnées dans le lac Itasy vers 1960/1961 (FAO, 1985). Le déficit en hétérozygotie trouvé dans cette population pourrait suggérer un effet Wahlund.

Structuration des populations de tilapia

Le logiciel, STRUCTURE 1.0 (Pritchard & *al.*, 2000) assigne les individus à des clusters présentant les mêmes profils génotypiques. Cela permet éventuellement d’identifier des individus initialement affectés à une autre population que leur population d’origine. La méthode Evanno et al (2005) montre un pic à $k=3$ représentant le nombre optimal de population.

L’analyse sous STRUCTURE montre 3 clusters (rouge, vert et bleu).

Figure 4 : structuration des populations à k=3



La population de Nilo-jica se distingue des autres souches avec probablement des échappés d'élevage retrouvés dans le lac Itasy. Le lac Alaoatra et le lac Itasy semble être similaire génotypiquement et détenir les souches ancestrales importées d'Egypte ou de Maurice de 1956.

Une des 2 souches ancestrales est retrouvée également dans les lac Tongobory, Vakinankaratra et Miandrivazo. Le stock de Kianjasoa est bien constitué à partir d'individus prélevés au lac Alaoatra et au lac Itasy ou autre milieu naturel (en bleu), en accord avec les données bibliographiques (Rakotoambinina, 2013).

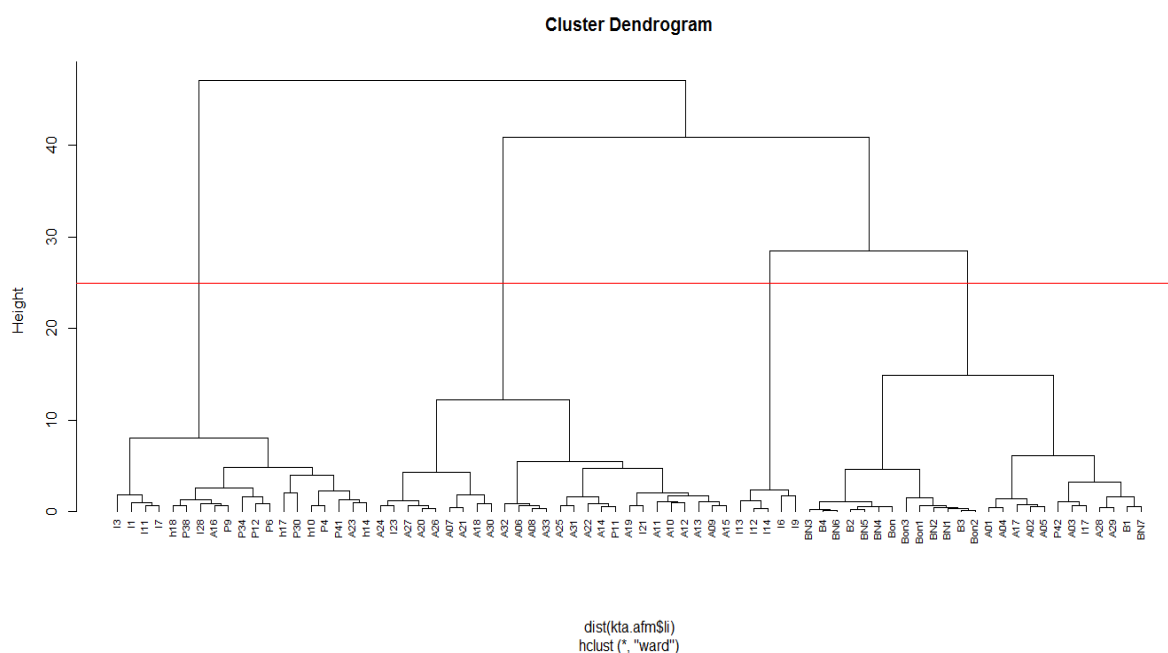
Les élevages itasy présentent des hybrides constitués soit à partir du milieu naturel, soit à partir des souches achetées à la station kianjasoa et montre un profil similaire avec la station de Kianjasoa.

3.1.2. Etude des systèmes

Parmi les 120 exploitations visitées pour l'enquête transversale, les données sur les variables d'étude étaient complètes pour 77 exploitations. Pour la grande majorité des exploitations avec des données manquantes, les questionnaires n'avaient pas été remplis jusqu'au bout par les enquêteurs car le tilapia était constaté comme non géré et avec une production négligeable par rapport à la carpe. L'analyse multivariée s'est basée sur 75 exploitations au final.

Quatre axes factoriels ont été retenus lors de l'AFM, ce qui correspond à 31% de variance expliquée. Le dendrogramme ci-après résultant de la CAH a permis de faire une classification en 4 classes correspondant aux types d'élevage.

Figure 5 : dendrogramme représentant la classification des types d'élevage



Les types identifiés par cette méthode sont représentés dans le tableau ci-après.

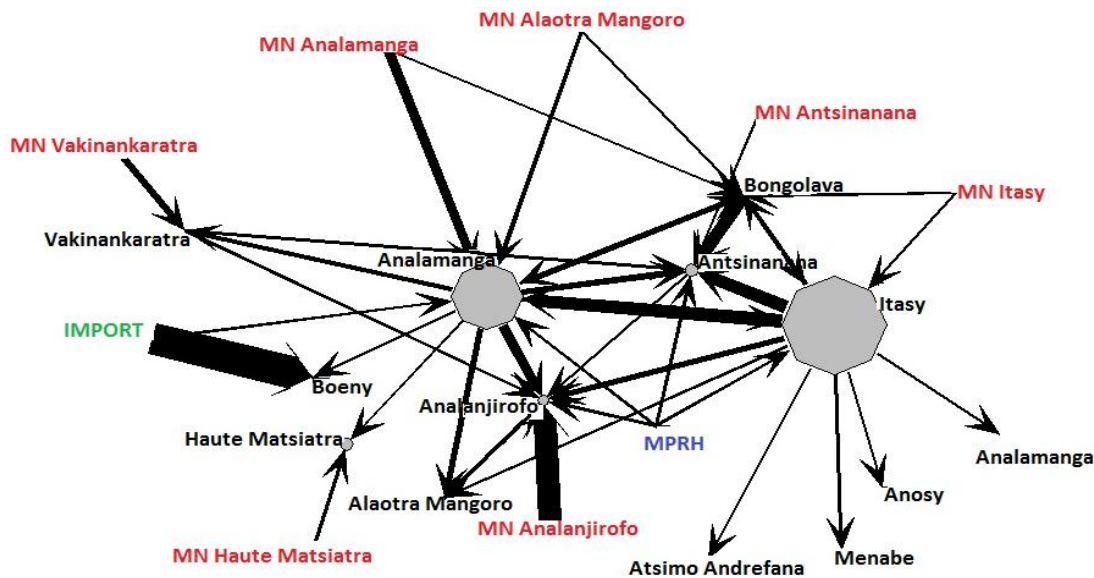
Tableau 3 : types de pisciculture identifiés

TYPE1	TYPE2	TYPE3	TYPE4
grossissement en monoculture	grossissement en polyculture	Producteurs d'alevins	Pisciculture en cage
souche importée	grossissement de carpe et de tilapia	producteur d'alevins de carpe et de tilapia	cage
dernière introduction inf ou = 1 an	pisciculture en 4ème place	grossissement de carpe	3 fois ou + d'introduction
pas de carpe	prélève du milieu naturel	rizières	pas de fertilisation
expérience récente inf 3 à 5 ans	pas de protéine dans l'alimentation	surface sup à 25,6 ares	origine district
nombre introduction inf à 1 fois récente	fertilisation d'entretien unikt	membre association	surface inf = 4.3 ares
a reçu des formatièreions pas de souche du milieu naturel	pas de souche importée	expérience sup ou = 10 ans	pas de fertilisation organique
peu investissement inf à 124 150 ar	dernière introduction sup à 4 ans	fertilisation chimique	2 ou + de source protéiques
pas de fertilisation chimique	expérience ancienne 6 à 9 ans	souche origine locale	investissement important sup à 1,242300 ar
pas de compostière	étang uniquement	fertilisation de fond et entré 2 ou + de matière végétale	pas de carpe
étang uniquement	pas d'énergie végétale	energ	main d'œuvre salariée entre 62 000 et 24200 ar
	3 ème place de la pisciculture	dernière introduction 2 à 4 ans	pas de culture rente ou vivrière
	fertilisation de fond uniquement	pas de souches importées	dernière introduction récente inf 1 an
			expérience récente inf 2ans
			pas d'autres matière végétales
			pas de compostière

3.1.3. Dynamique des flux de poisson

Un total de 208 flux a été considéré pour la description des flux. Ce chiffre n'est cependant pas exhaustif du fait de l'absence ou de la perte de rapport.

Figure 6 : dynamique des flux de tilapia au niveau des régions d'étude

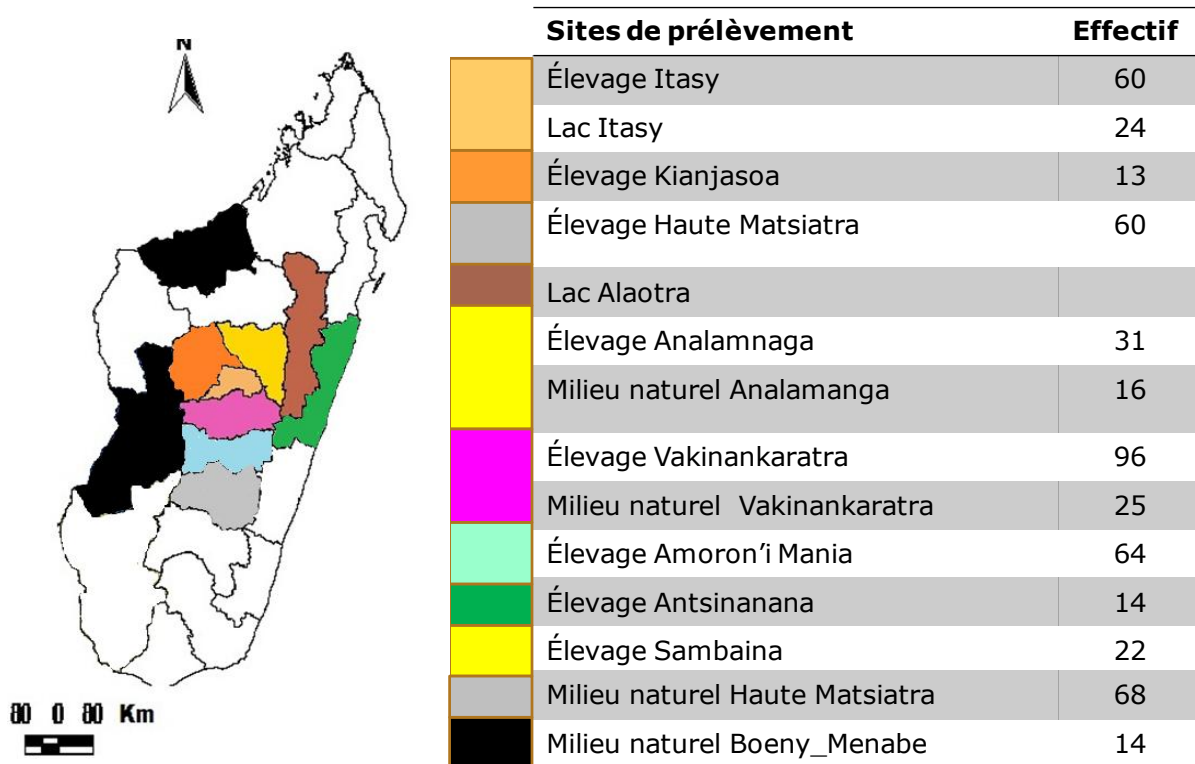


Cette figure montre l'importance des flux entrants, sortants et en intra région à Analamanga et en Itasy. Les échanges avec la station Kianjasoa sont également non négligeables. Elle met en exergue aussi l'origine des stock de géniteurs au niveau de la station de Kianjasoa à savoir à partir des lacs Mantasoa, Alaotra et Itasy. Un des points important est la mise en évidence de plusieurs cas d'interaction élevage/milieu naturel pour plusieurs régions surtout pour Analanjirofo.

3.2. RESULTATS DES TRAVAUX SUR LA CARPE

Au total, 552 échantillons de carpe ont été analysés pour la détermination de la diversité génétique. La figure suivante montre le détail de ces échantillons par sites de prélèvement.

Figure 7 : carte représentant les différents sites de prélèvements des échantillons de carpe



3.2.1. Variabilité génétique

a) Variabilité génétique intrapopulationnelle

La variabilité génétique à l'intérieur des populations a été mesurée par le test d'équilibre.

Le test d'équilibre

Ce test a été réalisé avec GENEPOP.

Tableau 4 : Probabilité de déviation par rapport à l'équilibre de Hardy-Weinberg pour chaque population

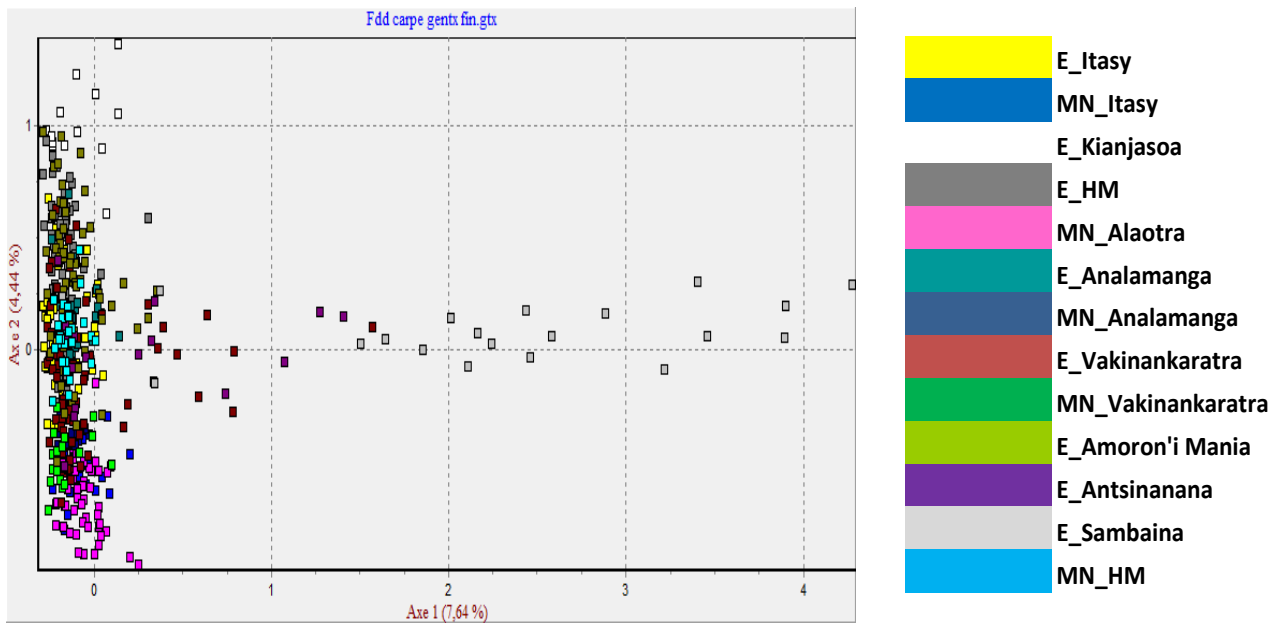
	pop1	pop2	pop3	pop4	pop5	pop6	pop7	pop8	pop9	pop10	pop11	pop12	pop13	pop14
	Itasy_E	Itasy_M N	kianjasoa_E	HM_E	HM_MN	Analama nga_E	Analaman ga_MN	Vaki_E	Vaki_MN	Amoroni_E	Antsinan ana_E	sambaina	Alaotra_ MN	Boeny_M enabe
CCE46	0.0000	0.6982	0.3256	0.1630	1.0000	0.5911	1.0000	0.1218	1.0000	0.1101	0.3161	0.1491	0.1360	0.0272
HLJE265	0.7392	0.3372	0.3037	0.0000	0.3802	0.0079	0.6621	0.0019	0.4824	0.5465	0.1595	0.0466	0.2714	0.1970
HLJ2241	0.5868	0.2242	0.2742	0.2953	0.7594	1.0000	1.0000	0.3408	0.2574	0.8894	0.6615	0.1924	0.8700	0.7810
HLJ2346	-	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.4527	1.0000	0.5854	1.0000	0.0095	0.6770	1.0000
HLJ2382	0.1926	0.2126	1.0000	0.0001	0.5455	0.5673	0.0042	0.1901	0.2248	0.4457	0.7922	0.3348	0.0124	0.5306
HLJ24657	0.9437	0.5035	1.0000	1.0000	0.2434	1.0000	0.0353	0.1974	1.0000	0.6045	0.3589	1.0000	0.2394	0.6045
HLJ2544	0.0227	0.0900	0.7526	0.0048	0.0147	0.0162	0.4984	0.1341	0.9921	0.0010	0.2654	0.0172	0.4471	0.3607
HLJ334	0.5371	0.0003	0.0402	0.0000	0.0002	0.0007	0.0107	0.0000	0.8440	0.0610	0.6652	0.1218	0.8225	0.4325
HLJ526	0.5210	0.9527	0.2326	0.0401	0.0613	0.9299	0.1181	0.0003	0.4645	0.0632	0.2562	0.5194	0.9459	0.8503
HLJ534	0.6511	0.6138	1.0000	0.0042	0.0023	0.0325	0.0064	0.0305	0.1271	0.1515	0.0495	0.0028	1.0000	0.6560
J58	0.1453	0.3058	0.9884	0.0609	0.0380	0.7372	0.8300	0.3876	0.2593	0.8472	0.0554	0.5031	0.1307	0.2757
KOI 57-58	0.2111	0.0693	0.1014	0.5869	0.2656	0.5570	1.0000	0.0858	0.7704	0.0823	0.7545	0.2249	0.0583	0.1415
MFV16	0.0000	0.2180	0.4142	0.0062	0.0444	0.0063	0.1784	0.0577	1.0000	0.0129	0.2954	0.1850	0.2311	1.0000
MFV40	0.0000	0.1984	0.8403	0.0000	0.0057	0.8408	0.5342	0.0774	0.6384	0.2516	0.4647	0.0170	0.7628	0.6437
Prob.	High. Sign	0.0149	0.6899	High. Sigr	0.0000	0.0023	0.0098	High. Sign	0.9426	0.0017	0.2810	0.0001	0.1808	0.6018

Cinq populations sont en équilibre de Hardy Weinberg. Les autres populations présentent un écart significatif par rapport à l'équilibre de Hardy Weinberg.

b) Variabilité génétique interpopulationnelle

L'AFC ci-après montre une différenciation génétique nette de la population de Kinjasoa. Les autres populations semblent présenter une certaine homogénéité mais avec des distances génétiques assez faibles.

Figure 8 : AFC sur l'ensemble des individus (carpe) échantillonnés

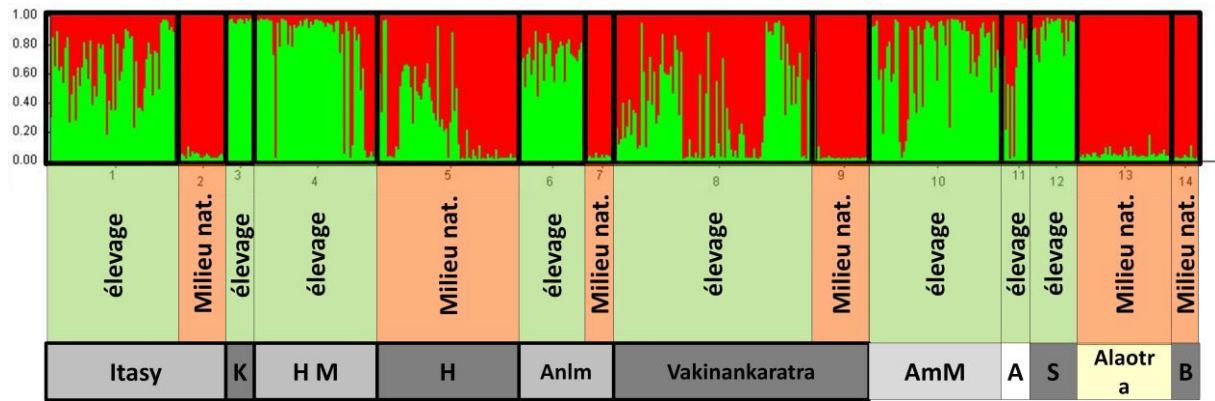


Cette analyse met en évidence une différenciation en termes de distances génétiques des populations de Sambaina en gris, qui sont des carpes koï importées à titre privatif par des pisciculteurs d'Analamanga. Les autres individus forment un agrégat mais avec une structuration assez distincte. Les populations de Kianjasoa en blanc sont distantes génétiquement des populations du milieu naturel en rose, formant les extrémités de l'agrégat. Les populations du milieu naturel Haute Matsiatra (bleu ciel), des élevages en Itasy (en jaune), des élevages en Amoron'i Mania et des élevages du Vakinankaratra semblent se superposer suggérant une proximité génotypique entre elles. Les autres populations seront mieux situées par l'analyse effectuée ci-dessous sous STRUCTURE.

Structuration des populations

La tentative d'assignation des individus à des groupes par STRUCTURE a mis en évidence 2 clusters avec la méthode de Evanno et al (2005)

Figure 9: assignation des individus de carpe à des clusters selon la méthode Evanno et al (2005)

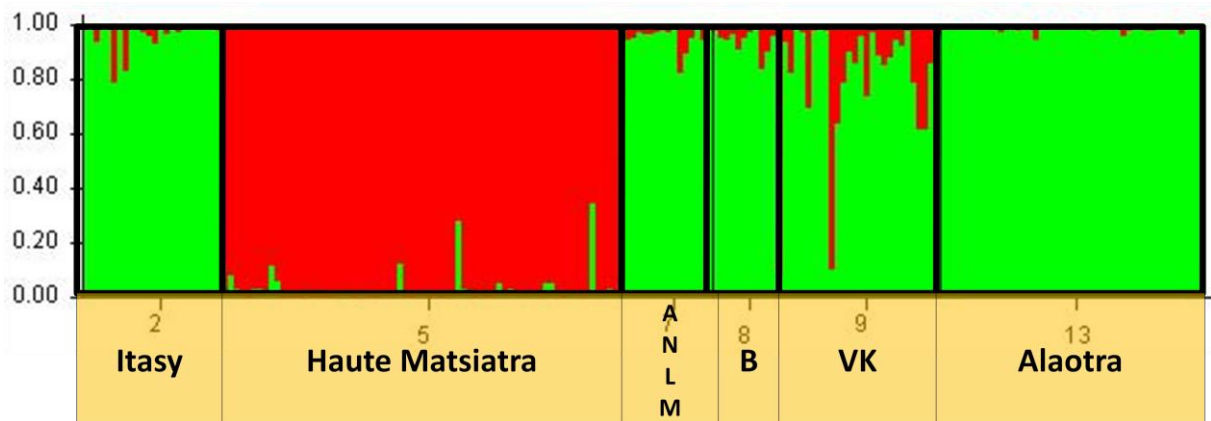


Il apparaît donc qu'il existe globalement 2 souches : une du milieu naturel et une d'élevage. Mais la réalité est plus complexe. Par conséquent, il parait important de regarder s'il existe une sous structuration dans chacun des 2 milieux. Le résultat de cette analyse complémentaire montre la présence de 2 clusters nets dans le milieu naturel et de 3 clusters au sein des élevages (souche koï, la souche hongroise et les souches françaises).

Ci-dessous les représentations graphiques de ces tentatives d'assignation des carpes malgaches.

Tentatives d'assignation des carpes malgaches du milieu naturel

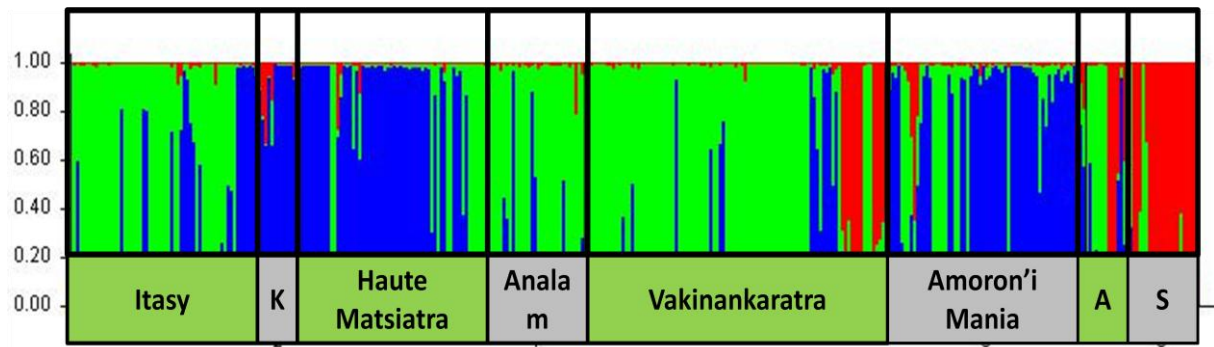
Figure 10 : Tentatives d'assignation des carpes malgaches issues du milieu naturel



Cette figure montre que dans le milieu naturel, 2 sous clusters a été identifiés en appliquant la méthode de Evanno et al (2005). Le milieu naturel de Haute Matsiatra (en rouge) se différencie du point de vue génétique, nettement des autres milieux naturels.

Tentatives d'assignation des carpes d'élevage malgaches

Figure 11: Tentatives d'assignation des carpes malgaches issues des piscicultures



Cette analyse montre qu'avec la même méthode appliquée auparavant, 3 clusters ont pu être identifiés. Les observations suivantes peuvent être énoncées :

- Une démarcation de la population de Sambaina (koi) (en rouge), observée lors de l'analyse factorielle des correspondances effectuée précédemment
- Une distinction de la population de Kianjsoa principalement constituée de la souche hongroise (en bleu) et des souches françaises (souches ancestrale et royale)
- Une difficulté dans la mise en évidence du génotype de la carpe royale, du fait de la proximité génétique de cette dernière avec la souche ancestrale (en vert) et la souche hongroise

Ces observations seront complétées par d'autres analyses qui seront effectuées ultérieurement.

3.2.2. Etude des systèmes

a) Etude des systèmes d'élevage

Les principaux types d'élevage identifiés dans cette étude sont décrits de la manière suivante :

Type 1: Grand PPA type FAO

- Grands stocks de géniteurs
- Meilleure production et productivité
- Flux important (entrant et sortant)
- Critère principaux: écaillage (E, M) et taille/âge géniteur
- Alimentation des géniteurs et fertilisation
- Polyculture

Type 2: PPA classique

- Capacité de diffusion plus faible que type 1 (vente locale)
- Flux entrant plus faible (rythme et intensité)
- Faible stock de géniteurs mais productivité compétitive (sauf par rapport type 1)

Type 4: Producteurs d'alevins atypiques

- Isolement géographique
- Facteurs de production disponible mais problèmes de productivité (quasinnulle)
- Flux très localisé
- Critère de choix de géniteurs pas clairs et variables
- Presque pas d'alimentation/fertilisation
- Exploitations récentes → en cours d'évolution

Type 3: Ecloserie intermédiaire (en évolution)

- Autorenouvellement et grossissement
- Lien avec milieu naturel et diffusion surtout locale
- Très faible stock de géniteurs
- Sélection des géniteurs : variable

Type 5: Ecloserie paysanne classique

- Origine locale mais diffusion à grande distance
- Flux entrant faible
- Très faible stock de géniteurs
- Sélection des géniteurs : cuir et linéaire aussi
- Sexe ratio plus élevé
- Support de ponte « matériau alternative »
- Productivité très variable

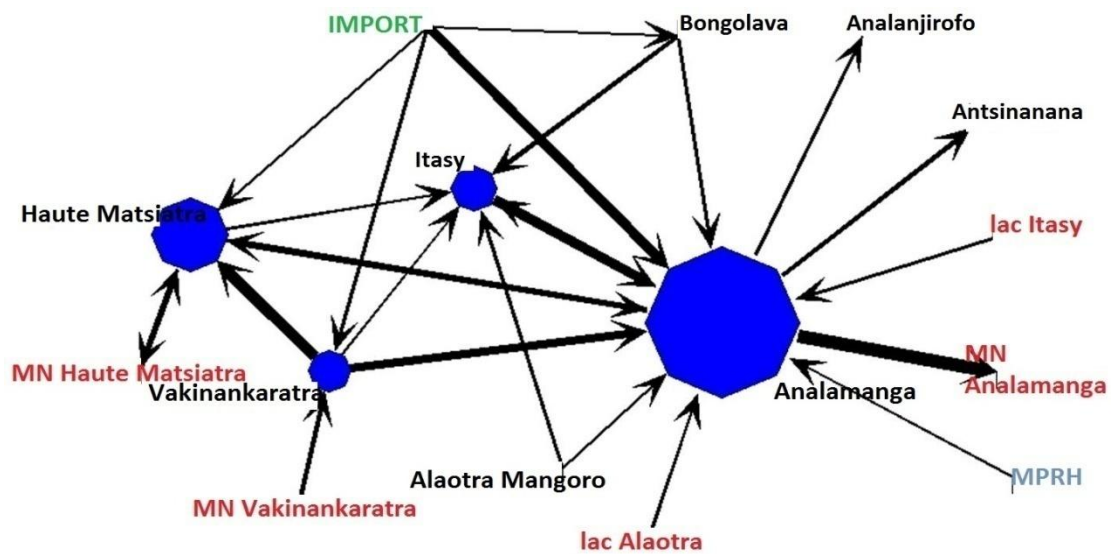
b) Dynamique des flux de carpe

Les échanges de poisson (achat/vente, emprunt, don...) ont été matérialisés par la méthode des réseaux sociaux ou SNA. Ci-dessous représente la dynamique des flux de poisson dans les régions d'étude du projet.

La méthode des réseaux sociaux a permis de mettre en évidence :

- ➔ importance des flux entrants à Analamanga, Itasy et de Vakinankaratra
- ➔ importance des flux de poisson en intra région à Analamanga et dans une moindre mesure en Haute Matsiatra
- ➔ Forte interaction élevage/milieu naturel en Haute Matsiatra
- ➔ Importance des importations privées pour Analamanga (carpes koï) et par l'intermédiaire de l'Etat pour Bongolava, Haute Matsiatra et Vakinankaratra

Figure 12 : dynamique des flux de carpe dans les régions d'étude



4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Pour le tilapia

Les analyses réalisées sur le tilapia semblent refléter l'environnement génétique des tilapias malgaches. La structuration des populations obtenue par la méthode de Evannol et al (2005) en 3 sous populations donne des ressources génétiques locale. Les populations présentant un déficit en hétérozygotie comme la station Kianjasoa devrait mettre en place une gestion raisonnée et durable de ses géniteurs avec un plan de croisement avec d'autres géniteurs. Pour le cas du lac Itasy, le déficit en hétérozygotie observé pourrait être seulement dû à un échantillonnage trop proche des cages et ne reflète pas réellement la variabilité génétique du lac en lui-même.

D'après cette étude, il paraît important de de prendre en compte d'autres élevages afin d'avoir une vision exhaustive de la diversité génétique du tilapia *Oreochromis niloticus* à Madagascar.

Concernant les pratiques d'élevages,, la présence de structures d'appui représente un poids important dans la prise de décision de l'exploitant. La dynamique créée par ces structures par le biais des formations et des animations génère un engouement autour de la pisciculture. Cela s'est confirmé par le développement de la pisciculture avec les nouveaux projets dans quelques régions des Hauts Plateaux et 2 régions côtières du pays. L'apparition et l'augmentation du nombre d'étangs de barrages dans la région Antsinanana et Analanjirofo sont nés de l'implantation et des formations et suivis effectués par le projet APDRA Pisciculture Paysanne depuis 2011.

Mais la durabilité des systèmes ayant émergé grâce à ces organismes n'est pas forcément acquis. En effet, de nombreux auteurs font part de la stagnation voire de l'effondrement de la pisciculture continentale après le départ des projets, dans la majorité des cas. Pour le cas de Madagascar, malgré les différents projets menés autour de la pisciculture continentale, on assiste à une baisse voire une stagnation de la production nationale (FAO, 2004).

Par ailleurs, l'attribution des faibles performances à la consanguinité a incité le Ministère et les projets à importer de nouvelles souches. Or, l'expression du potentiel génétique d'une souche est fortement dépendante de plusieurs facteurs notamment de l'effet de l'environnement (Dunham, 2004).

Cependant, la génétique n'est pas la seule en cause. Les pratiques d'alimentation et de fertilisation, les pratiques de renouvellement contribuent aussi aux faibles performances constatées. Parmi les pisciculteurs visités, la fertilisation de fond et d'entretien ne sont pas pratiquées par tous (cas du type 2 « producteur en polyculture »), alors qu'elle est importante de par sa contribution à l'amélioration de la productivité de l'étang. En effet, la production de zooplancton est stimulée par la fertilisation minérale (Boyd et al., 1981 ; Hossain et al., 2006) organiques (Agadjihoue`de`et al., 2010 ; Damle et Chari, 2011).

L'absence de gestion raisonnée des géniteurs, l'absence de formation sur la gestion de géniteurs aggravent le système. Les producteurs d'alevins (type3), par exemple conservent longtemps leurs géniteurs et évitent le brassage avec d'autres géniteurs de peur d'altérer leur potentiel génétique. Ce qui est contradictoire puisque cette pratique favorise la perte de la variabilité génétique qui se traduit généralement par une baisse de performance (Agnèse et al, 1994). Mais cela concerne également tous les autres acteurs de la filière. De plus, cette absence ou méconnaissance de la gestion des géniteurs fait que l'accès aux géniteurs et alevins est difficile et entraîne une gestion anarchique des poissons (mélange de plusieurs générations avec des reproductions sauvages de lignées consanguines). C'est ce qui caractérise le type 2. Il paraît, de ce fait, important que des formations sur la gestion de la génétique et la production d'alevin à petite échelle soient dispensées aux pisciculteurs afin qu'ils soient complètement autonomes et puissent gérer de manière durable et raisonnée leurs ressources lorsque les structures d'encadrement se soient retirées.

Pour que le système soit durable et performant, il faudrait une prise en compte de tous ces facteurs dans son ensemble. Les stratégies de développement de la filière devraient être établies en concertation avec tous les acteurs de la filière (le Ministère, les structures d'appui et les pisciculteurs) et considérer tous les maillons de la chaîne, la production d'alevin, le grossissement et la production en cage. Chaque pratique devrait faire l'objet d'une attention particulière, ce qui réduirait voire éliminerait la cause génétique et permettraient de mieux valoriser les ressources locales et limiter les importations de souches, source de nombreux problèmes écosystémiques (prédation et compétition avec les espèces indigènes, conséquences sur l'écosystème, hybridation (Levêques, 1997) et sanitaires.

Pour la carpe

Les populations identifiées initialement par la méthode Evanno et al (2005) masquent certaines souches présentes dans les milieux étudiés. C'est la raison pour laquelle une investigation supplémentaire a été effectuée pour chaque type de milieu. Les résultats issus de cette analyse permettent d'identifier les souches koï, les souches hongroises et les souches ancestrales mais ne permettent pas d'identifier la souche royale du fait de sa proximité génotypique avec les souches françaises (ancestrales et hongroises). D'autres analyses de génotypages sont en cours à LABOGENA pour essayer d'avoir plus de clarté par rapport à cette situation génétique de la carpe malgache. Environ 300 échantillons supplémentaires issus d'autres élevages et d'échantillons de référence hongroise pourraient donner une précision supplémentaire par rapport aux résultats de cette étude. Il s'agit d'un co-financement avec l'INRA.

5. CONCLUSION

Malgré les efforts consentis sur la pisciculture continentale à Madagascar, la production reste faible. Beaucoup attribue cette faible performance à la consanguinité conduisant les acteurs à importer de nouvelles souches. Plusieurs facteurs sont pourtant à prendre en considération : la génétique, les flux de poisson et les systèmes d'élevage. Différentes pratiques telles l'orientation de la production et les opportunités, les systèmes d'activité, les ressources utilisées, les pratiques de fertilisation et d'alimentation et les pratiques de renouvellement concourent à l'entretien ou non de la diversité génétique au sein des exploitations piscicoles.

Globalement, les populations de carpes malgaches présentent une diversité génétique élevée mis à part quelques exploitations (3) pour lequel un plan de gestion devrait être mis en place. Une population du milieu naturel est peu impactée par les populations d'élevage. Du fait de la proximité génétique de la carpe royale avec les carpes françaises, il est difficile de discerner avec certitude la carpe royale des autres. Et au regard des risques sanitaires, en fonction de la situation zoosanitaire du pays d'origine, l'importation de nouvelles souches semble ne plus être nécessaire.

Concernant le tilapia, 3 clusters bien distincts ont été identifiés, reflétant les introductions de 1956 et de 2011. Globalement, la variabilité génétique est élevée sauf au niveau de 2 exploitations (en Itasy et à la station de Kianjasoa). Afin de préserver cette diversité et l'améliorer pour les 2 exploitations sus mentionnées, il est essentiel de réfléchir sur un plan de gestion raisonné et durable des ressources.

Ce financement a permis de réaliser les enquêtes complémentaires effectuées dans le cadre du financement PARRUR mais aussi de réaliser les prélèvements dans la région Boeny et dans la région Alaotra Mangoro qui étaient nécessaire puisque la nouvelle souche importée de Boeny va avoir un impact sur la diversité génétique du tilapia et le lac Alaotra est un des milieux où les souches ancestrales peuvent être retrouvées et ce qui a été le cas.