

Table des matières

1	INTRODUCTION ET CONTEXTE	6
1.1	Les plantes à racines et tubercules dans le monde	6
1.2	Le Vanouatou : présentation et contexte socio-économique	6
1.3	Un système de culture dominant : les jardins tropicaux plurispécifiques	7
1.4	Pourquoi conserver l'agrobiodiversité des plantes à racines et tubercules ?	8
1.5	Une diversité génétique menacée par des changements divers	8
1.6	Comment conserver l'agrobiodiversité des plantes à racines et tubercules	9
1.7	Déroulement de l'étude	12
2	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	14
2.1	Introduction	14
2.2	L'exploitation de la reproduction sexuée par les agriculteurs	15
2.3	Les obstacles techniques à la production de graines	16
2.4	Conclusion	20
3	MATERIELS et METHODES	22
3.1	Choix des sites	22
3.2	Matériel végétal	22
3.3	Dispositif expérimental	23
3.4	Méthodes d'analyse	29
4	RESULTATS	30
4.1	Diversité des exploitations agricoles	30
4.2	Effizienz de la production de graines « à la ferme »	32
4.3	Effizienz de l'utilisation de graines : du semis à l'évaluation des hybrides	35
5	DISCUSSION	38
5.1	Limites et intérêt de l'approche	38
5.2	Résultats acquis	39
5.3	Travaux à poursuivre	40
6	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	42
	Références bibliographiques	48
	Table des figures	54
	Annexe 1. Carte du Vanouatou	56
	Annexe 2. Climat de l'archipel	57
	Annexe 3. Potentialités agronomiques de la zone d'étude	59
	Annexe 4. Jardins et espèces cultivées	60
	Annexe 5. Principaux pathogènes des plantes à racines et tubercules au Vanouatou	61
	Annexe 6. Description des sites d'étude	62
	Annexe 7. Fiches descriptives des plantes à racines et tubercules étudiées	65
	Annexe 8. Protocoles des essais participatifs	68
	Annexe 9. Photos des expérimentations paysannes	71
	Annexe 10. Protocoles des essais en station	73
	Annexe 11. Résultats : connaissance de la reproduction sexuée par les producteurs	76
	Annexe 12. Floraison des plantes à racines et tubercules du Vanouatou	77
	Annexe 13. Guide d'entretien pour l'approche du fonctionnement des exploitations	78
	Annexe 14. Typologie du fonctionnement des exploitations	79
	Annexe 15. Résultats des essais chez les producteurs et en station	80
	Abstract	89
	Résumé	90

1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

1.1 Les plantes à racines et tubercules dans le monde

Les plantes à racines et tubercules tropicales (manioc, patate douce, ignames et aracées) occupent une place essentielle dans l'agriculture vivrière de nombreuses régions du globe, en particulier dans les zones tropicales humides où se trouve la majeure partie de la population mondiale. Il s'agit en effet d'une source importante de produits amylacés cultivés localement et qui joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire des pays pauvres en se substituant aux céréales importées. Ces plantes sont essentiellement vivrières et font rarement l'objet de culture commerciale, elles assurent l'alimentation des plus pauvres qui les cultivent généralement sur de très petites surfaces en association avec de nombreuses espèces annuelles et pérennes, dans des systèmes de type « jardin de case ».

Bien qu'issues de familles botaniques diverses et présentant des différences en termes de physiologie, elles sont considérées comme un groupe dans cette étude car elles présentent des caractéristiques communes. En effet, il s'agit de plantes pérennes à l'état sauvage mais qui sont traitées comme des annuelles lorsqu'elles sont cultivées puisqu'on consomme leur organe de stockage. Elles ont également en commun le mode de multiplication végétative, le caractère encombrant et périssable de leur matériel de reproduction asexuée ou encore une forte hétérozygotie. De ce fait, les pratiques de gestion paysannes et les problématiques liées à la préservation de la diversité génétique de ces espèces sont semblables (Lebot, 2009).

Dans la première partie de cette étude, nous nous appuyons sur les travaux réalisés sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) car il s'agit de la plante à tubercules la mieux documentée du fait de sa grande importance économique. Elle présente des caractéristiques communes avec les plantes à racines et tubercules tropicales qui permettent de dresser des parallèles bien que des différences existent.

Un point commun aux plantes à racines et tubercules tropicales est qu'elles bénéficient de peu de travaux d'amélioration génétique. L'absence de filière semencière contraint donc les petits producteurs à gérer eux-mêmes leur matériel végétal. Cela pose problème car la propagation clonale conduit à l'accumulation de virus au sein du matériel végétal, ce qui peut entraîner une diminution drastique du rendement et même aboutir à la dégénérescence de la variété au bout de quelques cycles de multiplication. Si ce problème a été aisément résolu au sein des grandes filières semencières de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) (via des techniques d'assainissement *in vitro*), cela n'est pas le cas pour la production de semences par les producteurs qui sont contraints de gérer du matériel végétal souvent peu productif du fait de son mauvais état sanitaire.

1.2 Le Vanouatou : présentation et contexte socio-économique

Le Vanouatou est un archipel composé d'environ 80 îles volcaniques, situé dans le Pacifique Sud et qui s'étend sur près de 900 kilomètres entre le 13^{ième} et le 20^{ième} parallèles, entre les îles Fidji à l'Ouest et les îles Salomon au Nord (annexe 1). Le climat y est tropical, les températures moyennes, l'humidité et les précipitations diminuent du nord au sud de l'archipel, et les îles du sud connaissent une saison sèche plus marquée de mai à octobre. Il s'agit d'un pays extrêmement hétérogène et divers, tant du point de vue climatique et pédologique que du point de vue culturel (annexes 1 et 2) (Siméoni, 2009).

La population du Vanouatou, majoritairement d'origine mélanésienne, est issue d'une vague de migrations en provenance de Nouvelle-Guinée datée d'il y a environ 3 000 ans. Colonisé au 19^{ième} siècle par les européens, le Vanouatou a été pendant près de 74 ans sous la coupe d'un condominium Franco-Anglais sous le nom de Nouvelles-Hébrides, puis le pays a prit son indépendance en 1980. Il est classé « petit état insulaire en voie de développement » par les Nations Unies depuis 1994.

En 2008, le Vanouatou comptait environ 234 671 Habitants, la croissance démographique

y est très élevée, d'environ 2,6 % par an. À ce rythme, la population de l'archipel double tous les 27 ans (Siméoni, 2009).

La majorité de la population, à 80% rurale, dépend des cultures vivrières bien que la tendance actuelle soit à l'entrée dans l'économie de marché et que de plus en plus de vanouatais se tournent vers des activités génératrices de revenus. Le coprah, et dans une bien moindre mesure le cacao, sont les principaux produits agricoles exportés par le pays, mais les prix de ces productions fluctuent considérablement et le Vanouatou reste peu compétitif face aux grands pays producteurs. De nombreux producteurs se tournent donc actuellement vers la production de kava (*Piper methysticum*), destiné au marché intérieur ou exporté sec vers les îles Fidji et la Nouvelle-Calédonie, ce qui en fait la première culture de rente du pays.

La balance commerciale du pays est largement déficitaire pour les biens de consommation alimentaires (Siméoni, 2009), mais au vu de l'augmentation considérable du prix du transport, le gouvernement souhaite à présent renforcer l'autonomie alimentaire du pays. De plus, de nombreuses îles restent très isolées et ne bénéficient pas d'un approvisionnement régulier, leur alimentation dépend donc des cultures vivrières. Par ailleurs, l'augmentation de la pression démographique et la concurrence foncière avec les cultures de rente mène à l'intensification des systèmes vivriers, en particulier à la diminution des jachères. Une diminution de la fertilité des sols a déjà été observée dans certaines zones côtières subissant une forte pression. Il semble que ce phénomène soit amené à s'amplifier dans les années à venir.

1.3 Un système de culture dominant : les jardins tropicaux plurispécifiques

Les jardins tropicaux tels qu'ils sont pratiqués traditionnellement au Vanouatou (annexe 4) ont une productivité très élevée, leur rendement moyen se situe en effet entre 20 et 30 t/ha/an. Il s'agit aussi de systèmes relativement durables du point de vue de la fertilité des sols lorsqu'une durée de jachère suffisante est possible. On observe un taux de matière organique élevé (13-14%) ainsi qu'un fort taux d'azote (C/N proche de 10), et ceux-ci diminuent peu au bout de deux ans de culture (Morelli, 2003). Par ailleurs, le grand nombre d'espèces et de variétés cultivées en même temps, ainsi que la taille restreinte des parcelles, confèrent à ces systèmes une grande robustesse face aux aléas climatiques comme les cyclones et les sécheresses dues au phénomène *El Nino*.

Il est préférable de parler dans leur cas de végéculture plutôt que d'agriculture car les plantes sont issues de boutures, plantées individuellement par trouaison et reçoivent une attention individuelle particulière. Le labour, qui caractérise l'agriculture, est absent. On distingue deux grands types de systèmes au Vanouatou sur une base climatique et culturelle: ceux du « sec » et ceux de « l'humide » (Barrau, 1958). Suite à l'abatis - brûlis, ces systèmes ne vont pas porter les mêmes espèces en tête d'assolement. Les agrosystèmes dits « sec », les plus souvent côtiers et sous le vent, portent la grande igname (*Dioscorea alata*) en tête d'assolement tandis que les agrosystèmes dits « humides », situés plutôt en altitude et au vent, portent le taro (*Colocasia esculenta*) en tête d'assolement. Pendant les deux années suivantes sont implantées diverses espèces comme la patate douce (*Ipomoea batata*), le macabo (*Xanthosoma sagittifolium*), la banane plantain (*Musa Spp.*), la papaye (*Carica papaya*) ou encore les choux des îles (*Abelmoshus manihot*). Enfin, les dernières années de la rotation sont occupées par le manioc (*Manihot esculenta*) qui est ensuite laissé en place dans les jachères. Celles-ci durent en moyenne une dizaine d'années mais cette durée tend à se réduire (Walter et Lebot, 2003).

Les ignames et le taro sont les plantes à racines et tubercules traditionnellement cultivées au Vanouatou depuis l'arrivée des premiers habitants qui les ont probablement introduites. Ces plantes ont une grande importance culturelle et sont entourées de nombreux mythes et pratiques magiques. Elles entrent dans la « coutume » où elles font l'objet d'échanges rituels lors des cérémonies marquant les temps forts de la communauté, comme les mariages ou les enterrements. Le manioc en revanche, a été introduit par les colons vers 1850. Il a principalement une vocation alimentaire et n'a pas de valeur culturelle excepté dans certains endroits où il commence à être introduit dans la coutume (Roullier *et al.*, en prép.). Sa culture

prend actuellement une importance considérable dans certaines zones, par exemple sur l'île de Tanna (NSO, 2000) où sa production surpasse celle de toutes les autres plantes à racines et tubercules, ou encore dans les zones où la fertilité du sol est faible. L'origine de la patate douce dans le Pacifique reste en revanche sujet à controverse. Plusieurs hypothèses sont envisagées. Son origine pourrait être antérieure à la colonisation, elle aurait alors été introduite par des populations polynésiennes qui l'auraient rapportée d'Amérique du Sud vers -700 av. JC (Bedford, 2006 ; Green, 2005). Elle aurait également pu être apportée par les européens au 17^{ième} siècle, par Quiros en 1606 par exemple, ou plus tardivement. Il ne s'agit pas non plus d'une plante prestigieuse aux yeux des vanouatais et elle constitue principalement la nourriture des enfants et des vieillards. Le macabo, enfin, est originaire d'Amérique du Sud et a été introduit en Océanie par les missionnaires au 19^{ième} siècle. Étant peu exigeantes et simples à cultiver, ces trois espèces américaines sont en constante progression sur le taro et les ignames, menaçant donc la diversité génétique de ces espèces. Des fiches descriptives sont disponibles en annexe 7.

1.4 Pourquoi conserver l'agrobiodiversité des plantes à racines et tubercules ?

La conservation de la diversité des plantes cultivées présente un enjeu de taille. Dans les pays du nord et pour les plantes disposant d'une filière semencière structurée comme c'est le cas chez la pomme de terre, le maintien de cette diversité est la condition nécessaire à l'amélioration variétale et fait donc l'objet de gros enjeux économiques. Dans les pays du sud en revanche, et surtout pour les plantes orphelines comme les plantes à racines et tubercules tropicales, l'absence de filière semencière contraint les petits producteurs à gérer par eux mêmes leur matériel végétal, souvent peu productif. Chez ces plantes, la reproduction sexuée intervient rarement dans le processus de création variétale, mais les producteurs l'exploitent, le plus souvent inconsciemment (Elias *et al.*, 2004, Scarcelli *et al.*, 2006).

Dans ces systèmes, la diversité intra- et interspécifique est à la base de la sécurité alimentaire. En effet, la relation entre diversité et résilience des systèmes face aux changements climatiques est établie depuis longtemps (CBD, 1992). Avec l'accélération des changements environnementaux et sociétaux, disposer de matériel végétal de qualité, adapté à une large gamme de conditions pédoclimatiques et présentant un fort potentiel de résistance aux pathogènes, devient une nécessité pour assurer la sécurité alimentaire des pays du sud. Cependant, dans de nombreux pays, cette diversité est fortement menacée par ces mêmes changements et cela est particulièrement flagrant dans les îles du Pacifique qui, à ce titre, représentent un terrain privilégié pour les recherches sur ces thèmes.

1.5 Une diversité génétique menacée par des changements divers

Au Vanouatou, comme ces plantes résultent toutes d'introduction plus ou moins ancienne d'un nombre limité de cultivars, leurs bases génétiques sont étroites (Lebot, 1992). Par ailleurs, leur domestication en Mélanésie, indépendamment de leur centre d'origine, a mené à la création d'un pool génétique original. Ainsi chez le taro, on observe deux groupes génétiquement distincts entre l'Asie et le Pacifique. En revanche au Vanouatou, il a été montré pour la plupart des plantes à racines et tubercules, que la diversité au sein d'un village est équivalente à la diversité observée au sein du pays (Caillon, 2006, Sardos *et al.*, 2008). Cela résulte probablement d'intenses échanges de matériel végétal entre les villages et entre les îles, principalement dans le cadre des activités coutumières.

Les systèmes vivriers du Vanouatou ont permis d'assurer l'alimentation de la population pendant plusieurs millénaires et sont conçus pour résister aux aléas les plus courants, tels que les cyclones. Cependant, l'étranglement de la base génétique des plantes à racines et tubercules met actuellement en danger la conservation du patrimoine que constitue leur pool génétique et menace de ce fait la résilience des systèmes vivriers face aux changements environnementaux à venir. La zone du Pacifique sud-ouest est aussi particulièrement touchée par les changements

climatiques. Les effets des courants *El niño* et *La niña* se font de plus en plus contrastés, menant certaines années à de grandes sécheresses qui ont provoqué des épisodes de famine sur les hauts plateaux de Papouasie-Nouvelle-Guinée en 1997 (Allen et Bourke, 2000).

De nouveaux pathogènes font également leur apparition. Le taro au Vanouatou est menacé par le champignon phytopathogène *Phytophthora colocasiae*, qui a ravagé les cultures lors de son introduction aux îles Samoa (Fullerton *et al.*, 2004) et qui est actuellement présent au nord dans les îles Salomon et à l'ouest dans les îles Fidji. Or, il a été montré qu'aucun génotype du Vanouatou n'est résistant à cette maladie. L'arrivée du *P. colocasiae* sur le territoire serait donc un réel désastre.

Enfin, les changements sociétaux liés à l'entrée des vanouatais dans l'économie de marché mènent à un changement des habitudes alimentaires qui tendent à s'occidentaliser. Les plantes à racines et tubercules sont de ce fait de plus en plus délaissées dans les zones urbanisées au profit du pain et du riz, mais aussi dans les zones rurales où l'argent gagné grâce aux cultures de rente sert à acheter de la nourriture importée. Paradoxalement, le premier poste de dépenses des vanouatais est l'achat de nourriture (NSO, 2008).

1.6 Comment conserver l'agrobiodiversité des plantes à racines et tubercules

La conservation de l'agrobiodiversité en collection *ex-situ* est risquée dans un pays où la recherche bénéficie de très peu de moyens. Ainsi, au Vanouatou plusieurs projets de conservation se sont succédés depuis l'indépendance à l'initiative de la FAO et tous ont échoué. De plus, en cas d'incident majeur les collections resteraient largement insuffisantes pour rediffuser rapidement des cultivars dans l'ensemble du pays et cela poserait de réels problèmes logistiques (voir carte en annexe 1). Dans ce contexte, il semble donc que le meilleur moyen pour conserver l'agrobiodiversité soit d'anticiper et donc de la distribuer au plus grand nombre. Une méthode de Distribution Géographique de la Diversité Allélique (DGDA) a été proposée dans ce sens et vise à conserver de la diversité sous la forme d'allèles plutôt que sous la forme de variétés figées (Lebot *et al.*, 2005). Ce type d'approche se décompose en quatre étapes:

- La composition d'un échantillon représentatif de la diversité utile de l'espèce,
- La distribution géographique des génotypes de cet échantillon,
- La distribution de gènes sous forme de clones issus de descendances en ségrégation,
- L'adaptation locale des clones sélectionnés par les producteurs.

L'échantillon de départ doit comporter des individus divers et d'origines géographiques distantes, éloignés génétiquement, ayant des cormes, tubercules ou racines de bonne qualité, de bonnes performances agronomiques ainsi qu'une reproduction sexuée fonctionnelle. Partant de l'hypothèse qu'il existe ensuite des recombinaisons entre les pools génétiques introduits et locaux via la reproduction sexuée, on parviendrait ainsi à introduire des gènes de résistance à divers changements environnementaux dans les populations locales de plantes à racines et tubercules et cela permettrait donc d'assurer la conservation d'une partie du fond génétique local en cas de changements majeurs. On mise en fait sur les potentialités adaptatives des génotypes sélectionnés par les producteurs. Un projet de cinq ans financé par le FFEM (Fond Français pour l'Environnement Mondial) a permis de tester la pertinence de cette méthodologie dans dix villages situés sur les principales îles du Vanouatou (annexe 1).

□ *Étapes précédentes du projet FFEM:* Les échantillons constitués étaient de divers types. Pour le taro, il s'agissait d'un échantillon constitué dans le cadre du projet TANSO (*Taro Network for Southeast Asia and Oceania*) regroupant environ 170 variétés élités provenant de différents pays d'Asie et d'Océanie. Certaines variétés asiatiques présentaient entre autre une résistance au *P. colocasiae*. Pour l'igname en revanche, des variétés saines n'ayant pu être obtenue d'autres pays, l'échantillon comportait 48 accessions collectées dans plusieurs îles du Vanouatou dans le cadre du *South Pacific Yam Network* (SPYN). Ces variétés ont été sélectionnées pour leurs qualités organoleptiques, leur résistance à l'antracnose ainsi que la forme des tubercules. Pour le manioc, l'échantillon comportait exclusivement des accessions

vanouataises sélectionnées pour la qualité des racines et le rendement. Enfin, l'échantillon de patates douces était constitué d'hybrides issus de parents vanouatais et indonésiens, sélectionnés sur leur teneur en caroténoïdes ainsi que leur résistance à la galle (*Elsinoe batatas*) et aux charançons.

L'adoption des nouvelles variétés distribuées dans les villages a été considérable mais de nombreux problèmes logistiques liés à la fragmentation du pays et au caractère aléatoire des transports rendent l'opération peu rentable compte tenu des coûts impliqués (Camus, 2009). On estime effectivement le coût d'une bouture rendue à la ferme à environ un euro, ce coût incluant les frais de multiplication en station et de distribution dans le pays. Cette opération met en exergue la difficulté de diffuser du matériel végétal sous forme clonale dans un pays aussi fragmenté que le Vanouatou, ainsi que les coûts élevés de ce type de programme liés tant au transport qu'à la multiplication des variétés en station. Par ailleurs, plusieurs travaux (Caillon *et al.*, 2006, Sardos, 2008) ont montré que la reproduction sexuée qui se produit naturellement dans les jardins des producteurs a joué un rôle important dans la création de la diversité du portefeuille variétal observé aujourd'hui. Sa fréquence d'occurrence n'en reste pas moins très faible et il s'agit donc d'un processus très lent. Ainsi le brassage entre populations locales et introduites par le projet prendrait beaucoup de temps.

□ *Bilan et perspectives* : Ces travaux valident donc la démarche de la DGDA, mais ils montrent également que son efficacité est considérablement limitée par les coûts impliqués et la lenteur du processus de recombinaison naturelle. Partant de ce bilan mitigé, des perspectives d'amélioration de la méthode doivent être envisagées. C'est pourquoi le CIRAD souhaite à présent étudier le potentiel de la diffusion de diversité allélique sous la forme de graines plutôt que sous forme clonale. Des travaux menés dans de nombreux pays sur la pomme de terre il y a une vingtaine d'années avaient conduit à la même conclusion, et suite à cela les centres de recherche concernés s'étaient tournés vers l'utilisation de graines pour diffuser le matériel végétal amélioré vers les zones isolées (CIP, 1983). Il est en effet beaucoup plus simple et économique d'expédier un sachet de graines plutôt que plusieurs kilos de boutures dont la conservation est délicate en zone tropicale.

Par ailleurs, afin d'accélérer le brassage entre pools génétiques locaux et introduits, il serait intéressant d'étudier non seulement le potentiel d'utilisation de graines mais aussi celui de la production de graines par les communautés paysannes (Caillon *et al.*, 2006). L'avantage de la production de graines « à la ferme » par les producteurs réside dans le fait que le brassage est beaucoup plus intense et touche donc un plus grand nombre de variétés, plutôt que lorsqu'il est limité à la station de recherche. Par ailleurs, cela ne ferait qu'accélérer le processus qui se produit naturellement dans leurs jardins sans qu'ils en soient conscients. Cela permet aux producteurs de réaliser l'amélioration variétale eux-mêmes et, s'ils sont nombreux à le faire, cela accélère considérablement le processus par rapport à sa réalisation par un petit nombre de chercheurs. Qui plus est, les échanges de semences étant très intenses au Vanouatou (échanges coutumiers ou informels), la diffusion des variétés créées en milieu paysan serait probablement rapide et plus étendue géographiquement.

D'autre part, pour les producteurs, un autre avantage relatif à l'utilisation de graines est que cela permet d'assainir le matériel végétal. En effet, de nombreux virus s'accumulent au cours des cycles de multiplication clonale (près de six virus chez l'igname, annexe 5), aboutissant *in fine* à la diminution des rendements voire même à la perte de variétés par dégénérescence. Certaines maladies fongiques majeures, comme l'anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), sont également propagées par le matériel végétal contaminé, or les graines sont quasiment exemptes de virus et pathogènes, leur utilisation permettrait donc d'obtenir du matériel végétal sain au moins pour quelques cycles de culture.

□ *Objectifs de l'étude* : La production de graines et leur utilisation volontaire par les producteurs n'ayant jamais été étudiées, une étude préalable est nécessaire pour déterminer le potentiel de cette technique. Il s'agit d'une pratique innovante pour ces derniers. En effet, la grande majorité d'entre eux n'ont qu'une connaissance imparfaite de la reproduction sexuée des

plantes à racines et tubercules. Lorsqu'ils l'exploitent, c'est la plupart du temps inconsciemment. Il s'agit donc d'un réel changement pour ces producteurs qui sont plutôt des végéculteurs que des agriculteurs.

Cependant, ce projet ne vise pas à remplacer leurs pratiques actuelles de multiplication végétative du matériel végétal mais plutôt à faire en sorte qu'ils puissent produire occasionnellement des graines pour le régénérer et le diversifier. Cette nouvelle pratique va malgré tout entraîner des modifications dans le fonctionnement des exploitations, il est donc nécessaire de déterminer si elles sont prêtes à les accueillir. En effet, la production et surtout l'utilisation de graines requiert un suivi régulier. Cette pratique présente néanmoins un intérêt « à court terme » pour les producteurs vanouatais qui sont généralement très amateurs de nouveaux cultivars et aiment collectionner de nombreuses variétés dans leurs jardins (Caillon *et al.*, 2005b). La création variétale est également vue comme un moyen d'acquérir du prestige, car elle montre que le « créateur » de la variété possède un savoir auquel les autres hommes n'ont pas accès. Dans ces communautés, les biens se partagent mais le savoir ne se transmet pas. Il fait la renommée des hommes (Caillon, *comm. pers.*).

Cette étude vise donc d'une part à évaluer la performance technique de la pratique puisque très peu de données sont disponibles dans la bibliographie, et d'autre part à déterminer si les agriculteurs vanouatais sont aptes à accueillir cette innovation dans le fonctionnement de leurs exploitations, compte tenu de leurs objectifs, de leurs contraintes et de leurs atouts. Pour rendre compte des facteurs qui déterminent l'adoption ou le rejet de la technique dans une exploitation, il est possible de dresser un schéma conceptuel (Fig.1) résumant ces derniers.

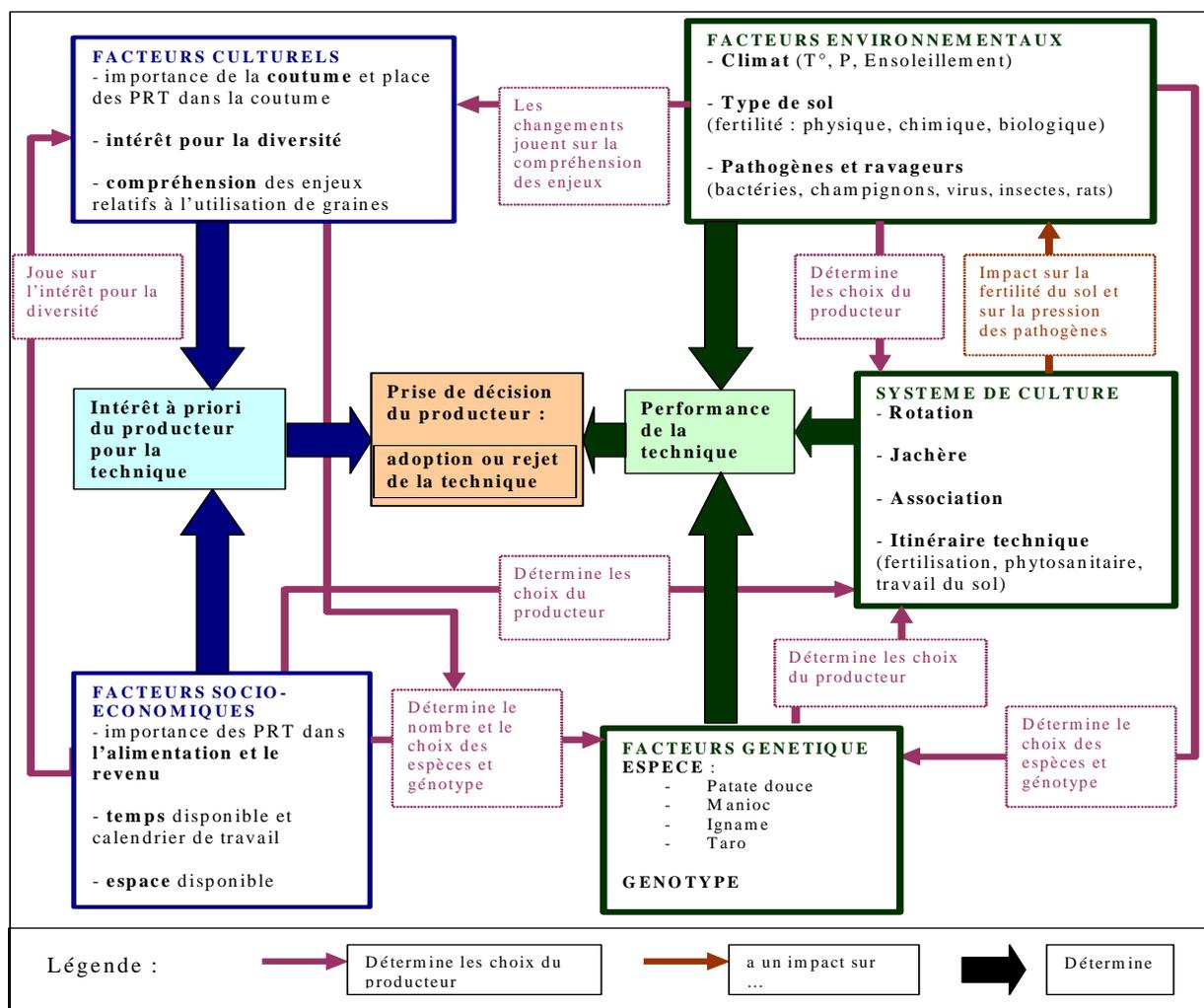


Figure 1. Facteurs déterminant l'aptitude d'une exploitation agricole à adopter durablement la production et l'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules

Il s'agit donc d'une étude mixte combinant un travail de recherche dans le domaine de la biologie reproductive avec une approche d'agronomie systémique. Cette discipline permet de replacer la pratique innovante que l'on souhaite introduire au sein des multiples interactions des facteurs de son l'environnement que ce soit au niveau de la parcelle, de l'exploitation, ou encore de la région agricole.

Le Vanouatou regroupe un grand nombre d'îles présentant des différences très contrastées tant au niveau climatique et pédologique que du point de vue culturel, social et économique (annexes 2 et 3).

On peut observer, au sein d'une même île, des différences considérables entre les exploitations¹. Cette diversité ne saurait être représentée parfaitement tant elle est complexe : comment proposer une stratification dans un pays qui compte cent onze langues, dont le climat varie non seulement du nord au sud mais aussi selon l'exposition aux vents dominants et l'altitude, et dont le sol peut, sur une même île, provenir d'un substrat coralien ou volcanique ?

Cependant, la caractérisation de cette diversité est nécessaire pour :

- Analyser les réussites et les échecs des expérimentations paysannes.
- Définir le domaine de validité de l'étude (le diagnostic réalisé à un endroit ne sera pas généralisable à l'ensemble du Vanouatou du fait de la diversité des situations).
- Pouvoir cibler ultérieurement les types d'exploitations les plus susceptibles d'adopter la pratique dans un objectif de large diffusion de celle-ci à moindre coût.
- Mettre au point des modifications ciblées de la pratique pour étendre son développement à des types d'exploitations qui ne sont pas prêts à l'adopter telle quelle.

Les expérimentations paysannes seront donc analysées dans le contexte propre à l'exploitation par le biais de cette typologie.

1.7 Déroulement de l'étude

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer le potentiel de production de graines "à la ferme", chez les producteurs de plantes à racines et tubercules, mais aussi d'évaluer l'adoption de l'utilisation de graines par ces derniers pour créer de nouveaux cultivars.

Cette étude se déroule en plusieurs étapes, selon un schéma assez classique de recherche participative « collégiale », c'est-à-dire que les producteurs ne sont pas seulement consultés au moment de l'évaluation, mais ils sont libres d'adapter les protocoles et de choisir leurs propres critères d'évaluation de la technique (Hocdé et Triomphe, 2006).

Elle vise donc à apporter de nouvelles connaissances concernant :

- Les facteurs (socio-économiques et culturels, milieu physique, fonctionnement de l'exploitation) qui déterminent l'aptitude d'une exploitation à adopter cette nouvelle pratique.
- La biologie reproductive (de la floraison au développement des plantules) d'une vingtaine de cultivars de patate douce provenant de dix îles du Vanouatou et de variétés hybrides produites en station. Mais aussi les principaux facteurs environnementaux influençant la production grainière (tests "à la ferme" dans différentes zones agro-écologiques).
- Les principaux obstacles que les producteurs rencontreront à chaque étape, ainsi que les éventuelles modifications de la technique qu'ils auront effectués pour les contourner.

Dans un premier temps, une synthèse bibliographique permettra de faire le point sur les connaissances actuelles concernant la biologie reproductive et d'identifier les connaissances manquantes. Sur cette base, des expériences seront mises en place à la fois en station et chez les producteurs pour tenter d'apporter de nouvelles connaissances dans ce domaine. Les résultats seront ensuite présentés puis discutés. Enfin quelques perspectives concernant le développement de cette technique et son application dans d'autres pays seront évoquées.

¹ Définition : une exploitation agricole est un système finalisé par les objectifs du foyer et confronté à un ensemble de contraintes et d'atouts. Au Vanouatou, la majorité d'entre elles ont un objectif vivrier.

2 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Introduction

Comme évoqué plus haut, les plantes à racines et tubercules seront considérées ici comme un groupe. Des parallèles seront dressés entre les espèces tropicales (manioc, patate douce, igname et aracées) et la pomme de terre, culture occidentale de grande importance économique ayant bénéficié de très nombreux travaux de recherche.

Cependant, il est aussi nécessaire de considérer les différences existant au sein de ce groupe. Premièrement, les plantes à racines et tubercules regroupent des espèces possédant différents types d'organes de stockage : tubercules pour la pomme de terre et l'igname, racine tubérisée pour la patate douce et le manioc, cormes et cormelles pour les aracées. Par ailleurs, l'origine du matériel utilisé pour leur propagation diffère selon les espèces : tubercule chez l'igname et la pomme de terre, tête de corme ou rejet chez les aracées, boutures de tige pour la patate douce et le manioc. Les plantes issues de tubercules ont donc un âge physiologique qui peut être différent de leur âge chronologique selon la durée de la dormance et qualité du stockage des tubercules. Cela va conditionner en grande partie les performances de l'individu, ce qui n'est pas le cas pour les plantes issues de tiges ou organes dérivés. Certaines de ces espèces ont un cycle de croissance fortement synchronisé sur la photopériode, c'est le cas de l'igname dont le remplissage du tubercule est induit par le début des jours courts. D'autres comme la patate douce, le manioc et le taro sont beaucoup moins sensibles à la photopériode et peuvent être plantées et récoltées toute l'année en zone tropicale (Lebot, 2009). Enfin, un caractère commun tant aux espèces tropicales qu'à la pomme de terre dans les pays en voie de développement, reste le problème de l'amélioration variétale et de la diffusion de matériel végétal amélioré. En effet, ces espèces ne disposent pas de filière semencière et les organismes de développement se trouvent confrontés au problème de la diffusion dans des pays à la géographie souvent fragmentée et aux moyens de transport défaillants. Par ailleurs, les producteurs sont rarement organisés en coopératives puisqu'il s'agit de cultures vivrières. Il est donc difficile de les atteindre. C'est pourquoi dans les années 1980 des instituts internationaux de recherche pour le développement agricole des pays pauvres, principalement le CIP (*Centro Internacional de la Papa*), se sont intéressés à la production de « réelles semences botaniques » (graines) pour la multiplication et la diffusion de la pomme de terre. Les autres plantes à racines et tubercules ont en revanche été beaucoup moins étudiées du fait de leur moindre importance au niveau mondial, bien que quelques travaux sur le manioc existent sur ce sujet (Rajendran et al., 2000, Rajendran *et al.*, 2005).

Ce travail bibliographique vise à synthétiser les connaissances actuelles concernant la production de graines chez les plantes à racines et tubercules afin d'identifier les principales contraintes auxquelles nous serons potentiellement confrontés. L'identification des domaines où persistent des zones d'ombre nous guidera pour la mise en œuvre d'expériences visant à produire de nouvelles connaissances.

Dans un premier chapitre, une synthèse des travaux de recherche menés sur la gestion traditionnelle de la diversité des plantes à racines et tubercules par les agriculteurs nous permettra de comprendre comment ces derniers exploitent la reproduction sexuée qui a lieu spontanément dans leurs parcelles. Les chapitres suivants permettront d'identifier les principaux obstacles à l'utilisation de graines par les producteurs de plantes à racines et tubercules. Nous nous baserons sur les travaux réalisés sur la pomme de terre qui a fait l'objet d'une trentaine d'années d'études à ce propos. Ces obstacles sont premièrement d'ordre technique, du fait de la complexité de la biologie reproductive et de la génétique de ces plantes, mais aussi socio-économiques. Ils tiennent aussi parfois au fait que la méthodologie proposée aux producteurs est inadaptée. Les enseignements tirés à partir de cette synthèse permettront de guider notre méthodologie et alimenteront la discussion.

2.2 L'exploitation de la reproduction sexuée par les agriculteurs

Les plantes à racines et tubercules ont en commun un mode de multiplication quasi-exclusivement clonal. En effet, la biologie reproductive de ces plantes est bien souvent complexe et elle est rarement utilisée par les agriculteurs pour les propager. Cependant, quelques exemples d'exploitation volontaire ou non de la reproduction sexuée par ces derniers ont été étudiés par des équipes de recherche. C'est principalement le cas du manioc en Amazonie, de la pomme de terre dans les Andes et de l'igname en Afrique.

Les toutes premières études ont porté sur la pomme de terre. Des observations de terrain ont montré que les producteurs Andins produisent ponctuellement des graines de pomme de terre. Cela leur permet de régénérer leurs stocks et d'éliminer les virus qui provoquent la dégénérescence des tubercules. Des études de génétique des populations ont ensuite confirmé l'existence d'intenses flux de gènes entre cultivars, montrant l'importance de la reproduction sexuée dans la structure de ces populations. Les producteurs intègrent les hybrides créés à des variétés locales préexistantes présentant les mêmes caractéristiques phénotypiques (Quiros, 1992).

Des travaux ont également été menés sur le manioc, principalement dans les systèmes agricoles traditionnels d'Amazonie au sein desquels on observe fréquemment des croisements naturels. En effet, la biologie reproductive du manioc est adaptée aux systèmes de culture sur abatis-brûlis. Une fois que les graines sont enfouies dans le sol par les fourmis, leur germination est induite par les hautes températures engendrées par le brûlis (Pujol *et al.*, 2002). Les pratiques traditionnelles d'abatis-brûlis conduisent donc à la production de nombreux individus spontanés de manioc. Par la suite, des études de génétique ont montré que ces individus issus de graines étaient régulièrement incorporés dans le portefeuille variétal des agriculteurs (Elias *et al.*, 2004). Ceux-ci montrent un grand intérêt pour la diversité et conservent même des génotypes peu productifs. Ils déclarent conserver ces génotypes car ceux-ci peuvent devenir productifs si les conditions climatiques changent. Des études ultérieures ont montré que les agriculteurs sélectionnent les sauvageons les plus vigoureux, essentiellement les hétérozygotes, éliminant de ce fait les individus consanguins. Ils incorporent également les individus spontanés aux variétés locales s'ils correspondent à un idéotype connu (représentation du phénotype idéal d'une variété locale). Cette sélection maintient donc une forte proximité génétique entre les individus d'une variété locale (Duputié *et al.*, 2009). Il s'agit donc d'une pratique qui, bien qu'anecdotique en milieu paysan traditionnel, peut avoir des conséquences considérables pour la dynamique de la biodiversité.

Ainsi au Vanouatou les agriculteurs sélectionnent également les individus spontanés de manioc, particulièrement lorsqu'ils ne ressemblent à aucun idéotype connu (Roullier *et al.*, en prép.). Il semble que cette pratique ait mené à la formation d'un grand nombre de variétés locales en a peine 150 ans (Sardos *et al.*, 2007).

Il a également été montré, en Guyane, que les populations cultivées de manioc s'hybrident naturellement avec leurs homologues sauvages (Duputié *et al.*, 2007). L'incorporation de certains de ces hybrides dans le portefeuille variétal des paysans permet d'accroître la diversité génétique du pool cultivé.

D'autres études, menées sur l'igname (*Dioscorea sp.*) au Bénin ont également montré qu'il existe des hybridations naturelles entre génotypes cultivés et sauvages. Les individus spontanés issus de ces croisements se développent dans la savane et sont récupérés par les agriculteurs qui les « ennoblissent » en les cultivant plusieurs années dans leur jardin. Ils obtiennent ainsi de nouvelles variétés qui sont incorporées à leur portefeuille variétal (Scarcelli *et al.*, 2006).

Au Vanouatou enfin, des études menées sur le taro ont également montré que la reproduction sexuée a contribué à la création de la diversité observée aujourd'hui. Dans certaines zones, il semblerait même que les paysans aient utilisé consciemment des graines de taro pour régénérer du matériel végétal après les cyclones et sécheresses (Caillon *et al.*, 2006).

Ces divers travaux de recherche montrent donc qu'au Vanouatou comme dans de

nombreuses régions du monde, les paysans exploitent la reproduction sexuée des plantes à racines et tubercules. Dans de rares cas, ils l'exploitent consciemment. Mais la plupart du temps, la reproduction sexuée de ces plantes leur est inconnue. En effet, comme nous allons le voir dans le prochain chapitre, la biologie reproductive de ces plantes est complexe et soulève de nombreux problèmes techniques. Ces aspects ont été très étudiés chez la pomme de terre, mais les autres espèces de plantes à racines et tubercules restent moins bien documentées.

2.3 Les obstacles techniques à la production de graines

Dans un premier temps, nous aborderons les problèmes d'ordre génétique et cytologique. C'est-à-dire ceux liés à l'autofécondation qui mène à la dépression consanguine, puis ceux liés à l'incompatibilité entre niveaux de ploïdie. Nous étudierons dans les chapitres suivants les problèmes relatifs à la biologie reproductive depuis la floraison jusqu'à la levée de dormance et la germination. Les techniques de pépinière et les problèmes de transplantation seront abordés par la suite. La qualité des familles d'hybrides obtenues sera ensuite discutée. Enfin, les problèmes de compétition entre la production de graines et le développement des organes de stockage ainsi que leur qualité seront abordés dans un dernier chapitre.

2.3.1 Autofécondation et dépression consanguine

L'un des obstacles les plus contraignants chez la pomme de terre est dû au fait que les cultivars tétraploïdes utilisés commercialement sont auto compatibles (Simmonds, 1997). De ce fait, la production de graines par pollinisation libre est problématique car le fort taux d'autofécondation (Glendinning, 1979) conduit à une dépression consanguine considérable et donc à la production d'individus chétifs et peu productifs (Golmirzaie et Ortiz, 2002). L'obtention de graines de qualité ne peut se faire que par pollinisation contrôlée manuelle, ce qui rend le prix de la semence trop élevé pour les petits producteurs. Une alternative intéressante, ayant fait l'objet de travaux de diffusion de graines dans des communautés paysannes andines dans les années 90 a montré beaucoup de succès grâce à l'utilisation d'un cultivar mâle stérile comme plante « mère » pour générer des familles d'hybrides issues de pollinisation libre (CIP, 1996).

Chez les plantes à racines et tubercules tropicales, ce facteur est moins contraignant. La patate douce est fortement auto incompatible (Woolfe, 1992), au point qu'il est parfois impossible de croiser des cultivars trop proches génétiquement. L'igname est dioïque, les croisements se font donc obligatoirement entre génotypes différents. Ces deux espèces ne sont donc pas menacées de dépression consanguine (Lebot, 2009). Chez le taro, l'autofécondation peut exister mais reste assez rare car les fleurs mâles sont séparées des fleurs femelles par une bande stérile et ne sont pas matures simultanément (Ivancic et Lebot, 2000). Chez le manioc en revanche, l'autofécondation est également un problème. Les travaux réalisés sur ce thème sont de deux types : ceux réalisés par pollinisation contrôlée et ceux réalisés par pollinisation libre mais en éliminant les fleurs mâles (Rajendran *et al.*, 2000). Ces deux techniques sont fortement demandeuses en main d'œuvre, en revanche des travaux menés au Nigéria montrent l'intérêt de l'exploitation de la stérilité mâle pour la production de graines par pollinisation libre (Ogburia and Okele, 2001). L'utilisation d'individus mâles stériles comme plante-mère présente un certain intérêt car leur fertilité est élevée et les graines présentent un fort taux de germination par rapport aux cultivars mâles fertiles (Rajendran *et al.*, 2005).

2.3.2 Incompatibilité entre différents niveaux de ploïdie

Si chez la pomme de terre, on trouve des diploïdes et des tétraploïdes dont le croisement est possible en station, chez les plantes à racines et tubercules tropicales, la différence de niveau de ploïdie peut en revanche poser des problèmes lors des croisements. En effet, l'existence de niveaux di-, tri- et tétraploïde chez l'igname (Abraham et Nair, 1991), ou encore de niveaux di- et triploïdes chez le manioc et le taro rendent nécessaire la détermination de ces niveaux avant la mise en place de parcelles polyclonales destinées à la production de graines (Lebot, 2009).

2.3.3 Biologie florale et pollinisation

Un autre problème, relevé chez la pomme de terre (Khan, 2004), mais commun à toutes les plantes à racines et tubercules est la non synchronisation de la floraison entre les différents cultivars. Cela entrave considérablement la pollinisation croisée, elle empêche même parfois toute production de graines chez les espèces dioïques et fortement désynchronisées comme l'igname (Abraham, 1997). Les programmes de sélection de la pomme de terre se sont également heurtés à des problèmes de floraison des cultivars (Simmonds, 1997). Certains cultivars de très bonne qualité ne fleurissant pas, il était impossible de les utiliser comme parents. Cette particularité, commune à toutes les plantes à racines et tubercules, est particulièrement remarquable chez le taro (Ivancic et Lebot, 2000) et l'igname (Abraham et Nair, 1990). Des données à ce propos ne sont en revanche pas disponibles pour les autres plantes à racines et tubercules.

Si chez toutes ces espèces la pollinisation est entomophile, le type d'insecte varie selon les plantes concernées. La patate douce, le manioc et la pomme de terre sont principalement pollinisées par des abeilles et rencontrent de ce fait peu de problèmes de pollinisation. L'igname en revanche serait pollinisée par des thrips (Abraham et Nair, 1990). De ce fait, en Inde, la pollinisation libre est quasiment impossible du fait du manque de pollinisateurs, ce qui n'est pas le cas au Vanouatou où les ignames produisent de grandes quantités de graines par pollinisation libre. Les aracées sont pollinisées par des mouches et drosophiles, mais aussi par la pluie et le vent. Au Vanouatou le taro possède les pollinisateurs adéquats mais ce n'est pas le cas pour le macabo qui ne fructifie pas s'il n'est pas pollinisé manuellement (Lebot, comm. pers.).

2.3.4 Fructification

Selon les espèces le nombre de graines produites et donc le potentiel de multiplication varie beaucoup. Chez la pomme de terre, ce potentiel est assez élevé mais très variable d'un cultivar à l'autre ; des études réalisées au Pakistan ont montré que le nombre de fruits par individu variait d'environ 5 à 26, et le nombre de graines par fruit se situait entre 88 et 355 (Khan, 2004). Une forte densité de plantation semble aussi avoir un effet négatif sur la floraison (Almekinders, 1991).

Chez le taro, ce potentiel est également très élevé, chaque fruit contenant une cinquantaine de graines (Ivancic et Lebot, 2000) et chaque infructescence portant une centaine de fruits. La patate douce et le manioc en revanche forment peu de capsules contenant chacune deux à trois graines. De plus, le nombre de capsules varie considérablement entre les génotypes. Des études réalisées sur le manioc ont montré qu'il pouvait varier de 16 et 168 (variété mâle stérile) capsules par individu (Rajendran *et al.*, 2005). Par ailleurs, la taille des tiges induit la floraison et favorise donc la production de fruits. Chez l'igname, ce taux dépend beaucoup du cultivar et de l'intensité de l'anthracnose (Lebot, 2009). Chez la pomme de terre, il existe généralement un antagonisme entre le nombre de graines par fruit et la taille des graines. Ainsi, si les diploïdes produisent plus de graines, il semble que les tétraploïdes produisent des graines de plus grande taille, et de ce fait des plantules plus grandes et potentiellement plus vigoureuses (Simmonds, 1997). En effet, les graines de grande taille contiennent plus de protéines. Leur imbibition est donc plus rapide et leur germination plus élevée (Bhatt *et al.*, 1989).

Chez toutes les plantes à racines et tubercules, la floraison et la production de graines sont fortement influencées par les facteurs environnementaux. Ainsi chez la pomme de terre, elles sont déclenchées par les jours longs et froids et sont en revanche inhibées par le remplissage du tubercule. Chez le manioc, la température et la photopériode ont aussi un effet considérable sur ces paramètres (Alves, 2002). Il en est de même pour la patate douce dont la floraison est induite par les jours courts (Wilson *et al.*, 1989). Ces deux espèces fleurissent de ce fait bien mieux au sud de l'archipel du Vanouatou où les saisons sont plus marquées et le climat moins humide, qu'au nord. Il en est de même pour l'igname. Le taro fleurit mieux en revanche au nord du Vanouatou où le climat est plus chaud et plus humide (Lebot, comm. pers.).

2.3.5 Conservation des graines, dormance et germination

Chez la pomme de terre (CIP, 1983) comme chez la patate douce (Wilson *et al.*, 1989) et le manioc (Lebot, 2009) les graines peuvent être conservées plusieurs mois, voire plusieurs années à température ambiante. La conservation des graines est en revanche beaucoup plus délicate chez le taro. Le taux de germination diminuant drastiquement après trois mois de stockage à température ambiante (Price *et al.*, 2007). Chez l'igname, des travaux ont montré que les graines de celle-ci pouvaient rester viables jusqu'à sept mois à température ambiante (Abraham, 1992), mais d'autres observations sembleraient montrer qu'en climat équatorial, la durée de leur viabilité soit bien plus faible (Malapa, comm. pers.). Chez ces espèces, la conservation des graines à basse température sur silicagel est donc nécessaire pour espérer obtenir un taux de germination satisfaisant après plusieurs mois de stockage.

Le problème de la dormance des graines de pomme de terre a préoccupé les équipes de recherches pendant de nombreuses années. Il s'agissait auparavant d'un des principaux obstacles au développement de l'utilisation de graines et certains pensaient qu'une fois ce problème surmonté, celle-ci connaîtrait un essor considérable. Sa résolution a cependant révélé l'existence d'autres obstacles importants (Zandstra, 2006). Selon Pallais *et al.* (1990), le choix de familles présentant une faible dormance, un semis après six mois de stockage (durée nécessaire à la levée de dormance) et un prétraitement ($\text{KNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4$) permettraient d'améliorer considérablement la performance de la technique. En effet, il existe une très grande variabilité de la durée de dormance entre les cultivars de pomme de terre. Il est établi que la dormance des graines et des tubercules est corrélée et sous contrôle polygénique. Ainsi la sélection pour un critère entraîne l'apparition du second et ces deux critères peuvent parfois entrer en conflit (Simmonds, 1997). Si les graines de taro, d'igname et de patate douce ne possèdent pas de dormance, celles de manioc ont en revanche une très forte dormance qu'il est difficile de lever. Seule la scarification physique ou bien à l'acide, ou encore les hautes températures permettraient d'obtenir un taux de germination correct, car sans traitement il ne dépasse pas les 20 % (Pujol *et al.* 2002). Par ailleurs, la germination des graines de manioc est fortement inhibée par la lumière, il est donc nécessaire de les enterrer profondément sans quoi le taux de germination ne dépasse pas les 9% (Rajendran *et al.*, 2005).

2.3.6 Pépinière et transplantation

Au début des essais d'utilisation de graines de pomme de terre, on espérait que le semis direct des graines en plein champ serait possible. Les nombreux travaux menés à ce propos ont montré que la production de plants en pépinière et leur transplantation au champ était mieux adaptée car les graines de pomme de terre sont fragiles et leur germination nécessite d'optimiser les conditions environnementales (Simmonds, 1997). Le substrat utilisé en pépinière doit avoir à la fois une forte capacité de rétention d'eau tout en permettant un bon drainage. Il est nécessaire d'éviter les substrats argileux du fait des problèmes de compaction et d'asphyxie qu'ils peuvent entraîner. Des expériences ont été menées par Wiersema (1984) concernant l'effet du substrat utilisé en pépinière sur la germination, la croissance des plantules et la production de petits tubercules de semence. Ces expériences ont montré que le mélange le plus approprié est composé de la moitié de sable de rivière, vingt pourcents de sol limoneux et trente pourcent de compost. Le fumier de bovin, en revanche c'est montré inadapté. Concernant la transplantation des plantules en plein champ, il est conseillé de les transplanter auparavant dans un substrat qui couvre leurs racines. Ainsi l'utilisation de cubes de compost ou de pots en feuilles de bananier permet de réduire le choc consécutif à la transplantation (CIP, 1984).

Par la suite, les travaux de Wiersema (1984) ont montré qu'il était possible de cultiver les plantes en pépinière densément plantées (100 individus/m²) afin de produire de petits tubercules de quelques grammes plus aisés d'utilisation pour la plantation. En effet, les transplants nécessitent un apport régulier d'eau dans les premiers temps suivant leur implantation et ils sont très vulnérables à la compétition des adventices ainsi qu'aux stress biotiques (Ortiz, 1997).

En pépinière, jusqu'à 1 200 petits tubercules de semence de plus d'un gramme peuvent être produits par mètre carré (Wiersema, 1986). Une fois que les plantules sont développées, il est recommandé de recouvrir les racines avec une couche de 3 cm de substrat (1:1, tourbe : sable) afin d'optimiser le développement des petits tubercules de semence (Wiersema, 1985). Ce protocole s'avère lourd et laborieux et difficilement acceptable par les petits producteurs.

Pour les autres plantes à racines et tubercules, les protocoles existants préconisent toujours de semer les graines en pépinière puis de transplanter les plantules en plein champ une fois que celles-ci sont assez vigoureuses (Rajendran *et al.*, 2005 ; Wilson *et al.*, 1989). Toutes les espèces de plantes à racines et tubercules ne sont pas égales du point de vue de la robustesse des transplants. En effet, un transplant de manioc ou de patate douce est très vigoureux en comparaison avec les fragiles plantules de taro ou d'igname.

Le choix du mode de transplantation doit donc être raisonné dans le contexte global de chaque exploitation: certaines études ont montré que si la production de petits tubercules comme matériel de multiplication était bien adaptée aux grosses unités commerciales, leur utilisation est peu adaptée aux petits producteurs car elle nécessite une planification à long terme (Potts *et al.*, 1992).

2.3.7 Qualité des hybrides obtenus

Le passage par la reproduction sexuée représente un problème majeur chez la pomme de terre car presque toutes les descendance séminalles ont un rendement inférieur à celui de clones standards (Simmonds, 1997). Il existe cependant quelques exemples de bonnes descendance s, mais cela reste rare. Par ailleurs, cette technique est mal adaptée à la production commerciale car les descendance s sont très hétérogènes et, si l'homogénéité peut être approchée pour un nombre très limité de critères, elle ne sera jamais aussi parfaite que pour un clone. Dans les systèmes vivriers, en revanche, l'hétérogénéité peut représenter un avantage puisqu'elle offre un plus large potentiel d'adaptation. Chez la patate douce, des essais menés au Japon ont également montré que le rendement moyen des descendance s était inférieur à celui des variétés existantes, mais qu'en choisissant les meilleures descendance s il serait possible d'obtenir un rendement équivalent (Iwama *et al.* 1990). Chez le taro en revanche, des tests réalisés sur des descendance s issues de pollinisation libre ont montré que leurs performances tant au niveau de la croissance que du rendement ou encore de la résistance à la flétrissure étaient aussi bonnes voire meilleures que celles de leurs parents (Johnston et Gendua, 1998). Compte tenu de l'absence de tests gustatifs, ces résultats doivent être tempérés car un problème majeur chez le taro est le fort taux de chimiotypes âcres en génération séminalle (Lebot, comm. pers.). Chez le manioc, des travaux menés en Inde (Rajendran *et al.*, 2005) ont montré que les descendance s issues de pollinisation libres étaient fortement hétérogènes et peu productive car sensibles au virus de la mosaïque, mais que par pollinisation contrôlée, les rendements étaient comparables à celui des parents. Ces aspects restent peu documentés chez l'igname.

L'importance d'impliquer les agriculteurs très tôt dans le processus de sélection a été évoquée dans de nombreuses études. Des travaux menés sur la patate douce en Ouganda ont, par exemple, montré que les agriculteurs utilisent un grand nombre de critères pour sélectionner les hybrides. Leur mode de sélection est donc très complexe et peut difficilement être répliqué par les chercheurs, d'autant plus que leurs critères diffèrent souvent. En effet, dans ce cas précis, les agriculteurs recherchaient des clones permettant une récolte échelonnée sur une longue durée. Cela est difficilement évaluable en station et les chercheurs s'étaient contentés de mesurer le rendement à un temps donné, critère représentant peu d'intérêt pour les agriculteurs Ougandais. D'autre part, les stress biotiques et abiotiques sont difficilement prévisibles en station. Une évaluation sur le terrain est donc incontournable, surtout dans les zones où les facteurs du milieu sont fortement variables dans l'espace. Ce programme s'est montré fructueux puisqu'il a conduit à la sélection de plusieurs nouveaux clones par les agriculteurs et a donc permis d'augmenter la production alimentaire (Gibson *et al.*, 2008).

2.3.8 Compétition entre production de graines et production d'organes de stockage

Chez la pomme de terre, il existe une compétition entre le remplissage des graines et celui des tubercules. D'une part, il semblerait que la tubérisation aurait un effet négatif sur la floraison (Simmonds, 1997), et d'autre part qu'une floraison abondante ait un impact négatif sur le rendement, bien que cela n'ait pas été prouvé (Lebot, comm. pers.).

Chez les autres plantes à racines et tubercules, il existe également certains antagonismes entre la production de fleurs et la production d'organes de stockage. Ainsi chez le taro, la formation d'une inflorescence déforme le corne. De ce fait il semble que les producteurs aient sélectionné des variétés ne fleurissant pas (Ivancic et Lebot, 2000). Chez la patate douce, le fait de faire grimper les lianes le long d'un tuteur, au lieu de les laisser courir au sol, empêche la formation de racines tubérisées au niveau des entre nœuds, or ces dernières sont particulièrement appréciées des producteurs car elles permettent de prolonger considérablement la période de récolte. Chez l'igname, enfin, il est nécessaire de laisser les tubercules en terre jusqu'à la récolte des graines sur les individus femelles, et ceux-ci ne peuvent en général pas être consommés ou utilisés comme semences car leur maturité est atteinte avant celle des graines (Lebot, comm. pers.).

2.4 Conclusion

Cette rapide synthèse nous a permis d'identifier les principaux obstacles auxquels la production et l'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules pourraient être confrontées. Ces obstacles sont d'ordre **technique** car la biologie reproductive de ces plantes est complexe et parfois défailante, mais également **socio-économiques et culturels**. Ainsi, il est d'abord nécessaire de cerner si le profit apporté par l'utilisation de matériel sain dans une exploitation justifie réellement le coût de la semence, c'est-à-dire dans le cas de notre étude, un travail supplémentaire. Ce profit est généralement d'ordre économique, mais au Vanouatou il peut également s'agir de prestige social, ou encore de simple intérêt de collectionneur (Caillon *et al.*, 2005).

Il semble que l'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules soit une alternative viable uniquement dans les zones où la qualité et la productivité des semences clonales disponibles localement est exceptionnellement basse (Chilver *et al.*, 1999 in Fuglie *et al.*, 2000). La Chine en est un bon exemple. En effet, dans les années 60 à 80, certaines régions ont connu de très fortes baisses de rendement, allant jusqu'à 6 t/ha, et l'utilisation des graines de pomme de terre s'est alors considérablement développée (Bofu *et al.*, 1987). L'un des gros succès des graines de pomme de terre est également un projet réalisé à la demande de producteurs Andins qui ne parvenaient plus à assurer leur production à cause de la dégénérescence de leur matériel végétal (CIP, 1996). D'autres travaux menés au Vietnam (Fuglie *et al.*, 2000) montrent que dans le cas où une filière locale de semences de qualité est mise en place, les graines ne sont pas préférables aux clones. En revanche, dans les zones où cette filière est inexistante et le matériel clonal local de mauvaise qualité, les graines sont une bonne alternative pour augmenter le revenu des exploitations. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que le rendement n'étant pas le premier critère de choix d'une variété pour les vanouatais, celui-ci est souvent négligé en faveur des qualités gustatives (Camus, 2009). Par ailleurs, ces derniers disposent la plupart du temps de quelques variétés dont le rendement reste suffisamment élevé pour que cela ne soit pas au centre de leurs préoccupations. Il est enfin nécessaire de souligner l'intérêt d'effectuer ce type d'analyse coût bénéfique sur le long terme : ainsi en Indonésie, le projet de développement de l'utilisation de graines avait conclu dans un premier temps à un succès (Potts *et al.* 1992), mais les graines ont été rapidement abandonnées par les petits producteurs. Il semblerait que cela soit dû au fait que matériel végétal ainsi créé dégénérerait plus rapidement que le matériel clonal (Thiele *et al.*, 2001).

Concernant la charge supplémentaire de travail, Bofu *et al.* (1987) ont identifié les facteurs majeurs de rejet de la technique par les agriculteurs et la demande en temps de travail ne vient qu'en quatrième position. Cependant, au Vanouatou, il n'est pas dans les habitudes de

porter l'attention nécessaire à de jeunes plantules en pépinière. Il est donc possible que la nécessité d'un entretien quotidien soit un facteur majeur de rejet de la technique. Par ailleurs, une grande attention devra être portée à la superposition du calendrier de production et d'utilisation de graines avec le calendrier cultural des producteurs, celui-ci comprenant des périodes de forte activité comme la plantation ou la récolte des ignames.

Par ailleurs, une revue de la **méthodologie** adoptée dans les différents programmes de développement des graines de pomme de terre nous permet de tirer des enseignements quant aux facteurs de réussite et d'échec. Selon Thiele (2001), de nombreux projets d'introduction des graines en milieu paysan ont montré un succès relativement limité car ils n'impliquaient pas, ou pas suffisamment tôt, les producteurs dans le processus d'expérimentation. Partant de l'hypothèse que ces échecs étaient dus à la non prise en compte d'éléments clefs de la gestion paysanne lors de la conception de la technique, Potts *et al.* (1992) ont mis au point une méthodologie basée sur la liberté d'expérimentation des producteurs. Par ailleurs, selon Thiele *et al.* (2001), la trop grande complexité des dispositifs de tests dans de nombreux projets serait une autre source d'échec de ces projets car elle constitue un obstacle notable à la compréhension de l'essai par les producteurs, et donc à leur adoption de la méthode. En effet, de nombreux auteurs s'accordent sur le fait que les producteurs n'adoptent durablement une pratique et ne la diffusent que s'ils la comprennent et connaissent les principes sous-jacents à son fonctionnement (Ortiz *et al.*, 1997). Selon Thiele (1997), cela passe par une étape de formation des producteurs visant à les préparer aux expériences qu'ils réaliseront eux-mêmes, avec l'aide des scientifiques, pour évaluer la technique proposée et mettre à jour les améliorations à effectuer. Les projets relatifs à la conservation de la diversité n'offrant que des avantages à long terme, ils connaissent souvent des succès limités. Il est en effet difficile de réussir à faire le lien entre la question scientifique et les bénéfices directs que peuvent en retirer les acteurs concernés (Prain et Piniero, 1998, in Thiele *et al.*, 2001).

Un dernier facteur de réussite réside dans la création d'une cohérence dans l'action collective et la mise en place d'une dynamique de groupe. Ainsi, au Népal, un projet de lutte contre le flétrissement bactérien de la pomme de terre via l'utilisation de graines a montré de grandes disparités de succès entre les villages selon le degré de cohérence de la communauté paysanne (Thiele *et al.*, 2001). Il ne faut donc pas perdre de vue le fait que la recherche participative nécessite un savoir-faire considérable pour que les interactions entre scientifiques et producteurs soient fructueuses et que la formation des producteurs est nécessaire mais rarement suffisante à l'adoption de nouvelles pratiques. Il est nécessaire de ne pas s'enfermer dans une méthodologie rigide.

Cette synthèse nous a donc permis de cerner les informations qui font actuellement défaut pour évaluer le potentiel des graines de plantes à racines et tubercules tropicales chez les producteurs. Il s'agit d'une part de données concernant leur biologie reproductive (fertilité et prolificité des différentes espèces, contrôle génétique de ces caractères, viabilité des graines, taux de germination, taux de survie après transplantation). D'autre part, il s'agit d'expérimentations concrètes concernant l'adoption de cette technique par les agriculteurs. Partant de ce constat, il nous est possible de concevoir des expériences pour tenter de remédier en partie à ce manque de connaissances. La méthodologie adoptée pour se faire est détaillée dans la section suivante.

3 MATERIELS et METHODES

3.1 Choix des sites

Compte tenu des moyens et du temps disponibles, l'étude se limite à la zone de l'archipel proche de l'île de Santo (14°39' - 14°46' S ; 166°32' - 167°18' E) où se trouve la station de recherche. De ce fait, l'ensemble des situations climatiques et édaphiques du Vanouatou ne seront pas représentées.

Les expériences en station se sont déroulées au Centre Technique de Recherche Agronomique du Vanouatou, au sud de l'île d'Espiritu Santo. Concernant les expérimentations paysannes, étant donné que cette étude s'inscrit dans le cadre du projet FFEM (www.agrobiodiversite.org), il était intéressant de choisir des villages pilotes du projet où les producteurs sont déjà sensibilisés à ces enjeux. Deux villages situés à proximité de la station ont donc été choisis : un village « à igname », Avounamalai à Malo, et un village « à taro », Pesséna à Santo. À cet échantillon ont été rajoutés plusieurs villages situés sur la côte ouest d'Ambaé. Deux villages situés sur Santo dans des zones davantage « urbanisées » ont également été enquêtés. Il s'agit des villages de Port-Olry et de Fanafo, choisis pour l'importance de la culture de la patate douce. De plus, ces villages présentent des contextes économiques divers selon l'importance et la nature des cultures de rente dans le revenu des exploitations. Notre échantillonnage rend ainsi compte des situations économiques les plus couramment rencontrées, hormis le système « vivrier exclusif ». Une certaine diversité pédo-climatique, culturelle et sociale est également présente dans l'échantillon bien que les spécificités du nord et du sud du Vanouatou soient peu représentées.

La description des sites d'étude est résumée dans le tableau ci-dessous et la description détaillée des sites est disponible en annexe 6.

Tableau 1. Caractéristiques des sites d'étude

Villages d'étude	Pesséna (Santo)	Avounamalai (Malo)	Zone de Longana (Ambaé)	Fanafo (Santo)	Port-Olry (Santo)
Climat	Équatorial – au vent (3 000 mm/an)	Tropical à courte saison sèche (1 000 mm/an)	Équatorial - au vent (3 000 mm/an)	Équatorial - au vent (3 000 mm/an)	Intermédiaire - au vent (2 000 mm/an)
Type de sol	Ferralitiques fortement désaturé	Ferralitique faiblement désaturé	Andosol saturé	Ferralitique fortement désaturé	Ferralitique faiblement désaturé
Origine de la population	Native	Native et migrants anciens	Native	Migrants récents	Migrants et natifs
Type d'agrosystème	Taro pluvial et irrigué	Igname	Mixte (plurispécifique)	Patate douce	Mixte (plurispécifique)
Importance de la coutume	Moyenne/faible (mission)	Forte	Forte	Faible	Faible
Principales cultures de rente	Kava sec	Cacao et coprah	Cacao, coprah, kava, produits maraichers	Kava frais, produits maraichers (dont patates douces)	Coprah
Importance des PRT dans l'alimentation	Très forte	Très forte	Très forte	Forte à moyenne	Faible

3.2 Matériel végétal

Les espèces étudiées sont: la grande igname (*Dioscorea alata*), le taro (*Colocasia esculenta*), la patate douce (*Ipomoea batatas*), le manioc (*Manihot esculenta*), et le macabo (*Xanthosoma*

sagittifolium). Les fiches descriptives de ces espèces sont disponibles en annexe 7.

Actuellement, très peu d'informations sont disponibles dans la bibliographie concernant la biologie florale de ces plantes. Or, dans le cadre de notre étude, il est nécessaire de quantifier non seulement la fertilité de ces plantes et leur taux de multiplication (nombre de graines produites) mais aussi les différences existant entre les génotypes ainsi que les effets des facteurs du milieu sur celles-ci.

Concernant la production de graines, notre étude sera centrée sur la patate douce en raison du peu de temps disponible, mais elle fournira une méthodologie adaptable aux autres plantes à racines et tubercules. L'igname ne produisant des graines qu'en septembre au Vanouatou, il a été impossible d'étudier la production de graines chez cette espèce. Le taro et le macabo en revanche produisent des graines tout au long de l'année, mais la longueur de leur cycle rendait impossible une étude rigoureuse de leur biologie florale dans le temps impartit. Chez le manioc, enfin, la production de graines est fortement variable et peut être induite par la taille des tiges. Il est donc difficile d'obtenir des résultats exploitables, mais une expérimentation a malgré tout été réalisée.

Concernant l'utilisation de graines pour la création variétale « à la ferme », toutes les espèces seront étudiées mais à différentes étapes. Le tableau 2 résume les expérimentations et enquêtes mises en place pour chaque espèce.

3.3 Dispositif expérimental

Cette étude comprend à la fois des expérimentations en station et des expérimentations paysannes participatives. Le fait de mettre en place un réseau d'expériences et de parcelles de test, installées par et chez les producteurs, présente un intérêt bien supérieur à la simple mise en place d'expérimentations en station pour plusieurs raisons.

Premièrement, ces expérimentations participatives ont une valeur de démonstration. Les producteurs peuvent s'approprier la technique en la mettant en pratique et éventuellement en la modifiant, ce qui nous permet d'évaluer les difficultés qu'ils rencontrent.

Deuxièmement, ils évaluent les expériences sur leurs propres critères.

Enfin, l'implantation de parcelles dans des milieux physiques, socio-économiques et culturels différents permettent de mesurer l'impact que peuvent avoir ces facteurs sur la performance de cette pratique.

Cependant, le suivi scientifique irrégulier de ces expérimentations risque d'affecter la rigueur des résultats. D'autre part, la diversité des pratiques paysannes peut présenter un problème pour l'analyse des résultats (Thiele *et al.*, 2001). C'est pourquoi des expérimentations et parcelles de test ont également été mises en place en station, au CTRAV à Santo de manière à produire des résultats complémentaires.

Les différents essais et enquêtes sont numérotés pour faciliter leur identification : E pour les enquêtes, P pour les essais participatifs chez les agriculteurs, S pour les essais en station.

Nous expliquerons dans un premier temps le déroulement des enquêtes visant à évaluer les connaissances des producteurs concernant la biologie reproductive des plantes à racines et tubercules. Ce travail a pour but de déterminer si l'utilisation de matériel séminal est réellement novatrice pour eux ou s'ils sont déjà familiers avec ces concepts.

Les différents essais mis en place sont récapitulés dans le tableau 2 page suivante. Ils nous permettent de quantifier l'efficacité de la technique par le biais d'indicateurs à toutes les étapes. Ceux-ci sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Tableau 2. Récapitulatif des essais menés en station (S), chez les producteurs (P), et des enquêtes (E).

Entre parenthèses figure le nombre de variétés concernées ou encore l'origine du matériel végétal

	Manioc	Patate douce	Igname	Taro	Macabo
Production de graines					
Floraison	E2 : Proportion de cultivars florifères (78) S13 : Proportion de mâles stériles (18)	E2 : Proportion de cultivars florifères (55) S11 : Dynamique et quantification de la floraison (39)	E2 : Proportion de cultivars florifères (149)	E2 : Proportion de cultivars florifères (311)	
Fructification	S14 : Nombre de capsules par individu (15) Corrélation entre stérilité mâle et fructification (11)	S11 & P1 : Dynamique et quantification de la fructification (39) & (3) S12 : Relation entre rendement et fructification (39)			
Graines	S14 : Nombre de graines par capsule et proportion de graines viables (1)	S11 : Nombre de graines par capsule et proportion de graines viables (39)			
Utilisation de graines					
Levée de dormance et germination	P2&S21 : Cinétique et taux de germination avec et sans scarification	P2 : Cinétique et taux de germination (mélange de variétés)	P4 : Taux de germination (population Inde X Vanouatou)	S22 & P2 : Cinétique de germination (1 descendance de demi-frères)	S22 & P2 : Cinétique de germination (1 descendance de demi-frères)
Transplantat - ion			P4 : Taux de survie (population Inde X Vanouatou)	P3 : Taux de survie et vigueur après transplantation (demi-frères)	
Sélection			S31 : évaluation des tubercules P5 : Pourcentage d'hybrides conservés (C1 : Inde X Vanouatou)	S32 : évaluation du corme et qualités agronomiques (C1 : Vanouatou X Vanouatou)	S33 : Diversité morphologique et qualité des cormelles (C1 : Vanouatou X Vanouatou)

Dans un second temps, les protocoles de quantification de la performance de la technique (voir encadré ci-après) chez les producteurs et en station seront abordés.

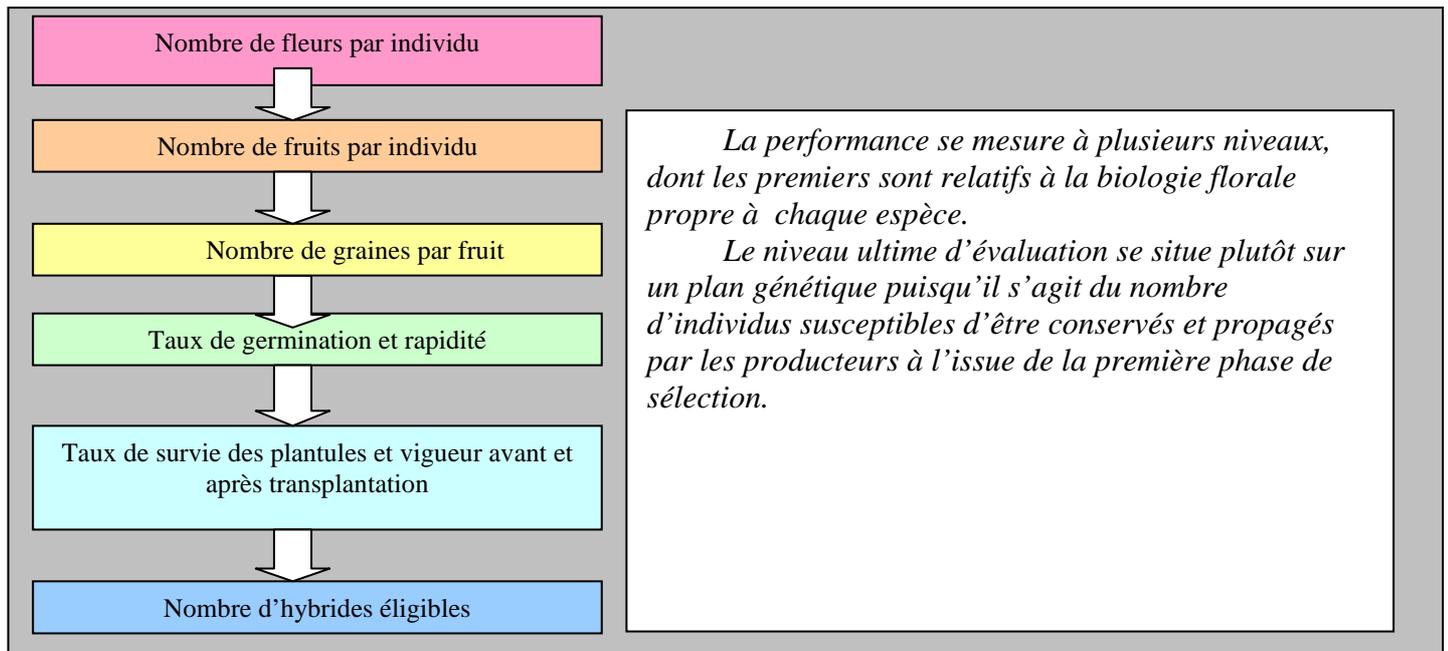


Figure 2. Composantes de la performance de la technique

3.3.1 Enquêtes par entretiens auprès des producteurs

Essai E1, Connaissance de la biologie florale : Pour comprendre les difficultés que rencontrent les producteurs à s'approprier les concepts relatifs à la production de graines, il est nécessaire d'évaluer au préalable leurs connaissances de la reproduction sexuée. Durant la campagne de prospection pour la collecte de cultivars locaux dans les dix villages concernés par le projet FFEM, il a été demandé aux producteurs pour chaque cultivar collecté s'ils avaient connaissance de la présence de fleurs et de graines. Les résultats de ces sondages, stockés dans une base de données, ont été analysés. En complément, une enquête réalisée auprès de 39 producteurs dans les villages concernés par l'étude (agrosystèmes à taro et à igname), hommes et femmes de tous âges a été réalisée. Elle vise à évaluer leurs connaissances concernant la biologie florale des plantes à racines et tubercules. Il a été demandé aux producteurs s'ils connaissaient les fleurs, les fruits et les sauvageons des quatre espèces étudiées. Des questions supplémentaires visaient à connaître leurs pratiques concernant les sauvageons (désherbage ou pas).

Essai E2, Floraison des cultivars locaux des différentes espèces : Comme cela a été souligné dans la bibliographie, de nombreux cultivars de plantes à racines et tubercules ne fleurissent pas. Dans le temps imparti pour l'étude, il n'était pas possible de caractériser la floraison des différents cultivars locaux d'igname, de taro et de manioc comme cela a été fait pour la patate douce. En revanche, lors des prospections antérieures réalisées dans les dix villages du projet, il a été demandé aux producteurs si leurs cultivars locaux fleurissaient. Ces résultats donnent donc une idée du pourcentage de cultivars locaux ayant une floraison fonctionnelle, mais il faut cependant les considérer avec précaution puisqu'il s'agit de dires d'acteurs.

3.3.2 Essais participatifs

Des photos sont disponibles en annexe 9.

Dans un premier temps, une réunion d'information est organisée dans les villages afin d'expliquer le but du programme ainsi que son déroulement. Cette présentation permet de faire le lien entre la problématique scientifique et les bénéfices que les producteurs pourront en retirer (Thiele *et al.*, 2001). Suite à cela, les producteurs et productrices volontaires seront encouragés à

se faire connaître. Dans la plupart des cas, il sera plus judicieux de travailler avec les femmes. Cependant dans certains cas le travail avec les hommes pourra également présenter un intérêt, en particulier parce que ces derniers cherchent à accroître leur renommée en diffusant de nouvelles variétés ou en possédant un nouveau savoir. Une étape préliminaire de formation aux principes de base de la production de graines et de la sélection récurrente sera nécessaire afin que les participants s'approprient les principes de base sous-jacents à l'expérimentation (Thiele, 1997, Ortiz *et al.*, 1997).

Sur chaque site, un nombre restreint d'expérimentations ont pu être mise en place car il était difficile de réunir des volontaires. Par la suite, parmi les volontaires seul un petit nombre a réellement mis en œuvre les expérimentations. Le tableau 7 en annexe 8 récapitule les expérimentations dont le protocole est détaillé par la suite.

Essai P1, Floraison, fertilité et production de graines: Ce dispositif a deux objectifs : Premièrement, quantifier la production de graines dans le jardin des producteurs en dissociant les effets du milieu de ceux du génotype.

Deuxièmement, il permet aux producteurs de se familiariser avec la pratique que l'on souhaite introduire et a donc une valeur pédagogique de démonstration.

Dans le temps imparti à l'étude, cette expérience n'a pu être réalisée que pour la patate douce, mais son principe est généralisable aux autres espèces.

Dans chaque village, les boutures de variétés florifères sont distribuées aux producteurs participants pour la mise en place de parcelles polyclonales dans leurs jardins (annexe 8 – Fig.4). Concernant le dispositif de test, le choix d'un dispositif en blocs complets randomisés se justifie du fait de l'hétérogénéité entre les parcelles et de l'homogénéité intra-parcelle. Chaque parcelle constitue un bloc au sein duquel quatre à cinq variétés sont disposées aléatoirement à raison de trois répétitions.

Les données de fructification seront analysées par ANOVA (analyse de variance afin de mettre à jour les différences entre les sites d'étude.

Essai P2, Levée de dormance et germination : Comme cela a été évoqué dans la synthèse bibliographique, la germination et la levée de dormance sont des étapes délicates. Il est donc nécessaire de déterminer le pourcentage et la cinétique de germination, car il s'agit de composantes clés de la performance de la technique. Ces expérimentations se dérouleront chez les producteurs pour démonstration mais aussi pour identifier les problèmes qu'ils rencontrent ainsi que l'influence éventuelle des facteurs pédo-climatiques. Pour la patate douce (P2.1), suite à la récolte des graines, celles-ci ont été placées dans de petites pépinières artisanales chez les producteurs (annexe 8 – tableau 10). Le taux de germination et sa cinétique ont été relevés sur un mois. La même expérience a été réalisée sur le taro (P2.2), le macabo (P2.3) et le manioc (P2.4), mais pas sur l'igname car il n'y avait pas de graines disponibles durant la période du stage. Chez le manioc, le peu de temps disponible nous a contraint à scarifier les graines par la chaleur pour accélérer leur germination (voir protocole en annexe 10).

Essai P3, Vigueur et survie des transplants au champ : L'étape de transplantation en plein champ est une des plus délicates du processus. Il s'agit en effet d'un changement radical pour la plantule puisqu'elle passe du milieu contrôlé et relativement protégé de la pépinière au jardin où les conditions édaphiques et climatiques sont moins favorables. En raison du manque de temps, cette étape n'a été étudiée que pour le taro, qui est l'une des espèces dont les transplants sont les moins robustes. Des graines de taro provenant d'un même individu (plusieurs inflorescences) ont été extraites en novembre 2008 puis conservées au congélateur (0°C) pendant six mois. Elles ont ensuite été semées début mai (voir protocoles en annexe), et leur germination n'a été observée qu'un mois après. Leur transplantation en pots de feuilles d'*Heliconia indica* roulées ou en Jiffy® pot a été réalisée entre le stade cotylédon et le stage deux feuilles. Les hybrides ont ensuite été distribués à raison de 30 plantules homogènes par producteur, deux à trois producteurs étant choisis sur chaque site. Des relevés de vigueur (taille et hauteur) et de taux de survie des plantules après implantation au champ par les producteurs ont été réalisés entre trois semaines et un mois après celle-ci afin de quantifier le taux de succès

lors de cette étape. Cette expérience a également permis de mettre à jour les difficultés que rencontrent les producteurs avec la manipulation des plantules en comparaison avec du matériel clonal classique.

Essai P4, Évaluation des hybrides : Peu d'expérimentations sont arrivées jusqu'à ce stade actuellement. De plus, l'évaluation participative d'hybrides était impossible dans le temps imparti. Cependant les entretiens avec quelques producteurs ayant produit et utilisé des graines ainsi qu'avec des techniciens des services de l'agriculture nous permettent d'avoir accès à leur évaluation des hybrides qu'ils ont produit.

Essai P5, Évaluation du suivi des expérimentations paysannes : Il est très difficile de recueillir l'avis critique des producteurs ainsi que leur évaluation de la technique. Cela est premièrement dû au fait qu'ils ont expérimenté seulement les premières étapes de la pratique et n'ont donc pas une vision d'ensemble de celle-ci. Cela tient également au caractère des vanouatais qui n'osent pas critiquer, soit qu'ils sont intimidés par leur interlocuteur occidental ou bien parce qu'ils craignent de lui faire de la peine. De ce fait, nos tentatives d'évaluation des problèmes par les producteurs eux-mêmes ont donné peu de résultats. Nous avons donc effectué une « notation » du suivi et de l'entretien des expérimentations par les producteurs à toutes les étapes (parcelle polyclonale, semis et pépinière, transplantation). La moyenne de ces différentes notes nous donne une idée du suivi et de l'intérêt des producteurs concernant la pratique innovante.

Par ailleurs, une évaluation générale de la technique est également réalisée par les agriculteurs expérimentateurs. Leurs critiques ainsi que leur souhait de renouveler les expérimentations seront abordés lors d'entretiens réalisés à la fin de l'étude.

3.3.3 Essais en station de recherche au CTRAV

Essai S1, Floraison, fertilité et production de graines

Essai S1.1, Dynamique de la production de fleurs et de graines de patate douce: Une parcelle polyclonale en blocs complets randomisés a été mise en place (annexe 10 – tableau 11) pour :

- caractériser la fertilité des différentes accessions,
- quantifier la production de fleurs et de graines,
- caractériser leur dynamique temporelle.

Cinquante accessions présentes en collection ont été testées (dont vingt variétés locales). Ce type de dispositif partiellement randomisé permet également de maximiser la pollinisation entre cultivars différents. Un dispositif complètement aléatoire aurait été préférable en raison de la relative homogénéité de la parcelle, mais nous avons été contraints de réaliser trois blocs pour plus de praticité logistique lors de l'implantation. Le nombre de fleurs par individu ainsi que le nombre de fruits et de graines produites ont été relevés à intervalles réguliers (relevé quotidien pendant le pic de floraison, puis bi-hebdomadaire).

Les données de floraison et de fructification seront analysées par ANOVA (analyse de variance). Cet outil statistique permet de dissocier les effets des facteurs contrôlés, ou traitements (ici le facteur génétique), des facteurs incontrôlés du milieu (climat, type de sol, environnement biotique). Pour déterminer si l'effet de ces facteurs est significatif, elle compare la variance à l'intérieur des groupes de traitements avec la variance totale, entre les groupes de traitements (annexe 15 – Tab.12) (Dagnelie, 1973). Des régressions linéaires seront utilisées pour vérifier s'il existe une corrélation entre production de fleurs et production de capsules, ou encore s'il existe une corrélation entre rendement et production de capsules.

Essai S1.2, Stérilité mâle chez le manioc : deux principaux obstacles à la production de graines ont pu être identifiés dans la bibliographie (voir II.3.a) et le premier d'entre eux reste le fait que cette espèce est auto compatible, des techniques doivent donc être développées pour empêcher toute autofécondation, menant à la dépression consanguine. Les travaux les plus prometteurs semblent être ceux qui ont été réalisés à partir de cultivars mâles stériles comme parents femelles, qui présentent par ailleurs l'avantage d'être très fertiles et de produire de grandes quantités de graines. L'identification de tels cultivars au Vanouatou permettrait de les

diffuser aux producteurs pour la production de graines “à la ferme”. L’observation microscopique après coloration du pollen permet de déterminer si un cultivar est mâle stérile ou pas. Un cultivar mâle stérile présente une proportion élevée de grains de pollen peu colorés et de petite taille. L’observation microscopique du pollen de 18 cultivars (voir protocole et photos en annexe), majoritairement issus de la collection du CTRAV, a été réalisée dans ce but. Les résultats sont présentés en troisième partie.

Essai S1.3, Taux de multiplication par graines chez le manioc : le comptage du nombre de capsules par individu sur 15 accessions (3 répétitions) a été réalisé. Puis l’évaluation du nombre moyen de graines par capsules permet de quantifier le taux de multiplication. Il est également possible de voir s’il existe un déterminisme génétique de celle-ci.

Essai S2, Levée de dormance et germination des graines de manioc. Il s’agit de l’espèce la plus contraignante pour l’étape de germination puisque ses graines sont fortement dormantes. Les techniques de scarifications chimiques et physiques étant difficilement envisageables en milieu paysan par manque de moyens et de temps, il est intéressant de quantifier le succès de germination des graines non scarifiées, simplement immergées dans l’eau pendant une nuit. Le protocole détaillé est présenté en annexe 10. Plusieurs expériences ont été réalisées. Dans un premier temps, des graines issues de capsules récoltées vertes ou sèches ont été semées directement en pépinière. Comme la germination était très faible, nous avons cherché à déterminer s’il s’agissait d’un problème de dormance ou d’immaturité des graines. Une nouvelle expérience a donc été réalisée avec des graines prélevées dans des capsules récoltées sèches donc matures, scarifiées physiquement et mises à germer sur du papier sopalin humide. Ici encore, comme aucune germination n’a été observée nous avons relancé l’expérience avec des graines passées une semaine à l’étuve à 70°C pour lever leur dormance (Pujol *et al.*, 2002).

Essai S3, Proportion d’hybrides éligibles : Il s’agit de l’étape ultime d’évaluation de la méthode. En effet, plus la proportion d’hybrides éligibles sera faible, moins la pratique aura d’intérêt tant pour le producteur que du point de vue de la conservation de l’agrobiodiversité. Nous faisons l’hypothèse que cette proportion est plus faible chez l’igname et le taro que chez le manioc et la patate douce car chez les deux premières espèces la qualité du tubercule et/ou du corme est fortement corrélée à des composés anti-nutritionnels qui provoquent une forte oxydation des chairs chez l’igname et une âcreté inacceptable chez le taro il s’agit d’un fardeau génétique considérable qui rend la sélection particulièrement laborieuse chez ces plantes (Lebot, comm. pers.).

La pollinisation manuelle étant beaucoup trop demandeuse en temps et en main d’œuvre pour pouvoir être utilisée par les producteurs, toutes nos évaluations seront réalisées sur des hybrides issus de pollinisation libre. Les descendances issues de pollinisation libre sont généralement beaucoup plus hétérogènes, comme cela a été évoqué plus haut.

Essai S3.1, Évaluation d’hybrides d’ignames en première génération clonale :

L’évaluation d’une population d’hybrides d’ignames (*Dioscorea alata*) issus de pollinisation libre, en première génération clonale, nous permet d’avoir une image du pourcentage d’individus éligibles que les producteurs pourraient obtenir s’ils utilisaient ce type de graines.

La parcelle polyclonale à l’origine de ces graines regroupait quatre cultivars femelles d’origine indienne résistant à l’antracnose et (?) cultivars mâles vanouatais, sensibles à l’antracnose. Les graines ont été récoltées en octobre 2007, puis élevées en pépinière. Les premiers tubercules ont été récoltés en mai 2008 puis replantés. La première génération clonale a été récoltée et évaluée en juin 2009.

Comme l’a montré Abraham (2002), il est possible dès la première génération clonale d’évaluer les génotypes pour le rendement des tubercules. Par ailleurs, un problème majeur chez l’igname est l’oxydation des tubercules : les variétés indiennes s’oxydent très rapidement ce qui n’est pas le cas des variétés vanouataises. En effet, le mode de préparation traditionnel en «*laplap*» nécessite des cultivars s’oxydant peu car le tubercule est râpé cru. Ce critère sera donc évalué, ainsi que la couleur de la chair des tubercules, la couleur blanche ou anthocyanée étant

préférable au jaune ou orange (Bourrieau, 2000). Le nombre de tubercules et la forme des tubercules seront également relevés, les formes compactes étant préférées aux formes allongées qui s'enfoncent profondément dans le sol.

Essai S3.2, Évaluation des hybrides de taro : Les expérimentations menées sur l'héritabilité des principaux caractères d'intérêt chez le taro ont fait l'objet d'une thèse (Quero-Garcia, 2004) et nous fournissent de précieux renseignements quand au pourcentage d'individus éligibles. Quarante deux descendances (1824 hybrides) issues de croisements entre cultivars locaux vanouatais provenant de la collection du CTRAV ont été caractérisées sur les critères suivants : cornes branchus ou non, nombre de stolons, nombre de rejets, teneur en matière sèche et rendement. Ces résultats nous permettent de déterminer le pourcentage d'hybrides éligibles et de mettre à jour les disparités entre familles. L'âcreté n'ayant pas été traitée dans cette première étude, l'évaluation de 15 familles (406 hybrides) issues de croisements entre taros provenant de la collection TANSO pour ce caractère sera analysée.

Essai S3.3, Ségrégation des caractères de coloration chez le macabo : une population de 168 hybrides en génération séminale issus de croisements contrôlés entre sept parents ont été évalués pour la coloration de leur appareil végétatif, celle de leurs cornes secondaires ainsi que la forme de ces derniers. Les cornes roses étant plus fermes, ils sont généralement préférés aux cornes blancs. Cette étude permet l'évaluation du pourcentage d'individus éligibles du point de vue de la qualité du corne. Elle nous permet aussi de caractériser l'hétérogénéité et la qualité des descendances issues de matériel végétal vanouatais.

3.4 Méthodes d'analyse

3.4.1 Typologie des exploitations

Les facteurs influençant la prise de décision de l'agriculteur concernant l'adoption de la pratique innovante sont d'ordre divers (milieu physique, social, économique, culturel, ou encore fonctionnement de l'exploitation), or le Vanouatou concentre une très grande diversité de ces facteurs. Une première stratification du milieu nous a permis de choisir un échantillon de villages le plus représentatif possible de la diversité des conditions pédo-climatiques au regard des contraintes logistiques auxquelles nous étions soumis. Elle nous a également permis de rendre compte de différentes situations économiques sociales et culturelles. Cependant, cette stratification ne nous permet pas d'aborder toutes les situations rencontrées.

L'analyse du fonctionnement d'une exploitation dans son milieu physique et son environnement social, économique et culturel permet de cerner les contraintes pouvant influencer l'adoption de la nouvelle pratique. Au cours des entretiens, le fonctionnement de l'exploitation est détaillé, ainsi que les contraintes et atouts de son environnement afin de faire ressortir la logique sous-jacente. Les classes de fonctionnement des exploitations sont constituées à partir des caractéristiques de leur système de culture, c'est-à-dire :

- la surface occupée par les différentes espèces de plantes à tubercules et par les cultures de rente sur l'exploitation.
- la structure de la rotation
- le ratio durée de jachère sur durée de culture

Ces informations nous permettront de souligner les contraintes existantes au sein des différents systèmes.

Le croisement entre les classes d'exploitations, réalisées sur la base de leur fonctionnement, et la stratification de milieu (physique, économique, social et culturel) permet de cerner des types d'exploitations présentant les mêmes caractéristiques. Cette grille permet d'analyser la réussite ou l'échec des expérimentations à la lumière de leur fonctionnement, de leurs contraintes et de leurs atouts. Nous pourrions également replacer les résultats des expérimentations paysannes dans leur contexte et élaborer des préconisations adaptées à chaque type.

4 RESULTATS

Les paragraphes suivants synthétisent les résultats obtenus. Dans un premier temps, la diversité des exploitations agricoles étudiées sera caractérisée et définie afin de replacer l'analyse de l'efficacité de la pratique dans le contexte propre aux exploitations étudiées. L'efficacité de l'étape de **production** de graines sera ensuite évaluée. Cette étape met en jeu la biologie florale des différentes espèces mais aussi le succès de pollinisation. Enfin, l'efficacité de l'**utilisation** de graines elle-même sera déterminée. Il s'agit d'évaluer d'une part de toutes les étapes de pépinière depuis la germination jusqu'à la transplantation au champ et d'autre part, la performance et la qualité des hybrides obtenus.

4.1 Diversité des exploitations agricoles

4.1.1 Diversité des milieux

Comme nous avons pu le voir précédemment, les exploitations enquêtées peuvent être regroupées en trois classes de milieux, sur des bases pédo-climatiques (Quantin, 1982). Les sols classés comme ayant une bonne potentialité agronomique représentent environ 42 % de la surface de l'archipel, et la majorité des terres cultivables se trouvent dans ces zones.

Les sols ayant une « potentialité moyenne » sont soit des sols assez fertiles dont l'utilisation est difficile en raison de la pente ou de l'absence de drainage, soit des sols de fertilité médiocre. Ils représentent 18 % de la surface de l'archipel. Les sols ayant une mauvaise potentialité agronomique représentent 40 % de l'archipel, mais ils supportent peu d'activités agricoles. (Siméoni, 2009 – annexe 3)

Quant aux différents climats, environ la moitié de l'archipel subit des influences équatoriales et l'autre moitié connaît un climat plus saisonnier de type tropical à courte saison sèche.

Tableau 3. Echantillonnage des exploitations pilotes pour la mise en place d'expérimentations

<i>Potentialité agronomique</i>	<i>Climat</i>	<i>Ile- Village</i>	<i>Agrosystème – Culture dominante</i>	<i>Nombre d'exploitations pilotes</i>
Bonne potentialité (42 % de l'archipel)	Tropical à courte saison sèche – sous le vent	Malo- Avounamalaï	Igname	5
		Ambaé – zone de Longana	Mixtes	4
	Équatorial – au vent	Santo- Port Olry Santo – Fanafo	Patate douce	2
Santo- Pesséna		Taro irrigué et pluvial	7	
Potentialité moyenne (18 % de l'archipel)				

4.1.2 Diversité de fonctionnement

Les exploitations enquêtées peuvent être regroupées en classes à partir des caractéristiques de leur système de culture comme nous précisé au chapitre 3. On peut premièrement distinguer plusieurs classes sur la base de la nature des surfaces cultivées et des rotations, leur construction est détaillée dans la figure en annexe 14 – Fig. 12. Étant donné qu'il est impossible d'obtenir la mesure des surfaces occupées par chaque culture, il a été demandé aux producteurs :

- L'ordre de priorité entre cultures de rente et cultures vivrières et le temps de travail consacré à chacune. Cela nous permet de cerner l'importance des cultures de rente dans l'exploitation
- La principale culture vivrière de l'exploitation, c'est-à-dire celle qui occupe le plus de surface.

Deuxièmement, on peut observer que le ratio « durée de jachère sur durée de

culture » varie fortement entre les exploitations. Il est possible de regrouper les exploitations en classes selon la valeur de ce ratio. En croisant ces différentes classifications, il est possible de déterminer cinq classes d'exploitations qui sont caractérisées et définies dans le tableau 4.

On observe premièrement que toutes les exploitations ne mettent pas le même ordre de priorité entre jardins et cultures de rente (voir figure en annexe 14 – Fig.11). Le ratio « temps consacré aux cultures vivrières sur temps total consacré à l'exploitation » varie entre 8% et 100%. Certaines mettent clairement leur priorité sur les cultures de rente et vont parfois jusqu'à délaisser les jardins, quitte à consommer du riz importé quotidiennement (type CR). Il existe cependant une gradation entre le « tout vivrier » et le « tout rente ». Il se dégage clairement que certaines exploitations ont davantage d'intérêt à priori pour les cultures de racines et tubercules, et à fortiori pour diversifier le matériel végétal qu'elles possèdent. Il s'agit des exploitations les moins axées vers les cultures de rente, qui sont aussi celles dont l'alimentation est basée sur les tubercules et qui sont souvent les plus conservatrices au niveau de la coutume.

Par ailleurs, le temps et l'espace consacrés aux cultures de rente varient entre les exploitations autonomes pour l'alimentation. Par exemple, dans notre échantillon d'étude, les exploitations du village de Pesséna consacrent beaucoup plus de temps et d'espace au kava que ne le font les exploitations situées à Ambaé ou à Malo avec les cultures de rente. Cela se traduit par un faible ratio durée de jachère sur durée de culture chez les premiers, qui rentabilisent au maximum l'espace en pratiquant des associations denses bien qu'ils disposent d'un foncier assez conséquent. Cela semble être principalement dû au fait que le transport du kava depuis Pesséna jusqu'à Luganville (le lieu de vente) est très coûteux, ce qui nécessite de produire davantage que dans des zones moins isolées pour obtenir le même revenu. Ce second facteur a également une grande importance et il ne doit pas être négligé. Certes, les zones isolées sont souvent les plus « conservatrices » au niveau de l'alimentation, mais il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit parfois de zones où la rentabilité du travail pour les cultures de rente est moindre en raison du prix élevé du transport. Il s'agit donc d'exploitations pour lesquelles le temps de travail est le plus élevé et qui sont de ce fait peu disponibles pour s'intéresser à une nouvelle technique. Le faible suivi des expérimentations dans ce type d'exploitation confirme cette analyse (annexe 15 - Tab. 19).

Deuxièmement, on peut constater que toutes les exploitations n'ont pas le même degré d'intensification, reflété par le ratio durée de jachère sur durée de culture. Celui-ci varie de 0,5 à 5 dans notre échantillon. Les exploitations dont ce ratio est très faible sont de deux types : celles qui disposent de peu de foncier et sont obligées de réduire les durées de jachère au minimum, et celles pour lesquelles les cultures de rente ont une importance considérable et contraignent donc les exploitants à intensifier leur système. Cette intensification se traduit également par des associations denses, de type taro ou patate douce X kava et le choix d'espèces et de génotypes productifs, précoces et peu exigeants en termes de fertilité du sol. Ces exploitations sont moins aptes à prendre des risques que les autres car elles disposent de moins de marge de sécurité. Elles n'ont pas de place à consacrer à des génotypes dont les performances sont inconnues, comme c'est le cas des hybrides en génération séminale. Or comme nous l'apprend le recensement agricole de 2008 (NSO, 2008) ces types de situation est courante au Vanouatou, puisque 38 % des exploitations n'observent pas de jachère, et parmi celles qui en observent, 33 % n'excèdent pas deux ans. L'étape d'évaluation des hybrides requiert de l'espace. Cela est d'autant plus vrai pour le taro et l'igname qui produisent un très faible taux d'individus éligibles à l'issue d'un cycle. Si les producteurs n'évaluent qu'un petit nombre d'hybrides, leur chance d'obtenir un bon génotype est restreinte et ils risquent donc de se décourager.

On observe également que c'est chez ce type d'exploitations que le temps de travail sur l'exploitation est le plus élevé : sept à huit heures quotidiennes alors que les systèmes moins intensifs se situent plutôt entre quatre et six heures.

Enfin, ces systèmes n'ont pas tous la même répartition du travail sur l'année. Certains, comme ceux basés sur le taro sont peu saisonniers. D'autres systèmes, ceux basés sur l'igname, sont très saisonniers, et de ce fait la charge de travail est concentrée sur de courtes périodes

(plantation, tuteurage, récolte). Les étapes demandant un suivi régulier, comme c'est le cas pour la phase de pépinière, ne doivent pas être situées dans les périodes de forte activité car les agriculteurs seront moins disponibles.

Cette synthèse confirme donc que toutes les exploitations n'ont pas les mêmes contraintes vis-à-vis de la pratique que l'on souhaite introduire. Le choix des exploitations pilotes qui doivent être ciblées pour sa diffusion est donc déterminant. Une étude préalable est nécessaire afin de choisir des exploitations peu intensives, à « orientation vivrière » qui semblent être les plus disponibles pour tester cette nouvelle pratique.

Tableau 4. Définition et caractérisation des classes de fonctionnement des exploitations

Définition des classes	<i>Origine</i>	<i>Importance économique des tubercules</i>	<i>Activité extérieure</i>	<i>Importance alimentaire des tubercules</i>	<i>Importance de la coutume</i>
Caractérisation des classes					
<i>Système peu intensif à orientation vivrière spécialisé ignames (V-I) ou mixte (V-M), durée de jachère/durée de culture ≥ 2 temps consacré aux cultures vivrières $\geq 80\%$ du temps de travail</i>	Natifs	Faible à forte	Parfois	Forte	Forte
<i>Système à orientation commerciale mixte (CXM) durée de jachère > durée de culture temps consacré aux cultures vivrières = 50% à 80 %</i>	Natifs	Moyenne	Non	Forte	Forte
<i>Système intensif à orientation commerciale (Kava) spécialisé taro (CxKT) durée de jachère/ durée de culture $\leq 0,5$ temps consacré aux cultures vivrières < 50%</i>	Natifs	Non	Non	Forte	Moyenne
<i>Système intensif à orientation commerciale : patate douce et cultures maraîchères (Ma) durée de jachère/ durée de culture $\leq 0,5$</i>	Migrants récents	Forte	Non	Moyenne à forte	Faible
<i>Système basé sur les cultures de rente (CR) temps consacré aux cultures vivrières < 15%</i>	Natifs et migrants	Non	Non	Faible	Faible

4.2 Efficience de la production de graines « à la ferme »

Dans un premier temps, il est essentiel d'évaluer les connaissances des agriculteurs concernant la reproduction sexuée de ces plantes. En effet, le niveau de connaissance reflète l'efficience de la production de graines spontanée chez les différentes espèces. Cela nous permet aussi d'appréhender à quel point les agriculteurs sont familiers avec les concepts sous-jacents à la pratique que l'on souhaite introduire. Les différentes composantes de l'efficience de la production de graines seront ensuite quantifiées. Il s'agit premièrement de la proportion de cultivars ayant une floraison fonctionnelle, quantifiée par enquête auprès des agriculteurs. Deuxièmement, l'abondance de la floraison et de la fructification ainsi que leur contrôle génétique seront étudiés chez la patate douce et le manioc, et l'effet de la stérilité mâle sur la fructification sera abordé pour ce dernier. Enfin l'antagonisme entre rendement et fructification sera discuté.

4.2.1 Connaissance de la biologie reproductive

D'après les résultats du sondage réalisé lors de la phase de prospection du projet FFEM, on peut observer que la connaissance de la reproduction sexuée des plantes à racines et tubercules varie selon les espèces (Essai E1. annexe 11 – Fig. 9). La plupart des producteurs connaissent les fleurs de toutes les espèces. L'espèce dont les fleurs sont le moins bien connues est la grande igname (*D. alata*). En effet, un grand nombre de cultivars ne fleurissent pas et leurs fleurs sont généralement peu visibles. En revanche, la présence de graines est inconnue des producteurs

pour l'igname, le taro et la patate douce. Seules les graines de manioc sont connues.

Les enquêtes supplémentaires (annexe 11 – Fig. 10) réalisées au cours de l'étude sur 39 personnes confirment que fleurs des quatre espèces sont connues de la majorité des producteurs et que l'espèce dont les fleurs sont les moins connues est l'igname (75 % de personnes les connaissent). Ces enquêtes montrent cependant que les graines de taro et de manioc sont connues par la majorité des producteurs. En revanche elles confirment que pour la patate douce et l'igname, la majorité des producteurs ignore leur existence. Les sauvageons sont rarement observés chez la patate douce, en revanche 10% des producteurs interrogés affirment les avoir observés chez le taro. Ils connaissent, de plus, parfaitement leur origine séminale et disent les sélectionner pour éliminer les types sauvages (stolons envahissants, cornes âcres). Chez l'igname, plusieurs personnes affirment avoir observé des sauvageons mais il est probable qu'il s'agisse de plantes issues de bulbilles. Chez le manioc, 37 % des personnes interrogées savent que les sauvageons sont d'origine séminale et environ 60% les arrachent. Les autres les conservent et la plupart prétendent qu'ils sont identiques à leurs parents. Certains cependant observent qu'ils sont différents et parfois même qu'il faut replanter une bouture avant de pouvoir consommer la racine.

On constate donc que la reproduction sexuée n'est pas inconnue des agriculteurs. Cela facilite beaucoup l'introduction d'une pratique qui ne fait que renforcer les pratiques traditionnelles. L'espèce qui semble la mieux connue de ce point de vue est le manioc, dont la production spontanée de sauvageons est très courante. L'igname est l'espèce la moins bien connue du fait de la complexité de sa biologie florale.

4.2.2 Floraison

On peut observer que la proportion de cultivars locaux florifères varie beaucoup entre les espèces (Essai E2. annexe 12). Si tous les cultivars de patate douce et de manioc fleurissent, chez l'igname et le taro en revanche environ 30 % des cultivars ne fleurissent pas. Ces résultats confirment et quantifient donc les études précédentes. Ils montrent que le taro et l'igname ont une reproduction sexuée souvent défaillante dès l'étape de floraison, ce qui n'est pas le cas de la patate douce et du manioc.

Chez la patate douce, il existe également de grandes disparités concernant la date et l'abondance de la floraison entre les différents génotypes (Essai S1.1. annexe 15 – Fig. 15). Sur la parcelle du CTRAV, on observe que les dates de début de floraison sont très variables entre les accessions. Elles s'étalent sur près deux mois et demi, de fin avril à mi-juillet. Il existe également des différences considérables d'abondance de floraison entre les accessions ($p < 0,001$). Seul un petit nombre d'accessions sont particulièrement florifères. Chaque individu produit entre 0 et 4,5 fleurs par jour sur la période d'étude, avec une moyenne à 0,8 (± 1).

Pour la plupart des parcelles mises en place chez les producteurs (Essai P1), la floraison a été tardive en comparaison avec celle de la station. Dans les trois sites, la floraison a commencé environ un mois et demi après implantation de la parcelle. Certains producteurs ont installé leurs parcelles à l'ombre et tant la croissance que la floraison semblent en être affectées bien que l'effet de ce facteur ne soit pas statistiquement significatif.

Chez le manioc (Essai S1.3), l'utilisation des variétés mâles stériles comme « mères » serait un moyen intéressant d'éviter la dépression consanguine. Plus de la moitié des accessions prélevées dans la collection du CTRAV présentent entre 50% et 70 % de grains de pollen stériles. L'absence de référence dans la bibliographie concernant le seuil à partir duquel on peut considérer un individu stérile nous empêche de conclure. Cependant, il est raisonnable de penser que ces individus sont peu susceptibles de s'autoféconder.

Chez l'igname, comme nous l'avons vu dans la synthèse bibliographique, la plupart des cultivars ont une floraison erratique, et ceux qui fleurissent sont majoritairement mâles. D'autre part, la floraison des différents cultivars est souvent décalée. De ce fait, la production de graines est peu aisée dans l'état actuel des choses et rarement observée naturellement. Un moyen d'autoriser la production de graines "à la ferme" serait de distribuer des cultivars florifères

femelles, de niveaux de ploïdie compatibles et fleurissant en même temps que les cultivars « mâles » présents chez les producteurs. Cela demanderait cependant un grand travail de diffusion de matériel clonal et certainement un suivi régulier des producteurs.

4.2.3 Fructification

Chez la patate douce (Essai S1.1), on n'observe pas de corrélation significative entre la production de fleurs et de capsules ($R^2 = 0,45$). De plus, moins de 5 % des fleurs produisent des capsules et ce malgré la présence d'une grande quantité d'abeilles (ratio du nombre de capsules produites pendant la période de pic sur le nombre total de fleurs pendant la période de pic). Curieusement, la bibliographie n'offre pas de données de comparaison sur ce point pourtant important. En moyenne, sur la parcelle, 2,36 ($\pm 3,6$) capsules ont été produites par individu sur les deux mois de l'étude. Il existe une très grande disparité entre accessions, mais la production reste malgré tout très faible puisqu'elle n'excède pas 16,5 capsules par individu.

D'autre part, on observe de grandes différences entre les sites d'étude (Essai P1. annexe 15 – Fig. 13). Les patates douces implantées sur l'île de Malo ont dans leur majorité produit des graines tandis qu'aucune des parcelles implantées sur l'île d'Ambaé n'a fructifié. Les parcelles installées à Pesséna au nord de Santo ont faiblement fructifié. La date d'implantation semble être à l'origine de ces différences. À Malo, les parcelles ont été implantées en premier et elles semblent avoir profité des précipitations de la première quinzaine de mai pour se développer. Ce qui n'est pas le cas pour les deux autres sites qui ont connu peu de précipitations. Planter tôt permet aux plantes de se développer et d'être suffisamment vigoureuses pour fructifier abondamment pendant la saison sèche. Sur ce site, cinq mois après implantation, le nombre moyen de capsules par individu est de 6 ($\pm 5,5$). Cela fait une cinquantaine de capsules par parcelle de 5m², soit environ 25 graines viables. En effet, une capsule contient en moyenne 1,6 graine, mais seulement 30% d'entre elles sont viables.

Les résultats des expériences menées à Malo sont plus encourageants que ceux de la station. Ils montrent que si plusieurs facteurs de réussite sont réunis (climat, date d'implantation, variétés florifères), la fructification peut être abondante. Par ailleurs, un point positif est qu'il n'existe pas de corrélation significative entre le rendement en racines et le nombre de capsules produites sur la durée de l'étude. ($R^2=0,03$). En effet, si les accessions qui produisent beaucoup de capsules plus de 7 capsules par individu) ont systématiquement un rendement faible (moins de 400g), l'inverse n'est pas vérifié. Reste le fait que le tuteurage des lianes est problématique car les producteurs regrettent de ne pas pouvoir récolter les tubercules qui se développent aux entre-nœuds en tuteurant les lianes de patate douce. Ceux-ci permettent de prolonger la récolte sur plus de trois mois.

Chez le manioc, il existe une grande variation du nombre de capsules entre les individus d'une même accession (Essai S1.4. annexe 15 – Fig. 17). De ce fait, les différences entre variétés ne sont pas statistiquement significatives ($p > 0,05$). Dans l'échantillon étudié (15 variétés, 3 à 4 répétitions par variétés), le nombre de capsules par tige varie de 0 à 88, avec une moyenne de 13,6 capsules ($\pm 18,3$). Il y a peu de loges vides au sein des capsules puisqu'elles contiennent en moyenne 2,5 graines. En revanche 70% d'entre elles ne sont pas viables (test de flottaison). Enfin, il n'existe pas de corrélation significative entre le nombre moyen de capsules par tige et le pourcentage de grains de pollen stériles ($R^2 = 0,011$). En raison du grand écart-type pour la fructification, il est difficile de conclure.

Chez l'igname, la production de graines peut représenter une contrainte pour les producteurs car ils ne peuvent pas récolter les ignames femelles qui servent à produire des graines. De plus, l'anthracnose détruit la plupart du temps les parties aériennes avant que les graines soient arrivées à maturité. Il semble donc que la production de graines soit difficile à mener à bien par les producteurs, leur production serait mieux contrôlable en station de recherche.

Chez le taro, la pollinisation manuelle est très rapide et simple. De plus, une infructescence peut produire des milliers de graines. Cette espèce semble avoir donc un très fort taux

de multiplication par voie sexuée, ce qui est un atout considérable.

Les tableaux 20 et 21 en annexe 15 récapitulent le potentiel de multiplication par voie sexuée des espèces étudiées, le manioc et la patate douce.

4.3 Efficience de l'utilisation de graines : du semis à l'évaluation des hybrides

Par « utilisation de graines », nous entendons toutes les étapes allant depuis le semis jusqu'à l'évaluation des descendances hybrides. Dans un premier temps nous examinerons l'efficience de toutes les étapes de pépinière : germination, croissance et transplantation. Puis nous nous intéresserons à l'étape de sélection, qui nous fournit l'indicateur ultime de l'efficience de la pratique : le nombre d'individus éligibles. Les tableaux 13 à 17 en annexe 15 font la synthèse des essais participatifs. Ils présentent les indicateurs de performance pour chaque étape, ainsi que les choix faits par les producteurs. Les résultats relatifs à chaque espèce sont résumés dans des tableaux séparés.

4.3.1 Pépinière et transplantation

Les essais menés sur le taro, montrent que la germination est assez aisément contrôlable. En station (Essai S2.2) elle n'a commencé qu'un mois après semis (début juin) et s'est prolongée sur près de deux mois et demi. Chez les producteurs (Essai P2. annexe 15 – Tab. 17), elle a été beaucoup plus rapide et sur les graines issues de deux inflorescences, environ 550 ont germées. La germination des graines présente un fort taux de succès dans des systèmes de pépinière très simples voir en plein champ tant qu'elles sont arrosées régulièrement. Le principal problème réside dans la transplantation. Si la transplantation individuelle en *Jiffy pots*® ou en pots de feuilles d'*Heliconia indica* permet de réduire le choc consécutif à la transplantation en plein champ, cette technique présente des inconvénients. En effet, les producteurs n'assurent pour la plupart pas un arrosage régulier et les pots se dessèchent rapidement. Le taux de survie sous cette forme en pépinière est donc assez faible (36% après un mois). La meilleure solution serait la transplantation depuis le lit de semence en plein champ dans une zone ombragée, qui semble donner de meilleurs résultats (83% de survie après un mois). Cela risque cependant d'augmenter l'échec à l'implantation en plein champ car aucun substrat n'entoure les racines. Les producteurs possédant des tarodières irriguées ont pour la plupart planté les transplants dans la boue du trop-plein. Ils ont observé un assez fort taux de survie et une forte croissance lorsque le lieu est bien ensoleillé.

Les expérimentations menées sur la patate douce montrent que l'étape de germination est facilement maîtrisable par les producteurs et assez rapide (annexe 15 – Tab. 16). En revanche le taux de germination est très faible (moins de 15 %).

En station, la germination des graines de manioc n'ayant pas subi de traitement à haute température est très faible (moins d'1%), même lorsqu'elles sont scarifiées (Essai S2.1). En revanche, les graines sèches placées à l'étuve ont germé trois jours après avoir été placées sur papier sopalin humide. En raison du peu de matériel végétal disponible, les résultats de germination sont peu significatifs (sur dix graines, la moitié avait germé au bout une semaine), mais dénotent malgré tout une forte accélération de la levée de dormance par ce traitement. En revanche, chez les producteurs (Essai P2. annexe 15 – Tab. 14) le taux de germination des graines passées à l'étude est inférieur à 1%. Il semblerait que les producteurs aient semé les graines trop superficiellement, ce qui a inhibé la germination.

Les informations concernant un seul essai paysan sont disponibles pour l'igname (Essai P4. annexe 15 – Tab. 15). Celui-ci a préparé un lit de semences en plein champ, et près de 45 % des graines ont germées au bout d'une semaine. Le taux de survie est en revanche assez faible (22%). En effet, les plantules sont moins protégées que dans une pépinière. Au final, sur les 200 graines plantées, 20 ont donné lieu à des hybrides vigoureux que le producteur a souhaité propager.

Ces différents essais montrent donc que les espèces étudiées diffèrent tant dans leur aptitude à germer en pépinière que dans leur robustesse vis-à-vis de la transplantation.

4.3.2 Sélection des hybrides

Concernant le **taro**, peu d'informations ont pu être collectées concernant le nombre d'hybrides sélectionnés lors des expérimentations paysannes menées précédemment. Un producteur n'a pu sélectionner aucun individu car tous présentaient des caractères envahissants (stolons), un autre semble avoir en revanche connu plus de succès et obtenu de bons hybrides qu'il a vendu lors d'une foire agricole. Des essais menés en station dans le cadre d'un travail de thèse confirment ces résultats (Essai S3.2). Le pourcentage d'hybrides éligibles, sur des critères agronomiques (absence de stolons, nombreux rejets, corne non-branchu) et gustatifs (taux de matière sèche de plus de 30%) est faible (14,4%). Cependant, ces travaux n'ont pas pris en compte l'âcreté des cornes. Tous ces critères se sont avérés fortement héréditaires, montrant l'importance du choix des parents. Il existe de grandes disparités entre les familles. Neuf (sur 42) d'entre elles concentraient plus des deux tiers des bons hybrides, et deux d'entre elles possédaient 80% d'hybrides éligibles. L'identification des familles de ce type serait une alternative intéressante pour la production de graines « à la ferme ». En effet, en croisant les deux parents identifiés, le producteur est certain d'obtenir un grand nombre de bons hybrides. Concernant l'âcreté, l'étude menée sur 406 hybrides montre que la grande majorité (88%) n'est pas consommable, seules 12% sont acceptables. Selon les familles, cette proportion varie de 0% à 33%, suggérant un contrôle génétique. Le problème du taro est qu'il possède un fardeau génétique considérable. De ce fait, lorsque l'on crée des hybrides, la grande majorité présente des caractères « sauvages » et ne sont pas éligibles. Cela met en exergue la difficulté de la sélection chez cette espèce. Cependant, la grande disparité entre familles donne l'espoir que l'on puisse identifier des croisements à conseiller aux agriculteurs pour maximiser la proportion de bons hybrides.

L'évaluation en station de l'hétérogénéité des descendances de **macabo** (Essai S3.3. annexe 15 – Tab. 18) montre qu'il existe une hétérogénéité de la coloration de l'appareil végétatif et des cormelles au sein de la population d'hybrides, bien que l'on observe une certaine homogénéisation par rapport à la population parentale. En effet, plus de la moitié des hybrides sont intégralement verts contre moins de 20% des parents. La proportion d'individus fortement anthocyanés (mauves) se réduit également de moitié dans la population d'hybrides par rapport à celles des parents. Cette tendance est confirmée lorsque l'on observe uniquement la coloration du pétiole. La majorité des individus (46%) présente une forme allongée. Les deux tiers des hybrides présentaient un corne rose, (contre seulement 70 % des parents), ce qui est un point positif car la coloration rose est préférée par les consommateurs. Cet essai montre donc qu'il est possible de créer de la diversité à partir du matériel présent localement au Vanouatou. Le simple fait d'utiliser la reproduction sexuée pour faire s'exprimer des allèles « masqués » permet donc de créer de la diversité uniquement à partir du matériel local.

Nous ne disposons des résultats que d'un seul essai paysan concernant l'**igname**. Celui-ci est assez encourageant car le producteur a obtenu une vingtaine d'hybrides en semant les graines en plein champ. Il semble satisfait de ses hybrides et les a tous replantés malgré leur forme allongée qui les rend difficiles à récolter. En station, l'évaluation d'hybrides d'ignames (Inde x Vanouatou) en première génération clonale (Essai S3.1. annexe 15 – Fig. 14) a montré des résultats mitigés. Les ignames ont été plantées dans un terrain très argileux, non adapté à la culture de cette espèce. Par ailleurs la saison a été très humide et la parcelle inondée. Du fait de ces conditions très défavorables le potentiel de rendement ne s'est probablement pas exprimé à son maximum. De plus, lorsque les ignames ont été récoltées, elles n'étaient pas arrivées à maturité. Le rendement moyen des hybrides ($1,2 \pm 2$) est équivalent à celui des cultivars témoins ($1 \text{ kg} \pm 0,7$), mais il est beaucoup plus variable. On peut, en effet, observer ci-dessous que sur les 133 hybrides évalués, seulement 3% présentent un rendement exceptionnel de plus de 11 kg par plant et 70% produisent moins d'1 kg. Les cultivars de référence, en comparaison, produisent majoritairement moins de 2 kg.

Concernant la qualité des tubercules, on peut observer qu'au sein de la population d'hybrides, la grande majorité (76%) présente les caractéristiques des parents femelles d'origine indienne, c'est-à-dire une forte oxydation. Seuls 5 % des hybrides ne s'oxydent pas, en comparaison avec les témoins qui ne s'oxydent pas ou peu. La coloration des hybrides est à dominante jaune et orange (60%) et crème (35%). Les colorations blanches et violettes, les plus recherchées, sont présentes en très faible proportion (moins de 10%). Au sein de la population d'hybrides, on observe une répartition presque équilibrée entre les formes allongées (47%) et les formes compactes (53%). Par ailleurs la majorité des individus ne développe qu'un tubercule (64%), ou deux (26 %), et seulement 11% développent entre 3 et 6 tubercules.

La résistance des hybrides à l'antracnose n'a pas été évaluée en raison du manque de temps, mais il était visible que ceux-ci étaient bien moins sévèrement atteints que les variétés vanouataises (Lebot, comm. pers.). L'introduction de gènes de résistance via le croisement avec des variétés indiennes semble donc avoir réussi.

L'étape d'évaluation requiert la manipulation d'un grand nombre d'individus. En effet, nous avons montré que, chez l'igname que moins de 5 % des hybrides sont éligibles. Cependant, les producteurs semblent cependant moins exigeants et ont tendance à conserver le plus grand nombre d'hybrides possibles, même lorsqu'ils présentent des défauts majeurs comme les formes allongées ou encore l'oxydation.

En conclusion, les expériences et observations réalisées dans le cadre de cette étude montrent que, bien que les plantes à racines et tubercules tropicales sont souvent traitées comme un groupe, il existe malgré tout des différences fondamentales tant au niveau de leur biologie reproductive qu'au niveau génétique. Ces différences vont influencer considérablement le potentiel de production et d'utilisation de graines par les agriculteurs. Les contraintes à cette pratique ne sont pas les mêmes pour toutes les espèces. Les principales difficultés rencontrées chez chaque espèce sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 5. Principales difficultés rencontrées à chaque étape

Etape :	Manioc	Patate douce	Igname	Taro & macabo
Production de graines	Faible proportion de graines viables	Faible production de capsules et peu de graines viables par capsule	Beaucoup de cultivars ne fleurissent pas Peu de cultivars femelles	Beaucoup de cultivars ne fleurissent pas
Utilisation de graines				
Germination	Forte dormance et faible taux de germination	Faible taux de germination, voire absence de levée (1 producteur sur 4)		Absence de germination (2 producteurs sur 4)
Croissance en pépinière			Fragilité des plantules	- Dessèchement (5 producteurs sur 12)
Transplantation		<i>Absence de données</i>		- Prédation - escargots (1 producteur sur 7) - Nécessite un arrosage quotidien en saison sèche.
Sélection			Formes allongées et difficiles à récolter	Nombreux phénotypes sauvages

Concernant les essais participatifs, il existe de grandes différences dans la rigueur du suivi des parcelles expérimentales par les producteurs « pilotes », au sein même des différents types définis précédemment. On observe malgré tout des tendances : les producteurs des systèmes de type « taro et kava intensifié » sont ceux qui ont été les moins rigoureux dans le suivi. En revanche, les producteurs des deux autres types (orientation commerciale ou vivrière, igname ou mixte) ont assuré un suivi plus rigoureux. Il n'y a pas de différences dans la rigueur du suivi entre les hommes et les femmes (annexe 15 – Tab. 19).

5 DISCUSSION

5.1 Limites et intérêt de l'approche

Comme évoqué en introduction, très peu d'informations sont disponibles concernant la reproduction sexuée des plantes à racines et tubercules. Cette étude a donc permis d'apporter de nouvelles connaissances dans ce domaine. Il s'agit essentiellement de résultats concernant la floraison et la fructification de la patate douce, ou encore le taux et la cinétique de germination des différentes espèces. Cependant, l'originalité de cette étude réside dans son approche participative. En effet, les principaux travaux réalisés sur ce thème se sont limités aux stations de recherche. En Inde, des travaux de diffusion de cette pratique ont été conduits pour le manioc mais les contraintes à son adoption par les agriculteurs n'ont pas été abordées (Rajendran *et al.*, 2000). Davantage de travaux participatifs ont été menés sur les graines de pomme de terre, mais les plantes à racines et tubercules tropicales restent dans l'ensemble très peu étudiées.

L'approche participative adoptée dans le cadre de notre étude nous a fourni des informations relatives à l'adoption et aux contraintes. La rigueur scientifique des essais en est parfois affectée puisque aucun agriculteur n'a adopté rigoureusement les mêmes pratiques. Ce cas de figure est souvent rencontré avec ce type d'approche mais laisse l'initiative aux producteurs (Thiele, 2001). Par exemple, pour les transplants de taro, chaque expérimentateur a choisi la date à laquelle il souhaitait les implanter en plein champ. De ce fait, il est difficile de comparer les mesures de croissance entre les exploitations.

Il n'empêche que ces essais produisent des informations utiles concernant l'aptitude et la façon dont les agriculteurs manipulent le matériel séminal plutôt que des données rigoureuses concernant la biologie reproductive, la germination et la croissance. Ces dernières données étant cependant davantage disponibles dans la bibliographie.

Etant donné que cette étude porte sur cinq espèces et comporte des tests à la fois en station et chez les producteurs, nous avons été contraints de limiter le nombre de répétitions. Pour certains essais, seul un petit nombre de géotypes ont pu être étudiés. De plus, le principal problème auquel nous avons été confrontés dans cette étude est la disponibilité du matériel végétal. En effet, la quantité de graines disponible a toujours été un facteur limitant. Il a été difficile de réunir suffisamment de graines de manioc et le même problème s'est posé pour le taro puis pour la patate douce. En effet chez cette espèce, le pic de floraison devrait se situer en juin d'après la bibliographie alors qu'il a eu lieu fin août dans notre essai. Les transplants de taro ont également été disponibles plus tardivement que prévu en raison d'une levée tardive des graines de près d'un mois (probablement due aux basses températures) mais qui n'était pas citée dans la bibliographie. De ce fait, tous les essais paysans ont pris du retard et le manque de matériel végétal nous a obligé à réduire le nombre d'essais. Aussi nous n'avons pas pu aller aussi loin que prévu dans le suivi des essais. Notre étude s'est limitée au suivi jusqu'à un mois et demi après transplantation en plein champ, or il est probable que le taux de survie assez élevé que l'on a observé serait considérablement réduit après plusieurs mois. Il serait donc intéressant de réaliser une nouvelle évaluation chez les producteurs expérimentateurs dans plusieurs mois.

De même, nous manquons de données concernant le pourcentage d'hybrides conservés après sélection. Sur les cinq années du projet, nous disposons cependant de trois expériences fructueuses, où les paysans se sont réellement appropriés la technique et l'ont menée jusqu'au bout. Deux d'entre elles ont montré que ceux-ci ont produit de nouvelles variétés dont la qualité les satisfait. La troisième n'est pas encore arrivée jusqu'au stade d'évaluation des tubercules. Une évaluation des essais en première ou deuxième génération clonale serait par conséquent très instructive.

Les essais menés sur la germination du manioc semblent confirmer les résultats précédents (Pujol *et al.*, 2002). Ils suggèrent que le passage à l'étuve favorise fortement la germination des graines, mais le peu de matériel végétal disponible (dix graines viables) nous empêche de

conclure rigoureusement. Les essais paysans ne confirment pas les tendances observées en station car ces derniers ont implanté les graines trop superficiellement (inhibition par la lumière). De plus, il est possible que les graines utilisées pour les essais de germination sans scarification et avec scarification physique aient un trop fort taux d'humidité. D'autres essais en utilisant des graines préalablement séchées à l'étuve sur une courte durée seraient nécessaires. Ces différents résultats montrent que s'il est facile pour les producteurs d'identifier et de sélectionner des sauvageons dans leurs parcelles, il leur sera beaucoup plus difficile de récolter des graines et de faire eux-mêmes des pépinières pour les faire germer.

5.2 Résultats acquis

5.2.1 Aspects scientifiques

A notre connaissance, si l'évaluation variétale participative a déjà été bien étudiée en ce qui concerne le manioc, elle reste tout de même peu exploitée pour la patate douce et l'igname, bien que des travaux soient en cours en Afrique sur ces deux espèces et seront certainement publiés prochainement (Lebot, *comm. pers.*). En ce qui concerne l'utilisation de graines, à notre connaissance, et mis à part l'expérience indienne pour le manioc, cette approche n'a jamais été testée.

Concernant l'étude de la stérilité mâle chez cette espèce, l'absence de référence quant au seuil de stérilité nous empêche de conclure définitivement. Des essais de croisement contrôlés seraient nécessaires pour déterminer ce seuil. Cependant, la forte proportion de cultivars a priori mâles stériles expliquerait les résultats de génétique moléculaire (Sardos *et al.*, 2007). En effet, au Vanouatou la reproduction sexuée joue un rôle prépondérant dans la diversification des génotypes. Le fait qu'il y ait un grand nombre d'individus mâles stériles contribue certainement à produire des individus fortement hétérozygotes et vigoureux qui se développent spontanément dans les jardins. Par ailleurs, si ce caractère est fortement héritable, il est probable que l'introduction de quelques cultivars mâles stériles (ou partiellement) ait conduit à l'abondance de génotypes présentant cette caractéristique aujourd'hui. En raison du peu de répétitions par accession et de la grande variabilité entre individus, tant la corrélation entre production de capsules et stérilité mâle que l'analyse de variance concernant l'effet du génotype sur la fructification ne sont pas significatives. D'autres études incluant davantage de répétitions et un suivi de la fructification sur plus long terme seraient nécessaires pour conclure et confirmer nos observations empiriques quant à la fructification abondante des individus mâles stériles.

Les essais menés sur la patate douce tant en station qu'en milieu paysan permettent d'obtenir une puissance raisonnable. Nous sommes en effet capables de mettre à jour des différences entre 20 et 30 % pour la production de capsules, ce qui nous permet de dégager les tendances générales. Ces résultats confirment et quantifient les observations ultérieures concernant le contrôle génétique de la fructification (Wilson *et al.*, 1989).

Concernant le taro et l'igname, les essais paysans montrent que, contrairement à ce que l'on pensait, ces plantes peuvent germer dans des conditions édaphiques peu optimisées (semis en plein champ). En effet, les graines de taro plantées pendant la saison sèche ont germé en plein champ et dans des pépinières peu entretenues pourvu qu'elles soient à l'ombre.

5.2.2 Utilité pour le développement

La revue des contraintes liées au fonctionnement des exploitations apparaît rarement dans la bibliographie concernant les graines de plantes à racines et tubercules, or elle s'avère fructueuse puisqu'elle met à jour de grandes différences quant à l'aptitude des exploitations à adopter la pratique innovante considérée. Il apparaît donc qu'une étude préalable du degré d'intensification des exploitations soit utile afin de cibler celles qui sont le moins intensives et donc a priori les plus aptes à adopter la technique. Comme nous l'avons vu, au sein de chaque village ce degré

d'intensification est assez homogène, il suffirait donc de cibler des zones où les exploitations présentent ces caractéristiques pour y diffuser la technique en priorité.

La diffusion des innovations techniques est particulièrement difficile au Vanouatou. En effet, le pays est fortement morcelé et le transport entre les îles est irrégulier et coûteux. Le Service de l'Agriculture peut donc difficilement se permettre d'envoyer des formateurs dans toutes les îles.

Le second problème se situe au niveau culturel. En effet, le savoir ne diffuse pas du tout entre les individus, parfois même au sein d'une même famille. Ainsi, il est fort probable que le nombre de personnes qui seront aptes à mettre en œuvre la nouvelle pratique n'excédera pas le nombre de personnes qui y auront été formées. Il est également très difficile d'organiser l'action collective et de faire fonctionner de réels groupes de travail. Cette approche serait pourtant fructueuse car si plusieurs producteurs se regroupent, il leur est possible d'évaluer ensemble un grand nombre d'hybrides et la probabilité d'avoir des individus de bonne qualité est plus grande que si un seul producteur évalue un nombre restreint d'hybrides.

Une solution pour la diffusion de la pratique pourrait être l'organisation de journées de formation regroupant des producteurs de plusieurs zones. Cela a déjà été réalisé soit en envoyant un formateur dans les îles, soit en organisant une journée au CTRAV. Cependant, l'expérience montre qu'un petit nombre d'agriculteurs met réellement en œuvre la production et l'utilisation de graines. Il semble donc nécessaire de les accompagner à faire le premier pas en réalisant des pépinières avec eux ou encore en mettant en place des parcelles polyclonales, mais cela requiert un suivi supplémentaire que le Service de l'Agriculture ne semble pas prêt à assumer.

Un moyen de motiver les producteurs pour la création variétale serait de leur donner un objectif en organisant une « foire aux hybrides » où ils viendraient présenter leurs meilleurs hybrides et qui pourrait aussi donner lieu à de l'échange de matériel végétal. Cela permettrait de valoriser et de faire connaître la création variétale au plus grand nombre.

Enfin, les expériences précédentes montrent que dans la plupart des communautés, il existe des individus « hors norme » qui sont fortement intéressés par les innovations. Ainsi, nous avons pu observer que certains producteurs se passionnent pour la création variétale et sont prêts à y consacrer beaucoup de temps et d'énergie. Il est nécessaire de cibler ces individus en priorité, mais leur identification est difficile. Il s'agit souvent d'individus qui cherchent des informations auprès du Service de l'Agriculture et sont donc généralement connus par les vulgarisateurs dans les zones où ils sont présents.

Cependant, même si un faible nombre d'individus sont formés et s'investissent dans la création variétale, la diffusion du matériel végétal, elle, par contre, est très intense comme l'ont montré les études de génétique moléculaire et de sciences humaines. Ainsi, même si la création variétale est réalisée par un petit nombre d'individus, les nouvelles variétés diffuseront rapidement et sur de grandes distances via les réseaux d'échanges traditionnels. Il semble donc que l'accent doit être mis sur l'identification des agriculteurs « innovateurs » qui seront prêts à s'investir dans la création variétale plutôt que sur la formation du plus grand nombre, qui semble difficile et peu fructueuse.

5.3 Travaux à poursuivre

La durée de cette étude était limitée à six mois. Plusieurs aspects essentiels n'ont pu être abordés en détail et nécessiteraient une étude ultérieure. Il s'agit premièrement du nombre de nouveaux cultivars créés par les producteurs pilotes de cette étude, c'est-à-dire le nombre d'hybrides qu'ils ont conservé et multiplié. Cette évaluation ne pourra se faire qu'après au moins deux cycles de culture. Elle est nécessaire pour obtenir l'efficacité globale de la technique. Une revue des critères de sélection serait également très instructive pour orienter les travaux ultérieurs.

Il serait également intéressant de se pencher sur des aspects économiques. En effet,

l'avantage que retirent les producteurs à diversifier leur matériel végétal est mal connu et doit être pris en considération au cas par cas. Cet avantage ne sera pas le même selon que les producteurs commercialisent ou pas leur production. Il peut aussi s'agir d'avantages tels que la possibilité d'exploiter des sols pauvres, la résistance aux maladies ou aux aléas climatiques. L'avantage que confère la pratique innovante à l'échelle de l'exploitation, réalisée sous la forme d'une analyse « coût-bénéfice » ne peut être évaluée qu'après plusieurs cycles de sélection.

Au cours de cette étude, toutes les espèces n'ont pu être abordées dans le détail. Par contre, nous avons pu identifier de nouvelles pistes de recherche :

- Pour la patate douce, davantage d'informations seraient nécessaires concernant les étapes avancées de pépinière, c'est-à-dire la croissance et surtout la transplantation. Il serait également intéressant d'évaluer les différences de qualité entre descendances.

- Chez le taro, l'identification des cultivars locaux florifères et des croisements permettant de produire des descendances de bonne qualité serait utile. Cela permettrait en effet, soit de produire les descendances en station, soit de recommander des parents et des croisements aux producteurs.

- Chez le manioc, une confirmation des essais préliminaires concernant la levée de dormance par la chaleur serait nécessaire mais les contraintes techniques sont telles qu'il est peu probable qu'ils tentent de « chauffer » leurs graines. De plus, la présence de nombreux sauvageons les détourneraient certainement de la production de graines. Par contre, un travail intéressant pourrait être fait sur l'identification des géniteurs, en particulier les mâles stériles. Ceci étant dit, les informations disponibles dans la bibliographie sont très faibles et il serait certainement utile de mieux cerner ce sujet : existe-il vraiment une corrélation claire entre stérilité mâle et fructification ?

- Chez l'igname, la seule expérience participative montre un certain potentiel mais elle est insuffisante pour conclure à la possibilité de produire des hybrides chez les producteurs. Il y a encore beaucoup à faire sur ces espèces (surtout *D. alata* et *D. cayenensis-rotundata*).

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La question scientifique à la base de cette étude est de savoir si : 1. La production de graines de plantes à racines et tubercules est possible et performante dans les parcelles des agriculteurs. 2. L'utilisation de descendances hybrides sous forme de graines est un moyen efficace pour diffuser de nouveaux génotypes adaptés aux conditions locales et aux attentes des agriculteurs.

Cette étude a permis de mettre à jour les principales contraintes et atouts relatifs à la production et de l'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules par les agriculteurs. Ceux-ci se situent à plusieurs niveaux : celui de l'exploitation, celui de la plante, mais aussi sur le plan humain.

- Au niveau de l'exploitation, bien que nous n'ayons pu aborder qu'un échantillon peu représentatif de l'immense diversité présente au Vanouatou, nous avons pu remarquer que toutes les exploitations n'ont pas le même fonctionnement. Cela reflète les atouts et les contraintes qui les caractérisent. Le degré d'intensification des exploitations, généralement lié à l'importance des cultures de rente, semble être un facteur à considérer attentivement pour la diffusion de la technique innovante considérée. En effet, les exploitations les plus intensives sont celles qui disposent du moins de foncier et de temps disponible. L'analyse des essais participatifs tend à confirmer ces conclusions puisque le suivi de la part des agriculteurs a été moindre dans les systèmes les plus intensifs. Toutes les exploitations ne sont donc pas égales et elles n'ont pas toutes la même aptitude à adopter cette technique.

- Au niveau de la plante, les essais menés sur les cinq principales espèces cultivées montrent toute la complexité de leur reproduction sexuée. Toutes les espèces ne sont pas égales sur ce plan, et cela se reflète dans les connaissances des agriculteurs dans ce domaine. Le manioc possède une biologie reproductive active, la production spontanée d'hybrides est courante et les agriculteurs sont familiers avec celle-ci. Ce n'est pas le cas pour les autres espèces qui sont moins bien connues des agriculteurs sur ce plan, excepté parfois le taro.

Nos résultats suggèrent également qu'il existe un réel contrôle génétique pour la fructification. Le choix des génotypes pour la production de graines est donc de première importance. On observe aussi que le choix des parents lors de croisements détermine la qualité des descendances. Chez le taro et l'igname qui possèdent un fardeau génétique considérable et dont le croisement contrôlé est relativement aisé, cette piste doit donc être exploitée afin de proposer aux agriculteurs des croisements donnant lieu à une forte proportion d'hybrides de bonne qualité.

Concernant la production de graines « à la ferme », nous avons vu que la patate douce peut fructifier assez abondamment lorsque l'on choisi des génotypes adaptés, et qu'on l'implante assez précocement dans une parcelle bien ensoleillée. Si ces facteurs ne sont pas réunis, la fructification est erratique. Cependant, la proportion de graines viables est très faible chez cette espèce et oblige donc à une multiplication clonale des individus pour maximiser la production. Le manioc fructifie aisément et presque toutes les variétés sont fructifères, mais une forte proportion de graines ne semble pas viable. Le potentiel de multiplication sexuée est donc relativement réduit chez ces deux espèces lorsqu'un faible effectif est cultivé. Chez le taro en revanche, si de nombreux cultivars ne fleurissent pas et si la floraison est généralement peu abondante, son potentiel de multiplication sexuée reste malgré tout élevé car chaque inflorescence produit des centaines de graines. L'igname est probablement l'espèce la moins adaptée à la production de graines « à la ferme » puisque des contraintes cytologiques et liées à la biologie florale rendent la production de graines difficilement maîtrisable par les agriculteurs (identification préalable de niveaux de ploïdie compatible et de pieds mâles et femelles).

Concernant l'utilisation de graines, l'étape de germination des graines a donné de bons résultats et semble aisément maîtrisable par les agriculteurs, surtout pour les aracées et l'igname. La patate douce et surtout le manioc, ont un faible taux de germination, elles sont donc moins adaptées à l'utilisation « à la ferme ». La croissance en pépinière pose problème car pour la

plupart, les producteurs ne réalisent pas un arrosage suffisamment régulier. Il est donc préférable de superposer cette étape avec la saison humide et de choisir un substrat et un contenant qui limitent le dessèchement. La transplantation pose peu de problèmes, même à un stade précoce (deux à trois feuilles), tant que les plantules sont arrosées régulièrement et placées dans une zone légèrement ombragée.

Enfin, concernant le calendrier, il semblerait plus judicieux de réaliser les étapes clefs de pépinière et de transplantation en dehors de la saison sèche. En effet, les précipitations pallient à l'arrosage irrégulier. D'autre part, dans les exploitations spécialisées sur les ignames, il faut éviter les mois d'août à octobre correspondant à l'ouverture des jardins et à la plantation ainsi que les mois d'avril et mai coïncidant avec la récolte. En effet, les agriculteurs sont très occupés pendant ces périodes et peu enclins à veiller quotidiennement sur la pépinière. Les périodes festives, comme fin-juillet, doivent également être évitées car les vanouatais se rendent généralement dans leur famille à cette période et les pépinières sont laissées à l'abandon.

L'évaluation et la sélection des hybrides sont les principales étapes contraignantes. En effet, les expériences en station montrent que le pourcentage d'individus éligibles est très faible (moins de 10%) chez l'igname et le taro. Bien que les agriculteurs semblent moins exigeants, il est probable que cette étape soit le principal frein au développement de cette pratique.

Enfin, sur le plan humain, les principaux atouts pour la diffusion de cette technique sont d'une part, l'intérêt des vanouatais pour la diversité des espèces cultivées et d'autre part leur motivation pour acquérir de nouvelles connaissances. Cependant, on se heurte aussi à plusieurs autres difficultés. Ce savoir n'est souvent pas mis bien en œuvre. En effet, le suivi et l'attention quotidiens nécessaires à la manipulation du matériel séminal représentent une réelle contrainte pour la plupart des agriculteurs. Seuls certains individus particulièrement motivés mènent à bien ces travaux. D'autre part, le manque de cohérence collective et le fait que les connaissances ne diffusent pas entravent à la fois l'efficacité et la diffusion de cette technique.

A l'issue de cette étude, il semble que ces facteurs soient décisifs pour le développement de la technique. Des trois types de contraintes identifiées, celles qui relèvent du facteur humain supplantent vraisemblablement les contraintes liées à la complexité de la reproduction sexuée et celles liées au fonctionnement des exploitations.

Afin de contourner ces obstacles, plusieurs solutions seraient envisageables :

1- Il serait possible de se tourner vers les écoles et de les utiliser comme « relais ». En effet, dans le cadre des cours de science naturelle, les enfants peuvent réaliser toutes les étapes depuis la production de graines jusqu'à leur utilisation et la sélection des hybrides. Il s'agit d'un excellent support pédagogique et l'on s'affranchit des problèmes de disponibilité des agriculteurs. D'autre part, le suivi des essais sera probablement beaucoup plus rigoureux et régulier. Par ailleurs, le nombre d'hybrides évalués par une classe ou une école peut être beaucoup plus élevé que lorsqu'il s'agit d'un agriculteur. Enfin, la formation des enseignants est aisée étant donné qu'ils possèdent des connaissances de base en science naturelle, la compréhension des enjeux est également facilitée.

2- Une autre possibilité serait de distribuer le matériel séminal à un stade assez tardif. Par exemple, des descendances de taro ou encore de manioc et de patate douce peuvent être semées et élevées en pépinière « en station », au CTRAV ou ailleurs sur les petites stations du Service de l'Agriculture. Elles pourraient ensuite être envoyées aux agriculteurs lorsque les individus mesurent une quinzaine de centimètres et sont assez robustes pour être transplantées directement au champ. Cela réglerait le problème de l'entretien de la pépinière. Sous cette forme, le transport reste relativement aisé et peu coûteux mais il doit être rapide pour la conservation des plantes. Pour l'igname en revanche, cela est moins facile à mettre en œuvre. Pour cette espèce, il pourrait être envisagé de produire en station de petits tubercules de semence de quelques grammes comme cela a été fait chez la pomme de terre. Leur transport serait ainsi bien plus aisé. Il serait donc possible d'envisager des journées de formations de vulgarisateurs (comme d'instituteurs) qui apprendraient les techniques pour ensuite les reproduire et disséminer dans leurs îles respectives.

Si ces travaux montrent que le développement de cette pratique au Vanouatou est envisageable à certaines conditions, on peut se poser la question de son potentiel de développement dans d'autres régions du monde. En effet, les agriculteurs vanouatais disposent de sols et d'un climat plutôt favorables et ils assurent dans leur grande majorité une production alimentaire suffisante voire excédentaire. Cela n'est pas le cas de tous les agriculteurs qui dépendent des plantes à racines et tubercules pour leur alimentation. Les agriculteurs les plus défavorisés sont ils disposés à consacrer du temps à la diversification de leur matériel végétal ? Il semble que cela soit le cas. L'exemple le plus probant est celui de l'igname au Bénin. En effet, la pratique d'ennoblissement qui consiste à prélever et sélectionner des hybrides spontanés d'ignames dans la savane pour diversifier le matériel végétal est pratiquée essentiellement par les agriculteurs les plus pauvres et qui possèdent le moins de foncier.

Dans les zones où le matériel végétal est de mauvaise qualité ou atteint par des virus, il est probable que les agriculteurs sont prêts à consacrer davantage de temps et d'énergie à la création variétale, alors qu'au Vanouatou les variétés locales ont en général un rendement acceptable et la production alimentaire n'est pas un problème. Il est donc probable que cette technique ait également un potentiel dans des régions moins favorisées de ce point de vue que le Vanouatou car les agriculteurs verront un intérêt à plus court terme pour cette pratique. Il ne faut cependant pas perdre de vue que les étapes de pépinière sont difficilement envisageables dans les zones arides en raison de la nécessité d'un arrosage quotidien, à moins qu'elles ne coïncident avec une saison pluvieuse. Par ailleurs, des exploitations dont le foncier est réduit et qui ont des difficultés pour assurer leur alimentation seront probablement peu intéressées pour tester des hybrides dont le rendement n'est pas assuré. Veiller à assurer une bonne qualité des croisements sera particulièrement essentiel dans ces cas.

La création variétale de plantes à racines et tubercules par les agriculteurs a été peu étudiée jusqu'à présent. Cette étude montre qu'elle présente un réel potentiel qui ne se limite pas au Vanouatou. Cette technique mérite donc d'être envisagée dans les zones où le matériel végétal est peu productif et où les agriculteurs ne bénéficient pas de filière semencière adaptée. Les travaux de Gibson *et al.* (2008) confirment que la sélection par les agriculteurs directement à partir de descendances présente un grand potentiel puisque ceux-ci n'ont pas les mêmes critères de sélection que les chercheurs. Distribuer des descendances sous forme clonale « mature » est coûteux et pose de nombreux problèmes de logistique. En revanche distribuer des descendances sous forme de graines est beaucoup plus aisé. La production de graines peut être réalisée par les agriculteurs eux-mêmes, cependant elle requiert plus ou moins de technicité selon les espèces et il est préférable de la réaliser en station de recherche dans certains cas. La fructification est peu abondante chez certaines espèces, mais il est possible de faire de grands progrès dans ce sens en travaillant sur l'amélioration génétique.

La distribution du matériel végétal sous forme de graines est très simple. Des milliers des graines peuvent être envoyées dans une simple enveloppe, il est ainsi possible d'atteindre un grand nombre de producteurs. Cette technique semble donc être un puissant outil de diffusion de matériel végétal, permettant ainsi de contribuer à la conservation de l'agrobiodiversité.

Dans le contexte actuel de changement climatique, les plantes à multiplication végétative sont particulièrement vulnérables puisque l'absence de reproduction sexuée freine considérablement leur réactivité d'adaptation. Or des millions de personnes dépendent de ces plantes, en particulier dans les zones insulaires du Pacifique qui sont les premières à être touchées par ces changements. Les plantes à racines et tubercules ne disposent pas de filière d'amélioration dans ces pays et les instituts de recherche et développement manquent considérablement de moyens. De plus, dans ce milieu fragmenté, la diffusion de nouveaux cultivars est beaucoup trop coûteuse pour être assurée par ces organismes. En revanche, la création variétale « à la ferme » via l'utilisation de graines, est peu coûteuse. Le développement de cette technique permettrait d'accélérer considérablement le processus d'adaptation des plantes à racines et tubercules, et donc de donner une chance à ces pays d'assurer leur sécurité alimentaire dans les années à venir.

ANNEXES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abraham K. 1992. Dormancy and viability of *Dioscorea alata* seeds. *Journal of Root Crops* 18(2) : 142-143

Abraham K. 1997. Flowering deficiencies and sterility preventing natural seed set in *Dioscorea alata* cultivars. *Tropical Agriculture* 74(4) : 272-276

Abraham K., Nair S.G., Sreekumari M.T, Unnikrishan M. 1986. Seed set and seedling variation in greater yam (*Dioscorea alata*). *Euphytica* 35 : 337-343

Abraham K., Nair P.G. 1990. Floral biology and artificial pollination in *Dioscorea alata* L. *Euphytica* 48 : 45-51

Abraham K. et Nair P.G. 1991. Poliploidy and sterility in relation to sex in *Dioscorea alata* L. (Dioscoreaceae). *Genetica* 83 : 93-97

Allen B.J., Bourke R.M. 2000. The 1997 drought and frost in PNG : overview and policy implications. ACIAR proceeding of the Papua New Guinea food and nutrition 2000 conference CIAR proceeding n°99 pp 155-163

Almekinders C.J.M. 1991. Flowering and true seed production in potato (*Solanum tuberosum* L.). Effects of stem density and pruning of lateral stems. *Journal of Potato Research* 34(4) : 379-388

Alves A.A.C. 2002. Cassava botany and Physiology. In Hillocks R.J., J.M. Tresh and A.C. Bellotti. Cassava: Biology, Production and Utilization. Chapter 5 pp 67-77. CAB International

Bedford S. 2006. Pieces of the Vanuatu puzzle: Archaeology of the North, South and Centre (Pandanus Books Research School of Pacific and Asian Studies the Australian National University, Canberra)

Bhatt A. K., Bhalla T. C., Agrawal H. O. and Upadhyay M. D. 1989. Effect of seed size on protein and lipid contents, germination and imbibition in true potato seeds. *Journal of Potato Research* 32(4) : 477-481

Bofu S., Yu Q.D., Vander Zaag P. 1987. True potato seed in China: Past, Present and Future. *American Potato Journal* 64 (6): 321:327

Barrau J. 1958. Subsistence agriculture in Melanesia. Eds. Bishop Museum, Honolulu.

Bourrieau M. 2000. Valorisation des racines et tubercules tropicaux pour l'alimentation humaine en Océanie. Le cas du laplap au Vanuatu. Mémoire de Master ENSIA-SIARC, Montpellier, France.

Caillon S., Lanouguère-Bruneau V. 2005. Ethnoécologie en Océanie : Gestion de l'agrobiodiversité dans un village de Vanua Lava (Vanuatu) : stratégies de sélection et enjeux sociaux. *Journal de la société des océanistes*, 120-121 (1) : 129-148

Caillon S., Quero-Garcia J., Lescure J.-P., Lebot V. 2006. Nature of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) genetic diversity prevalent in a Pacific Ocean island, Vanua Lava,

Vanuatu. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53 : 1273-1289

Camus P. 2009. Evaluation d'une méthode de conservation dynamique de l'agrobiodiversité de plantes à racines et tubercules au Vanouatou: conservation à la ferme. Mémoire de fin d'études – Ingénieur ISTOM.

Chilver A.S., Walker T.S., Khatana V.S., Fano H., Suherman R., Rizk A. 1999. On-farm profitability of True Potato Seed (TPS) utilization technologies. CIP working paper. Lima.

Convention on Bio Diversity. 1992. Préambule.

CIP publication, 1983. True potato seeds, an alternative for potato production. CIP slide training, series III-1

CIP, 1996. Chacasina : true seed in the Andes. International Potato center annual report 1996 pp. 27-28

Dagnelie P. 1973. Théorie et méthodes statistiques Vol.2. Eds. Les presses agronomiques de Gembloux. pp. 138-145.

Duputié A., David P., Debain C., McKey D. 2007. Natural hybridization between a clonally propagated crop, cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and a wild relative in French Guiana. *Molecular Ecology* 16: 3025-3038

Duputié A., Massol F., David P., Haxaire C., McKey D. 2009. Traditional Amerindian cultivators combine directional and ideotypic selection for sustainable management of cassava genetic diversity. *Journal of Evolutionary Biology* 22 : 1317-1325

Elias M., Santos Mühlen G., McKey D., Roa A.C., Tohme J. 2004. Genetic diversity of traditional south american landraces of cassava (*Manihot esculenta* Crantz): an analysis using microsatellites. *Economic Botany* 58(2) : 242-256

Fuglie K.O., Do N.T.B., Dao C.H., Nguyen H.T. 2000. Economic returns to research on true potato seed in Vietnam. CIP Program report 1999-2000. Lima.

Fullerton R.A., Tyson J.L. 2004. The biology of *Phytophthora colocasiae* and implications for its management and control. Third taro symposium. Fiji Islands, Secretariat of the Pacific Community.

Gibson R.W., Byamukana E., Mpenbe I., Kayongo J., Mwangi R.O.M. 2008. Working with farmers groups in Uganda to develop new sweet potato cultivars: decentralization and building on traditional approaches. *Euphytica* 159 (1/2) : 217-219

Glendinning D.R. 1979. Enriching the potato gene pool using primitive cultivars. In: proceedings of Conference on the Broadening of the genetics base of crops. PUDOC, Wageningen, Hollande. Pp. 39-45.

Golmirzaie A., Ortiz R. 2002. Inbreeding and true seed in tetrasomic potato. III. Early selection for seedling vigor in open-pollinated populations. *Theoretical and Applied Genetics* 104(1) : 157-160

Green R.C. in Brown C., Bourke R.M, Harwood T. 2005. The Sweet Potato in Oceania : A reappraisal, Eds Ballard (Centatime, Sydney), pp 43-62.

Hocdé H., Triomphe B. 2006. L'expérimentation en milieu paysan. Le Mémento de l'Agronome. Eds. CIRAD-GRET. 1691 p.

Ivancic A., Lebot V. 2000. The genetics and breeding of taro. Eds. CIRAD. 194 p.

Iwama K., Yoshinaga M., Kukimura H. 1990. Dry matter production of sweet potato in true seed planting culture. *Japanese journal of crop science* 59(1) : 146-152

Jahier J. 1992. Techniques de cytogénétique végétale. Ed. INRA. p.102

Johnston M., Gendua P.A. 1998. The growth performance of taro (*Colocasia esculenta*) grown from true seed. *Tropical Agriculture* 75 (1): 13-17.

Khan A. 2004. Development of hybrid and open-pollinated true potato seed in NW Pakistan. Thèse de doctorat. Faculty Of Crop Production Sciences/ N.W.F.P. Agricultural University

Lebot V. 1992. Genetic vulnerability of Oceania's traditional crops. *Experimental Agriculture*, 28 (3): 309-323.

Lebot V., Ivancic A., Abraham K. 2005. The geographical distribution of allelic diversity, a practical means of preserving and using minor root crop genetic resources. *Experimental Agriculture* 41 :475- 489.

Lebot V. 2009. Tropical root and tuber crops. Eds. CABI. 413 p.

Morelli C. 2003. Evaluation des performances agronomiques des jardins au Vanuatu. Estimation de leur durabilité agroécologique et proposition d'intensification par association aux cocoteraies. Mémoire de fin d'études – Ingénieur ENSA Rennes.

National Statistics Office. 2000. The 1999 Vanuatu National Population and Housing Census, Main Report, Port – Vila, Vanuatu.

National Statistics Office. 2008. Census of agriculture 2007 Vanuatu. Port – Vila, Vanuatu

Ogburia M.N., Okele K. 2001. Hybrid seed production in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) after natural and artificial pollination in a humid agroecological zone. *Acta Agronomica Hungarica* 49(4): 361-367

Ortiz R., 1997. Breeding for potato production from true seed. *Plant Breeding Abstracts* 67(10) : 1355-1360

Pallais N., Fong N., Garcia R., Santos-Rojas J. 1990. Factors affecting seedling vigor in potatoes: II. Genotype, dormancy, and pre-sowing treatments. *American Journal of Potato Research* 67(2) : 109-119

Potts M.J., Watson G.A., Sinung-Basuki R., Gunadi N. 1992. Farmer experimentation as a basis for cropping systems research: a case study involving true potato seeds. *Exploratory Agriculture* 28 : 19-29

Prain G., Piniero M. 1998. Communal conservation of rootcrop genetic diversity in Southern Philippines. www. FAO. org

Price T.V, Poka K., Bogarei G., Chan A., Okpul T. 2007. Effect of seed storage under ambient and cold temperatures on germination of taro seed (*Colocasia esculenta*). *Seed science and technology* 35 : 674-687.

Pujol B., Gigot G., Laurent G., Pinheiro-Kluppel M., Elias M., Hossaert-McKey M., McKey D. 2002. Germination ecology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) in traditional agroecosystems : seed and seedling biology of a vegetatively propagated domesticated plant. *Economic botany* 56(4) : 366-379

Quiros C.F., Ortega R., van Raamsdonk L., Herrera-Montoya M., Cisneros P., Schmidt E., Brush S.B. 1992. Increase of potato genetic resources in their center of diversity: the role of natural outcrossing and selection by the Andean farmer. *Genetic Resources and Crop Evolution* 39: 107-113

Rajendran P.G., Ravindran C.S., Nair S.G., Nayar T.V.R., 2000. True cassava seeds (TCS) for rapid spread of the crop in non-traditional areas. Central Tuber Crops Research Institute, CTCRI, Trivandrum, Kerala, India.

Rajendran P.G., Mohan C., Sreekumar J. 2005. Standardisation of true cassava seed (TCS) programme with special emphasis on more homogeneous, CMD resistant progenies. *Euphytica* 142 :13-22

Roulier C., McKey D., Lebot V. 2008. Traditional management of an exotic species (*Manihot esculenta*) genetic diversity involving in situ selection of seedlings in an insular environment (Vanuatu, Melanesia). Rapport d'activité FFEM 2008 pp: 84-102

Sardos J., Malapa R., McKey D., Noyer J-L , Lebot V. 2007. Evolution of Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) after recent introduction into a south pacific island system : the contribution of sex to the diversification of a clonally propagated crop. Rapport d'activité FFEM 2007 pp. 42-63

Sardos J., Noyer J.L., Malapa R., Lebot V. 2008. Le cas de la grande igname (*Dioscorea alata* L.) au vanouatou). Rapport d'activité FFEM 2008 : 115-122

Sardos J. 2008. Conditions du maintien de la biodiversité des plantes à racines et tubercules cultivées au Vanouatou : diversités spécifiques et variétales et gestion de ces diversités. Thèse de doctorat. Centre international d'Etudes supérieures en Sciences Agronomiques, Montpellier, France.

Scarcelli N., Tostain S., Vigouroux Y., Abangla C., Dainou O., Pham J.L. 2006. Farmers' use of wild relative and sexual reproduction in a vegetatively propagated crop. The case of yam in Benin. *Molecular Ecology* 15(9) : 2421-2431

Siméoni P. 2009. Atlas du Vanouatou. Eds Géo-Consulte. 392 p.

Simmonds N. W. 1997. A review of potato propagation by means of seeds, as distinct from clonal propagation by tubers. *Potato Research* 40(2) : 191-214

Thiele G., Gardner G., Torrez R., Gabriel J. 1997. Farmer involvement in selecting new varieties : potatoes in Bolivia. *Experimental Agriculture* 33 : 275-290

Thiele G., van de Fliert E., Campilan D. 2001. What happened to participatory research at the International Potato Center ? *Agriculture and Human Values* 18 : 429-446

Vijaya Bai K., Jos J.S. 1986. Female fertility and seed set in *Dioscorea alata* L. *Tropical Agriculture* 63(1) : 7-10

Walter A., Lebot V. 2003. Jardins d'Océanie. IRD éditions- CIRAD. 325 p.

Wiersema S.G. 1984. The production and utilization of seed tubers derived from true potato seed. Thèse de doctorat. CIP, Lima, Perou.

Wiersema S.G. 1986. A method of producing seed tubers from true potato seed. *Journal of Potato Research* 29(2) : 225-237

Wilson J.E., Pole F. S., Smit N., Taufatofua P. 1989. Sweet potato breeding. IRETA publication, N° 1/89

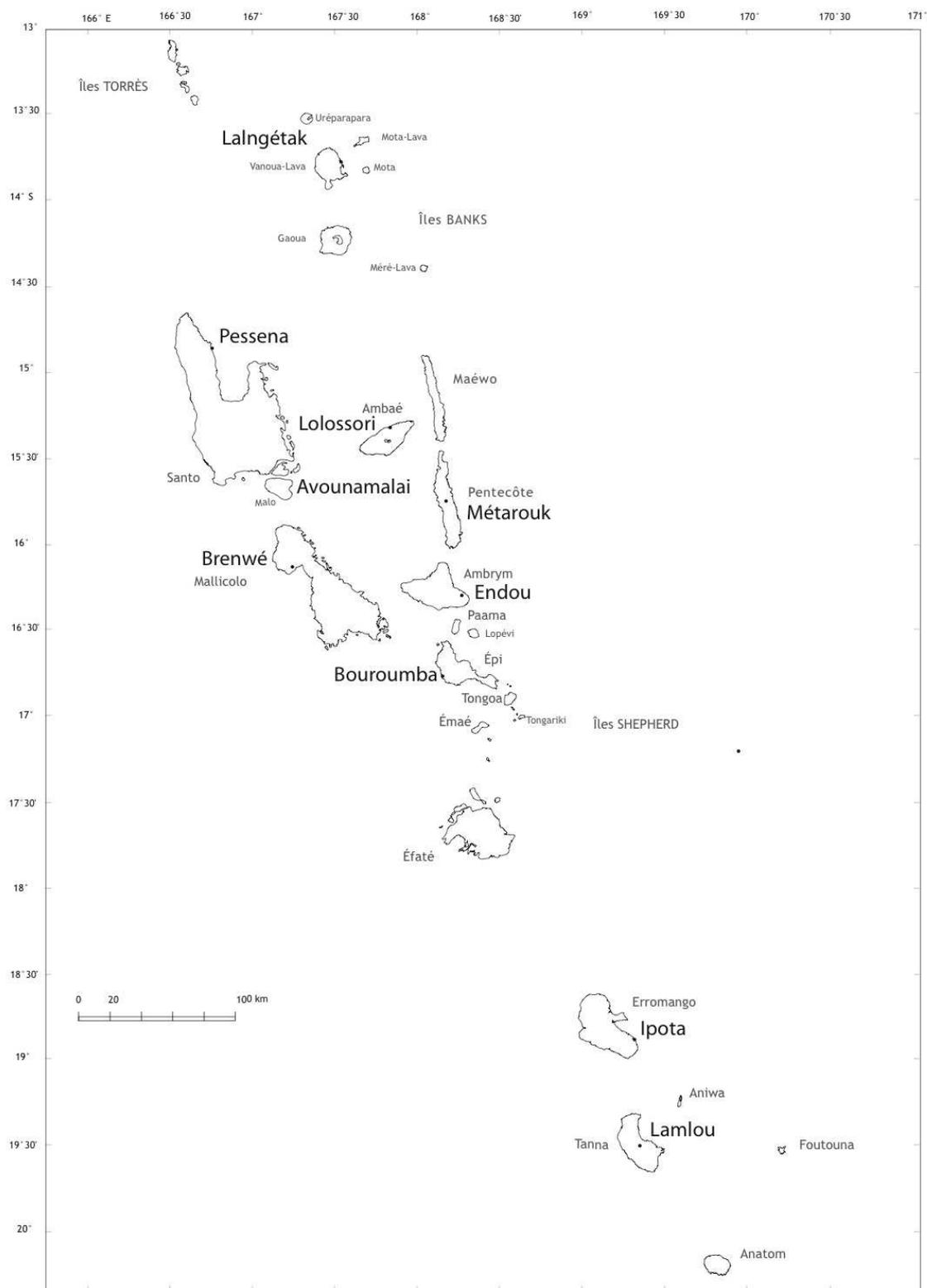
Zandstra H., 2006. True potato seed. Publication IDRC Corporate Awards 2004-2005

Liste des figures

Figure 1.	Facteurs déterminant l'aptitude d'une exploitation agricole à adopter durablement la production et l'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules _____	11
Figure 2.	Composantes de la performance de la technique _____	25
Figure 3.	Divers types de jardins : _____	60
Figure 4.	Plan type des parcelles paysannes _____	68
Figure 5.	Pluviométrie avec le calendrier des expérimentations _____	70
Figure 6.	Photos des essais paysans. _____	71
Figure 7.	Stades avancés des expérimentations ultérieures à l'étude _____	72
Figure 8.	Observation microscopique (X20) de grains de pollen de manioc _____	74
Figure 9.	Résultats du sondage réalisé lors de la prospection du projet FFEM _____	76
Figure 10.	Résultat des enquêtes menées sur 39 personnes _____	76
Figure 11.	Répartition des exploitations agricoles selon la proportion du temps de travail consacré au jardin vivrier et selon le ratio durée de jachère sur durée de culture _____	79
Figure 12.	Construction de la typologie _____	79
Figure 13.	Fructification moyenne de la patate douce (essais paysans) _____	80
Figure 14.	Résultats de l'évaluation de la population d'hybrides d'igname _____	83
Figure 15.	Dynamique de floraison et de fructification chez la patate douce _____	85
Figure 16.	Nombre moyen de fleurs et de capsules pour 38 accessions de patate douce _____	86
Figure 17.	Régression entre le rendement et la fructification chez le manioc _____	87
Figure 18.	Corrélation entre pourcentage de pollen stérile et fructification chez le manioc _____	88
Tableau 1.	Caractéristiques des sites d'étude _____	22
Tableau 2.	Récapitulatif des essais menés en station, chez les producteurs, et des enquêtes. _____	24
Tableau 3.	Echantillonnage des exploitations pilotes _____	30
Tableau 4.	Définition et caractérisation des classes de fonctionnement des exploitations _____	32
Tableau 5.	Principales difficultés rencontrées à chaque étape _____	37
Tableau 6.	Récapitulatif des essais participatifs menés chez les producteurs _____	68
Tableau 7.	Accessions implantées par les producteurs _____	68
Tableau 8.	Récapitulatif des ANOVA réalisées pour les expérimentations paysannes _____	69
Tableau 9.	Matériel séminal distribué _____	69
Tableau 10.	Plan de la parcelle polyclonale de patate douce du CTRAV _____	73
Tableau 11.	Récapitulatif des ANOVA réalisées pour les expérimentations en station _____	74
Tableau 12.	Résultats des essais paysans pour les étapes de pépinière _____	80
Tableau 13.	Synthèse des essais participatifs menés sur le manioc _____	81
Tableau 14.	Synthèse des essais participatifs menés sur l'igname _____	81
Tableau 15.	Résultats des essais participatifs menés sur la patate douce _____	82
Tableau 16.	Résultats des essais participatifs menés sur le taro _____	82
Tableau 17.	Description des descendance de macabo _____	83
Tableau 18.	Evaluation du suivi des expérimentations par les producteurs _____	84
Tableau 19.	Récapitulatif du taux de multiplication par graines de la patate douce _____	86
Tableau 20.	Récapitulatif du taux de multiplication par graines du manioc _____	88

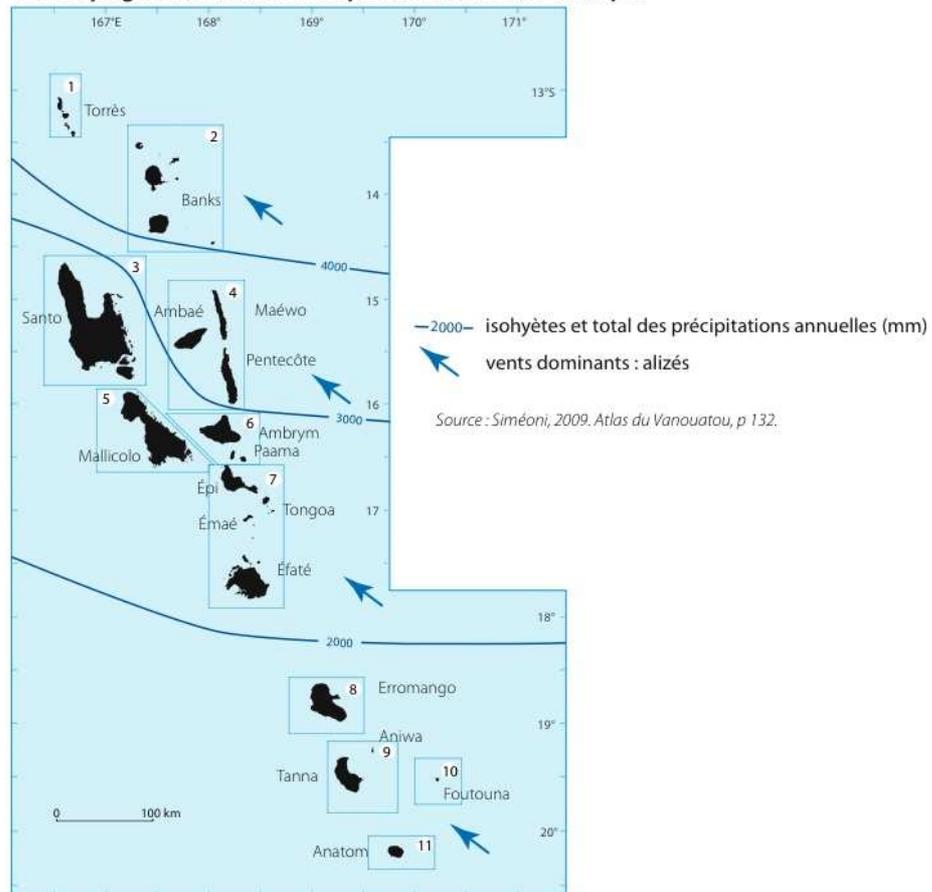
Annexe 1. Carte du Vanouatou

En gras apparaissent les villages pilotes du projet « préservation et utilisation des plantes à racines et tubercules du Vanouatou »

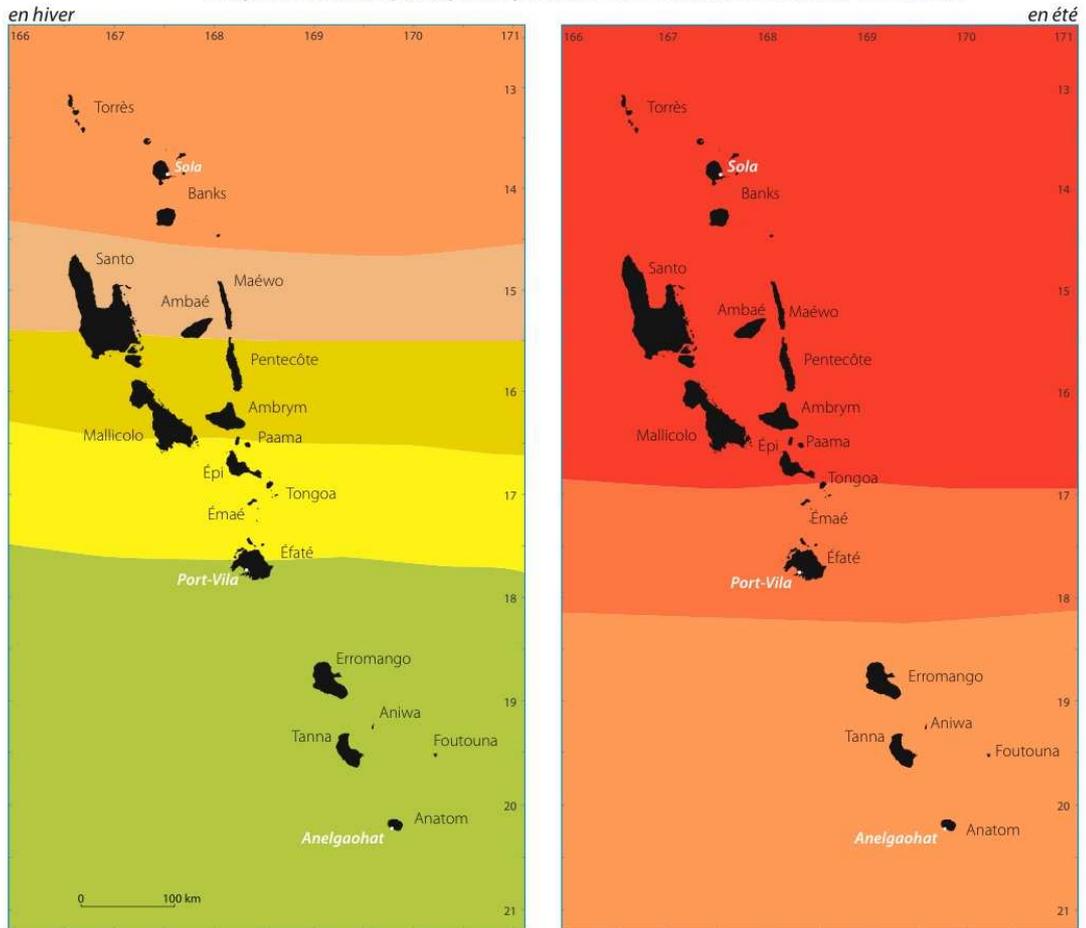


Annexe 2. Climat de l'archipel

Découpage latitudinal de la pluviométrie de l'archipel



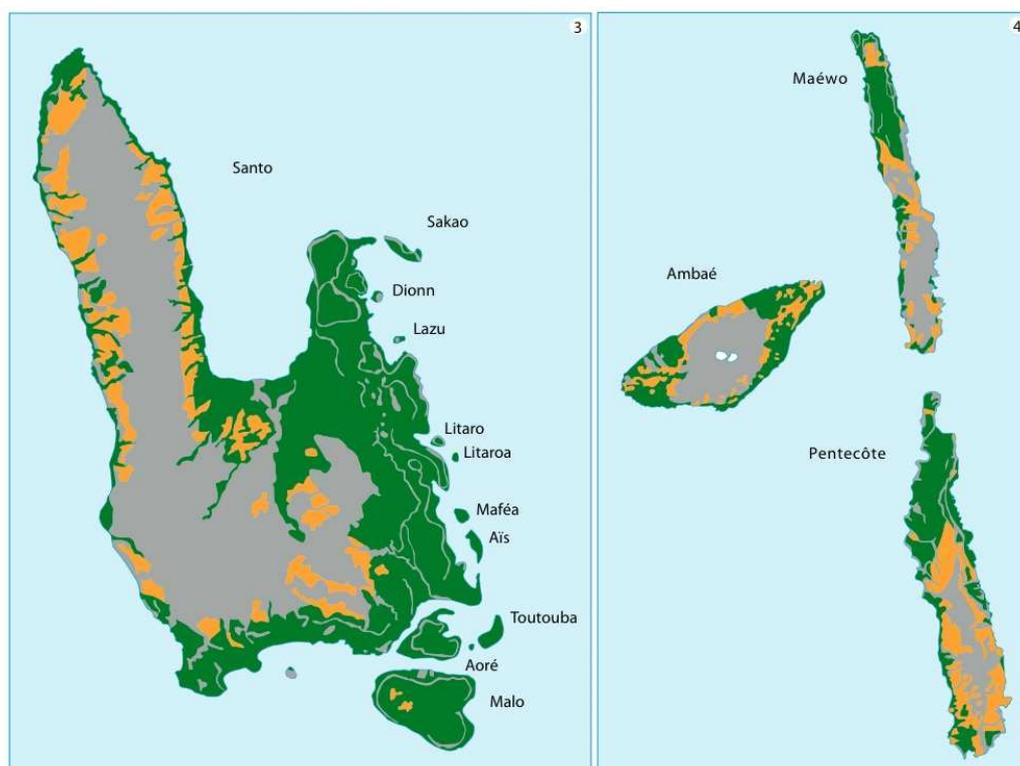
Température atmosphérique moyenne de basse altitude en fonction des saisons



Source : Siméoni, 2009. Atlas du Vanouatou, p 131.

Annexe 3. Potentialités agronomiques de la zone d'étude

Potentialités agronomiques



potentialité bonne

Sols très fertiles à moyennement fertiles. Quelques contraintes restreignent les aptitudes de certains sols : sols peu profonds, mauvais drainage, relief disséqué, pente modérée, sans ne jamais être irrémédiables. Ils représentent 5 129 km², soit 42% de la superficie de l'archipel et sont considérés comme la réserve de terres cultivables de l'archipel.



potentialité moyenne

Sols assez fertiles mais d'utilisation difficile (absence de drainage, pente forte) ou sols de fertilité médiocre. Dans les deux cas, ces sols demandent un aménagement précis (soit anti érosif, soit de restitution de la fertilité) et un entretien minutieux et rigoureux. Dans certaines îles, ils supportent toutefois une agriculture de subsistance itinérante. Ils représentent 2 169 km², soit 18 % de la superficie de l'archipel.



potentialité mauvaise

Sols pauvres et difficiles à mettre en valeur en raison de l'hydromorphie, du relief, du climat et des risques d'érosion excessifs. Ils représentent 4 890 km², soit 40% de la superficie de l'archipel.

Échelle : 1 / 1 000 000

0 50 km

Source : Siméoni, 2009, Atlas du Vanouatou, p 116.

Annexe 4. Jardins et espèces cultivées

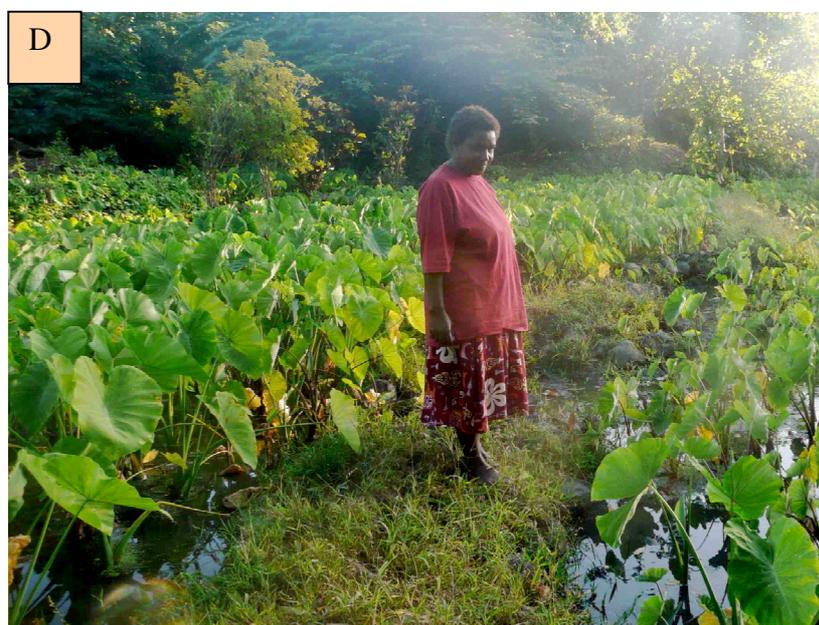


Figure 3. Divers types de jardins :

A : Jardin plurispécifique à Pesséna, on observe au premier plan diverses annuelles comme le tabac, le chou ou les poivrons. À l'arrière-plan, on distingue des taros ainsi que des ignames tuteurées sur des bambous.

B : Jardin mixte d'Ambaé : les patates douces couvrent le sol, des taros et du « chou kanak » sont implantés au milieu ainsi que des bananiers qui resteront en place pendant la jachère.

C : Jardin d'ignames à Ambaé venant d'être éclairci et brûlé. Les arbres dévitalisés servent de tuteurs.

D : Tarodièze irriguée à Pesséna.

Annexe 5. Principaux pathogènes des plantes à racines et tubercules au Vanouatou

D'après Lebot, 2009

La propagation de maladies virales via l'utilisation de matériel végétale d'origine clonale est un problème majeur chez les plantes à racines et tubercules, et reste l'un des principaux facteurs justifiant l'utilisation de graines pour la propagation du matériel végétal chez ces espèces. Cela présente par ailleurs une véritable barrière à la diffusion de matériel végétal entre les pays, en raison des risques de contamination liés à l'introduction de matériel clonal infecté dans un pays exempt du pathogène en question.

Dans le Pacifique, et en particulier au Vanouatou, les plantes à racines et tubercules possèdent plusieurs types de pathogènes véhiculés via le matériel clonal.

Chez les ignames, l'antracnose causée par le champignon *Colletrichum gloeosporioides* cause chaque année des pertes considérables de rendement. Il a été montré que ce champignon infecte le tubercule de la plante, qui constitue ainsi une source considérable d'inoculum primaire lorsqu'il est implanté dans un nouveau champ pour la campagne suivante. Dans le Pacifique sud, les ignames présentent également de nombreux virus. Le DAV (*Dioscorea alata potyvirus*) est le plus commun d'entre eux, mais on peut également observer les virus DABV (*D. alata badnavirus*), DBBV (*D. bulbifera badnavirus*), DLV (*Dioscorea latent potexvirus*), et parfois les souches JYMV (Japanese yam mosaic virus) et CYNMV (Chinese yam necrotic mosaic virus).

Chez le Taro comme chez l'igname, un champignon (*Phytophthora colocasiae*) dont les mycéliums se développent dans le sol est transmis par les boutures, qui vont servir d'inoculum primaire dans les sols non-infectés. Ce champignon est présent dans le Pacifique, mais pas encore au Vanouatou, et il cause des dommages considérables. De nombreux virus s'accumulent également dans le taro au fil des générations clonales : le plus commun est le *Dasheen mosaic virus*, qui bien que n'étant pas considéré comme dangereux, peut réduire le rendement en corne jusqu'à 60%. Le virus le plus dangereux est l'*Alomae Bobone Complex Virus*, qui entrave le développement de l'appareil végétatif, et entraîne la mort de la plante. Enfin, le virus de la chlorose des veines du taro a peu d'incidence économique, mais est présent au Vanouatou.

Chez la patate douce, un organisme de type mycoplasme, propagé via le matériel clonal, cause la maladie du « balais de sorcière » qui provoque l'apparition de multiples petites feuilles et empêche toute production de tubercule. Il s'agit d'un problème considérable dans le Pacifique.

Le manioc en revanche ne présente encore aucun virus connu au Vanouatou.

Annexe 6. Description des sites d'étude

1° Île de Santo :

L'île de Santo est la plus grande de l'archipel avec une superficie d'environ 4 000 km². Elle abrite la seconde ville du pays, Luganville, qui compte environ 10 000 habitants.

Station de recherche CTRAV: La station est située en bord de mer à 20 mn de voiture de Luganville. Le sol est de type ferrallitique moyennement désaturé, humifère sur calcaire dur. Il s'agit de sol dits « ocre », de texture argilo-limoneuse présentant une bonne porosité et une cohésion moyenne dans les vingt premiers centimètres, évoluant vers une texture argileuse en profondeur, accompagnée d'une tendance à la compacité et d'une faible perméabilité. Ces sols présentent une bonne fertilité bien qu'ils aient tendance à s'appauvrir rapidement en éléments majeurs. Leur tendance à l'eutrophie rend indispensable un travail du sol adéquat favorisant le drainage (billonage, buttage).

▪ PESSÉNA

Le village de Pesséna se situe au nord de l'île, il n'est accessible que par bateau. Le village compte environ 300 habitants répartis en une cinquantaine de foyers groupés autour de la mission catholique en bord de mer.

Le climat y est de type équatorial, exposé au vent (plus de 3 000 mm de précipitations par an). À Pesséna, la bande côtière est occupée par les cocoteraies qui ne sont plus entretenues depuis quelques temps en raison de la baisse du prix du coprah. Le bas des collines est occupé par des tarodières irriguées constituées de bassins étagés. Les jardins vivriers de taro pluvial, d'ignames, de patate douce et de manioc ainsi que les arbres fruitiers se situent sur les collines à environ 30-45 mn de marche. Le versant des collines est occupé par le kava, principale culture de rente du village.

On peut distinguer trois principaux types de sols qui s'étagent en fonction de l'altitude, mais les jardins sont principalement situés sur des sols ferrallitiques fortement désaturés, assez acides et de fertilité médiocre.

Le taro reste le tubercule le plus consommé à Pesséna, il semble qu'il soit peu utilisé pour les échanges coutumiers mais constitue les plats de cérémonie (Nalot ou tubercules cuits au four mélanésien). Les autres tubercules sont également plantés et consommés au quotidien. L'alimentation traditionnelle à base de tubercules est également la règle, Les habitants consommant peu de riz en raison de son prix élevé.

▪ PORT-OLRY

Port Olry est l'un des plus gros villages du Vanouatou, avec près de 3 000 habitants. Il est situé à une heure et demi de voiture au nord de Luganville, sur la côte Est. Ici encore les habitations sont groupées autour de la mission catholique.

La plaine côtière est occupée par les cocoteraies, le coprah constitue le revenu de la majorité des habitants, dans lesquelles pâtures les troupeaux de bovins. Les jardins vivriers sont situés sur le plateau, à plus d'une heure de marche du village, et sur les contreforts se trouvent les cacaoyers. Le climat est de type équatorial (moins de 2 000 mm de précipitations par an). Les jardins se trouvent sur des sols de type ferrallitique faiblement désaturé humifères sur plateaux calcaires coralliens, de fertilité très élevée (Quantin, 1982).

Le village de Port Olry est tourné vers les activités générant un revenu économique : la plupart des habitants produisent du coprah et du cacao, et certains ont un travail à Luganville. De ce fait, la consommation de riz et de nourriture achetée au magasin est la règle, et la culture des jardins vivriers se limite au week-end. Par ailleurs, la coutume est peu présente dans la vie du village, et de ce fait les tubercules perdent également petit à petit leur importance culturelle et cérémonielle.

Il s'agit du seul village où l'on réalise un lap lap à partir de patate douce, ce tubercule est particulièrement apprécié et cultivé par tous les villageois. Les ignames, le taro pluvial et le manioc sont également plantés dans les jardins et cultivés.

▪ FANAFO

Fanafo est un village situé à environ une heure de Luganville. Il regroupe des communautés de migrants provenant de diverses îles du Vanouatou qui cultivent des jardins ayant souvent un double objectif : l'alimentation de la famille et la vente au marché de Luganville. La pression foncière est assez forte dans cette zone, les jardins sont souvent d'assez petite taille et de ce fait les exploitants cherchent à les optimiser en associant les cultures. On observe souvent l'association kava - patate douce, ainsi que divers légumes comme les haricots, les salades ou encore les choux chinois qui se vendent bien sur le marché. La patate douce est productive et peu exigeante en termes de fertilité du sol, elle peut de plus être commercialisée presque toute l'année. De nombreux habitants ont un travail en ville, mais on n'observe pas de cultures de rente autres que le kava destiné généralement au marché « en frais ».

Les tubercules occupent une place importante dans l'alimentation, surtout lorsque les revenus du marché sont insuffisants, en revanche elle inclue souvent des céréales lorsque l'un des membres du foyer travaille à l'extérieur.

2° Île de Malo

Malo est une petite île située au sud de Santo, on y accède après une vingtaine de minutes en mer depuis un embarcadère situé à 30 mn de voiture de Luganville.

▪ AVOUNAMALAI

Avounamalaï est situé sur le plateau corallien, à l'intérieur des terres, le village est composé d'habitations très dispersées (environ 8 foyers) et compte une trentaine d'habitants.

Le cacao est la principale culture de rente du village, vendu à un exportateur sous le label agriculture biologique, mais le coprah est également une source importante de revenu. Certains habitants ont un travail à l'extérieur du village. Les ignames « marrous » (*D. transversa*) font également l'objet d'une culture commerciale pour le marché de Luganville. Les jardins vivriers sont généralement assez proche des habitations.

Le sol est de type ferralitique faiblement désaturé, humifère sur calcaire dur type brun-rouge argileux (Quantin, 1976). Il s'agit d'un sol à texture argilo-limoneuse, meuble, à structure grenue ou polyédrique, assez perméables dans les vingt premiers centimètres, évoluant vers une texture argileuse en profondeur. Il s'agit de sols très fertiles, ayant une forte capacité de rétention en eau et riches en éléments majeurs. Leurs principaux problèmes sont d'une part la médiocre macroporosité du sol à 20-30 cm qui constitue une zone d'asphyxie racinaire, et d'autre part leurs faibles réserves en potassium et la lente solubilisation du phosphore.

Le climat est plutôt de type tropical à courte saison sèche, avec des précipitations de moins de 2 000 mm par an.

Il s'agit d'un village centré sur la culture de l'igname, celle-ci est cultivée en jardins spécialisé pour les variétés nobles, ou dans des jardins mixtes pour les variétés plus ordinaires. Les « Wael Yam » (*D. Nummularia*) sont plantées en brousse. Cependant en raison de la saisonnalité de l'igname, le macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) et les bananes (*Musa spp.*) constituent l'alimentation de base. Dans le cadre du projet FFEM, des variétés de taro pluvial ont été distribuées aux habitants, et certains d'entre eux ont adopté cette culture à relativement grande échelle alors qu'elle n'était pas pratiquée auparavant. Les patates douces et le manioc ne sont pas plantés en raison des ravages occasionnés par les rats.

Les activités coutumières sont assez vivantes à Avounamalaï, et les ignames « nobles » ont de ce fait une importance toute particulière. Par ailleurs, les tubercules sont toujours à la base du régime alimentaire et le riz n'est que rarement consommé.

Les tubercules ont également un intérêt économique pour les producteurs puisque certains d'entre eux commercialisent les « marrous » sur le marché.

3° Île d'Ambaé

▪ Côte ouest, proximité de SARATAMATA

Ambaé est une des principales îles du Vanuatu, il s'agit d'un dôme volcanique qui connaît des éruptions irrégulières et peu fréquentes. Saratamata est situé au sud de l'île, c'est le petit centre administratif de la province de Penama (Pentecôte, Ambaé, Maewo) desservi par un aéroport. Les exploitations agricoles étudiées se situent en partie à Saratamata, et s'égrainent le long de la

côte ouest à environ une heure de mauvaise piste de celle-ci. En dehors de Saratamata, les habitations sont généralement dispersées sur les pentes du dôme.

La vente de cacao est une des principales activités rémunératrices avec la vente de kava ou encore de taros pluviaux aux marchés de Port-Vila et Luganville.

Longana est située à cheval sur la plaine de bord de mer et les bas versants des contreforts de l'île. Selon Quantin (1976), le sol est de type Andosol saturé, sur cendres fines stratifiées de plateau. Il s'agit d'un sol de couleur brun très foncé, limono sableux. L'horizon superficiel est très humifère. Sa structure est grumeleuse, il présente une faible cohésion et une grande porosité. La fertilité de ce type de sol est très élevée, la rétention d'eau est bonne et il s'agit par ailleurs de sols bien drainés. Si l'azote et les cations sont fortement disponibles, il peut en revanche y avoir des déficiences en phosphore. De plus le fait que ces sols soient fortement drainés entraîne des problèmes de lixiviation des éléments.

La côte ouest d'Ambaé est un agrosystème à taro. Celui-ci est cultivé pour la consommation quotidienne, mais il occupe également une grande place dans les échanges coutumiers encore intenses, et parfois dans le revenu des familles via la vente sur les grands marchés du pays.

Cependant, les ignames, les patates douces et le manioc sont également largement cultivés et consommés. En dehors de Saratamata, l'alimentation reste basée sur les tubercules.

Annexe 7. Fiches descriptives des espèces étudiées

Manioc - *Manihot esculenta*

D'après Alves, 2002 et Lebot, 2009

- Classification : Dicotylédone, Euphorbiacée
- Ploïdie : Diploïde et triploïde
- Biologie florale

Plante monoïque et autocompatible. Les fleurs mâles sont situées à l'extrémité de l'inflorescence tandis que les fleurs femelles se trouvent à la base et sont moins nombreuses.

Structure des fleurs : périanthe formé par cinq tépales de couleur variable ;

Les fleurs mâles comportent deux rangées concentriques de cinq étamines, dont le pollen est d'assez grosse taille (122 à 148 microns). Les fleurs femelles possèdent un ovaire triloculaire, comportant trois ovules, surmonté d'un style de très petite taille qui se termine par un stigma à trois lobes. Elles sont deux fois plus grosses que les fleurs mâles.

- Dates et horaires de floraison

La floraison a lieu entre six semaines et dix mois après plantation des boutures, selon les cultivars et l'environnement.

Ouverture des fleurs femelles cinq à six heures par jour le matin, puis ouverture des fleurs mâles. Toutes les fleurs restent ensuite closes pendant la seconde moitié de l'après-midi.

- Pollinisation : Entomophile
- Production grainière

Fruit et graines : capsule triloculaire déhiscente mesurant 1 à 1,5 cm de diamètre, contenant trois graines caronculées ovoïdes mesurant 1 cm de long.

Durée de maturation des capsules : 10 à 14 semaines à partir de la fécondation.

Dormance et viabilité : d'origine physique, elle peut être levée par scarification ou bien par exposition à la chaleur. Les graines de manioc peuvent être stockées à température jusqu'à six mois sans perte de viabilité.

Germination : sans traitement on obtiens seulement environ 20% de germination. Entre 10 et 20 jours après semis, la germination a lieu si les graines ont été scarifiées physiquement ou chimiquement.

- Influence des facteurs environnementaux
Température optimale de floraison : 24 °C.
Induction de la floraison par la ramification, et par les jours longs
Température optimale de germination en conditions humides : 33 °C
Inhibition de la germination par la luminosité

Patate douce - *Ipomoea batatas*

D'après Woolfe, 1992 et Lebot, 2009

- Classification : Dicotylédone, Convolvulacées
- Ploïdie : hexaploïde
- Biologie florale

Fleurs bisexuelles et auto incompatible.

Structure des fleurs : périanthe en forme de trompette, mesurent trois à six centimètres de long, et formé de cinq sépales. Les fleurs sont composées de cinq pétales, cinq étamines, d'un pistil composé ainsi que d'un ovaire biloculaire.

- Dates et horaires de floraison

La floraison intervient environ un mois et demi après la plantation des boutures en terre et est induite par les jours courts.

Les fleurs ne s'ouvrent que quelques heures par jour tôt dans la matinée, et se fanent dans la journée.

- Pollinisation : Entomophile

- Production grainière

Fruit et graines : capsule déhiscente de cinq à huit millimètre de diamètre contenant jusqu'à trois graines.

Durée de maturation des capsules : quatre à six semaines après la fécondation.

Dormance : d'origine physique (imperméabilité à l'eau et à l'oxygène)

Germination : avec une simple immersion dans l'eau, la germination peut prendre plusieurs semaines

- Influence des facteurs environnementaux : Induction de la floraison par les jours courts

Grande igname - *Dioscorea alata*

D'après Abraham et al., 1985, Abraham et Nair, 1989 et 1990, Abraham, 1997 et Lebot, 2009

- Classification : Monocotylédone, Dioscoréacée

- Ploïdie : Di, tri et tetraploïdes.

- Biologie florale

Dioïque. Compatibilité entre di et tetraploïdes.

Structure des fleurs : Les fleurs mâles sont groupées en panicules axillaires ou terminaux arrangés en groupes de quatre à dix, elles sont sessiles et globulaires.

Les fleurs femelles sont situées au sein d'inflorescences axillaires, et sont espacées entre elles. Le périanthe est constitué de six tépales entourant un stigma ramifié.

Dates et horaires de floraison : de mi-avril à fin juin, fortement synchronisé avec la photopériode. Pour un individu donné, la floraison dure une dizaine de jours. Floraison très souvent désynchronisée entre les cultivars mâles et femelles.

Les fleurs mâles s'ouvrent l'après-midi et ne restent ouvertes que quatre heures. Les fleurs femelles restent ouvertes jusqu'à dix jours.

- Pollinisation : Entomophile (thrips) et peut-être anémophile

- Fertilité : fort taux d'infertilité chez les fleurs femelles d'ignames selon Abraham (1997)

(11% des fleurs femelles sont fertiles), mais cela reste discuté. En revanche, le pollen est fortement fertile.

- Production grainière

Fruit et graines : capsule ailée contenant jusqu'à six graines.

Durée de maturation des capsules : trois mois après pollinisation.

Taux de fructification : 65-70% par pollinisation manuelle, à raison d'environ trois graines par capsule.

Dormance : Les graines ne présentent aucune dormance et restent viables pendant sept mois à température ambiante.

Germination : 50 % de germination est obtenu sous 14 à 24 jours, mais la germination de la totalité des graines viables peut prendre jusqu'à 36 jours. Taux de germination variable selon les familles (demis frères) entre 60 et 70 %. Entre 40 et 50% des plantules ont survécu.

- Influence des facteurs environnementaux : Formation des graines favorisée par un fort taux d'humidité ambiante.

Jeunes plantules d'igname fortement sensibles à l'excès d'eau.

Taro - *Colocasia esculenta*

D'après Ivancic et Lebot, 2000 et Lebot, 2009

Classification : Monocotylédone, Aroïde

- Ploïdie : Di, triploïdes.

- Biologie florale

Monoïque, protogyne. Auto compatible.

Structure des fleurs : les inflorescences sont composées d'un spadice d'une quinzaine de

centimètres de long recouvert par une spathe. Les fleurs femelles se situent dans la partie inférieure du spadice et les fleurs mâles dans la partie supérieure, elles sont séparées par une bande stérile. L'extrémité du spadice est également stérile. Les fleurs du taro sont sessiles, les femelles étant constituées d'un petit ovaire, surmonté d'un style court et d'un stigma circulaire ; elles sont souvent mélangées avec des fleurs stériles. Les fleurs mâles pour leur part sont constituées de quatre ou six étamines réunies en une colonne angulaire.

Dates de floraison : varie selon les endroits ; en Papouasie ou aux îles Salomon, il fleurit principalement au début et à la fin de la saison humide tandis qu'en Nouvelle-Calédonie la floraison est plus saisonnière. Il existe un décalage de floraison entre cultivars.

- Pollinisation

Entomophile, principalement de mouches et des drosophiles. Le vent et la pluie sont également des vecteurs occasionnels de pollen.

Fertilité : beaucoup de cultivars sont infertiles (contre - sélection car l'inflorescence déforme le corne).

- Production grainière

Fruit et graines : baie contenant plus de 50 graines allongées mesurant entre 0,75 et 1,7 mm.

Durée de maturation des fruits : quatre à six semaines sont nécessaires à partir de la pollinisation.

Dormance : les graines ne présentent pas de dormance. Leur viabilité diminue fortement après la récolte.

Germination : Environ une semaine après plantation, les graines commencent à germer et la germination se prolonge sur un mois.

Annexe 8. Protocoles des essais participatifs

Le tableau suivant récapitule tous les essais menés avec les agriculteurs. Les informations relatives à chaque essai sont détaillées dans la suite.

Tableau 6. Récapitulatif des essais participatifs menés chez les producteurs

Site	Manioc	Patate douce	Igname	Taro/Macabo
Malo (5 exploitations)	-	Dates de floraison Nombre de capsules par individu	-	Survie des transplants en pépinière et en plein champ
Ambaé (4 exploitations)	Taux et cinétique de germination des graines	Dates de floraison Nombre de capsules par individu	-	Cinétique de germination des graines Survie des transplants en pépinière et en plein champ
Pessena (6 exploitations)	-	Dates de floraison Nombre de capsules par individu Cinétique et taux de germination des graines	-	Survie des transplants en pépinière et en plein champ
Port-Olry (1 exploitation)	-	Cinétique et taux de germination des graines	-	-
Fanafo (2 exploitations)	-	Cinétique et taux de germination des graines Survie des transplants au champ	-	-
Mota-Banks (1 exploitation)	-	-	Taux de germination Taux de survie au champ Évaluation des hybrides	-

1. Parcelles polyclonales de patates douces pour la production de graines

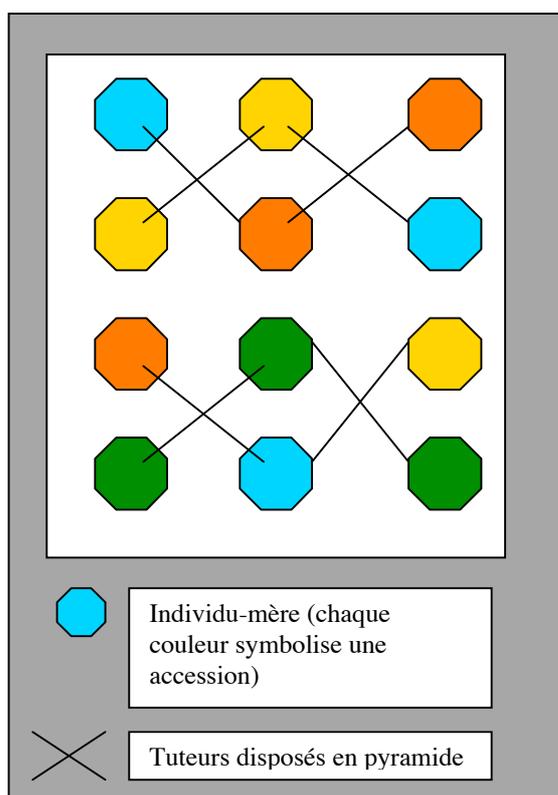


Tableau 7. Accessions implantées par les producteurs

Accession	Zones concernées	Nb de producteurs ayant reçu l'accession
Mka 1432	Ambaé/ Pesséna/ Malo	12
Tan 1745	Ambaé/ Pesséna/ Malo	11
ARY 1607	Ambaé	2
Hyb 163	Ambaé/ Pesséna/ Malo	9
San 1165	Ambaé/ Pesséna	4
ERO	Ambaé/ Pesséna	6
VL 15	Ambaé/ Pesséna	4
ABE 1883	Ambaé/ Pesséna	6
Tan 1306	Ambaé	3

Figure 4. Plan type des parcelles paysannes (voir photo)

Le tableau suivant récapitule les informations relatives à l'analyse de variances réalisée pour les essais de fructification de la patate douce chez les producteurs.

Tableau 8. Récapitulatif des ANOVA réalisées pour les expérimentations paysannes

Espèce	Analyse	Variable dépendante	Variable explicative (Nb de modalité)	Puissance
Patate douce	Effet du génotype et de l'environnement sur la fructification	Nombre de capsules récoltées pendant les deux mois de suivi.	Accession (2) Bloc (8)	17% à 26 %

2. Pépinières

Ces pépinières, destinées à la germination des graines et l'établissement des plantules, ont été mises en place pour la patate douce, le manioc et le taro. Le tableau suivant récapitule le matériel séminal distribué aux exploitations, et le nombre d'exploitations concernées. (EA : Exploitation Agricole)

Tableau 9. Matériel séminal distribué

<i>Types d'exploitations</i>	<i>Peu intensif, vivrier</i>	<i>Intensif, commercial</i>	<i>Intensif, cultures maraîchères</i>	<i>Moyennement intensif, commercial</i>	<i>Cultures de rente</i>	<i>Total</i>
<i>Matériel fourni</i>	<i>igname ou mixte</i>	<i>taro X kava</i>		<i>igname ou mixte</i>		
GRAINES						
Patate douce (50 graines)	-	4 EA	2 EA	2 EA	1 EA	9 EA
Taro	-	-	-	2 EA	-	2 EA
Manioc	2 EA	-	-	2 EA	-	4 EA
TRANSPLANTS						
Patate douce (16 transplants)	-	-	1 EA	-	-	1 EA
Taro (30 transplants)	4 EA	6 EA	2 EA	2 EA	-	14 EA

Le matériel est distribué puis laissé à la gestion des producteurs. Ceux-ci ont auparavant reçu quelques conseils d'entretiens de la pépinière. Ils sont libres de mettre en place la pépinière comme ils l'entendent. Concernant les transplants, les producteurs choisissent eux-mêmes le stade d'implantation en plein champ. Concernant les graines de patate douce et de manioc, il a été précisé de les hydrater dans l'eau pendant une nuit avant semis afin de maximiser la levée.

3. Calendrier des essais chez les producteurs

La figure ci-dessous superpose le calendrier des différentes expérimentations menées à Santo et Ambaé avec la courbe de pluviométrie. Cela permet d'appréhender les contraintes climatiques qui ont pu influencer la réussite des expérimentations. On remarque que la pluviométrie de l'île d'Ambaé est très inférieure à celle de Santo. Cela explique entre autre la meilleure réussite de fructification des patates douces à Malo (sud de Santo). Celles-ci ont pu davantage se développer tandis qu'à Ambaé elles ont vraisemblablement souffert de stress hydrique.

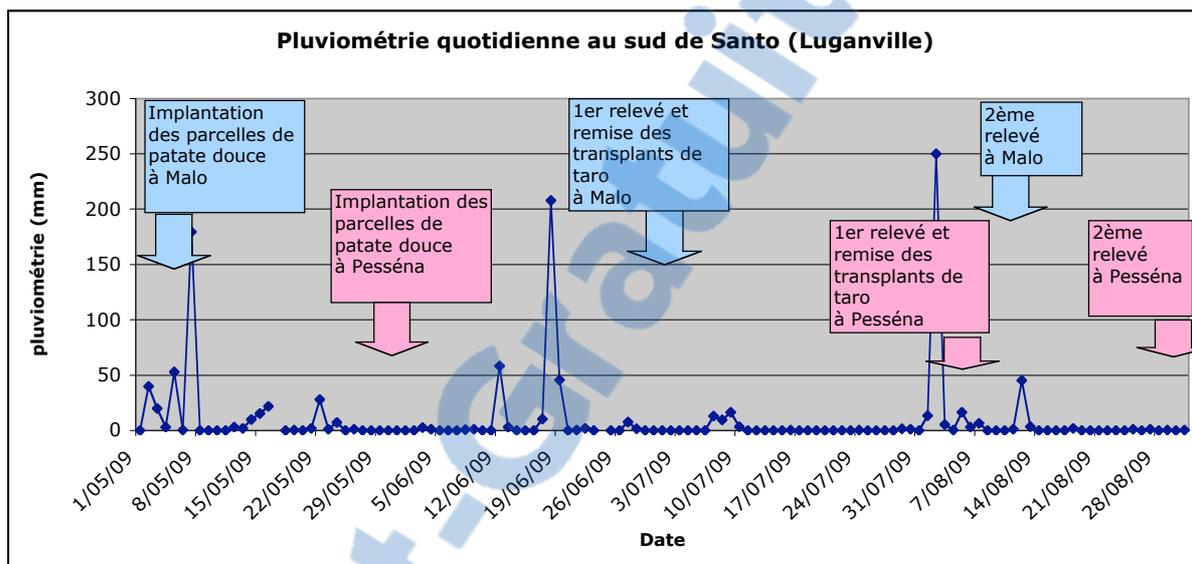
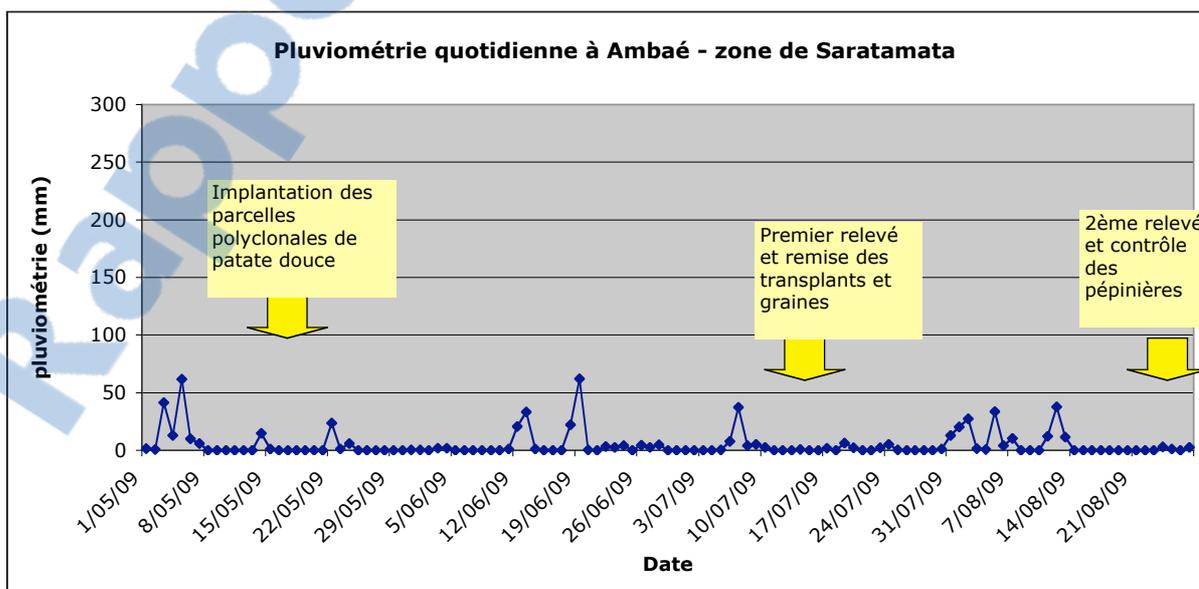


Figure 5. Superposition de la courbe de pluviométrie avec le calendrier des expérimentations
Photos des



Annexe 9. Photos des expérimentations paysannes



Figure 6. Photos des essais paysans. **A** : Parcelle polyclonale de patate douce (Malo). **B** : Plantules de taros transplantées en plein champ et ombragées par des palmes de cocotier. **C** : Germination de graines de taros semées en plein champ. **D** : Taros en pots individuels souffrant du manque d'arrosage. **E** : Transplants implantés dans le trop-plein d'une source



Figure 7. Stades avancés des expérimentations ultérieures à l'étude

A : Agriculteur de Pesséna et ses 30 hybrides issus de croisement Asiatique X Vanouatais. Après avoir appris à polliniser les fleurs de taro, il s'est rapidement approprié cette nouvelle pratique. **B** : Igname hybrides (Indien X Vanouatais). Les graines ont été plantées par un producteur des îles Banks et il s'agit ici de la première génération clonale. On observe de nombreuses formes allongées et irrégulières.

Annexe 10. Protocoles des essais en station

1. Parcelles polyclonales de patate douce pour la production de graines

50 accessions ont été implantées le 20 avril 2009 à partir de boutures prélevées dans la collection du CTRAV. 20 proviennent des dix principales îles du Vanouatou, 15 sont des hybrides produits en station, 4 sont issus d'autres pays (Asie), et les autres accessions ont une origine indéterminée et sont probablement des réplicats d'autres accessions. Pour les analyses de variance, seules les accessions d'origine connue ont été prises en compte.

La parcelle a été divisée en trois blocs et les accessions réparties aléatoirement au sein de chaque bloc. 3 individus de chaque accession ont été implantés côte à côte dans chaque bloc.

Deux boutures ont été plantées dans chaque butte (=1 individu).

Le plan est présenté ci-dessous.

Tableau 10. Plan de la parcelle polyclonale de patate douce du CTRAV

Hyb 139	MKA 1432	VL 9	MKA 1433	HYB 163	Bloc 1
HYB 161	ABE 1879	1431	1665	ABE 1891	
TAN 1318	TAN 1745	TAN 1306	PLY 20	HYB 104	
VL 16	1318	VL 15	VL 4	879	
ERO ?	LOCAL 181	?	IB 253	? 2	
1877	1306	HYB 140	BANKS	1607	
SA 1164	ABE 1883	VL 14	ABE 1665	1432	
1165	MKA 1431	EPI 1531	RV 30	VL 8	
SA 1148	VL6	VL 5	TAN 1292	ARY 1607	
SA 1165	HYB 164	ARY 1678	HYB 172	GV 129	
ABE 1891	1165	VL 15	RV 30	ARY 1607	Bloc 2
1318	HYB 161	SA1148	VL 16	TAN1306	
VL 14	879	ABE 1879	HYB 163	MKA 1431	
SA 1164	TAN 1318	GV 129	TAN 1292	HYB 164	
EPI 1531	? 2	VL 4	PLY 20	LOCAL 181	
ERO ?	1431	1306	IB 253	TAN 1745	
MKA 1433	VL 5	?	VL 9	SA 1165	
1607	1432	HYB 172	1877	HYB 104	
VL 6	HYB 139	1665	ABE 1883	VL 8	
ARY 1678	HYB 140	ABE 1665	MKA 1432	BANKS	
VL5	TAN 1306	VL 15	1318	HYB 164	Bloc 3
HYB 104	1165	ABE 1883	TAN 1292	VL 4	
GV 129	ABE 1891	TAN 1318	?2	TAN 1745	
HYB 172	VL 9	MKA 1433	1607	SA 1164	
HYB 140	1665	RV 30	VL 14	HYB 163	
ABE 1665	1306	MKA 1432	1877	ERO ?	
SA 1148	879	ABE 1879	HYB 161	1432	
LOCAL 181	MKA 1431	HYB 139	?	IB 253	
SA 1165	EPI 1531	VL 8	PLY 20	ARY 1607	
ARY 1678	1431	VL 16	BANKS	VL 6	

Accessions incertaines (possibles répétitions d'autres accessions)
 VL, HYB Hybrides
 GV, PLY, Accession étrangères
 RV, IB

Le tableau ci-dessous récapitule les informations relatives aux analyses de variance menées sur la floraison et la fructification de la patate douce et du manioc en station. Le test mené sur le manioc est non-significatif au vu de sa faible puissance.

Tableau 11. Récapitulatif des ANOVA réalisées pour les expérimentations en station

Espèce	Analyse	Variable dépendante	Variable explicative (Nb de modalité)	Puissance* Pour $b=0,1$
Patate douce	Effet du génotype sur la floraison	Nombre moyen journalier de fleurs sur la période d'étude (15 juin au 22 août)	Accession (38) Bloc (3)	22 à 34 %
	Effet du génotype sur la fructification	Nombre de capsules récoltées pendant la période d'étude.	Accession (38) Bloc (3)	1 à 1,5 %
Manioc	Effet du génotype sur la fructification	Nombre de capsules récoltées début Août	Accession (15)	Plus de 100 %

* La puissance (pour $b=0,1$) est la différence que l'on peut espérer mettre à jour dans 90 cas sur 100.

Les résultats des dispositifs mis en place chez les producteurs seront également analysés par ANOVA.

2. Observation de la stérilité mâle chez le manioc

Les fleurs mâles de 18 accessions ont été récoltées avant leur ouverture et placées pendant 48 h dans des piluliers remplis d'un mélange acide acétique 1 : éthanol 3.

Elles ont ensuite été rincées trois fois à l'eau puis conservées dans l'éthanol.

Avant observation, les étamines ont été extraites et écrasées sur la lame pour extraire le pollen, puis montées sous lamelle dans une goutte de carmin acétique (Jahier, 1992).

L'observation au microscope optique grossissement 10 permet de distinguer les grains de pollen fertiles, de grande taille et colorés, de ceux qui sont stériles, de petite taille et plus clairs. Le comptage d'une trentaine de grains de pollen en réalisant un transect le long de la lame permet de déterminer la proportion de grains de pollen stériles et fertiles.

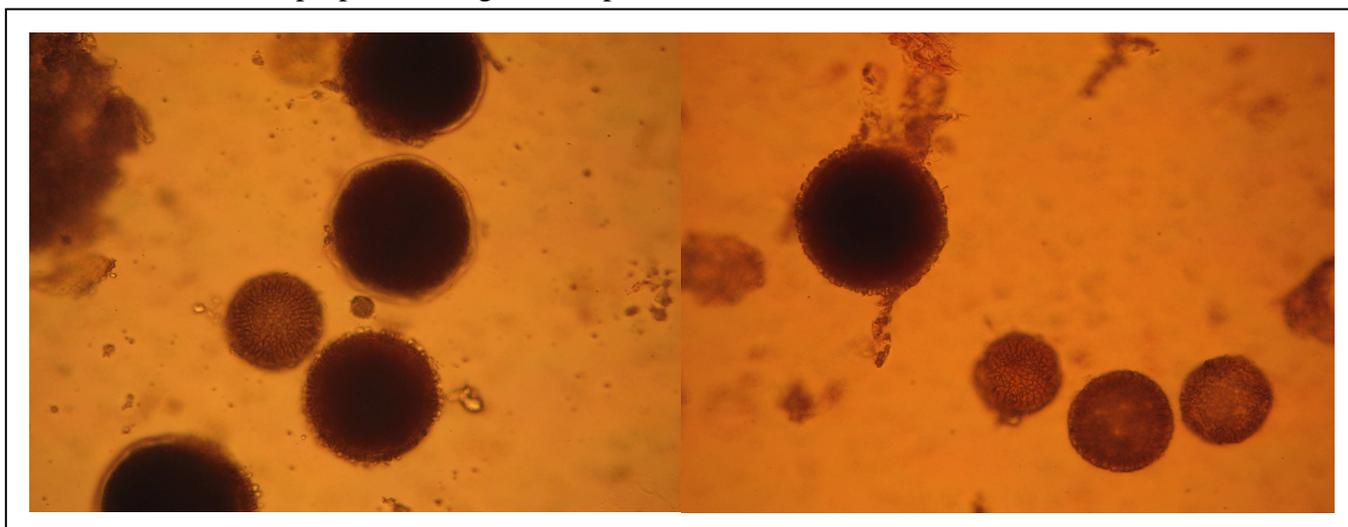


Figure 8. Observation microscopique (X20) de grains de pollen de manioc colorés au carmin acétique. On peut distinguer aisément les grains de pollen fertiles, de grande taille et colorés, des grains de pollen stériles, de petite taille et non colorés.

3. Levée de dormance et germination des graines de manioc

Protocole 1 : Absence de scarification

Des capsules matures mais encore vertes issues de 10 accessions ont été récoltées. Elles ont été laissées sur leurs branches afin d'achever leur maturation puis séchées au soleil jusqu'à ce qu'elles s'ouvrent et libèrent leurs graines.

Les graines ont alors été réhydratées pendant une nuit puis semées (20 à 100 graines par accession) en pépinière ombragée dans un substrat de cultures (1 Compost de cacao : 2 sable de rivière) et enterrées profondément (3 à 4 cm). Elles ont été arrosées quotidiennement.

Protocole 2 : Scarification physique

Des capsules matures sèches ont été récoltées sur 10 accessions. Elles ont ensuite été séchées au soleil jusqu'à ce qu'elle s'ouvrent. Les graines ont alors été scarifiées en opérant une ouverture d'environ 1 à 2 mm à la pince du côté opposé au caroncule (Pujol, 2002) afin de ne pas endommager l'embryon. Elles ont ensuite été réhydratées pendant une nuit puis semées (10 à 50 graines par accession) dans des barquettes en aluminium sur du papier absorbant humide, dans un local obscur. Elles ont été arrosées quotidiennement.

Protocole 3 : Passage à l'étuve

Des capsules matures sèches ont été récoltées sur une accession. Elles ont ensuite été placées à l'étuve à 40 °C pendant trois jours puis à 70°C pendant 4 jours. Les graines ont ensuite été réhydratées et semées (10 graines) dans des barquettes en aluminium sur du papier absorbant humide, dans un local obscur. Elles ont été arrosées quotidiennement.

4. Germination et établissement des graines de taro

Les graines d'inflorescences de taro ont été extraites en novembre 2008 en écrasant les fruits sur une feuille de papier puis en les tamisant à travers une passoire une fois secs.

Elles ont ensuite été stockées six mois au réfrigérateur avant d'être semées dans un substrat de culture (Compost de cacao 1 : Sable de rivière 2) dans des barquettes en plastique placées sur des lits de cultures surélevés dans une pépinière ombragée.

Elles ont été arrosées quotidiennement afin que le substrat soit toujours saturé en eau.

Au stade une à deux feuilles, les plantules ont été transplantées individuellement dans des Jiffy® pots.

Annexe 11. Connaissance de la reproduction sexuée par les producteurs

Figure 9. Résultats du sondage réalisé lors de la prospection du projet FFEM dans 10 îles

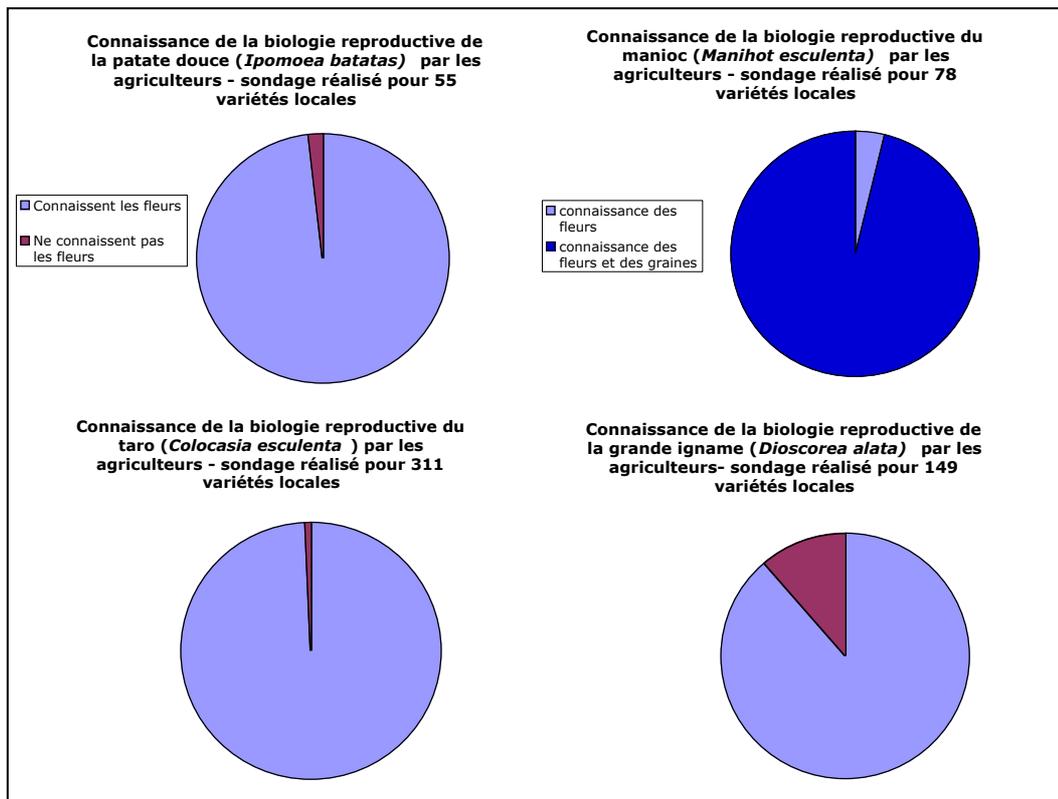
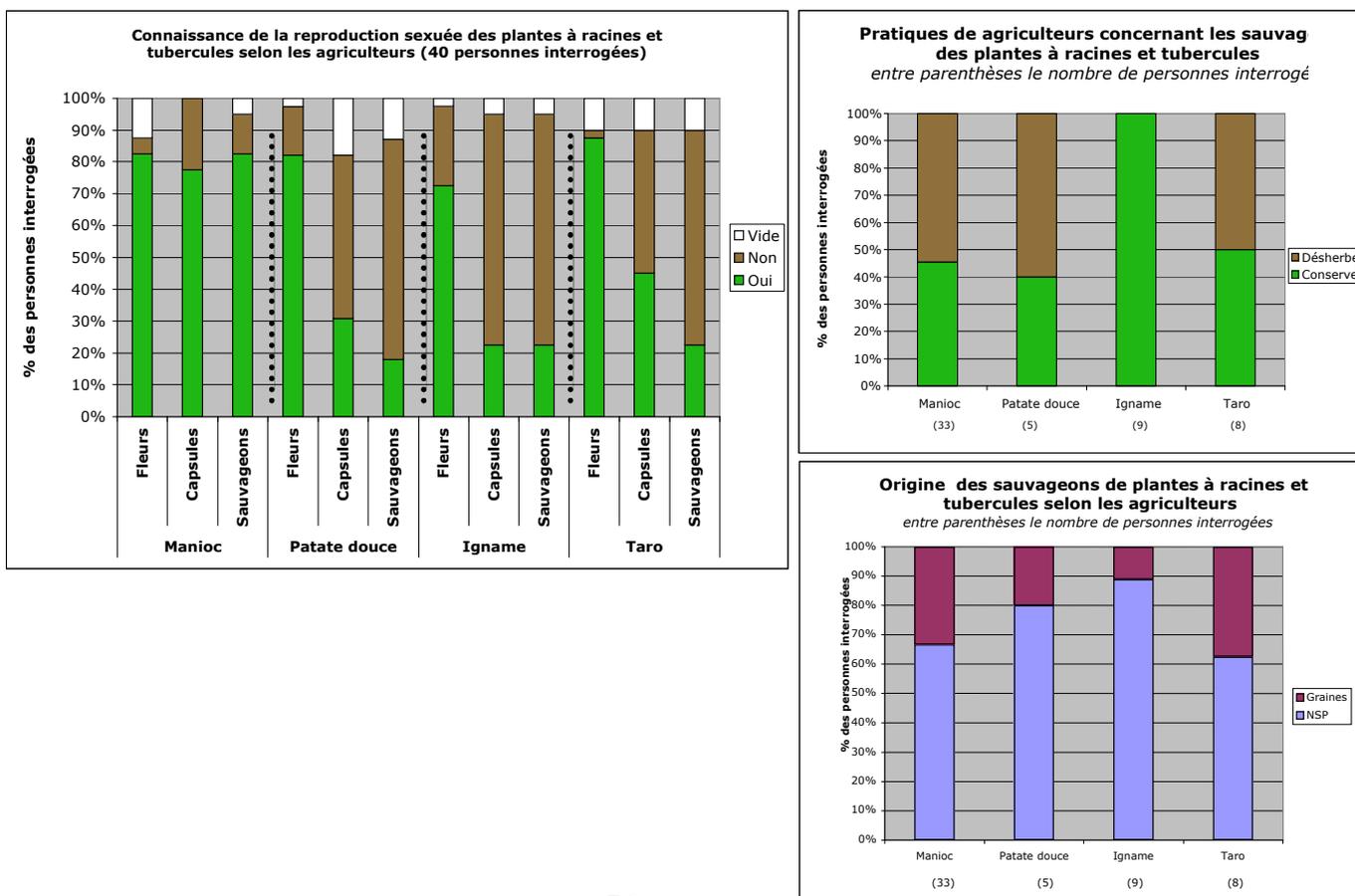
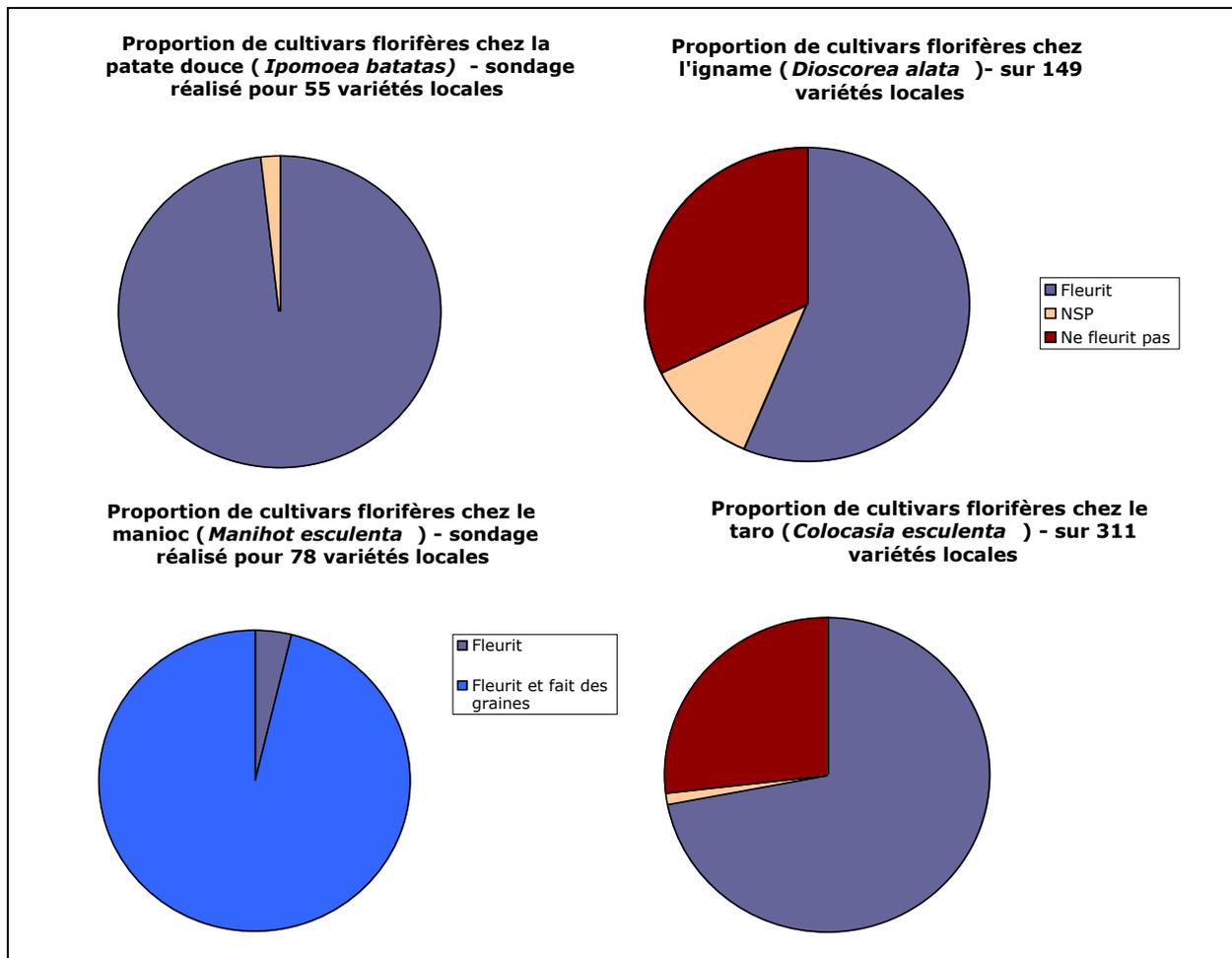


Figure 10. Résultat des enquêtes menées sur 39 personnes dans trois villages (Santo et Malo)



Annexe 12. Floraison des plantes à racines et tubercules du Vanouatou



On peut observer de grandes différences entre les espèces concernant le pourcentage de cultivars locaux florifères. Presque tous les cultivars locaux de patate douce et de manioc fleurissent ce qui n'est pas le cas pour le taro et l'igname.

Annexe 13. Guide d'entretien pour l'approche du fonctionnement des exploitations

<i>Lieu d'enquête – nom de la personne interrogée</i>	
Informations générales	
Age, origine	
Nombre de personnes dans le foyer- Nombre de personnes qui travaillent sur l'exploitation	<i>(enfants, vieillards)</i>
Niveau d'éducation	
Sources de revenu	<i>(activités extérieures à l'exploitation, cultures de rente)</i>
Historique de l'exploitation	<i>origine familiale, achat de terrain, nouveaux ateliers</i>
Temps consacré quotidiennement au travail sur l'exploitation	
Temps consacré quotidiennement aux cultures de rente / aux cultures vivrières	
Priorité de l'exploitation (rente ou vivrier)	
Description des jardins - milieu physique	
Eloignement des jardins	
PRT cultivées	<i>espèces et variétés, importance respective, surface attribuée</i>
Situation topographique et orientation des jardins	
Type de sol/ description appréciation	<i>texture, couleur</i>
Système de culture	
Rotation/succession	<i>raison pour l'ordre des espèces</i>
Durée de jachère	
Association avec des pérennes ou des annuelles	
Densité d'implantation	
Autres (fertilisation, intrants, travail du sol spécifique)	
Contraintes climatiques	
Problèmes liés à la sécheresse	<i>année, perte de variétés</i>
Problèmes liés à l'excès de pluie	
Contraintes biotiques	
Types de maladies/ ravageurs observés	
Importance de la culture des PRT	
importance des tubercules dans l'alimentation	
Quantité de riz consommée	<i>par semaine</i>
importance des PRT dans le revenu (vente)	
importance des tubercules dans la coutume	
Contraintes d'espace / foncier	
taille des jardins, nécessité d'avoir plus d'espace	<i>Nombre et taille</i>
origine du foncier (achat, bien familial)	
Intérêt pour la diversité des PRT	
Raisons de l'intérêt pour participer aux expérimentations	
Niveau de connaissances concernant la biologie reproductive des PRT	Connaissance fleurs, fruits graines et sauvageons pour chaque espèce
Critères motivant la création variétale	

Annexe 14. Typologie du fonctionnement des exploitations

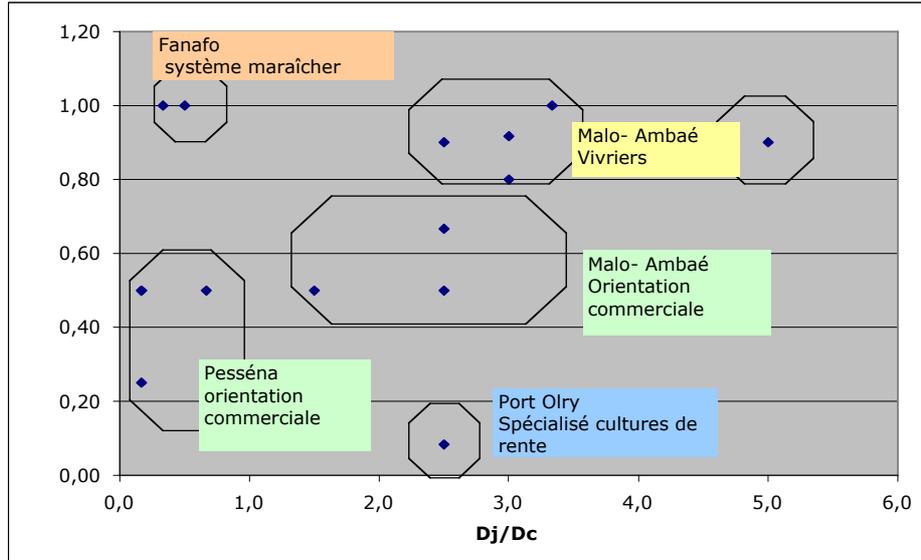
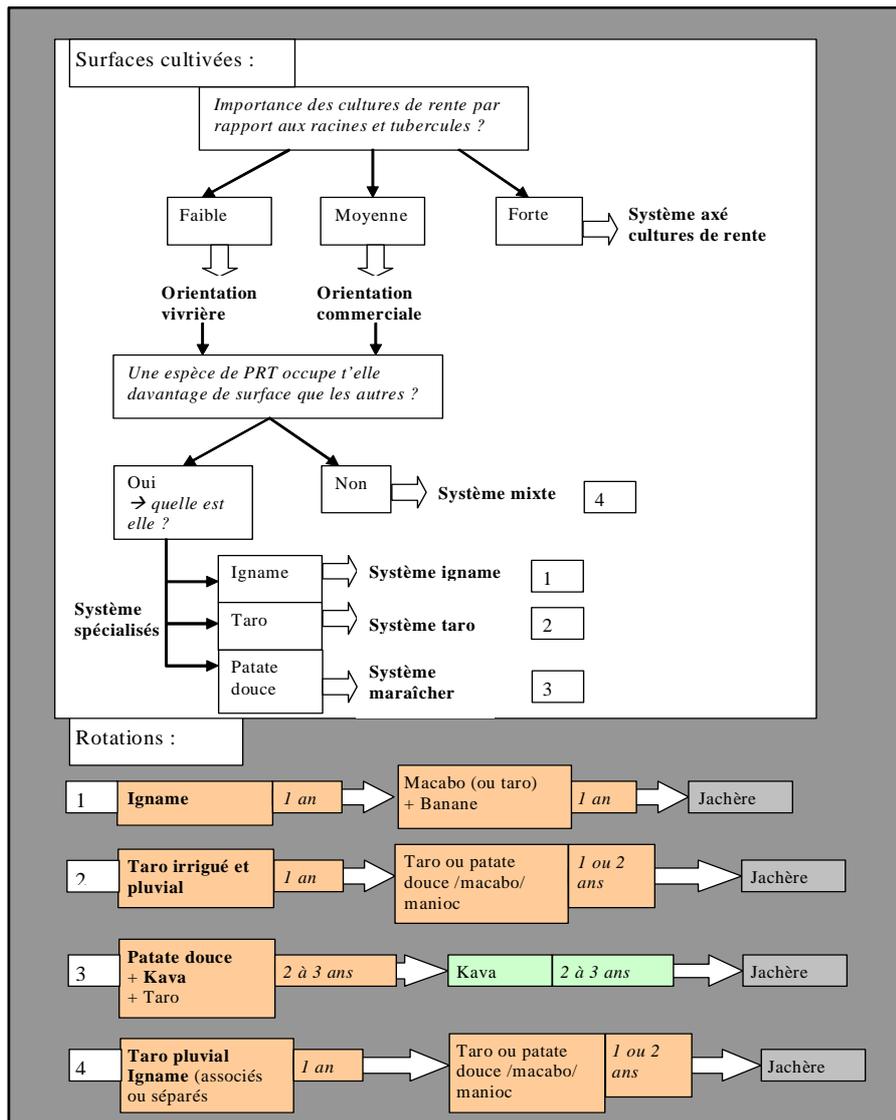


Figure 11. Répartition des exploitations étudiées selon la proportion du temps de travail consacré au jardin vivrier et selon le ratio durée de jachère sur durée de culture (Dj/Dc)

Figure 12. Construction de la typologie



Annexe 15. Résultats des essais chez les producteurs et en station

➤ Essais participatifs chez les producteurs

1. Production de graines « à la ferme »

Les essais menés chez les producteurs pour la patate douce, montrent que la fructification est très variable entre les sites. Cependant, le fort écart – type au sein de chaque site nous empêche de conclure.

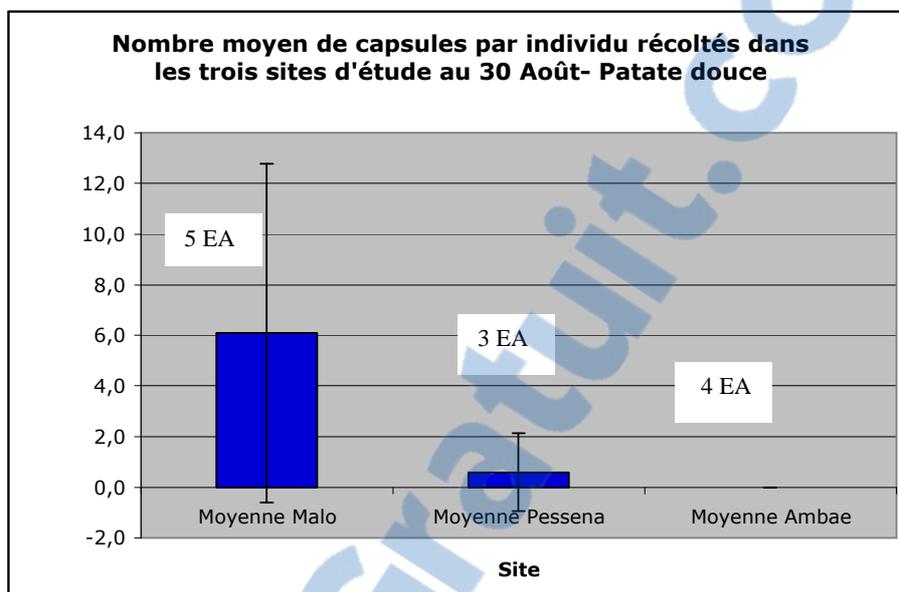


Figure 13. Fructification moyenne de la patate douce (essais paysans)

*La moyenne a été réalisée pour trois accessions, à raison de trois individus par accession par exploitation

2. Pépinière et transplantation

Le tableau ci-dessous résume les résultats des différents essais participatifs pour chaque espèce.

Tableau 12. Résultats des essais paysans pour les étapes de pépinière
(Relevés réalisés 4 à 6 semaines après distribution du matériel végétal)

Stade de distribution	Nombre d'exploitations	Taux de survie moyen (Ecart type)	Hauteur moyenne (Ecart type) Cm	
Transplants de taro (30 par EA)	Pratiques :			
	Plein champ	7	82% ($\pm 23\%$)	2,6 ($\pm 1,4$)
	Pépinière, pots individuels	6	36% ($\pm 40\%$)	2,6 ($\pm 2,3$)
	Nb d'exploitations ayant reçu le matériel	Nb d'exploitations ayant planté les graines	Nb d'exploitations ayant observé la levée	Germination (Ecart type)
Graines de taro (2 inflorescences)	4	4	2	550
Graines de macabo (2 inflorescences)	4	4	2	100
Graines de patate douce (50 par EA)	5	4	3	13% ($\pm 18\%$)
Graines de manioc (100 par EA)	4	3	2	1% ($\pm 1\%$)

Tableau 13. Synthèse des essais participatifs menés sur le manioc (4EA)

Cultures mixtes, orientation commerciale ou vivrière Ambaé (4 EA)		
I- préparation de la pépinière et semis		
Pratiques paysannes	Emplacement	Plein champ ombragé : 50%
Évaluation	Date de germination après semis	Lit de semence surélevé : 50% 10 à 15 jours
	Taux de germination (450 graines distribuées)	Moins de 1%
	Taux de survie en pépinière à un mois	100%

Tableau 14. Synthèse des essais participatifs menés sur l'igname (1EA)

Système à orientation commerciale spécialisé igname Îles Banks (1 EA)		
I- préparation de la pépinière et semis		
Pratiques paysannes	Emplacement	En plein champ, préparation à la bêche
	Ombrage	Oui
	Transplantation en pot	Non
Évaluation	Taux de germination sur 200 graines distribuées	45 %
	Taux de survie en pépinière	22 %
II- Transplantation et Croissance		
Pratiques paysannes	Stade de transplantation	24 semaines après semis
Évaluation	Taux de survie	100 %
III- Evaluation des hybrides		
	Nb hybrides sélectionnés / Nb hybrides produits en première génération clonale	100 %
	Problèmes évoqués	Formes allongées et irrégulières, difficiles à récolter

Tableau 15. Résultats des essais participatifs menés sur la patate douce (9 EA)

Type d'exploitation		Commercial Taro X kava (Pesséna) 4 EA	Commercial cultures mixtes (Ambaé) 2 EA	Maraîcher (Fanafo) 2EA	Cultures de rente (Port Olry) 1 EA
Étapes					
I- préparation de la pépinière et semis					
Évaluation	Nombre d'exploitations ayant planté les graines	3 sur 4		2	1
	Date de germination après semis	Une semaine			Une semaine
	Taux de germination (sur 50 graines)	15 % (± 22%)		3%	8%
	Taux de survie en pépinière à deux semaines	100%		100 %	100%
	Taux de survie des transplants en pépinière un mois après distribution (stade 1 feuille)			14 / 16 (87 %)	

Tableau 16. Résultats des essais participatifs menés sur le taro (11 EA)

Type d'exploitation		Commercial Taro X kava Pesséna 5 EA	Vivrier igname Malo 2 EA	Comm./Vivr. mixtes Ambaé 4 EA	TOTAL	
Étapes						
I- préparation de la pépinière et semis (4 EA)						
Pratiques paysannes	Emplacement	-	-	Plein champ ombragé : 2 EA Lit de semence surélevé : 2 EA		
Évaluation	Taux de germination	-	-	550 graines germées sur deux inflorescences semées		
	Date de début de levée (après semis)	-	-	10 à 15 jours		
II- Transplantation et Croissance						
Pratiques paysannes	Nombre d'exploitations ayant transplanté en plein champ	3 sur 5	0 sur 2	2 sur 6	5 sur 13	
Évaluation *6 semaines après distribution * 4 semaines après distribution	Taux de survie en pépinière	35%(±0,5)*	52% (±0,7)	26% (±0,3)	36% (±0,4)	60%(±0,4)
	Taux de survie en plein champ	89 % (±0,4)*	-	76 % (±0,3)	82% (±0,2)	
	Vigueur (taille en cm)	1,8 (±1,4)*	3,8 (±3,9)	2,8 (±1,1)	2,6 (±1,8)	
III- Evaluation des hybrides (1 EA)						
Nb hybrides sélectionnés /Nb hybrides produits		0%				
Problèmes évoqués		stolons envahissants				

3. Evaluation et sélection des hybrides

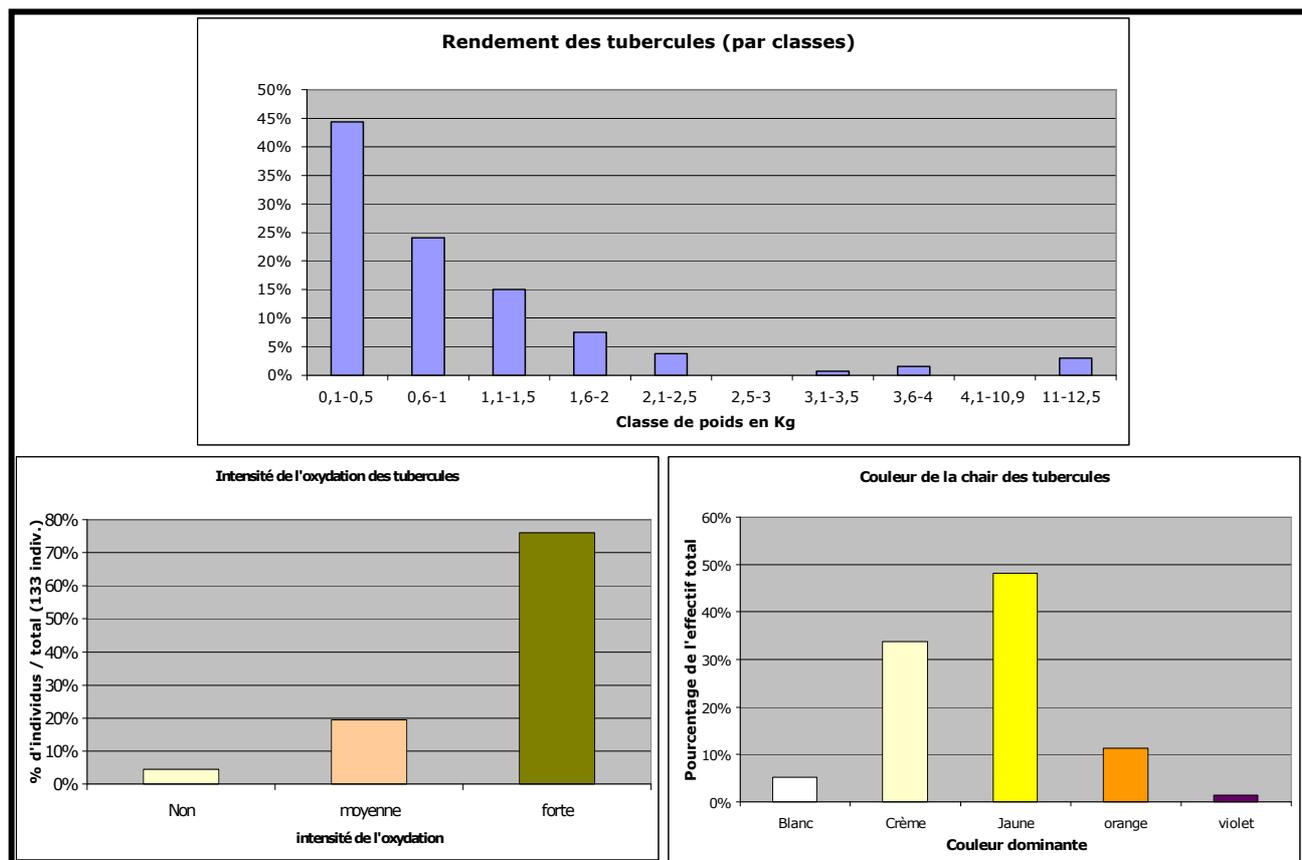


Figure 14. Résultats de l'évaluation de la population d'hybrides d'igname (C1 : Inde X Vanouatou)

On observe que le pourcentage d'individus éligibles sur le critère d'oxydation des tubercules est très faible. Quelques individus présentent un rendement exceptionnel, mais la majorité d'entre eux ne dépassent pas celui des variétés « conseillées » de référence.

Tableau 17. Coloration de l'appareil végétatif, forme et couleur du corne dans la population de parents et dans la descendance chez le macabo

		Vert	Pourpré	Noir
Couleur générale de l'individu	Population d'hybrides	54%	37%	8%
	<i>Parents</i>	17%	67%	17%
Couleur du pétiole	Population d'hybrides	56%	38%	5%
	<i>Parents</i>	50%	33%	17%
Forme du corne		Ronde	Ovale	Allongée
Pourcentage d'individus de la population d'hybrides (sur 104 individus)		31%	24%	46%
Couleur du corne		Blanc	Rosâtre	
Pourcentage d'individus de la population d'hybrides (sur 124 individus)		25%	75%	
Pourcentage d'individus de la population de parents		33%	67%	

On observe que l'on parviens à créer une diversité de morphotypes assez considérable uniquement à partir de matériel végétal vanouatais, à base génétique étroite.

4. Evaluation du suivi des essais par les producteurs expérimentateurs

La note de suivi est attribuée sur 10 points. Elle dépend : de la qualité du remplissage des calendriers de suivi qui ont été fournis aux producteurs – expérimentateurs, de l’entretien des parcelles polyclonales et des pépinières et du suivi des essais. On constate que les exploitations les plus intensives sont aussi celles qui sont les moins disponibles pour le suivi des essais.

Tableau 18. Evaluation du suivi des expérimentations par les producteurs selon les types d’exploitations et le genre de l’exploitant

	Moyenne*	Ecart - type	Maximum	Minimum
<i>Orientation commerciale taro et kava -intensif</i>	4,0	3,8	8,3	1,7
<i>Orientation commerciale igname ou cultures mixtes</i>	6,3	2,5	8,3	3,3
<i>Orientation vivrière igname ou cultures mixtes -peu intensif</i>	6,0	4,7	10,0	1,4
	Moyenne* (note de suivi sur 10)	Ecart - type	Maximum	Minimum
<i>Homme</i>	5,5	2,7	8,3	2,5
<i>Femme</i>	5,6	4,29	10,0	1,4

*Basée sur l’entretien des parcelles, le remplissage des fiches de suivi et des calendriers

➤ Essais en station au CTRAV

1. Fertilité et production de graines (*Essai S1*)

- **Floraison et production de graines chez la patate douce (S1.1)** : La floraison et la production de graines observée sur la parcelle du CTRAV est très faible en comparaison avec celle de la parcelle de la Téouma (Efaté), implantée un mois plus tôt. D’une part, de nombreuses accessions ont souffert de la gale (*E. batatas*) ce qui a empêché leur développement. Par ailleurs, les mois d’avril à juin ont été particulièrement pluvieux et il semble que cela ait nuit à la floraison. Enfin, il n’est pas exclu que le climat des îles du sud, plus saisonnier et frais, convienne mieux à la floraison de la patate douce que celui des îles du nord, plutôt de type équatorial.

Dynamique temporelle : à l’échelle de la parcelle (50 accessions), on observe un premier pic de floraison fin juin qui se traduit par un pic de production de capsules un mois après (ANOVA : $p < 0,001$). En calculant le ratio du nombre de capsules produites pendant la période de pic (20/07 au 3/08) par le nombre total de fleurs pendant la période de pic (19/06 au 1/07), on observe que moins de 5 % des fleurs produisent des capsules, et ce malgré la présence d’une grande quantité d’abeilles. Curieusement, la bibliographie n’offre pas de données de comparaison sur ce point important pourtant. On retrouve un chiffre similaire en effectuant le même ratio sur les deux mois d’étude. La floraison connaît ensuite une période de creux en juillet, mais elle reprend au mois d’août où elle atteint son maximum sur la période d’étude (ANOVA : $p < 0,001$).

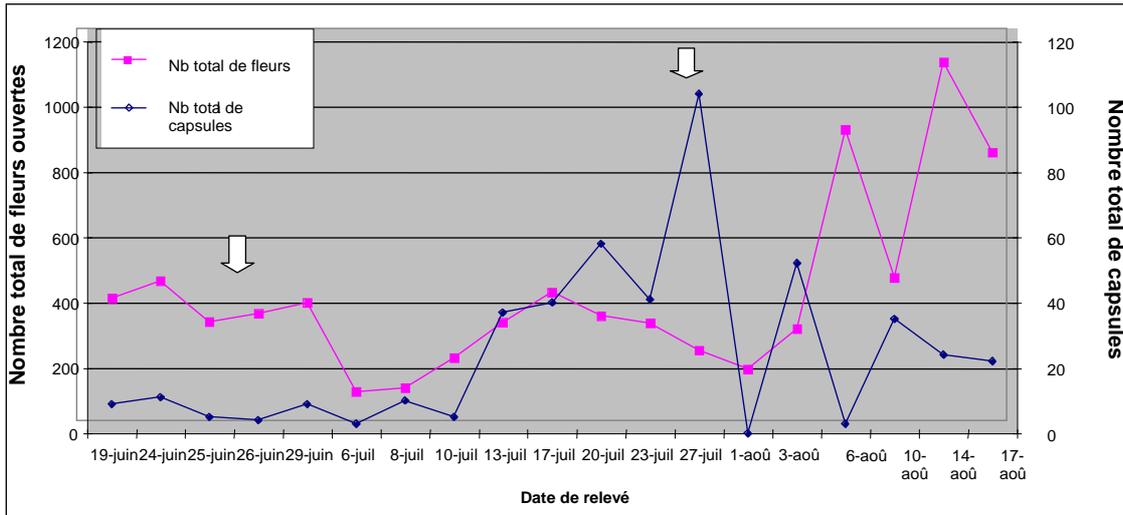


Figure 15. Dynamique de floraison et de fructification chez la patate douce sur la période du 19 juin au 17 août. Suivi réalisé sur 450 individus de 50 accessions.

Désynchronisation de la floraison entre les accessions : l'étude de la synchronisation de la floraison a été menée sur vingt accessions vanuataises. On observe que les dates de début de floraison sont très variables entre les accessions : elles s'étalent de fin avril à mi-juillet. Cependant, la majorité des accessions commencent à fleurir avant le 1er juin.

Abondance de la floraison : On peut observer des différences considérables d'abondance de floraison entre les accessions ($p < 0,0001$). La floraison journalière varie de 0 à 4,5 fleurs par individu sur la période d'étude, avec une moyenne à 0,8 (± 1). Les deux accessions en rouge sont significativement plus florifères que toutes les autres.

Corrélation entre floraison et production de capsules: si l'on étudie la régression linéaire entre le nombre de capsules récoltées sur la période d'étude et le nombre moyen journalier de fleurs par accession, on n'observe pas de corrélation significative entre ces deux variables ($R^2 = 0,45$). Pour certaines accessions, il existe une bonne corrélation, mais pour d'autres la fructification est faible bien que la floraison soit abondante.

Fructification : En moyenne, sur la parcelle, 2,36 ($\pm 3,6$) capsules auront été produites par individu sur les deux mois de l'étude. Il existe cependant une très grande disparité entre accessions. L'accession en rouge a produit significativement plus de capsules que les autres. La production reste malgré tout très faible puisqu'elle n'excède pas 16,5 graines par individus.

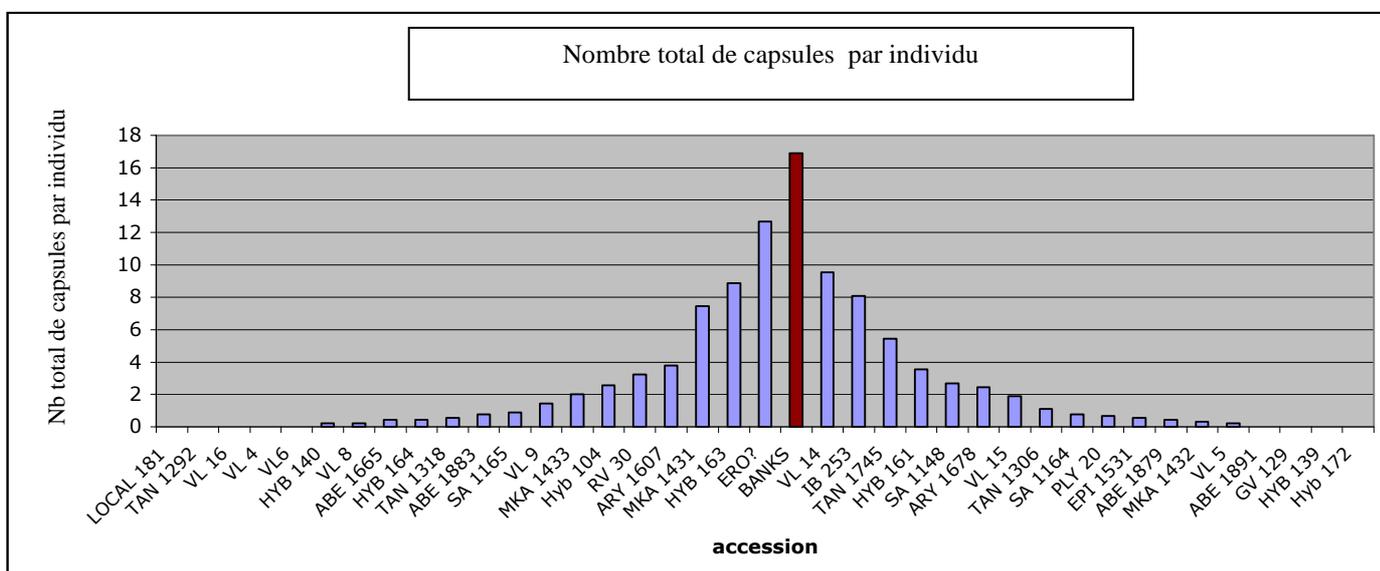
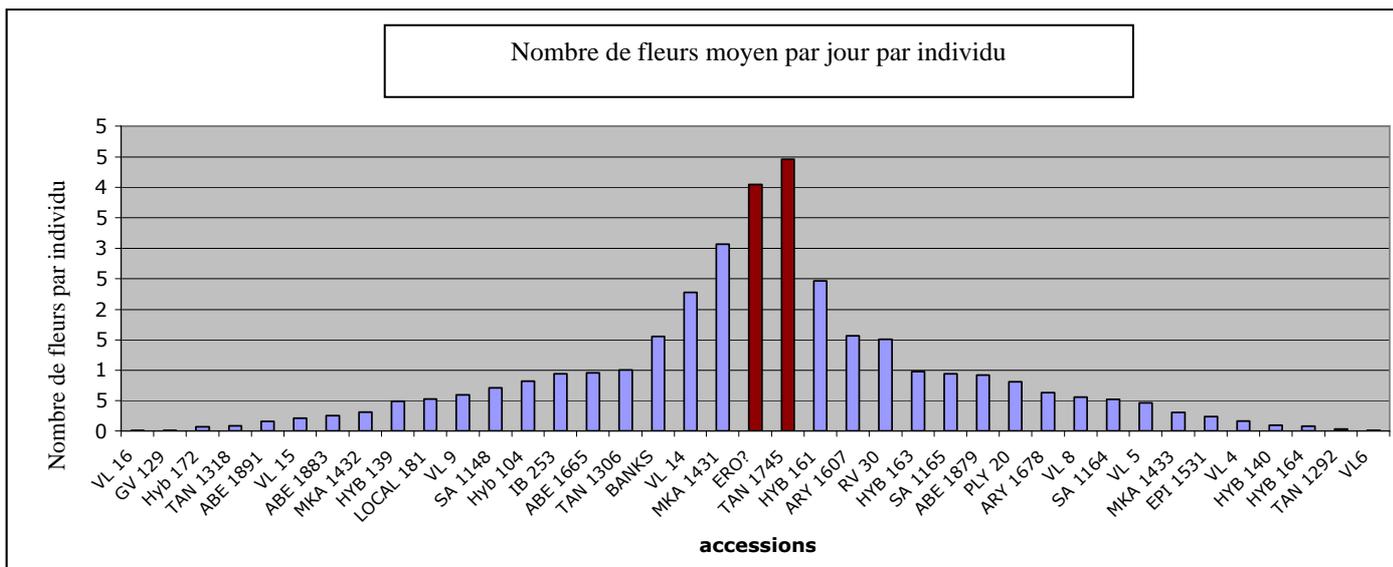


Figure 16. Nombre moyen de fleurs et de capsules pour 38 accessions de patate douce

Nombre de graines par capsule et viabilité potentielle : Le comptage des graines de 440 capsules matures montre qu'une capsule contient en moyenne 1,6 graine, mais ce chiffre est très variable entre les accessions ($\pm 1,3$). De plus, une forte proportion (32%) de ces graines sont de très petite taille. Un test de flottaison réalisé sur 145 graines de grosse taille a montré que 43 % de celles-ci sont à priori viables.

Tableau 19. Récapitulatif du taux de multiplication par graines de la patate douce

Étapes	Floraison (fleurs par jour par individu)	Fructification (Capsules par individus)	Nb de graines par capsules	Nb de graines viables / Nb graines total	Nb de graines viables par individu
Moyenne \pm (Ecart-type)	M = 0,8 (± 1)	(sur 2 mois) M = 2,36 ($\pm 3,6$)	1,6 ($\pm 1,3$)	25 %	(sur 2 mois) Environ 1 graine par individu
Minimum	Min = 0	Min = 0			
Maximum	Max = 4,5	Max = 16,5			

Corrélation entre fructification et rendement : Il n'existe pas de corrélation significative entre le rendement en racines et le nombre de capsules produites sur la durée de l'étude. ($R^2=0,03$). En effet, si toutes les accessions qui produisent beaucoup de capsules (Plus de 7 capsules par individu) ont un rendement faible (moins de 500g), l'inverse n'est pas vérifié.

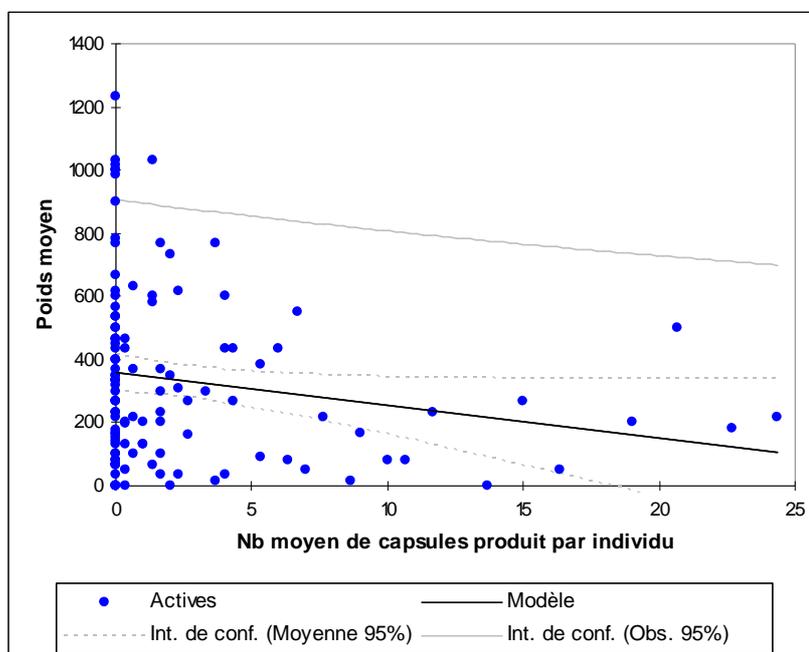


Figure 17. Régression entre le rendement et le nombre moyen de capsules produit par individu
*entre le 17/06 et le 21/08 ($R^2=0.033$)

- Étude de la stérilité mâle des fleurs de manioc (S1.3)

Sur les 18 individus, le comptage des grains de pollen stériles et fertiles (voir annexe) ont montré que le pourcentage de grains de pollen stériles varie entre 5% et 71% entre les accessions. Plus de la moitié présentaient plus de 50% de grains de pollen stériles. L'absence de référence dans la bibliographie concernant le seuil à partir duquel on peut considérer un individu stérile nous empêche de conclure. Cependant, il est raisonnable de penser que les individus dont plus de 50% du pollen est stérile sont peu susceptibles de s'autoféconder.

-Fructification et production de graines chez le manioc (S1.4)

Nombre de capsules par individu : Il existe une grande variation du nombre de capsules entre les individus d'une même accession. De ce fait, les différences entre variétés ne sont pas statistiquement significatives ($p > 0,05$). Dans l'échantillon étudié (15 variétés, 3 à 4 répétitions par variétés), le nombre de capsules par tige varie de 0 à 88. Le nombre moyen de capsules par tige est de 13, 6 capsules ($\pm 18,3$).

Nombre de graines par capsule : A partir du comptage des graines présentes dans 260 capsules, on observe qu'une capsule contient en moyenne 2, 5 graines. Il y a donc peu de loges vides au sein des capsules.

Pourcentage de graines viables : Un test de flottaison réalisé sur 200 graines a montré que 70 % d'entre elles n'étaient, a priori, pas viables.

Tableau 20. Récapitulatif du taux de multiplication par graines du manioc

Étapes	Fructification (Nb de Capsules par individus)	Nb de graines par capsules	Nb de graines viables / Nb graines total	Nb de graines viables par individu
Moyenne ± (Ecart-type)	M=13,6 (±18,3)	2,5	30%	10
Minimum	Min= 0			
Maximum	Max= 88			

Corrélation entre stérilité mâle et production de graines : La corrélation réalisée sur dix accessions entre le nombre moyen de capsules par tige et le pourcentage de grains de pollen stériles n'est pas significative ($R^2 = 0,011$). En raison du grand écart-type pour la fructification, il est difficile de conclure. Une récolte sur un plus grand laps de temps aurait probablement donné des résultats différents car lors du comptage une partie des capsules avait déjà mûri et éclaté.

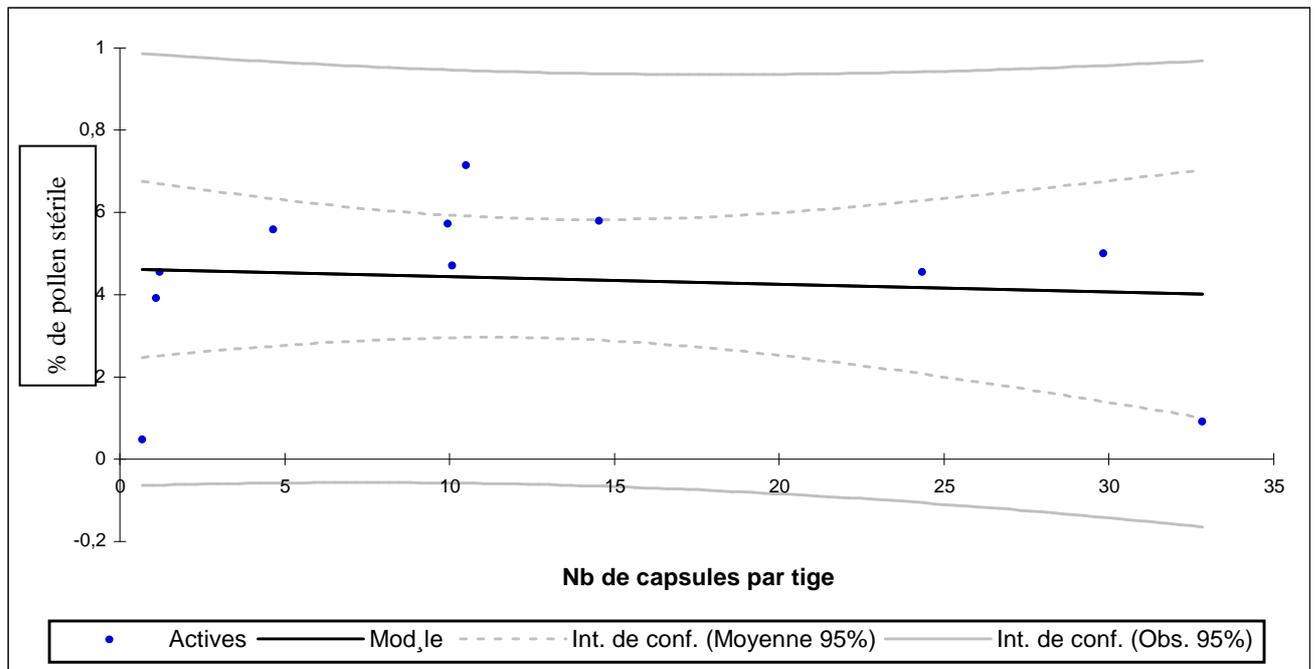


Figure 18. Corrélation entre pourcentage de pollen stérile et production de capsules chez le manioc

Abstract :

Conservation of Tropical Root Crop Agrobiodiversity: On farm True Seeds Production and Use as a Mean for Geographic Distribution of Allelic Diversity

The tropical root and tuber crops (cassava, sweet potato, taro and yam) are cultivated throughout the tropics where they play a major role for food security. In Vanuatu, an archipelago of 80 islands located in the South West Pacific, traditional food gardens are the basis for self-sufficiency with root and tuber crops being the main source of carbohydrates. Emerging environmental changes such as climatic ones or the introduction of new diseases are now endangering the local agrobiodiversity and the country's food security. As several genetic studies have shown, the local root and tuber crops genetic diversity is narrow in Vanuatu. In the course of genetic erosion, its resilience to changes is thus quite limited. To enlarge this genetic pool, introduction of exotic varieties has been conducted through *in vitro* genotypes but excessive distribution costs and the limited success of the operation, mainly due to the high fragmentation of the country, pointed at the need for other means of allelic dispersion. True botanical seeds production and use seems to be a promising way since it is much more convenient to distribute, and also because it enables efficient protection of local allelic pool by crossing it with introduced ones. However, the adoption of this innovative practice by traditional smallholders raises numerous technical problems since they are practicing exclusively clonal propagation and are not aware of tuber and root crops sexual reproduction. Our project aims at evaluating the potential for on-farm true seeds production and use through participatory methods. This study focuses on main environmental, economical, social and cultural constraints to the adoption of this practice in on-farm conditions. Since the sexual reproduction of these plants is poorly documented, this study will also assess the efficiency of this method through the characterization of reproductive biology and estimation of the percentage of new cultivars created during a cycle. We will finally evaluate potential improvements by building on farmer's own experiments and analysis of their difficulties. As most of the work on true seed of tropical root and tuber crops has been limited to scientific research stations, it is of interest to develop this technique for on-farm activities.

Keywords : Allelic diversity distribution, true seeds, root and tuber crops, Vanuatu

Résumé :

Les plantes à racines et tubercules tropicales (manioc, patate douce, ignames et taro) sont cultivées dans de nombreuses régions où elles jouent un rôle majeur pour la sécurité alimentaire des populations locales. Au Vanouatou, un archipel de 80 îles situées dans le Pacifique Sud - Ouest, les jardins vivriers traditionnels sont à la base de l'autonomie alimentaire et les plantes à racines et tubercules constituent la principale source de carbohydrates. Cependant, des changements environnementaux majeurs tels que les changements climatiques, l'introduction de nouveaux phyto-pathogènes ou encore la modification des habitudes alimentaires menacent actuellement l'agrobiodiversité locale et la sécurité alimentaire du pays. Comme plusieurs études de génétique moléculaire l'ont montré, la diversité génétique des plantes à racines et tubercules du Vanouatou est étroite et en cours d'érosion, sa résilience face aux changements environnementaux est donc limitée. Afin d'élargir la base génétique locale, l'introduction de variétés exotiques a été réalisée sous forme de géotypes *in vitro*, mais les coûts de distribution excessifs et le succès limité de l'opération, attribuables à la fragmentation du pays, mettent à jour la nécessité de trouver d'autres moyens pour la distribution de diversité allélique.

La production et l'utilisation de graines (réelles semences botaniques) semble être une alternative prometteuse car la distribution de matériel végétal est facilitée. D'autre part, cela permet de protéger les ressources génétiques locales en les croisant avec le matériel introduit. Il est en effet possible d'introduire par ce biais des gènes de résistance aux divers changements dans la population locale de plantes à racines et tubercules. Cependant, l'adoption de cette pratique innovante par les agriculteurs soulève divers problèmes car ceux-ci propagent leur matériel végétal exclusivement de manière clonale et la plupart d'entre eux ignorent la reproduction sexuée de ces plantes.

Notre projet vise donc à évaluer le potentiel de production et d'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules « à la ferme » via des méthodes de recherche participatives. Cette étude se focalisera sur les principales contraintes environnementales, économiques, sociales et culturelles au développement de cette pratique dans les exploitations agricoles. Étant donné que la reproduction sexuée de ces plantes est peu documentée, cette étude a également pour objectif de déterminer l'efficacité de cette technique via la caractérisation de la biologie reproductive des plantes à racines et tubercules et l'estimation du pourcentage de nouveaux cultivars créés durant un cycle. Nous discuterons finalement des améliorations possibles en se basant sur les expérimentations des producteurs et l'analyse des difficultés rencontrées.

Mots-clés : Distribution de diversité allélique, graines, plantes à racines et tubercules, Vanouatou

Résumé :

Les plantes à racines et tubercules tropicales (manioc, patate douce, ignames et taro) sont cultivées dans de nombreuses régions où elles jouent un rôle majeur pour la sécurité alimentaire des populations locales. Au Vanouatou, un archipel de 80 îles situées dans le Pacifique Sud - Ouest, les jardins vivriers traditionnels sont à la base de l'autonomie alimentaire et les plantes à racines et tubercules constituent la principale source de carbohydrates. Cependant, des changements environnementaux majeurs tels que les changements climatiques, l'introduction de nouveau phyto-pathogènes ou encore la modification des habitudes alimentaires menacent actuellement l'agrobiodiversité locale et la sécurité alimentaire du pays. Comme plusieurs études de génétique moléculaire l'ont montré, la diversité génétique des plantes à racines et tubercules du Vanouatou est étroite et en cours d'érosion, sa résilience face aux changements environnementaux est donc limitée. Afin d'élargir la base génétique locale, l'introduction de variétés exotiques a été réalisée sous forme de génotypes *in vitro*, mais les coûts de distribution excessifs et le succès limité de l'opération, attribuables à la fragmentation du pays, mettent à jour la nécessité de trouver d'autres moyens pour la distribution de diversité allélique.

La production et l'utilisation de graines (réelles semences botaniques) semble être une alternative prometteuse car la distribution de matériel végétal est facilitée. D'autre part, cela permet de protéger les ressources génétiques locales en les croisant avec le matériel introduit. Il est en effet possible d'introduire par ce biais des gènes de résistance aux divers changements dans la population locale de plantes à racines et tubercules. Cependant, l'adoption de cette pratique innovante par les agriculteurs soulève divers problèmes car ceux-ci propagent leur matériel végétal exclusivement de manière clonale et la plupart d'entre eux ignorent la reproduction sexuée de ces plantes.

Notre projet vise donc à évaluer le potentiel de production et d'utilisation de graines de plantes à racines et tubercules « à la ferme » via des méthodes de recherche participatives. Cette étude se focalisera sur les principales contraintes environnementales, économiques, sociales et culturelles au développement de cette pratique dans les exploitations agricoles. Étant donné que la reproduction sexuée de ces plantes est peu documentée, cette étude a également pour objectif de déterminer l'efficacité de cette technique via la caractérisation de la biologie reproductive des plantes à racines et tubercules et l'estimation du pourcentage de nouveaux cultivars créés durant un cycle. Nous discuterons finalement des améliorations possibles en se basant sur les expérimentations des producteurs et l'analyse des difficultés rencontrées.

Mots-clés : Distribution de diversité allélique, graines, plantes à racines et tubercules, Vanouatou