Economie rurale

Les systèmes agroforestiers dans les stratégies paysannes de résilience à Madagascar

Juliette Mariel*1, Eric Penot*2, Pascal Danthu*3

1 CIRAD, UPR GREEN, F-34398 Montpellier, France ; GREEN, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

2 CIRAD, UMR INNOVATION, F-34398 Montpellier, France ; INNOVATION, Université de Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro Montpellier, France

3 CIRAD, UPR HortSys, F-34398 Montpellier, France ; HortSys, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

Résumé

Les paysages agraires de la côte nord-est malgache sont marqués par des rizières (qui ne couvrent souvent pas les besoins des ménages) et des systèmes agroforestiers (SAF) diversifiés, dominés par une ou plusieurs cultures de rente (giroflier, litchi, vanille, café) et des productions vendues localement et/ou autoconsommées (fruits, café, tubercules, bois). Cette diversification des SAF répond à une stratégie d'intensification agricole et de diversification des revenus. Les ménages combinent ainsi une résilience directe par l'autoconsommation du riz et une résilience « économique » indirecte, de profitabilité largement supérieure, basée sur la vente des produits de rente dont le revenu permet l'achat du riz manquant et l'amélioration de leurs conditions de vie. Cette stratégie, même si elle dépend des aléas des cours des produits sur le marché international, atténue les variations interannuelles de trésorerie des ménages.

Mots clés : Système agroforestier, diversification, résilience, giroflier, Madagascar

1 Introduction

Les systèmes agroforestiers (SAF) sont des systèmes de culture qui associent des arbres avec des espèces non ligneuses ou avec de l'élevage. Les arbres sont valorisés pour leurs productions (bois, fruits, fourrage, produits de la pharmacopée, produits de rente…) dans le cadre d'une gestion établissant un compromis et une synergie avec les productions agricoles annuelles et le cheptel animal (Torquebiau, 2000). L'agroforesterie est une pratique agroécologique qui augmente la production totale de la parcelle ainsi cultivée (Bene et al., 1977) et offre de nombreux services écosystémiques qui contribuent à la durabilité des systèmes écologiques et sociaux (Nair, 2007 ; Torquebiau, 2000, Penot et Feintrenie, 2014). Sur la côte nord-est de Madagascar, la région Analanjirofo (figure 1) se caractérise par ses conditions climatiques et agroécologiques qui ont permis le développement d'une grande diversité de cultures, et notamment les cultures d'exportation (café, giroflier, vanille, litchi). Sous la colonisation française (1896-1960), le caféier (*Coffea arabica* L.) fut la première culture de rente plantée à grande échelle, sous la contrainte de l'administration coloniale à partir des années 30 (Rabearimanana, 1985). Progressivement et conjointement à la crise de la caféiculture (Ruf et Blanc-Pamard, 1992), le giroflier (*Syzygium aromaticum* L.) a été introduit dans les systèmes de culture des paysans familiaux (Arimalala et al., 2018). La région Analanjirofo (qui se traduit « forêt de girofliers ») est ainsi devenue le principal bassin producteur de clou de girofle et d'huile essentielle du pays, en concentrant à elle seule 90% de la production nationale. Parallèlement, les petits producteurs de cette région continuent d'alimenter les marchés internationaux de la vanille et du litchi, et de manière plus anecdotique celui du poivre (Jahiel et al., 2014 ; Chalmin et Jégourel, 2019).

Dans cette région, les seules études qui se sont intéressées à ces systèmes de cultures pérennes à valeur marchande ont porté sur les systèmes à girofliers (Michels, 2011 ; Danthu et al., 2014 ; Arimalala et al., 2019). Ces travaux ont identifié trois types de systèmes à girofliers : i) des monocultures, ii) des parcs où les girofliers sont en association avec des cultures annuelles en rotation (riz pluvial, canne à sucre, manioc, patate douce) ou avec du pâturage et iii) des SAF plus ou moins complexes, associant des ligneux forestiers (généralement peu nombreux), des fruitiers (arbre à pain, jacquiers, manguiers, caféiers, litchis, agrumes, annonacées, avocatiers, etc.) et des cultures non ligneuses (vanilles, ananas, poivriers, tubercules, légumes feuilles, etc.).

Pour la population malgache, le riz est la base de son alimentation. La consommation moyenne est comprise entre 95 et 115 kg/tête/an selon le niveau de vie (Le Bourdiec, 1974 ; Dabat et al., 2008b ; Droy et al., 2017). La satisfaction des besoins en riz, par la production et/ou l'achat, est donc une priorité pour tous les ménages. Plusieurs études ont montré la contribution indirecte du giroflier à la sécurité alimentaire : la vente des clous ou des huiles produites assurant un revenu pouvant être utilisé pour l'achat de riz. Ainsi l'étude d'Andrianirina (2014) réalisée à partir de la base de données du Réseaux des Observatoires Ruraux sur un échantillon de plus de 100 ménages du district de Fenerive-Est, qui souligne les grandes tendances dans les formes de stratégies sur la sécurité alimentaire adoptées par les ménages. Le travail mené par Fourcin (2014) montre en particulier que les revenus générés par les deux produits du giroflier (clou et huile essentielle) permettent aux familles agricoles, souvent non autosuffisantes en riz, d'assurer leur sécurité alimentaire par l'achat du riz manquant. Mais cette dépendance forte des ménages au giroflier les rend plus vulnérables aux risques économiques (demande sur le marché international, volatilité des prix à l'exportation), aux risques biotiques (l'*andretra*, principal ravageur des girofliers) ou aux risques climatiques (sensibilité des girofliers aux cyclones). L'autre facteur de vulnérabilité lié à la culture du giroflier est son alternance de production : il fournit en moyenne une bonne récolte une année sur deux ou trois (Maistre, 1964 ; Ledreux, 1932). Cette caractéristique phénologique de l'espèce influe sur la stabilité des revenus agricoles et impose une gestion appropriée de la trésorerie. Une des stratégies paysannes est la production d'huile essentielle à partir des feuilles de giroflier. Mais cette pratique impacte la production de clous (Fourcin, 2014) et l'environnement (déforestation pour l'approvisionnement des alambics en bois de feu). Par ailleurs, les études sur les SAF à girofliers ont permis de constater que les producteurs développent aussi des stratégies centrées sur la diversification des productions associées aux girofliers. Cependant, aucune étude n'a analysé de manière précise comment cette diversification des cultures permettait de réduire la vulnérabilité des exploitations agricoles liée d'une part à la non autosuffisance en riz et, d'autre part, aléas inhérents à la culture du giroflier (alternance de production de l'arbre, volatilité des prix sur marché).

La présente étude s'est donc intéressée aux SAF diversifiés, à girofliers ou non, présents dans plusieurs territoires villageois du district de Vavatenina (figure 1). Un premier travail a consisté à identifier et décrire la diversité des SAF en termes de composition, de

structure et de stratégies de valorisation des productions agroforestières. La structure et le fonctionnement technico-économique des exploitations familiales détentrices de ces SAF ont également été caractérisés afin de comprendre le rôle des SAF dans l'économie des ménages et leur sécurité alimentaire. Dans un second temps, l'objectif de l'étude était de montrer dans quelles mesures la diversification est un moyen de résilience des exploitations face aux risques économiques. L'estimation de l'impact de la diversification sur la résilience, à l'échelle du système d'activité et du SAF, a reposé sur une analyse d'indicateurs économiques adaptés au contexte local (Penot et al., 2014). Ces indicateurs ont permis de décrire la diversification et la stabilité dans le temps des revenus agricoles et d'évaluer la contribution à la sécurité alimentaire des ménages, qui sont deux facteurs réduisant la vulnérabilité face aux fluctuations des marchés (Droy, 2017). Pour cela, un travail de modélisation des systèmes d'activité (Chia et al., 2006 ; Gasselin et al., 2015) a été réalisé à partir de données socio-économiques fournies par les ménages pour les années 2014-2015, en tenant compte de la diversité structurelle des fermes et de la diversité des SAF. Dans le cadre de cette modélisation, une simulation de différents scénarios de variation des prix des principales cultures de rente (giroflier, vanille, litchi) a permis d'analyser l'effet de ce type d'aléa économique sur l'économie des ménages, sur une période de neuf ans. Une telle approche permet ainsi d'appréhender les conséquences sur le long terme de risques économiques sur les structures d'exploitation et d'identifier les SAF, et les stratégies de diversification associées, les plus aptes à réduire la vulnérabilité des agriculteurs face à ces risques.

2 Méthodologie

2.1 Terrain d'étude

Pour aborder ces questions, une série d'enquêtes a été réalisée en 2016 chez des agriculteurs de quatre villages situés dans un rayon de 20 km autour de la ville de Vavatenina, centre administratif et principal marché de la zone (figure 1). Ces villages (ordonnées d'est en ouest) correspondent à ceux choisis par Dandoy (1973) pour son étude et reflètent les dynamiques agraires caractéristiques de la zone agroécologique à laquelle ils appartiennent, à savoir : la bande côtière, la plaine rizicole d'Iazafo, les basses collines et les hautes collines des marges forestières.

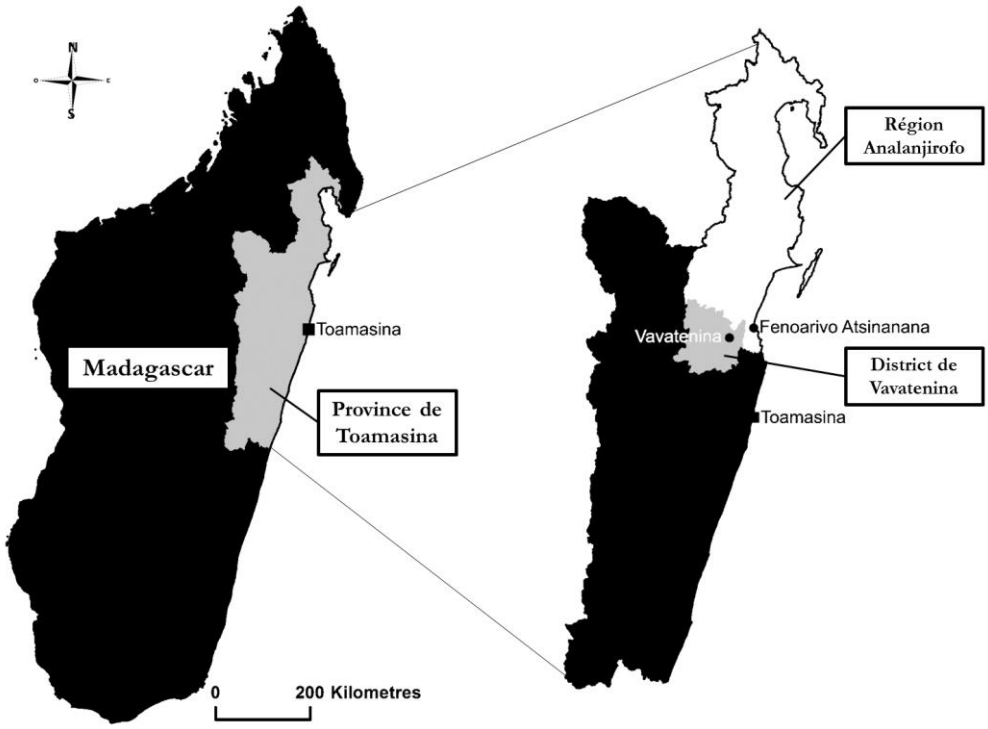


Figure 1: Localisation de la zone d'étude. Source : FTM Foiben- Taosarintanin'i Madagasika

2.2 Collecte des données

Entre avril et mai 2016, 27 agriculteurs ont été enquêtés et 30 SAF ont été caractérisés (trois agriculteurs avaient deux SAF). L'entretien portant sur le système d'activité (système de production agricole et ménage) visait à comprendre son fonctionnement technico-économique à partir de données recueillies sur la période 2014-2015 considérée par la suite comme la période de référence. L'ancrage du concept de système d'activité dans la construction des enquêtes a permis de considérer la combinaison des activités mises en œuvre au sein de famille agricole et donc d'intégrer à l'analyse technico-économique les revenus et coûts du ménage en plus de ceux d'origine agricole (Chia et al., 2006, Gasselin et al., 2015). La visite des SAF et l'entretien associé ont permis d'obtenir des données qualitatives et quantitatives sur la composition et la structure du SAF (espèces présentes et nombre d'individus) ainsi que sur la valorisation des produits agroforestiers (vente, alimentation humaine et animale, usage à bois de chauffe et bois d'œuvre, usage médicinale). L'ensemble de ces données n'a pas été utilisé pour une autre étude que celle présentée dans cet article.

2.3 Cadre analytique de la résilience

Selon Gallopin (2002), la résilience est « *la capacité d'un système à expérimenter des perturbations tout en maintenant ses fonctions vitales et ses capacités de contrôle* ». Pour une exploitation agricole familiale, la résilience repose donc en partie sur ses capacités d'action et de décision, ce qui justifie d'évaluer cette résilience par une compréhension des stratégies paysannes. Pour une analyse pertinente, il convient de s'intéresser à la vulnérabilité des exploitations dans la mesure où la vulnérabilité augmente le risque de tomber dans une situation de pauvreté causée par des évolutions négatives de l'environnement économique, écologique, politique ou social (Moser, 1996).

Ce travail mobilise donc ce cadre d'analyse pour étudier l'effet de la diversification, à l'échelle du système de culture (SAF) et du système d'activité (Gasselin et al., 2015), sur la résilience face aux aléas du marché. Pour cela, il est considéré qu'une exploitation familiale est d'autant plus résiliente qu'elle présente des revenus agricoles relativement constants et stables d'une année sur l'autre (maintien de la structure d'activité et de son potentiel) et qu'elle dégage un solde de trésorerie positif (capacité d'investissement et possibilité de réaction face aux aléas). Ces deux critères sont garants d'une capacité du ménage à assurer sa sécurité alimentaire, améliorer ses conditions de vie et éventuellement investir dans l'outil de production agricole.

2.4 Analyse des données

Typologie des systèmes d'activité basée sur le système de production agricole

La typologie regroupe les exploitations agricoles en fonction de deux critères que les enquêtes ont révélé être très structurants dans le fonctionnement de l'agriculture familiale et impactant sur leur résilience: i) l'autosuffisance en riz et ii) le niveau de revenus agricoles et leurs origines.

Pour l'autosuffisance en riz, trois niveaux sont été définis : i) l'autosuffisance stricte dans le cas où la production de riz permet de couvrir les besoins annuels du ménage, ii) l'autosuffisance structurelle qui est propre aux exploitations qui dédient une partie de leur production à la vente, réduisant ainsi la part utilisée pour satisfaire leurs besoins (nécessité

d'acheter le riz manquant) et iii) la non autosuffisance dans le cas des exploitations dont la production de riz est inférieure à la consommation annuelle du ménage.

Le niveau de revenus correspond au RTN (Résultat Total Net) réel moyen calculé sur 2 ans (2014-2015) rapporté au nombre de bouches à nourrir, un indicateur du nombre de personnes à nourrir dans le foyer, proportionné en fonction de l'âge : pour un adulte, l'indicateur vaut 1, pour un enfant de moins de 10 ans, il vaut 0,5. Trois niveaux de revenu ont été définis, exprimés en monnaie locale (1 MGA - Ariary = 0,000215 Euros en 2016) : faible (<300 000 MGA/an), moyen (compris entre 300 000 et 600 000 MGA/an) et élevé (>600 000MGA/an). L'origine des revenus selon le type de production agricole (giroflier, fruits divers, riz, élevage) permet de distinguer plusieurs types d'exploitations, en particulier celles qui dépendent d'une seule production (avec un seuil fixé à hauteur de 50% des revenus) et celles qui sont plus diversifiées, avec au moins deux origines différentes.

Typologie des systèmes agroforestiers

La typologie des SAF repose sur la proportion relative des quatre principales cultures de rente présentes dans la zone de Vavatenina (giroflier, litchi, vanille et caféier). Une culture de rente est une culture dont l'intention première est motivée par les revenus qu'elle génèrera. Une culture est considérée dominante dans le SAF et sert de premier critère discriminant si elle représente plus de 50% du nombre total de pieds. Le second critère utilisé correspond aux cultures de rente dont l'abondance est supérieure à 20%.

Modélisation des types d'exploitations agricoles

La modélisation est réalisée avec le logiciel Olympe, un outil de modélisation du fonctionnement économique, budgétaire et comptable d'une exploitation agricole définie à partir du concept de système d'activité (Attonaty 1999, Penot et al., 2007).

Cette modélisation sous Olympe a pour objectifs : i) de mesurer la part des SAF dans la constitution des revenus agricoles et ii) d'évaluer leur contribution à la résilience des exploitations agricoles face aux fluctuations du marché. L'analyse de la résilience est réalisée grâce à une simulation de scénarios de variations des prix des quatre produits agricoles les

plus exportés, sur une période de neuf ans (correspondant en moyenne à trois cycles de variations interannuelles de la production de clous).

Les systèmes modélisés correspondent à la combinaison d'un type structurel d'exploitation agricole avec un type de SAF (croisement des résultats des deux typologies). Chaque type structurel est associé à une exploitation agricole dont la structure est caractérisée par les valeurs moyennes des différents indicateurs socio-économiques des exploitations appartenant au type réellement enquêtées. Les types de SAF sont aussi définis à partir des valeurs moyennes de plusieurs caractéristiques structurales et socio-économiques (abondance des espèces et rendement, marges brutes des ventes, quantités autoconsommées) des SAF regroupés dans un même type.

Scénarios de volatilité des prix pour l'évaluation de la résilience

Différents scénarios sont simulés afin d'analyser l'impact de la volatilité des prix sur la résilience des exploitations modélisées. Cette étude est centrée sur la volatilité des prix de vente des trois principales cultures de rente : litchi, vanille et produits du giroflier (clous et essence). Le café n'est pas pris en compte car les enquêtes ont montré qu'il était aujourd'hui principalement consommé par le ménage ou bien vendu sur les marchés locaux pour subvenir aux besoins des villes. Dans tous les cas, le café n'est plus soumis aux fluctuations du marché comme il l'était dans les années 90. Les valeurs hautes et basses des prix simulées correspondent aux valeurs perçues par les producteurs, en 2016, comme des valeurs seuils pour des changements dans leurs stratégies agricoles (Tableau 2).

Tableau 2 : Variations des prix choisies pour chaque produit de rente et selon le type de scénarios de volatilité (hausse, baisse).

Produit de rente	**Essence de girofle (MGA/kg)**	**Clous de girofle (MGA/kg)**	**Gousses vertes de vanille (MGA/kg)**	**Litchis (MGA/kg)**
Prix moyen	28500	15500	16500	525
Prix bas simulé	25000	8000	3000	250
Baisse par rapport au prix moyen	**-12%**	**-48%**	**-82%**	**-52%**
Prix haut simulé	32000	23000	30000	800
Hausse par rapport au prix moyen	**+11%**	**+33%**	**+45%**	**+34%**

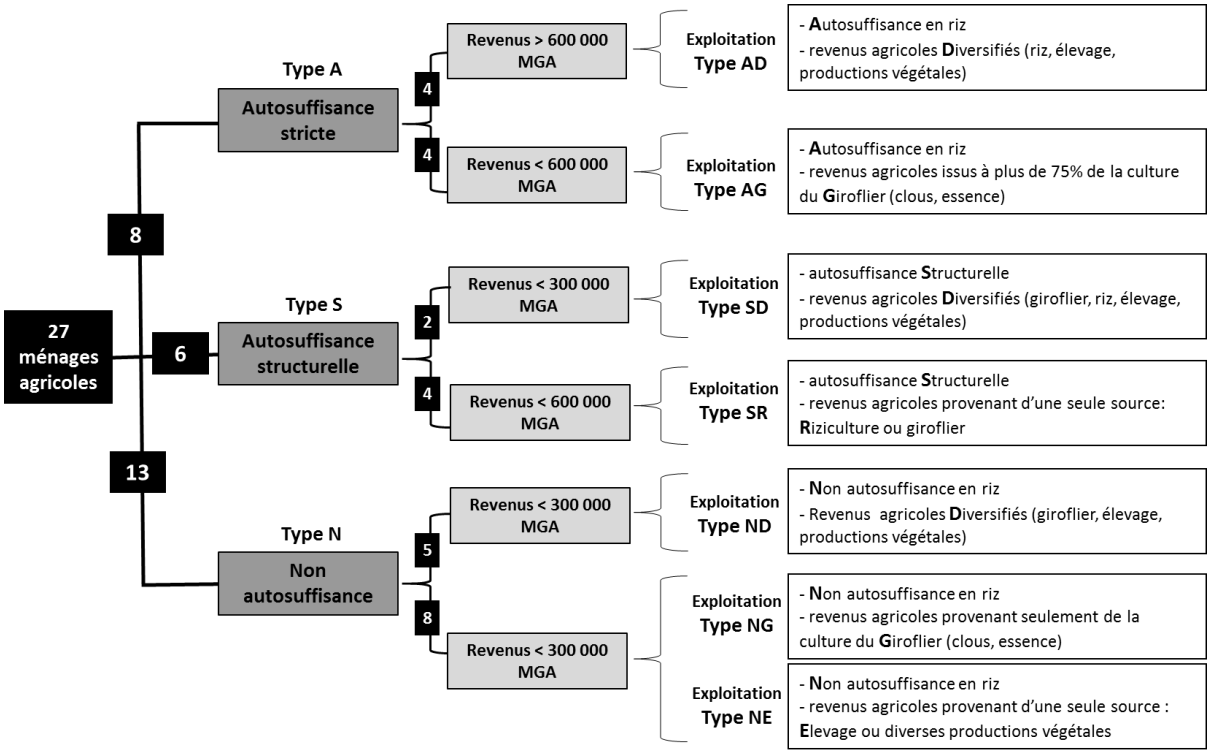
La résilience des exploitations face à la volatilité des prix est évaluée sur le critère de stabilité au cours de la période simulée, des cultures de rente présentes dans les SAF et dans les autres systèmes de culture de l'exploitation. Pour chaque système d'activité modélisé, seuls les aléas prix correspondant aux cultures de rente dominantes dans le SAF sont appliqués.

3 Résultats

3.1 Typologie des exploitations agricoles

Sur la base de l'autosuffisance en riz, du niveau de revenus et de leurs origines agricoles, les exploitations se différencient en sept types structurels décrits dans la figure 2.

Figure 2: Formation des types structurels par discrimination des exploitations selon les critères retenus.
Revenus = RTN réel moyen/bouche à nourrir



Près de la moitié des agriculteurs enquêtés ne sont pas autosuffisants en riz (Type N). Cinq d'entre eux (type NG) n'ont que le giroflier comme source de revenus (entre 80 et 90% des revenus agricoles). Certains effectuent trois ou quatre distillations par an alors que d'autres privilégient la production de clous et n'en font qu'une ou deux par an. Les agriculteurs du type NE ne cultivent pas (ou peu) de girofliers, leurs revenus agricoles proviennent principalement de l'élevage (autour de 60%) ou de la vente de plusieurs productions végétales en faible quantité (fruits, litchis, vanille, maïs). Le type ND regroupe des agriculteurs aux revenus diversifiés, issus du giroflier, de l'élevage et d'autres productions végétales.

Pour les ménages agricoles de type S, la riziculture n'est pas uniquement une source d'autosubsistance, c'est aussi une source de revenus (entre 50 et 70% des revenus agricoles). Mais la production annuelle ne permet pas de couvrir à la fois les besoins alimentaires et la rémunération : ils vendent le riz produit quand ils ont besoin de liquidité et en achètent quand leur stock est écoulé. Certains agriculteurs ont d'autres activités agricoles rémunératrices (type SD).

Les agriculteurs du type A sont autosuffisants en riz. Ceux du type AG ont un système de production reposant principalement sur le giroflier (plus de 75% des revenus agricoles). Les exploitations du type AD ont des revenus diversifiés provenant de la vente de divers produits agricoles: riz (38% en moyenne des revenus), poulets et/ou porcs (16% en moyenne), fruits divers et vanilles (27% en moyenne) et clous de girofle (16% en moyenne).

3.2 Typologie des systèmes agroforestiers

La différenciation des SAF sur la base de la proportion relative des cultures de giroflier, caféier, vanille et litchi, conduit à 7 types (figure 3).

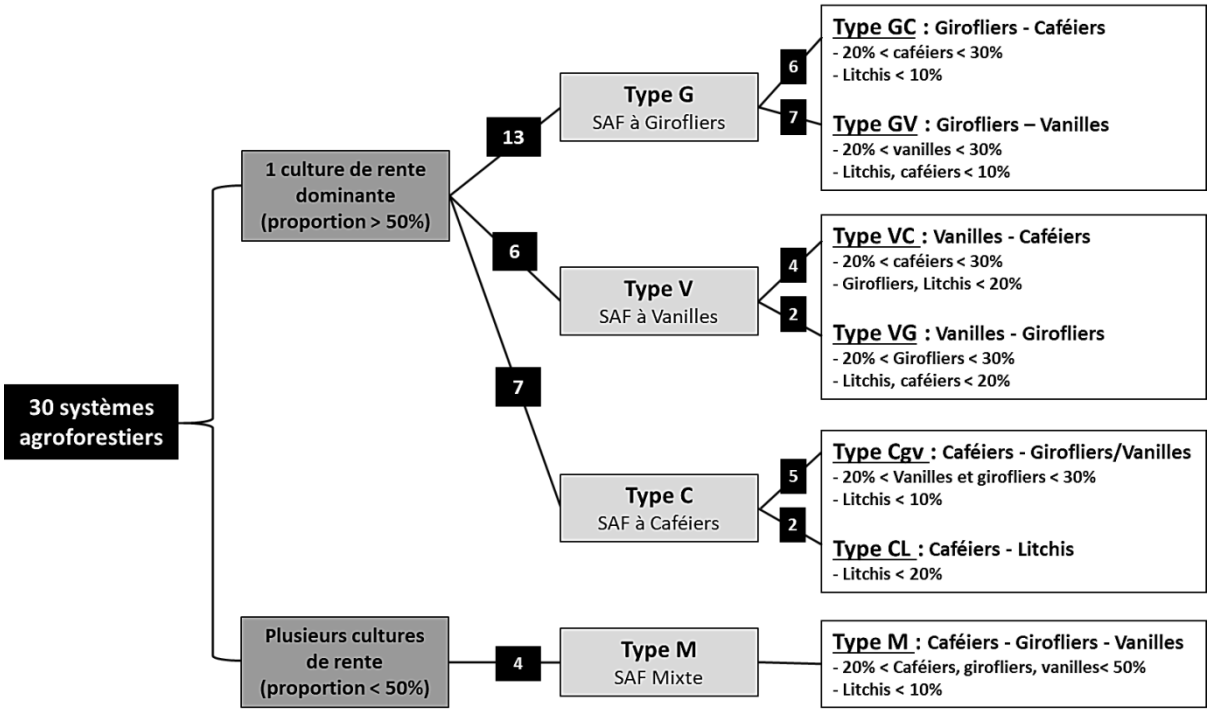


Figure 3 : Formation des différents types structuraux par discrimination des systèmes agroforestiers (SAF) de l'échantillon selon l'abondance relative des cultures de rente (giroflier, vanille, café, litchi)

Le type M (Mixte) ne présente pas de culture dominante : le giroflier, la vanille et le caféier ont une proportion relative comprise entre 20 et 50%, et celle du litchi est inférieure à 10%. Les types G, V et C se caractérisent par une proportion supérieure à 50% du giroflier, de la vanille ou des caféiers, respectivement. Chacun de ces trois types se subdivisent en deux sous types selon la deuxième espèce dominante (figure 3).

La répartition des SAF étudiés entre ces quatre types confirme bien la place centrale du giroflier dans le paysage agraire de la zone de Vavatenina : sur les 30 SAF, 13 appartiennent aux type G (à girofliers) et seulement deux ne contiennent pas de girofliers (type CL).

Par ailleurs, le caféier reste encore omniprésent dans les SAF bien qu'il ne soit vendu que par 6 agriculteurs sur les 27 et en faible quantité (en moyenne 17±16 kg/an de grains verts). Cette observation est à relier au passé de caféière de 62% des SAF étudiés. Cette évolution des monocultures de caféiers en SAF est une des conséquences de la forte baisse tendancielle des prix du café depuis 1970 (Ruf et Blanc-Pamard, 1992) qui a encouragé les paysans à remplacer les caféiers par d'autres espèces.

3.3 Modélisation des exploitations agricoles

Systèmes modélisés

Le tableau 2 donne les différents cas d'exploitations agricoles rencontrées sur le terrain en utilisant les codes définis pour chacune des typologies (figures 2 et 3). Chaque système modélisé se caractérise donc par un type structurel associé à un type de SAF. La modélisation sous Olympe des systèmes n'a concerné que les binômes « type d'exploitation XX + type de SAF XX » les plus fréquemment rencontrés dans les villages enquêtés. Ils sont mis en évidence par les cases grisées dans le tableau. Au total, 14 systèmes sont modélisés, sachant que chaque type structurel est modélisé avec deux SAF différents.

Tableau 2 : Représentativité de chaque type de système agroforestier (SAF) au sein des types structurels d'exploitation. Systèmes modélisés sous Olympe (type structurel X type de SAF)

		Types structurels d'exploitation agricole						
		AD	**AG**	**SD**	**SR**	**ND**	**NE**	**NG**
Types de système agroforestier	**GC**	1	1				2	2
	GV		1	2	1	2		
	VC	2		1		1		
	VG		1				1	
	Cgv	1	1		1	1	1	1
	CL				1	1		
	M				1		1	2

Simulation sans aléa économique

Dans un premier temps, les 14 systèmes d'exploitation agricole (cases grisées du tableau 2) ont été modélisés dans un contexte où aucun aléa économique ne survient au cours des neuf années, cela dans le but d'analyser l'impact des différents types de SAF sur la stabilité du solde de trésorerie. Les résultats mettent en évidence deux effets majeurs de la diversification à l'échelle du système de production (type structurel) et à l'échelle du système de culture (type de SAF).

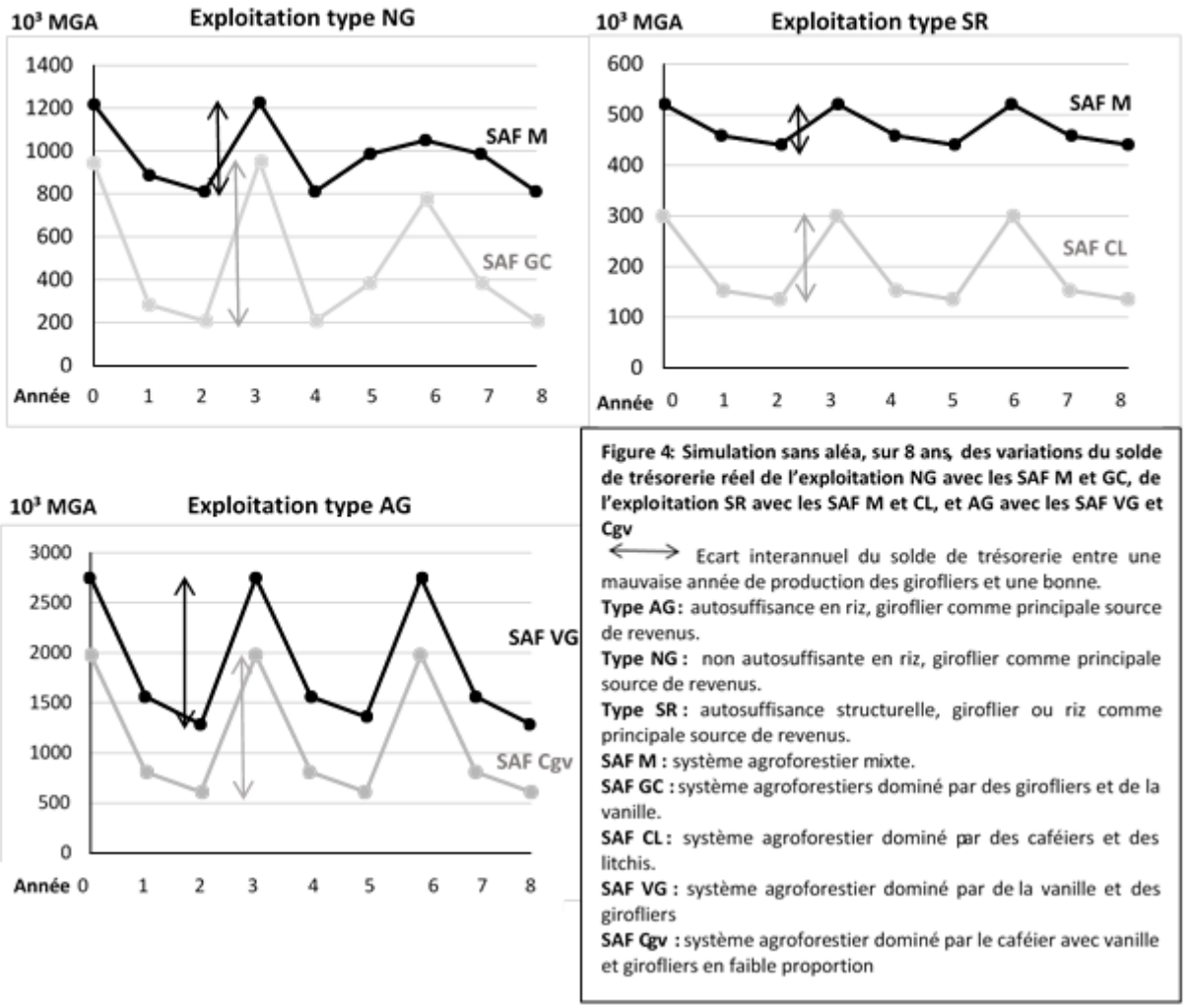


Figure 4: Simulation sans aléa, sur 8 ans, des variations du solde de trésorerie réel de l'exploitation NG avec les SAF M et GC, de l'exploitation SR avec les SAF M et CL, et AG avec les SAF VG et Cgv

⟷ Ecart interannuel du solde de trésorerie entre une mauvaise année de production des girofliers et une bonne.

Type AG : autosuffisance en riz, giroflier comme principale source de revenus.

Type NG : non autosuffisante en riz, giroflier comme principale source de revenus.

Type SR : autosuffisance structurelle, giroflier ou riz comme principale source de revenus.

SAF M : système agroforestier mixte.

SAF GC : système agroforestiers dominé par des girofliers et de la vanille.

SAF CL : système agroforestier dominé par des caféiers et des litchis.

SAF VG : système agroforestier dominé par de la vanille et des girofliers

SAF Cgv : système agroforestier dominé par le caféier avec vanille et girofliers en faible proportion

La figure 4 compare les courbes de variations de la trésorerie des trois types d'exploitation différenciées par leur niveau d'autosuffisance en riz, à savoir le type N (non autosuffisant), S (autosuffisance structurelle) et A (autosuffisance). On observe que pour les exploitations dont le giroflier constitue plus de 50% des revenus agricoles (types AG et NG), les variations interannuelles du solde de trésorerie sont plus marquées que pour le type SR. Pour les courbes correspondant au même SAF (type M), la mesure des écarts d'une année sur l'autre donne des valeurs pouvant atteindre 400 000 MGA pour l'exploitation NG alors qu'elles restent inférieures à 100 000 MGA pour l'exploitation SR. Pour les trois types modélisés, le caractère cyclique des courbes est lié à l'alternance interannuelle de production de clous : une bonne année tous les trois ans (Maistre, 1964 ; Danthu et al., 2014).

Par ailleurs, ces variations interannuelles sont atténuées en présence de certains types de SAF (types M et Cgv) qui ont aussi l'effet conjoint d'augmenter la valeur de la trésorerie. Sur la figure 4, pour un même type structurel (NG et SR), la comparaison entre les deux types

de SAF (respectivement M et GC, M et CL) met en évidence l'effet stabilisant du SAF M sur les fluctuations de la trésorerie. Pour l'exploitation NG, l'écart entre un solde de trésorerie obtenu à l'issue d'une mauvaise année de production des clous (année 3) et d'une bonne année (année 4), diminue de moitié lorsque l'exploitation est modélisée avec le SAF M qui est plus diversifié que le SAF GC (dominé par des girofliers et des caféiers). La même analyse peut être faite pour le type SR qui regroupe des exploitations ayant une seule source de revenus (riziculture, ou giroflier qui est le cas étudié ici) : l'écart passe de plus de 150 000 à moins de 100 000 MGA lorsque l'exploitation est modélisée avec le SAF M plus diversifié que le SAF CL (dominé par des caféiers et des litchis).

Simulation des scénarios de volatilité des prix

Les résultats de la simulation n'ont été analysés que pour les systèmes (type structurel + type de SAF) structurellement concernés par le scénario, c'est-à-dire que la culture de rente en question a une place centrale dans le fonctionnement de l'exploitation, ou qu'elle est dominante dans le SAF. Pour des raisons de lisibilité et de cohérence de l'article dans son ensemble, nous faisons le choix d'illustrer notre analyse avec les résultats de trois types d'exploitation, appartenant chacune à une des trois catégories d'autosuffisance en riz, à savoir N, S et A (figures 5, 6, 7 et 8). Les autres résultats de la modélisation sont présentés dans un document de travail disponible sur Agritrop (https://agritrop.cirad.fr/591617/).

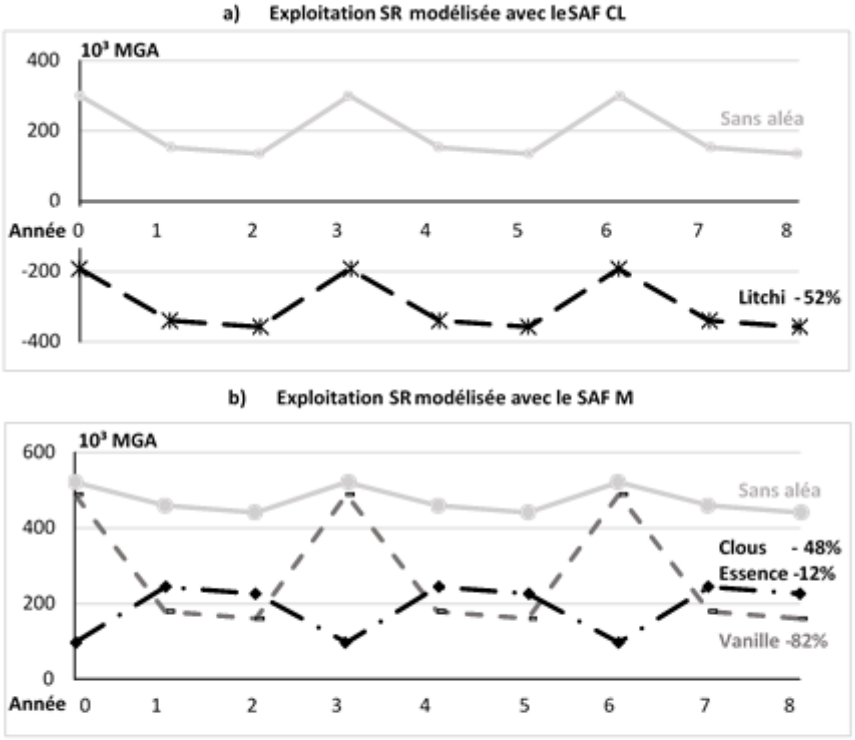


Figure 5 : Modélisation sur 8 ans des variations du solde réel de l'exploitation SR selon 2 scénarios : a) avec le SAF CL et une baisse du prix du litchi (-52%), b) avec le SAF M et une baisse des prix de la vanille (-82%) et des produits du giroflier (clous - 48%, essence - 12%).
Type SR : autosuffisance structurelle, giroflier ou riz comme principale source de revenus.
SAF M : système agroforestier mixte.
SAF CL : système agroforestier dominé par des caféiers et des litchis.

L'exploitation SR modélisée avec le SAF CL montre une forte sensibilité à la baisse du prix du litchi (figure 5.a). Les revenus agricoles chutent brusquement et le solde de trésorerie devient négatif : d'une valeur comprise entre 150 000 et 300 000 MGA, il descend en dessous des -200 000 MGA. Le même type structurel modélisé avec le SAF M (figure 5.b) réagit très différemment selon la culture de rente concernée par l'aléa économique. Face à une baisse du prix de la vanille, le solde est maintenu positif mais ses variations interannuelles sont fortement accentuées : sans aléa, l'écart entre deux années ne dépassait pas 100 000 MGA et, avec la baisse du prix de la vanille, il peut atteindre plus de 250 000 MGA. Lorsque ce sont les prix de l'essence et des clous qui chutent, le solde baisse de plus de 50% mais fluctue peu d'une année sur l'autre.

Soumise au scénario de baisse des prix du giroflier, l'exploitation NG avec le SAF GC (figure 6.a) présente un solde de trésorerie qui chute globalement de plus de 87% et devient négatif certaines années. Lorsque l'exploitation est modélisée avec le SAF M, une réduction

globale du solde de plus de 25% est observée mais il est maintenu, dans le temps, positif et supérieur à 500 000 MGA.

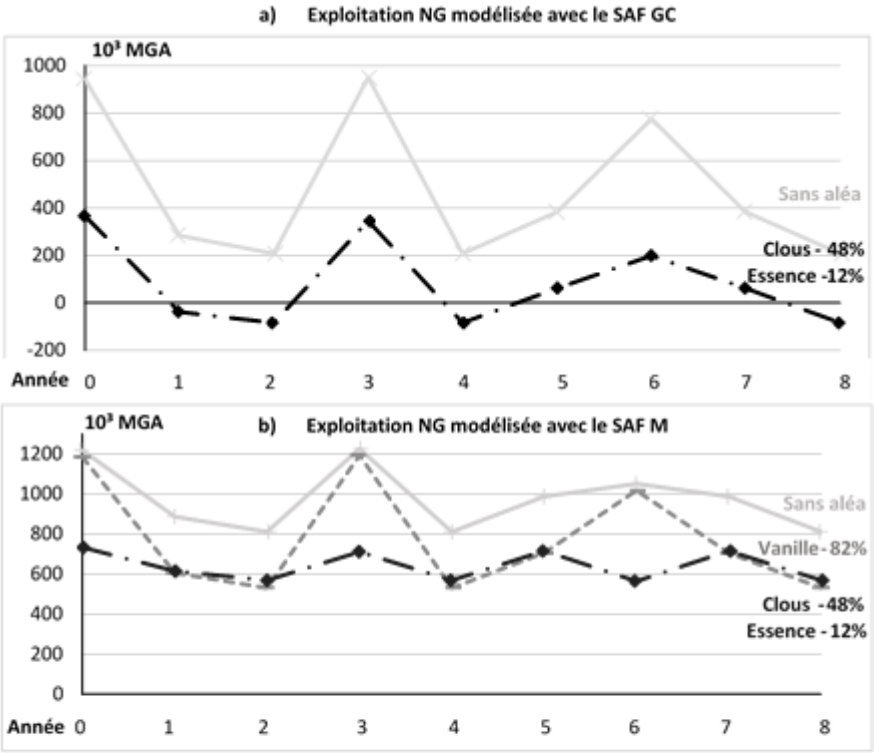


Figure 6 : Modélisation, sur 8 ans, des variations du solde de trésorerie de l'exploitation NG selon 2 scénarios : a) avec le SAF GC et une baisse du prix des produits du giroflier (clous - 48%, essence -12%) et b) avec le SAF M et avec une baisse des prix de la vanille (-82%) et du giroflier (clous -48%, essence -12%).
Type NG : non autosuffisance, giroflier comme principale source de revenus.
SAF M : système agroforestier mixte.
SAF GC : système agroforestier dominé par des girofliers et des caféiers.

Le type AG est structurellement très dépendant des revenus du giroflier : c'est ce que traduisent les fortes variations interannuelles du solde de trésorerie en raison de l'alternance de production (figure 7.a et b, sans aléa). Face à une baisse des prix du clou et de l'essence, la trésorerie prend des valeurs négatives car aucune autre production et/ou activité rémunératrice ne peut compenser (figure 7.b). Les résultats de la simulation d'une baisse des prix de la vanille montrent que quel que soit le type de SAF (VC ou Cgv), le type d'exploitation AG est peu sensible car la vente de la vanille n'est pas une source importante de revenus par rapport à celle que représente le giroflier.

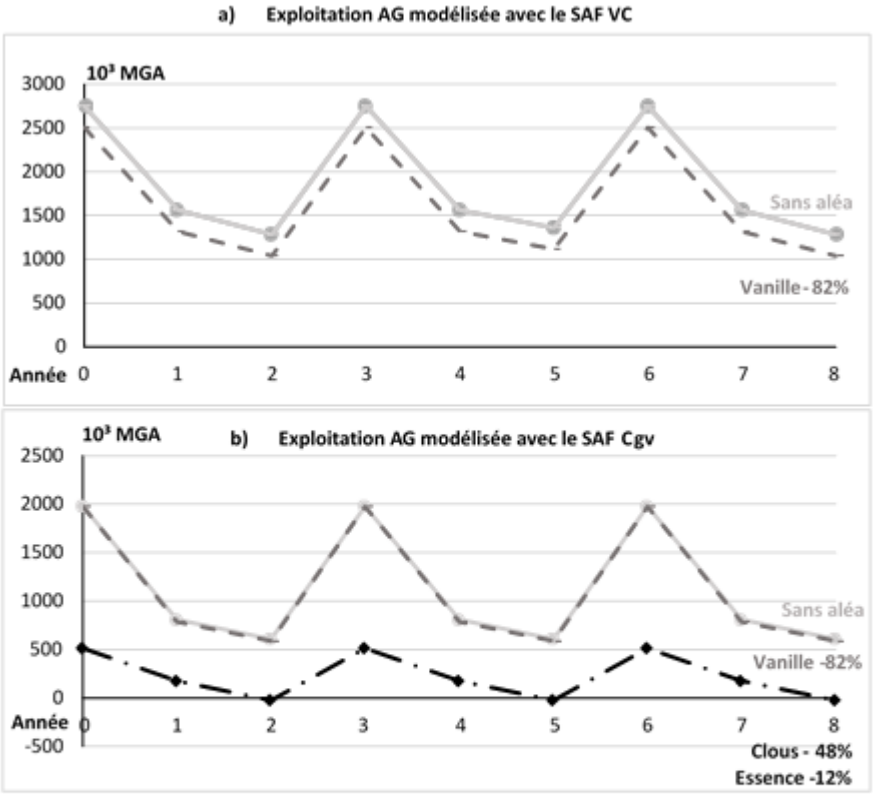


Figure 7 : Modélisation, sur 8 ans, des variations du solde de trésorerie de l'exploitation AG selon 2 scénarios : a) avec le SAF VC et une baisse du prix de la vanille (-82%) et b) avec le SAF Cgv et une baisse des prix de la vanille (-82%) et du giroflier (clous -48%, essence -12%).

Type AG : autosuffisance, giroflier comme principale source de revenus.
SAF VC : système agroforestier dominé par de la vanille et des caféiers.
SAF Cgv : système agroforestier dominé par le caféier avec de la vanille et du giroflier en faible proportion.

Concernant les résultats des scénarios de prix à la hausse, ils mettent en évidence que la forte volatilité de la vanille génère des revenus élevés pour tous les systèmes modélisés avec des SAF dans lesquels la proportion de vanilles est supérieure à 50% (types VC et VG). Dans le cas d'un SAF à vanilles plus diversifié (type Cgv ou M), la hausse est aussi significative. La figure 8 donne l'exemple du type SR avec le SAF de type M : le solde de trésorerie augmente au minimum de 33% et au maximum de 125%. De la même manière, une hausse des prix des

produits du giroflier améliore significativement les revenus des systèmes modélisés, comme dans le cas de l'exploitation SR (figure 8).

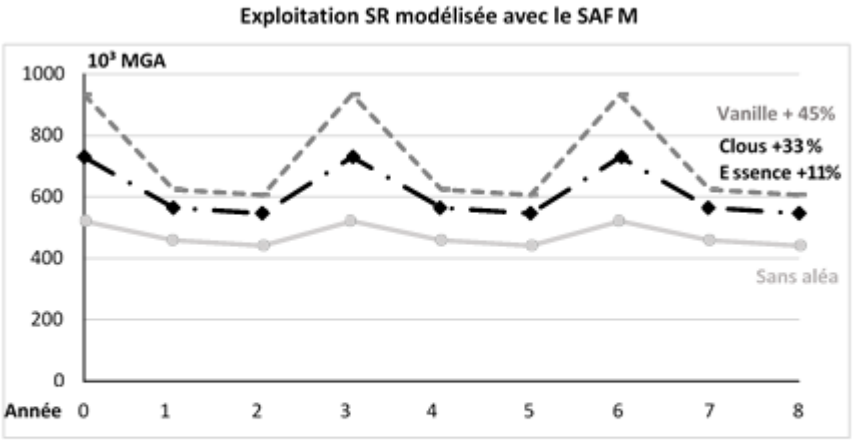


Figure 8 : Modélisation sur 8 ans des variations du solde réel de l'exploitation SR avec le SAF M et une hausse des prix de la vanille (+45%) et des produits du giroflier (clous +33%, essence +11%).
Type SR : autosuffisance structurelle, giroflier ou riz comme principale source de revenus.
SAF M : système agroforestier mixte.

4 Discussion

4.1 Résilience « apparente » et « économique » : une adaptation des définitions au contexte malgache

L'alimentation des foyers malgaches se compose principalement de riz qu'ils produisent dans des systèmes irrigués, inondés et/ou des systèmes de riz pluvial. Il est généralement admis à Madagascar que la capacité d'une exploitation à assurer sa sécurité alimentaire par l'autosuffisance en riz est gage d'une plus forte résilience face aux risques économiques : l'autoconsommation du riz produit sur l'exploitation met le ménage à l'abri de toutes fluctuations des prix (Dabat et al., 2008).

La croissance démographique, entre 1966 et 2016, dans les villages enquêtés (entre 71% et 89%) exerce une très forte compétition sur le foncier disponible, d'une part pour la production vivrière dans une stratégie d'autosubsistance alimentaire et, d'autre part, pour les cultures de rente dans un but d'accroissement des revenus monétaires. Les enquêtes de 2016 ont conduit au constat que de plus en plus de ménages se tournent vers les cultures de rente qui leur assurent une sécurité alimentaire indirecte. Ces cultures sont en particulier le giroflier,

dont les marchés du clou et de l'essence sont stables et élevés depuis 2010 (Danthu et al., 2014 ; Gouzien et al., 2016), et aussi le litchi. Le litchi est l'objet d'un vif intérêt dans les villages proches de la route goudronnée qui conduit à Tamatave, au premier port d'export de Madagascar et point de départ des cargos qui alimentent l'Europe en litchi. Avec cette proximité du port et les investissements réalisés dans l'amélioration des conditions de transport, le marché du litchi malgache s'est amélioré et sécurisé depuis 1987 (Jahiel et al., 2014). En revanche, en raison de son caractère hautement spéculatif, le marché de la vanille est très fluctuant (Chalmin et Jégourel, 2019). Ces conditions ne font pas l'unanimité au sein des agriculteurs : certains, et en particulier les jeunes, profitent des périodes de prix à la hausse pour gagner de grosses sommes d'argent rapidement et directement investies dans la construction du foyer. D'autres agriculteurs sont moins sereins à l'idée de faire reposer leur sécurité alimentaire sur des revenus instables et issus d'une culture risquée.

Ce constat amène alors à distinguer deux formes de résilience : i) une résilience « apparente », centrée sur la production de riz pour assurer la sécurité alimentaire, et ii) une résilience « économique » centrée sur la monétarisation des produits de rente dont les revenus permettent l'achat de riz. Ce choix stratégique des paysans, qui tend à réduire l'activité rizicole au profit des cultures de rente, n'est pas sans risque comme a déjà pu le montrer l'exemple de la caféiculture (Rabearimanana, 1987; Blanc-Pamard et Ruf, 1992), les éléments de conjoncture ont tour à tour favorisé cette culture et conduit à son déclin. Ainsi, entre 1970 et 1982, la baisse de 50% des prix aux producteurs de café a provoqué la chute brusque de leurs revenus, révélant ainsi la vulnérabilité d'un système de production basé sur une seule culture de rente.

Malgré cette menace et les expériences passées, le constat est indéniable : le territoire de Vavatenina comporte un nombre croissant d'agriculteurs qui choisissent de développer les cultures pérennes, en particulier le giroflier, dans des systèmes de culture de type agroforestier (SAF). Les résultats de la modélisation présentés par la suite montrent justement comment les SAF contribuent à améliorer cette « résilience économique ».

4.2 L'origine des revenus et leur diversification: un facteur important de la résilience « économique » et « apparente » des ménages agricoles

La non-autosuffisance en riz rend théoriquement les exploitations agricoles plus vulnérables aux variations des prix des autres productions. Les exploitations du type N (figure 2) ont donc une résilience « apparente » plus faible que les autres types (A et S). Pour satisfaire leurs besoins en riz, les ménages agricoles du type N ont donc recours à des revenus provenant de l'élevage et de cultures de rente. En considérant la résilience « économique » définie précédemment, les exploitations du type NG (dont la source de revenu principale est le giroflier) et ND (revenus diversifiés en partie issus du giroflier) sont plus résilientes que celles du type NE, tant que le marché du giroflier reste stable et rémunérateur.

La typologie établie pour cette étude n'a pas tenu compte des sources de revenus non agricoles (off-farm), comme le salariat (agricole ou pas) et des activités commerciales, car seulement deux agriculteurs sur les 27 enquêtés en exerçaient une, et encore pas régulièrement. Cette caractéristique marque une différence notable avec l'étude réalisée sur la vulnérabilité des ménages agricoles du district voisin, Fenerive-Est (Droy et al., 2017). Dans cette étude, les auteur.e.s montrent que la part des revenus off-farm s'élève à près de 40% des revenus totaux du ménage. Dans le district de Vavatenina, les agriculteurs font donc le choix d'une stratégie centrée sur la diversification des revenus agricoles et non sur celle des activités à l'échelle du ménage, plus limitée et difficile à entreprendre en milieu rural.

Globalement, la diversification des productions sources de revenus améliore la résilience économique, en particulier quand il s'agit de produits vendus localement (animaux, fruits, tubercules, maïs). Du fait de la très forte volatilité du prix de la vanille face à une forte demande localisée dans le temps (prix de la vanille préparée : 30 000 MGA/kg en 2012 et 400 000 MGA/kg en 2016, 1 000 000 MGA/kg en 2018, mais 300 000 à 400 000MGA/kg en 2020), cette culture n'assure pas des revenus stables et sécurisés sur le long terme. La plupart des agriculteurs font donc le choix de cultiver de la vanille, mais en faible proportion, et d'entretenir leurs pieds au gré des variations du marché. Le litchi contribue aussi à la résilience « économique » car la demande à l'exportation est stable et la filière organisée (Jahiel et al., 2014). Ainsi les exploitations appartenant aux types AD et SD (A : autosuffisance stricte, S : autosuffisance structurelle) aux revenus diversifiés ont une meilleure résilience

« économique » que les types AG et SR dont les revenus agricoles ne dépendent que d'une seule source de revenus.

Le choix de la diversification des activités, agricoles et aussi non agricoles, est donc très pertinent et moins risqué que la spécialisation, promue originellement par les autorités coloniales. Ce résultat est très classique et illustre parfaitement la théorie du portefeuille développée par Markowitz (1952) basée sur la diversification des actifs dans un portefeuille d'actions.

4.3 Le rôle de la diversification sur la résilience : améliorer la sécurité alimentaire, la qualité de vie et stabiliser la trésorerie des ménages ruraux

Les SAF : une source diversifiée de produits autoconsommés

Les productions d'un SAF peuvent être valorisées par l'autoconsommation et/ou la vente. Les principaux produits alimentaires consommés par les ménages sont des fruits (fruits à pain, avocats, agrumes, corossols, jacques, bananes etc.), des tubercules (igname, manioc) mais aussi différentes espèces et variétés de légumes-feuilles (brèdes) et de légumes-fruits (beaucoup de cucurbitacées) cuisinés en bouillon pour accompagner le riz. Le litchi et le café sont deux productions très appréciées et également vendues, de même que les avocats et les bananes mais de manière plus marginale. Le fruit à pain et le manioc se substituent au riz durant la principale période de soudure, entre mars et mai, c'est-à-dire juste avant la récolte du riz de saison (juin). Associés à ces productions nourricières, les espèces à bois et certaines plantes médicinales font partie des produits très consommés localement. Mais ils ne sont pas tous considérés par les ménages comme des produits de première nécessité (sauf cas particulier du bois) bien qu'ils améliorent la qualité nutritionnelle de l'alimentation et aussi la qualité de vie. Le bois de feu permet de satisfaire un besoin domestique (cuisson alimentaire) et un besoin monétaire (production d'essence de giroflier) qui varie selon le nombre de personnes dans le foyer et le nombre de distillations effectuées chaque année. Le bois d'œuvre est utilisé dans la construction des habitations sommaires (bambous et feuilles de ravenala) ou en « dur » (planches et toits en tôle). Le recours à de très nombreuses plantes médicinales est encore pratiqué, surtout pour améliorer ou maintenir une santé de base

(entre autres : *Lantana camara* contre les maux de tête, *Imperata cylindrica* comme antibiotique, *ravintsara* pour soigner le rhume).

La valeur de l'autoconsommation des produits issus des SAF représente une économie (non-dépense) importante et contribue significativement à l'économie du ménage. Son calcul montre qu'elle est proportionnelle à la taille du ménage (nombre de bouches à nourrir) et aussi corrélée à la richesse et l'abondance du SAF en arbres fruitiers. Pour tous les ménages de l'échantillon, la valeur de l'autoconsommation fluctue entre 300 000 et 600 000 MGA/an, ce qui représenterait une augmentation de 11% à 30% du solde de trésorerie si ces productions étaient vendues. Les SAF sont donc une source importante de produits autoconsommés qui améliore la résilience des exploitations en contribuant, d'une part, à la sécurité alimentaire, et d'autre part en constituant une réelle économie.

La diversification des exploitations et des SAF : un facteur de résilience pour les ménages

L'alternance de production des clous sur le cycle de trois ans (Maistre, 1964 ; Danthu et al., 2014) impacte significativement le solde de trésorerie au cours du temps. Cette caractéristique physiologique explique entre autres les écarts de trésorerie importants d'une année sur l'autre pour les exploitations agricoles dont les revenus sont issus à plus de 50% des produits du giroflier. Les résultats de la modélisation sans aléa montrent que dans le cas des structures d'exploitation non autosuffisantes en riz et peu diversifiées, la présence de certains types de SAF dans leur système améliore leur résilience en élevant le solde de trésorerie et en le stabilisant d'une année sur l'autre. Cet effet est lié à la plus grande diversification apportée par les SAF de type M (mixte) et Cgv (à caféiers, girofliers et vanilles). Le degré de diversification des SAF contribue donc à la stabilité interannuelle du solde de trésorerie et améliore ainsi la résilience des systèmes de production centrés sur une à deux activités agricoles rémunératrices (e.g la riziculture).

4.4 La diversification des revenus via l'agroforesterie pour faire face à la volatilité des prix

L'indicateur utilisé pour évaluer la sensibilité d'une exploitation à une variation des prix est le solde de trésorerie: celles pour qui le solde devient négatif ou très fluctuant d'une année sur l'autre sont très sensibles à une baisse des prix. Elles sont donc peu résilientes car la résilience « économique », définie précédemment, n'a de sens que si les variations du marché

n'impactent pas la stabilité des marges de l'exploitation sur une longue période. Les résultats associés à chaque scénario simulé ont montré des réponses de la trésorerie très inégales selon les systèmes modélisés.

Ainsi, face à une chute des prix, les exploitations structurées principalement autour d'une seule production agricole sont fortement impactées par la baisse du prix de cette production. C'est le cas du système SR+SAF CL (figure 5) dont les revenus agricoles, dépendant fortement du litchi, ne permettent plus de maintenir un solde de trésorerie positif. Le même effet est observé pour le système NG+SAF GC (figure 6), très centré sur la plantation de girofliers, et dont le solde de trésorerie devient négatif certaines années. Une telle situation impliquerait d'adopter une stratégie épargnante les années de bonnes productions et de prix rémunérateurs afin de prévenir un risque économique. Comme l'ont montré les résultats des scénarios à la hausse, les exploitations produisant de la vanille et celles centrées sur le giroflier voient leur revenus décupler quand les prix de ces productions augmentent. Dans l'absolu, l'épargne apparaît donc stratégique dans ces conditions. Néanmoins, les enquêtes ont montré qu'elle était rarement choisie par les ménages car trop contraignante. En effet, une première option consisterai à démarcher une structure proposant des services d'épargne, or elles sont très peu développées dans la zone et restent implantées dans les grandes villes, loin des villages. Une seconde option serait la constitution d'un capital sur pied, à savoir l'investissement dans un zébu ou un porc. Parmis les 27 enquêtés, seuls 8 agriculteurs possèdent entre un et trois zébus, et 8 entre un et quatre porcs. Ceux qui n'en possèdent pas expliquent qu'élever ces animaux nécessite beaucoup de temps et que la démarche d'achat et de revente de l'animal est un travail de plus à inclure dans le calendrier agricole.

En revanche, les résultats de la simulation mettent en évidence que l'association d'un type structurel avec un SAF diversifié (e.g. type M) permet de maintenir un solde de trésorerie positif et supérieur à celui d'une association avec un SAF moins diversifié de type GC (figure 6). En effet, les autres productions issues du SAF M, n'étant pas concernées par le scénario et fournissant des revenus significatifs, permettent de maintenir une rémunération satisfaisante malgré les prix bas du clou et de l'essence. Néanmoins, cet effet positif de la diversification est aussi à analyser au regard de la place du SAF dans le fonctionnement de l'exploitation agricole. C'est ce que nous révèle la figure 5 : même avec un SAF diversifié (type M), les revenus annuels apportés par les autres productions (vanille, litchi) ne permettent pas de

lisser les variations du solde générées par l'alternance de production des girofliers ainsi que sa baisse globale causée par la chute des prix. En effet, pour le type structurel SR, le SAF contribue faiblement aux revenus agricoles totaux (RTN réel) et donc la diversification qu'il apporte atténue peu les conséquences induites par la culture du giroflier.

Une analyse de l'ensemble des résultats de la simulation d'aléas économiques permet de mettre en évidence les deux principales causes de sensibilité des exploitations à ces aléas. La première est un faible degré de diversification : système agricole trop centré sur la culture du giroflier et en particulier la production de clous. La deuxième est une stratégie paysanne tournée vers des produits agricoles dont le marché est fluctuant, avec des écarts de prix très importants (vanille) qui peuvent faire gagner beaucoup d'argent en peu de temps et inversement. La mise en place d'une stratégie épargnante en cas d'une chute des prix de la vanille apparaît indispensable au vue de ses fortes fluctuations. En constituant une épargne sur pied (porc ou zébu), les ménages agricoles seraient en mesure de répondre à un besoin de trésorerie urgent via la vente de cet animal fournissant les liquidités nécessaires.

5 Conclusion

Cette étude menée dans la zone de Vavatenina, sur la nord côte-est de Madagascar, montre l'importance des systèmes agroforestiers (SAF) dans l'agriculture familiale. Ces systèmes de culture sont basés sur une ou plusieurs cultures de rente (principalement du giroflier), de nombreux arbres fruitiers et des arbres à bois. Leur richesse spécifique est liée aux caractéristiques agroécologiques (topographie, fertilité du sol) et économiques des localités (accès au marché, isolement). Les typologies utilisées sont communément utilisées pour combiner les stratégies paysannes à plusieurs niveaux (Brossier et Petit, 1977 ; Weltein et al., 2017). Dans le cas de cette étude, croiser l'analyse des accès aux facteurs de production et celle des stratégies de diversification a permis de fournir un regard enrichissant pour comprendre le fonctionnement des structures d'exploitations agricoles et de leur évolution dans le temps (Penot et Ruf, 2001).

Avec la croissance démographique, la surface rizicole irriguée, déjà localement limitée et saturée, ne permet plus d'assurer la sécurité alimentaire directe (autosuffisance en riz). Les ménages ont donc recours, depuis déjà les années 1960 (Dandoy, 1973), à d'autres sources de

revenus pour acheter le riz manquant. Pour ne pas dépendre d'une seule production, ils se diversifient en particulier avec le giroflier qui fournit deux produits (essence et clous). La résilience des exploitations agricoles, basée traditionnellement sur la sécurité alimentaire directe, repose donc de plus en plus sur la monétarisation avec les cultures de rente (résilience « économique ») justifiée par la plus forte productivité de ces cultures, comparée à celle de la riziculture irriguée (Fourcin, 2014). Egalement, cette forte croissance démographique locale génère un morcellement générationnel des terres de plus en plus marqué (division et réduction des terres au fur et à mesure qu'elles sont transmises par héritage). Ce phénomène est en faveur de l'intensification des systèmes de culture, en particulier via l'agroforesterie. Les SAF optimisent ainsi les productions en fournissant des revenus (résilience « économique ») et des produits autoconsommés (fruits, bois, plantes médicinales).

La modélisation des exploitations met en évidence que les systèmes agroforestiers diversifiés permettent d'atténuer les variations interannuelles de la trésorerie et aussi d'ajuster les revenus annuels. Par ailleurs, la simulation d'aléas économiques montre une sensibilité variable des exploitations agricoles aux fluctuations des prix des cultures de rente, cela en fonction des types de SAF et des caractéristiques structurelles de l'exploitation. Mais le résultat majeur est que la diversification des SAF est en faveur d'une meilleure résilience face à ce type de risque, via un impact sur la stabilité annuelle et interannuelle des revenus et du solde de trésorerie. Ce travail montre aussi qu'il existe encore des marges de progression importantes pour que les agriculteurs gèrent au mieux et sur le long terme la résilience de leur système d'activité.

Les enquêtes menées auprès des agriculteurs montrent comment ils valorisent et articulent ces cultures, d'export ou non, selon leurs besoins en revenus et en produits d'autoconsommation. Or dans d'autres régions de l'île, les paysans ne peuvent pas, ou peu, bénéficier de cette résilience indirecte via les productions à forte valeur marchande. Cette diversité culturale sur la côte est de Madagascar constitue une réelle capacité d'adaptation des ménages ruraux face aux divers aléas (en particulier climatiques et économiques) qui les menacent. En ce sens, la diversification via l'agroforesterie représente un moyen de réduire la vulnérabilité des ménages agricoles (Droy et al., 2017) et d'améliorer la durabilité

écologique de leur milieu grâce aux externalités positives induites par les associations d'espèces pérennes (fertilité, biodiversité, érosion, (Jose, 2009)).

Cet exemple du giroflier à Madagascar n'est pas isolé et de nombreuses références démontrent la meilleure résilience, face à la volatilité des prix agricoles sur le marché mondial, des exploitations ayant des activités diversifiées (agricoles et non agricoles) par rapport à celles qui dépendent de la monoculture (Meynard et al., 2013 ; Gafsi 2017). C'est le cas, par exemple des Comores, qui bénéficient de conditions agroécologiques et climatiques similaires, où il est constaté des dynamiques agraires évoluant également vers une forte diversification des activités permettant de limiter les risques liés à une seule culture (Penot et Danthu, 2017). Les implications en termes de politiques publiques nationales sont multiples. Dans une perspective de renforcer la résilience des ménages agricoles, l'option à proposer aux projets de développement de l'Etat pourrait être de favoriser la diversification. Cela pourrait être pertinent, en particulier dans un contexte où des menaces pèsent sur la filière girofle, comme le montrent Danthu et al. (2020). Or l'analyse de la filière giroflier révèle que les actions de l'Etat malgache d'appui à la filière sont très limitées (Penot et Danthu, 2019) et promeuvent souvent une seule filière, ou bien une organisation des acteurs d'aval, ou encore la structuration des acteurs économiques, induisant une sectorisation des projets de développement locaux qui n'encourage pas la diversification des producteurs mais plutôt la spécialisation (Maicent et al., 2014). Cette étude montre l'intérêt de la diversification à l'échelle des ménages, une diversification qui pourrait être un exemple à suivre en l'adaptant à des échelles plus grandes, celle du paysage ou même nationale.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat générée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme "Investissements d'avenir" portant la référence ANR-10-LABX-001-01 Labex Agro et coordonnée par Agropolis Fondation. Les auteurs remercient les villageois de Vohibary, Marovato, Garacinq, Ankorovana et Fotsialanana pour leur accueil et leur générosité ainsi que les agriculteurs enquêtés pour l'intérêt qu'ils ont porté à l'étude et leur disponibilité. Les auteurs remercient particulièrement Harcine qui a assuré remarquablement bien la traduction.

Références bibliographiques

Andrianirina N. (2014). *Stratégies des ménages producteurs de girofle à Madagascar face aux enjeux de qualité*. Thèse, Antananarivo, Université d'Antananarivo : Sciences Agronomiques, 137 p.

Arimalala N., Penot E., Michels T., Rakotoarimanana, V., Michel, I., Ravaomanalina, H., Roger, E., Jahiel, M., Leong Pock Tsy, J.-M., Danthu, P. (2019). *Clove based cropping systems on the east coast of Madagascar: how history leaves its mark on the landscape*. Agroforestry System, 93 : 1577-1592.

Attonaty J.M. (2009). *Manuel d'utilisation d'OLYMPE : Outil de modélisation et simulation des exploitations agricoles*. Montpellier, INRA/CIRAD/IAMM, 83 p.

Bene J.G., Beall H.W., Côté A. (1977). *Trees, food, and people: land management in the tropics*. Ottawa, International Development Research Centre, 52 p.

Brossier J., Petit M. (1977). *Pour une typologie des exploitations agricoles fondée sur les projets et les situations des agriculteurs*. Économie rurale Année 1977 122 pp. 31-40.

Chalmin, P., and Jégourel, Y. (2019). *Vanille & clous de girofle. In Cyclope - Les marchés mondiaux*. Paris, France: Ed. Economica, pp. 423-425.

Chia E., Dugué P., Sakho-Jimbira S. (2006). *Les exploitations agricoles familiales sont-elles des institutions ?* Cahiers Agricultures, 15 (6) : 498-505.

Dandoy (1973). *Territoires et économies villageoises de la région de Vavatenina (Côte orientale malgache)*. In Atlas Des Structures Agraires à Madagascar, (Paris: MOUTON & CO), p. 94.

Dabat M.-H., Jenn-Treyer O., Razafimandimby S., Bockel L. (2008a). *L'histoire inachevée de la régulation du marché du riz à Madagascar*. Économie Rurale, 303-304-305 : 75–89.

Dabat M-H., Pons B., Razafimandimby S. (2008b). *Des consommateurs malgaches sensibles à la qualité du riz*. Économie rurale, 308 : 6-18.

Danthu P., Penot É., Tiollier M., Michels T., Normand F., Razafimamonjison G., Fawbush F., Jahiel M. (2014). *The clove tree of Madagascar: a success story with an unpredictable future*. Bois et Forêts des Tropiques, 320 : 83-96.

Danthu P., Simanjuntak R., Fawbush F., Leong Pock Tsy J-M., Razafimamonjison G, Abdillahi MM., Penot E. (2020). *The clove tree and its products (clove bud, clove oil, eugenol): prosperous today but what of tomorrow's restrictions?* Fruits 75 (5) : 224-242.

Droy I., Rabevohitra B.N., Bidou J.-É. (2017). *L'encastrement des vulnérabilités : exemple du « pays du girofle » sur la côte orientale de Madagascar*. Mondes En Dév. *n° 180*, 69–86.

Fourcin C. (2014). *Contribution du giroflier à la sécurité alimentaire des ménages agricoles dans la région de Fénérive-est à Madagascar-Modélisation économique et analyse prospective*. Rapport de stage de master 2, Montpellier, Supagro Spécialité RESAD, 122p.

Gafsi M. (2017). *Les stratégies de diversification des exploitations agricoles. Enseignements théoriques et empiriques*. Économie rurale, 360.

Gallopin G. (2002). *Resilience: scenarios, surprises and branch ponts*. In: Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems, Island Press, Lance H. Gunderson, C. Holling, 21p.

Gasselin P., Vaillant M., Bathfield B. (2015). *Le système d'activité. Retour sur un concept pour étudier l'agriculture en famille. In L'agriculture en famille : travailler, réinventer, transmettre*. EDP Sciences, p. 101.

Gouzien Q., Penot E., Jahiel M., Danthu P. (2016). *Le girofle: poids dans l'économie malgache et place de Madagascar dans le marché mondial*. Montpellier, Project AFS4FOOD, Working Paper, 18 p.

Jahiel M., Andreas C., Penot E. (2014). *Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns*. Fruits, 69 (1) : 1-19.

Jose S. (2009). *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview*. Agrofor. Syst. *76*, 1–10.

Le Bourdiec F. (1974). *Hommes et paysages du riz à Madagascar : étude de géographie humaine*. Antananarivo, Madagascar, Université d'Antananarivo.

Ledreux A. (1932). *Le giroflier à Sainte-Marie et Madagascar*. Bulletin mensuel de l'Institut National d'Agronomie Coloniale, pp 1-122.

Markowitz H. (1952). *Portfolio Selection.* Journal of Finance, 7 (1), 77-91.

Maistre J. (1964). *Le clou de Girofle.* In Les plantes à épices. G.-P. Maisonneuve & Larose Editeur, Paris: pp 77-124.

Michels T. (2011). *Horticultural agroforestry systems in the humid tropics: analysis of clove tree-based systems in Madagascar*. Acta Horticulturae, 894: 161-168.

Moser C.O.N. (1996). *Confronting crisis: a summary of household responses to poverty and vulnerability in four, poor urban communities*. Washington, D.C, World Bank, Environmentally sustainable development studies and monographs series, 19 p.

Nair P.K. (2007). *Agroforestry for Sustainability of Lower-Input Land-Use Systems*. Journal of Crop Improvement, 19 (1-2): 25-47.

Penot E., Benz H., Bar M. (2014). U*tilisation d'indicateurs économiques pertinents pour l'évaluation des systèmes de production agricoles en termes de résilience, vulnérabilité et durabilité : le cas de la région du lac Alaotra à Madagascar*. Ethics and Economics, 11 (1).

Penot E., Danthu P. (2019). *Entre "ignorance politique", ingérence et contrôle de l'Etat : quelles politiques publiques pour la filière girofle à Madagascar, aux Comores et à Zanzibar*. Ethique Economique, 16 (2) : 20 p.

Penot E., Danthu P. (2017). *Caractérisation des producteurs de girofle d'Anjouan et compréhension de leurs stratégies et attentes vis-à-vis des sociétés de coopérative*. In Agritrop, Rapport de mission d'appui ITC, PNUD, 20 p.

Penot E., Deheuvels O. (2007). *Modélisation économique des exploitations agricoles. Modélisation, simulation et aide à la décision avec le logiciel Olympe*. Ouvrage collectif. Editions l'Harmattan, janvier 2007, Paris.

Penot E., Feintrenie L. (2014). *L'agroforesterie sous climat tropical humide : une diversité de pratiques pour répondre à des objectifs spécifiques et à des contraintes locales*. Bois et Forêts des Tropiques, 321 : 3-6.

Penot E., Ruf F. (2001). R*ubber smallholders' flexibility No windfall, no crisis*. People, commodities and natural ressources in Indonesia, 1996-2000, Curzon Press, p 1 à p25, 2001.

Rabearimanana L. (1987). *La promotion de la caféiculture sur la côte est de Madagascar dans les années 1950. Résultats économiques et répercussions sur le niveau de vie du petit planteur malgache*. Rev. Fr. Hist. O.-m. *74*, 55–69.

Ruf F., Blanc-Pamard C. (1992). *La transition caféière, côte-est de Madagascar*. 264.

Torquebiau, E. (2000). *A renewed perspective on agroforestry concepts and classification*. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Life Sciences, 323 : 1009-1017.

Weltin M., Zasada I., Franke C., Piorr A., Raggi M., Viaggi D. (2017). *Analysing behavioural differences of farm households: An example of income diversification strategies based on European farm survey data*. Land Use Policy, 62 (2017) 172–184.