



Mission « SUPER KUU* » - Promotion d'une culture de l'igname durable en Haute-Guinée, Guinée Conakry : rentable et « *climate-friendly* »

**Kuu = igname en malinké*



Réalisé pour le compte de



Programme Intra-ACP de l'AMCC

Une initiative du groupe des pays ACP financée par l'Union Européenne

Avril 2016



SYNTHESE	2
ACRONYMES	7
LISTE DES FIGURES	9
1. CONTEXTE : DONNEES CLEFS SUR LA FILIERE IGNAME GUINEENNE ET LE WO39	11
1.1. Données clefs sur la filière igname guinéenne	11
1.1.1. Production : volumes et rendements	11
1.1.2. Transformation, consommation domestique et exportation	13
1.1.3. Recherche agronomique	15
1.1.4. Liens entre changements climatiques, déforestation et igname	15
1.2. WO39 : justification, objectifs, tâches et déroulement	17
1.2.1. Justification a priori	17
1.2.2. Objectif et tâches	18
1.2.3. Déroulement	19
2. T0 : ETAT DES LIEUX DE LA FILIERE IGNAME GUINEENNE	20
2.1. Vue d'ensemble	20
2.1.1. Sols et climat de Haute-Guinée	20
2.1.2. Cultivars d'igname	23
2.1.3. Itinéraires techniques	24
2.1.4. Maladies et ravageurs	28
2.2. Détails de l'itinéraire cultural type	29
2.2.1. Mise en place	29
2.2.2. Entretien	32
2.2.3. Récolte et post-récolte	34
3. RESULTATS DES TACHES 1 A 3	38
3.1. T1 : Identification et production de semenceaux	38
3.1.1. Identification de variétés prometteuses	38
3.1.2. Production de semenceaux de qualité	42
3.1.3. CCL : identification et multiplication de semenceaux adaptés	44
3.2. T1 : Identification de plantes de couverture	45
3.2.1. L'igname, plante exigeante en fertilité	45
3.2.2. Plantes de couverture et SCV : utilités et concepts clefs	50
3.2.3. CCL : identification de plantes de couverture prometteuses	53
3.3. T2 : Identification d'itinéraires techniques améliorés pour la production	59
3.3.1. Adoption d'une approche « holistique » plutôt que « techniciste »	59
3.3.2. Bouclage des bilans de matière	60
3.3.3. CCL : itinéraires améliorés pour systèmes de culture à base d'igname	64
3.4. T3 : Identification de techniques améliorées pour stockage/transformation	77
3.4.1. Stockage : pratiques locales/internationales et recommandations	77
3.4.2. Transformation : pratiques sous-régionales/locales et recommandations	83
4. RESULTATS DES TACHES 4 A 6	86
4.1. T4/T5 : Conception du dispositif expérimental et son système de suivi	86
4.1.1. T4 : Dispositif expérimental	86
4.1.2. T5 : Système de suivi et analyse technico-économique	87
4.2. T6 : Conception du système de MRV du carbone forestier	90
4.2.1. Aperçu des concepts, méthodes et données disponibles	90
4.2.2. CCL : Design du MRV du C forestier et estimation ex-ante des gains C	94
5. RESULTATS DE LA TACHE 7	96
5.1. Pré-proposition faite pour MKTPlace	97
5.1.1. Présentation de MKTPlace	97
5.1.2. Proposition faite pour le programme MktPlace	97
5.2. Proposition faite pour l'appel à projets de la CEDEAO	99
5.2.1. Présentation de l'appel à projets de la CEDEAO	99
5.2.1. Proposition faite pour la CEDEAO	99
ANNEXE 1 - LISTE DES PAYSANS RENCONTRES LORS DES ENQUETES DE TERRAIN	103
ANNEXE 2 - DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES SOLS DE HAUTE-GUINEE	104
ANNEXE 3 - FOCUS SUR LA GENETIQUE DE L'IGNAME	109
ANNEXE 4 - APERÇU DES TECHNIQUES DE PRODUCTION DE SEMENCEAUX	113
ANNEXE 5 - REVUE DES ESSAIS DE PLANTES DE COUVERTURE EN AFRIQUE DE L'OUEST	118
ANNEXE 6 - SYSTEMES ET PRATIQUES DE CONSERVATION DE L'IGNAME	125
ANNEXE 7 - PROCEDES DE TRANSFORMATION DE L'IGNAME DANS LA SOUS-REGION	129
ANNEXE 8 - MRV DES FORETS : DECISIONS CCNUCC ET RECOMMANDATIONS GIEC	131
ANNEXE 9 - PARCELLES D'IGNAME SUR IMAGES SATELLITE DE TRES HAUTE RESOLUTION	134

SYNTHESE

NB : Par souci de concision, les acronymes ne sont pas développés et les sources ne sont pas citées dans cette synthèse. Dans le corps du rapport, les acronymes sont développés et les sources sont citées en bas de page.

1.1 Données clefs sur la filière igname guinéenne

La production mondiale d'igname a été multipliée par huit depuis les années 1960 et 90% de cette production provient de la *Yam Belt* ouest-africaine. D'après les statistiques agricoles guinéennes, quoique sujettes à caution, la production guinéenne serait réduite, de l'ordre de 0,2% de la production ouest-africaine en 2000. Néanmoins, cette production est concentrée dans quelques Sous-préfectures de Haute-Guinée et la filière est localement importante. Les rendements affichés dans les statistiques officielles paraissent peu crédibles : il est probable que le rendement a diminué ces dernières années et soit en dessous de 10 t/ha.

L'igname n'est quasiment pas transformée en Guinée et est peu consommée (moins de 12 kg/hab/an, soit seize fois qu'en Côte d'Ivoire), mais cette consommation devrait augmenter, notamment en milieu urbain. La Guinée n'exporte pas et n'a jamais exporté d'igname. Enfin, la recherche agronomique a mené des actions d'appui à la filière dans les années 1990, mais les impacts ont été limités.

L'igname est exigeante en fertilité et est souvent cultivée après abattis-brûlis de forêt, concourant ainsi à la déforestation mondiale, responsable de 6 à 17% des émissions de gaz à effet de serre, et contribuant également à la dégradation de la faune, de la flore et des sols.

1.2 WO39 : Justification, objectifs, tâches et déroulement

Le *Work Order* 39 a été sollicité par la FUCPIS auprès du Programme intra-ACP de l'AMCC après identification de goulets d'étranglement dans la filière igname guinéenne, que ce soit au niveau de la production, de la transformation ou de la conservation.

Face à cela, l'étude doit permettre d'identifier des pratiques agricoles intelligentes face au climat, assurant une production rentable pour les paysans, tout en étant adaptée au changement climatique et en contribuant à son atténuation. Sept tâches étaient prévues : identification de semenceaux améliorés ; identification d'itinéraires améliorés pour la production ; idem pour le stockage/transformation ; conception d'un dispositif d'essai ; conception d'un système de suivi technico-économique ; conception d'un système de suivi du carbone forestier ; recherche de cofinancements pour la mise en œuvre.

2.1 Vue d'ensemble de la filière igname guinéenne

Afin de pallier au manque de données sur la filière, 40 paysans répartis dans les sept Sous-préfectures ont été rencontrés et leurs champs visités.

La fertilité des sols est généralement jugée bonne, mais en baisse, voire forte baisse, les temps de jachère diminuant. Certaines zones à sols argileux sont réputées plus propices pour l'igname. Les données bibliographiques corroborent ces déclarations : quoique majoritairement ferrallitiques et avec CEC faibles, les sols paraissent adaptés à la culture de l'igname.

Les précipitations sont actuellement adéquates pour la culture de l'igname, tant en volume qu'en répartition, mais sont susceptibles d'évoluer sous l'effet du changement climatique, sans que les projections actuelles permettent d'estimer l'ampleur de ces évolutions.

Les paysans ne cultivent que quelques-unes des 68 variétés d'igname connues en Haute-Guinée, principalement de l'espèce *D. cayenensis-rotundata* (*kougbé* en malinké, 86%) et marginalement de l'espèce *D. alata* (*gbara* en malinké, 14%). Parmi les cultivars de *Dcr*, *Soferen* est le plus cultivé (¾ des buttes de *Dcr*), mais le cultivar *Nigeria* suscite un fort engouement.

L'igname est cultivée sur de petites parcelles (0,62 ha en moyenne, avec 5 400 buttes/ha en moyenne) et vient généralement en tête de rotation après abattis-brûlis. Après deux à cinq ans de culture, la pression d'adventices étant forte et la fertilité en baisse, la parcelle est généralement abandonnée (2/3 des cas) ou plantée en anacardiés (1/4 des cas).

Le défrichage et le buttage sont faits entre août et novembre de l'année n-1, la 1^{ère} récolte (tubercules immatures, mais recherchés sur les marchés) est faite entre mai et septembre de l'année n et la récolte finale est faite entre novembre de l'année n et mars de l'année n+1.

Les charges (temps et intrants) de buttage, plantation et désherbage sont relativement bien quantifiées par les paysans et représenteraient en moyenne la moitié des charges totales. Il paraît par contre difficile d'estimer les rendements, étant donné la nature déclarative des données de récolte. En considérant le rendement moyen dans la sous-région (9,47

t/ha/an), on estime la marge nette à environ 45 000 FG/hj (une fois toutes les charges déduites, y compris le coût du travail valorisé à 30 000 FG/hj) et le point d'équilibre à 4,35 t/ha.

Les maladies et ravageurs toucheraient moins de 10% des buttes, les plus fréquents étant singes et cochenilles. Les paysans estiment que les attaques sont globalement en hausse.

2.2 Détails de l'itinéraire cultural type

Défrichage (12% des coûts) : La plupart des paysans utilisent du glyphosate à très forte dose (de 6 à 15 L/ha, les préconisations allant de 3 à 6 L/ha). La végétation basse est traitée en août-septembre de l'année n-1 et les arbres sont brûlés sur place en février-mai de l'année n.

Barrière (7%) : Elle vise surtout à empêcher l'intrusion du bétail divaguant, friand des tubercules. Elle est quasiment toujours faite en branchages, le fil de fer – quoiqu'a priori moins coûteux – étant très rarement utilisé.

Buttage (17%) : Les buttes font 1 m de diamètre et 70 cm de hauteur. Elles sont faites généralement entre juin et novembre de l'année n-1, à raison de 65 buttes/hj en moyenne. En haut de la butte, un « chapeau » de feuilles est prépositionné : il protégera le semencieux de la chaleur dans les premières semaines de croissance.

Plantations (16%) : 85% des semencieux sont produits par leur utilisateur (sauf dans le cas de Nigeria, encore rare : près de la moitié sont achetés). Les semencieux ne sont généralement pas sélectionnés et sont plantés après avoir été coupés en morceaux.

Tuteurage (1%) : Il n'est quasiment jamais fait, même si les paysans disent reconnaître ses avantages sur la production.

Désherbage (19%) : Tous les paysans estiment que l'enherbement est fort et la quasi-totalité estime qu'il est en hausse. Trois désherbages sont généralement pratiqués, manuellement dans la majorité des cas. Neuf adventices principales ont été identifiées, avec des fréquences de citation allant de 22/40 à 3/40.

Fertilisation (0%) : Qu'elle soit chimique ou organique, elle est exceptionnelle.

Récoltes (12%) : Les kougbe peuvent être récoltés en deux fois, la 1^{ère} récolte (août à septembre) permettant de vendre des tubercules à prix élevés et d'induire la formation de « bons » semencieux récoltés lors de la 2^{nde} récolte, entre novembre et mars. Les gbara ne sont récoltés qu'une fois. Les gbara, plus gros que les kougbe, se vendent au même prix « par tas », que les kougbe, dont le goût est plus apprécié. 20% de la récolte sert de semencieux.

Stockage (5%) : Généralement, les tubercules marchands sont vendus dès la récolte et seuls les semencieux sont stockés, de décembre à mai. Le stockage se fait généralement sous hutte de branchage en brousse, avec dégermage/tri des tubercules gâtés dans ¾ des cas. Les taux de pertes seraient très faibles : 13% des semencieux (20% de la récolte), soit 3% en tout.

Transport (10%) : Les champs sont généralement situés entre deux et sept km des villages et les paysans utilisent des motos pour s'y rendre et pour en évacuer les tubercules.

3.1 T1 - Identification et production de semencieux

La génétique de l'igname est complexe et encore mal connue. Les frontières entre espèces sont floues, les variétés évoluent au gré des croisements, sélections, mutations génétiques et du vieillissement des individus. Cette complexité n'a pas encore permis une diffusion significative de variétés améliorées, à l'exception de *Florida* (*D. alata*) en Côte d'Ivoire.

Les critères de sélection variétale utilisés par les paysans sont généralement le rendement, la taille des tubercules, la qualité gustative, l'aptitude à la conservation, la résistance aux ravageurs, la plasticité (production même sur sol pauvre).

Les *D. alata* (*Gbara* en malinké) fournissent de gros tubercules, ont de faibles besoins en fertilité et se conservent bien. Leur goût « piquant » est peu apprécié en Haute-Guinée, où elle n'est pas considérée pas comme une « vraie » igname.

Les *Dcr* (*Kougbe* en malinké) sont précoces ou tardives. Une récolte « précoce » (avant maturité physiologique) fournit des tubercules fragiles mais recherchés (peu d'ignames sur le marché) et prépare une seconde récolte de semencieux. Aucune *Dcr* tardive n'a été rencontrée par la mission. Les variétés tardives sont moins exigeantes en fertilité que les précoces et se conservent mieux.

Si le CRAB a identifié 68 variétés, les paysans se concentrent sur quelques-unes, choisies d'abord pour leur valeur commerciale (gros tubercules), ensuite pour leur goût. Certaines variétés appréciées disparaissent, car plus sujettes aux attaques de ravageurs ou victimes de la pratique de sélection massale « inversée » (vente des gros tubercules, plantation des petits). Un catalogue variétal des ignames guinéennes n'ayant pu être trouvé auprès du CRAB, les 13 variétés de *Dcr* et quatre variétés de *D. alata* les plus courantes ont été décrites par la mission.

L'IITA a diffusé un grand nombre de variétés sélectionnées et améliorées dans la sous-région (Bénin, Côte d'Ivoire, Nigéria, Ghana, Togo) avec de bons résultats sur les rendements. Des introductions de telles variétés ont été tentées par le CRAB, avec peu de résultats probants. *Florida* notamment n'a pas été appréciée. *Nigeria* est l'exception : introduite depuis le Ghana, elle est actuellement fortement plébiscitée (bon rendement, gros tubercules).

Les semenceaux peuvent être des petits tubercules ou des fragments de tubercules. Le sevrage de la plante par une récolte précoce donne en seconde récolte de petits semenceaux au pouvoir germinatif important. L'usage de petits tubercules évite d'exposer le parenchyme aux insectes et champignons, mais leur petite taille peut être due à des viroses ou des maladies. Les planter revient dans ce cas à sélectionner les individus les moins performants.

Les fragments peuvent être de taille variable (de 5 à 400g), de petits fragments (< 100 g, techniques dites anambra ou minisetts ou microsetts) donneront de petits tubercules replantés comme semenceaux. La technique minisetts permet une multiplication importante (1:30) mais est peu adoptée, même là où elle est promue depuis plus de 20 ans (Togo, Cameroun, Nigéria). Elle est exigeante en temps et capital (intrants et produits phytosanitaires notamment) et impose au paysan un an de production exclusive de semenceaux.

D'autres techniques existent mais sont trop coûteuses ou complexes pour être applicables par les paysans : bouturage, culture de tissus, reproduction sexuée. La culture in vitro de méristèmes associée à un traitement par thérapie thermique ou chimiothérapie est la seule méthode permettant de se débarrasser des virus.

On recommande la sélection de matériel sain auprès des paysans et leur diffusion par des paysans multiplicateurs, avec l'appui de la FUCPIS et du CRAB pour la mise en œuvre des bonnes pratiques (sélection et amélioration, traitements, stockage, minisetts sous conditions). L'introduction de variétés identifiées avec les paysans et la conservation en station des variétés d'intérêt sont du ressort du CRAB.

3.2 T1 - Identification de plantes de couverture

L'igname est une plante exigeante en fertilité et requiert des sols profonds, meubles, riches en éléments minéraux (azote et potasse surtout) et bien drainés. Elle est donc généralement plantée en tête de rotation dans les systèmes traditionnels d'abattis-brûlis. Les exportations de minéraux dues à sa culture sont élevées, surtout pour l'azote et la potasse.

De très nombreux essais de fertilisation chimique ont été menés sur l'igname, donnant des résultats parfois divergents dans des contextes climatiques et pédologiques proches, voire sur les mêmes variétés. De façon générale, la réponse aux engrais chimiques est faible (différence significative de rendement dans moins d'1/4 des essais) et l'identification d'une formulation adaptée à l'igname dans le contexte ouest-africain paraît illusoire.

Les plantes de couverture pourraient permettre d'améliorer la structure et texture du sol, de fixer et remobiliser les éléments minéraux, de contrôler l'enherbement, de réguler le bilan hydrique en condition semi-aride et d'apporter de la matière organique, notamment azotée dans le cas des légumineuses. Elles peuvent également avoir des effets négatifs (renforcement des adventices avec le mulch, compétition avec la plante principale, etc.) et doivent donc être introduites de façon raisonnée dans les systèmes culturaux.

Par rapport aux systèmes conventionnels, leur présence permet de simplifier le travail du sol, de limiter les désherbages et les apports d'engrais chimiques, ce qui est pertinent en zone subsaharienne où la pression foncière réduit la durée de jachère, où les engrais chimiques sont hors de portée et où l'élevage est souvent insuffisamment intégré à l'agriculture.

Les techniques de semis sous couverture végétale sont anciennes (apparition dans les années 1940 aux USA) mais encore peu répandues en Afrique subsaharienne. Les expériences sous-régionales analysées dans le cadre de l'étude (Bénin, Cameroun, Côte d'Ivoire, Nigéria, Tchad) concernent surtout d'avantage des dispositifs de recherche que des mises en œuvre à grande échelle en milieu paysan. Elles apportent néanmoins des éclairages utiles pour la FUCPIS.

Après croisement de données concernant plus d'une quarantaine de plantes de couverture, deux d'entre-elles ont été retenues après sélection en quatre étapes : élimination des plantes non adaptées ; présélection des plantes a priori adaptées ; sélection des plantes les mieux adaptées et déjà testées ; validation par les membres de la FUCPIS. Il s'agit de *Pueraria phaseolides* et *Cajanus cajan*.

La 1^{ère} a été abondamment testée dans nombre de situations. Elle est vivace, saine, produit beaucoup de biomasse (4 tMS/ha/an au minimum), très couvrante tout en restant contrôlable, résistante à la sécheresse.

La 2^{nde} a, semble-t-il, été moins testée en tant que plante de couverture. Contrairement à *P. phaseolides*, elle a un port érigé et est bisannuelle. Pour le reste, elle a peu ou prou les mêmes qualités, notamment une très forte productivité (près de 9 tMS/ha/an en milieu paysan en Haute-Guinée). Elle a aussi l'avantage de produire des pois d'angle, comestibles.

3.3 T2 - Identification d'itinéraires techniques améliorés pour la production

Grosso modo, il existe deux approches pour pérenniser voire sédentariser les systèmes de culture à base d'igname : « techniciste », reposant sur l'amélioration génétique et l'apport d'engrais chimique ; « holistique », reposant sur une refonte des systèmes, en introduisant la jachère améliorée et le semis direct sur mulch.

Les propositions d'amélioration faites avec une approche holistique doivent répondre aux attentes des paysans : utiliser des cultivars appréciés, permettre de boucler les bilans minéral/organique/hydrique, ne pas demander plus de temps ou intrant que les systèmes déjà pratiqués, s'intégrer dans l'ensemble des systèmes de culture (à base d'igname et autre).

Un bilan minéral simplifié (sur un an) peut prendre en compte les importations liées à la plante de couverture et les exportations liées aux tubercules. Avec *P. phaseolides*, une carence en K_2O apparaît, qui peut être corrigée avec l'apport de 120 Kg/an/ha de cendre, disponible au village. En l'absence de dosage des éléments minéraux de *C. cajan*, ce bilan ne peut être fait.

Un bilan organique simplifié (sur un an) peut prendre en compte les importations liées à la plante de couverture et les exportations liées à la minéralisation de la matière organique. Tant avec *P. phaseolides* qu'avec *C. cajan*, les bilans organiques paraissent équilibrés.

Le bilan hydrique est a priori satisfaisant dans tous les cas : l'igname a un besoin en eau minimum de 1 000 mm/an et optimum de 1 500 mm/an, avec des pluies réparties selon les étapes de croissance. Aux environs de Kankan, les pluies sont satisfaisantes, tant en volume (légèrement supérieur à l'optimum) qu'en calage (pic des pluies entre août et octobre).

On peut modéliser les systèmes de culture traditionnel vs amélioré. Dans les deux cas, on considère une exploitation type avec 1,9 ha emblavés chaque année, 1/3 (0,62 ha) en igname (en tête de rotation, généralement sur abattis-brûlis de forêt ou jachère ancienne dans le système traditionnel), 1/3 en céréale (riz ou maïs, derrière l'igname) et 1/3 en autre culture (manioc, arachide, sésame, fonio, etc., derrière une céréale).

Dans le système traditionnel, itinérant, on a donc 0,62 ha déboisé chaque année, soit 7,4 ha déboisé sur 12 ans. Dans le système amélioré, sédentarisé, on continue à déboiser initialement jusqu'à avoir six parcelles, trois cultivées une année sur deux et trois en jachère améliorée une année sur deux. In fine, sur 12 ans, on aura évité de déboiser 6,2 ha.

Ceci repose sur les hypothèses que (i) la plante de couverture permet d'alléger les temps/coûts de défrichage, brûlage, buttage, plantation et désherbage et compense les temps/coûts de son rabattage, tuteurage de l'igname, récolte, (ii) la gestion de la plante de couverture est minime après installation (re-semis naturel avec *P. phaseolides*, semis simplifié avec *C. cajan*), (iii) les paysans installent rapidement des pare-feux (*Gmelina arborea* et *Anacardium occidentale* ou *Jatropha curcas*) et haie-vive contre le bétail (*Ziziphus macronata*) autour des parcelles.

Un bilan minéral simplifié (sur douze ans) peut prendre en compte les importations liées à la plante de couverture et à la cendre, les exportations liées à l'igname et aux autres cultures. Avec *P. phaseolides*, le bilan paraît équilibré au bout de cinq ans. En l'absence de dosage des éléments minéraux de *C. cajan*, ce bilan ne peut être fait.

Un bilan organique simplifié (sur douze ans) peut prendre en compte les mêmes paramètres que le bilan sur un an. Tant avec *P. phaseolides* qu'avec *C. cajan*, les bilans organiques paraissent positifs au bout de douze ans. Par contre, si le stock de matière organique semble augmenter légèrement sur 12 ans avec *C. cajan*, il semble baisser légèrement avec *P. phaseolides*, l'hypothèse de production de biomasse étant plus faible pour cette dernière.

On peut ensuite détailler chaque étape culturale et les coûts/temps de production qui y sont associés, pour l'itinéraire traditionnel vs amélioré : création des parcelles, installation de la plante de couverture, protection des parcelles contre le feu et le bétail, contrôle de la plante de couverture, semis de la plante principale, choix des semences, fertilisation, désherbage, tuteurage.

3.4 T3 - Identification de techniques améliorées pour stockage/transformation

Les cossettes sont des tubercules ou fragments épluchés, précuits et séchés. L'ajout de feuilles pendant la pré-cuisson permettrait d'éviter les brûlures sur la paroi de la marmite, de donner un pouvoir insecticide et fongicide aux cossettes, de garantir leur dureté (meilleure conservation) et leur blancheur (meilleur aspect). La farine est obtenue par concassage et mouture des cossettes.

La transformation améliore la conservation de l'igname, réduit son coût de transport, permet de valoriser les petits tubercules et offre des opportunités de travail pour les femmes. La farine d'igname est très répandue dans les villes du Sud du Bénin et du Sud-Ouest du Nigéria, où l'igname fraîche est chère.

La pratique reste marginale en Haute-Guinée, car les enjeux de stockage sont faibles, la transformation difficile (épluchage et concassage au mortier), la stratégie de valorisation floue (la FUCPIS souhaite valoriser les petits tubercules, les transformateurs préfèrent transformer des gros). En conséquence, la rentabilité de l'activité est mal connue et la vente se fait sous le coût de revient.

Il faudrait poursuivre les tests, notamment sur la réduction de la taille des cossettes, l'épluchage après pré-cuisson et la mouture sans pré-cuisson, afin d'essayer de supprimer l'étape de concassage, goulet d'étranglement de la filière. Il faudrait aussi en parallèle définir une stratégie commune claire quant à la valorisation des petits tubercules et apporter aux transformateurs des rudiments de gestion technico-économique.

4.1 T4/T5 – Conception du dispositif expérimental et son système de suivi

Il est nécessaire de pouvoir expérimenter à la fois en station (pour estimer la variabilité des variations de rendement dues aux innovations proprement dites) et en milieu paysan (pour estimer la variabilité des variations de rendement dues à la façon dont les paysans mettent en œuvre les innovations). On propose donc un dispositif mixte, de type « *Mother and Baby Trials* ».

On testera quatre traitements, avec la variété *Dcr* la plus répandue – *Soféren* – plantée à densité traditionnelle – 5 400 plants/ha : (i) T0 (témoin) : igname sur jachère naturelle de deux ans, avec buttage et sans tuteurage, (ii) T1 : sur jachère naturelle de deux ans, sans buttage et avec tuteurage, (iii) T2 : sur jachère de *P. phaseolides* de deux ans, sans buttage et avec tuteurage, (iv) T3 : sur jachère de *C. cajan* de deux ans, sans buttage et avec tuteurage.

En station (CRAB de Kankan), on aura huit blocs randomisés, soit 32 placeaux. En milieu paysan, on aura deux sites par Sous-préfectures (toutes celles où opère la FUCPIS, sauf Koundian où la production d'igname est marginale) et trois traitements par site, T0/T1/T2 ou T0/T1/T3. On aura donc 72 placeaux multiloaux. Chaque placeau devrait mesurer 50 m² (5 m x 10 m), soit 24 m² utile (en excluant le recueil de données sur les bordures).

On analysera la variance des rendements, en station et en milieu paysan, en utilisant la loi de FISCHER-SNEDECOR et on évaluera si les effets des traitements sont significativement différents en utilisant la loi de STUDENT et en calculant la plus petite différence significative.

Le suivi des essais sera fait avec des indicateurs SMART. Au niveau agronomique, on relèvera des données avant mise en place sur le rapport C/N, la population de lombrics, la biomasse aérienne produite par la jachère et la pression d'adventices. On complètera les données en cours de mise en œuvre avec les % de levée et mortalité, les pressions d'adventices, les scores d'attaques de pestes et maladies, l'humidité/température du sol et la pluviométrie. A la récolte, on relèvera les mêmes données que pendant la mise en œuvre, ainsi le nombre et poids des tubercules par plant, le % de tubercules marchands, le rapport C/R et la population de lombrics.

Au niveau technico-économique, on dressera initialement un portrait rapide de chaque paysan pilote et de son exploitation, puis on notera toutes les étapes culturales ainsi que les temps/intrants correspondants en mettant en place des carnets d'essai individuels. Les jugements des paysans pilotes sur la complexité / pénibilité / intégration des innovations dans leur calendrier global, etc. seront analysés sur la base de notes, qui seront ensuite traités en utilisant la loi de STUDENT.

4.2 T6 – Conception du système de MRV du carbone forestier

Suivre les stocks de carbone forestier implique (i) de définir ce qu'est une forêt dans le contexte national, (ii) suivre l'évolution des surfaces forestières (variables d'activité, exprimées en Δ ha/an) et (iii) suivre l'évolution des stocks de biomasse et carbone forestier (facteurs d'émission, exprimés en $\text{teCO}_2/\text{ha}/\text{an}$).

En Guinée, le concept de forêt n'est pas clairement défini dans le Code forestier (du moins, pas avec des grandeurs mesurables : surface minimale, hauteur minimale, etc.). Les cartes forestières nationales sont anciennes et peu précises. Des images satellite récentes couvrent en partie la zone d'étude, mais leur usage pour détecter des changements d'utilisation du sol très petits paraît incertain. Enfin, il n'y a jamais eu d'inventaire forestier national et les rares données existantes sont anciennes et concernent surtout la Guinée forestière et la Basse Guinée.

Les variables d'activité et les facteurs d'émission spécifiques à la forêt guinéenne sont donc imprécis et/ou inexistants. La constitution des deux jeux de données nécessiterait des efforts importants, car on part quasiment de zéro en Guinée. Il en est de même pour la réalisation d'analyse cartographique sur trois dates historiques et la quantification/spatialisation de facteurs d'ajustement de la tendance de déforestation aux environs de Kankan, deux jeux de données requis pour élaborer un scénario de référence REDD+.

Faute de mieux, on peut cependant estimer (i) les émissions dues à la déforestation et les absorptions dues à la mise en jachère à partir de valeurs par défaut du GIEC et (ii) les surfaces déboisées respectivement dans les systèmes traditionnel vs amélioré de culture sur base d'igname, ce qui permet d'estimer ex-ante le gain carbone potentiel du système amélioré : environ 160 $\text{teCO}_2/\text{paysan}$.

5.1/5.2 T7 – Demandes de cofinancements

Il était initialement prévu d'élaborer une fiche d'idée de projet au format BioCarbonfund afin de viser un financement de la mise en œuvre des recommandations de l'étude via des financements REDD+. Or, il s'est passé près de deux ans entre l'élaboration et l'exécution du WO39 et les perspectives de financement REDD+ étaient moins prometteuses. Il a donc été jugé préférable de soumettre des propositions à deux guichets : (i) MKTPlace, piloté par EMBRAPA et (ii) Appel à proposition innovante sur la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, piloté par la CEDEAO.

Au-delà de cela, des échanges d'informations ont eu lieu avec les deux coordinateurs du projet YAMSIS, Dr. Innocent KIBA DELWENDE (Univ. De Zurich) et Dr. Valérie Kouame HGAZAT KOUASSI (CSRS), mis en œuvre sur les mêmes problématiques au Burkina-Faso et en Côte d'Ivoire par l'ICRAF, le CSRS et l'Université de Zurich.

ACRONYMES

ABIES	Agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé
ACP	Afrique, Caraïbes et Pacifique
AFD	Agence française de développement
AIC	Agriculture intelligente face au climat
AMCC	Alliance mondiale contre le changement climatique
ANADER	Agence nationale pour le développement rural
ANASA	Agence nationale des statistiques agricoles et alimentaires
ARAA	Agence régionale pour l'agriculture et l'alimentation
BDPA	Bureau pour le développement de la production agricole
CAU	Coefficient apparent d'utilisation
CCNUCC	Convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique
CEC	Capacité d'échanges cationiques
CEDEAO	Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CERNA	Centre régional de nutrition et d'alimentation appliquées
CFCS	<i>Caribbean Food Crops Society</i>
CIRAD	Centre international de recherche agronomique pour le développement
CMP	<i>Conference of Parties acting as the Meeting of Parties</i>
CNRA	Centre national de recherche agronomique
CNEARC	Centre national d'études agronomiques des régions chaudes
CORAF	Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles
CP	<i>Conference of Parties</i>
CRAB	Centre de recherche agronomique de Bordo
CRDI	Centre de recherches pour le développement international
CSIRO	<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</i>
CSRS	Centre suisse de recherches scientifiques
CTFT	Centre technique forestier tropical
Dcr	<i>Dioscorea cayensensis-rotundata</i>
DNEF	Direction nationale des eaux et forêts
DNFC	Direction nationale des forêts et de la chasse
EMBRAPA	Société brésilienne de recherche agricole
ENITA	École nationale d'ingénieurs des travaux agricoles
ESA	Eau, sol, arbre (projet)
FAO	<i>Food and Agriculture Organisation</i>
FARA	Forum pour la recherche agricole en Afrique
FG	Franc guinéen (NB : 1 euro = 8 625 FG en avril 2016)
FIRCA	Fonds interprofessionnel pour la recherche et le conseil agricoles
FRA	<i>Forest Resources Assessment</i>
FUCPIS-G	Fédération des unions de coopératives de producteurs d'igname et de sésame de Guinée
GES	Gaz à effet de serre
GHG	<i>Greenhouse gas</i>
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
GOFC/GOLD	<i>Global Observation for Forest Cover and Land Dynamics</i>

GSDM	Groupement semis direct Madagascar
GTZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit</i>
Ha	Hectare
Hj	Homme-jour
IARC	Agence internationale de recherche sur le cancer
IDESSA	Institut des savanes
IFPRI	<i>International Food Policy Research Institute</i>
IICA	Institut interaméricain de coopération pour l'agriculture
IITA	<i>International Institute for Tropical Agriculture</i>
INERA	Institut de l'environnement et de recherches agricoles
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INRAB	Institut national de la recherche agronomique du Bénin
IRAG	Institut national de la recherche agronomique de Guinée
IRAT	Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières
IRD	Institut de recherche pour le développement
IRDCAM	Institut de recherche et de développement sur la biodiversité des plantes cultivées, aromatiques et médicinales
ITRA	Institut togolais de recherche agronomique
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
LULUCF	<i>Land Use, Land Use Change, and Forestry</i>
MDP	Mécanisme de développement propre
MIROC	<i>Model for Interdisciplinary Research on Climate</i>
MRV	Mesure, rapportage et vérification
MS	Matière sèche
NEAA	<i>Netherlands Environmental Assessment Agency</i>
OMS	Organisation mondiale de la santé
ORSTOM	Office de la recherche scientifique et technique outre-mer
PANA	Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques
PIN	<i>Project Idea Note</i>
PNDRT	Programme national de développement des racines et tubercules
PRG	Potentiel de réchauffement global
PPDS	Plus petite différence significative
REDD+	Réduction des émissions de GES dues à la déforestation et la dégradation, maintien et augmentation des stocks de carbone forestier
SCV	Semis sous couverture végétale
SENASOL	Service national des sols
SMART	Spécifique / Mesurable / Acceptable / Réaliste / Temporellement défini.
teCO ₂	Tonne-équivalent dioxyde de carbone
TSBF	<i>Tropical Soil Biology and Fertility</i>
UAC	Université d'Abomey-Calavi
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
WO	<i>Work Order</i>

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Evolution 1961-2014 de la surface, du rendement et de la production d'igname en Guinée (Source : FAOSTAT, 2016).....	11
Figure 2 - Localisation de la <i>Yam Belt</i> ou Ceinture de l'igname (Source : CIRAD, non daté) et Sous-préfectures productrices d'igname en Guinée (Source : Auteurs, 2016)	12
Figure 3 - Rendement moyen pondéré en igname en Afrique de l'Ouest pour 2014 (Source : Auteurs, 2016, d'après FAOSTAT, 2016)	13
Figure 4 - Evolution 1961-2011 de la disponibilité en igname en Guinée (Source : FAOSTAT, 2016)	14
Figure 5 - Carte de Guinée et localisation des Préfectures de Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016)	19
Figure 6 - Localisation des 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015 ; BING MAPS, 2016)	20
Figure 7 - Perception de la fertilité des 40 parcelles d'igname visitées (à g.) et de l'évolution de la fertilité (à d.) en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2015).....	21
Figure 8 - Carte de la pluviométrie moyenne annuelle 1961-2004 en Guinée (Source : Météo nationale, cité dans PANA, 2007)	21
Figure 9 - Pluviométrie et température moyennes annuelles 1982-2012 à Kankan (Source : http://fr.climate-data.org , 2016)	22
Figure 10 - Projections 2050 des changements en précipitations annuelles (en mm/an) avec les modèles MIROC et CSIRO (Source : IFPRI, 2013)	22
Figure 11 - Nombre de cultivars plantés par les 40 paysans rencontrés (Source : Auteurs, 2015)	23
Figure 12 - Répartition (en nbre de buttes) des cultivars de <i>Dcr</i> plantés sur les 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015)	23
Figure 13 - Photos des trois cultivars de <i>Dcr</i> les plus fréquents parmi les 40 paysans rencontrés : <i>Soferen</i> , <i>Nigéria</i> , <i>Kougbe</i> (de g. à d.) (Source : Auteurs, 2015)	24
Figure 14 - Répartition (en nbre de buttes) des cultivars de <i>D. alata</i> plantés sur les 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015).....	24
Figure 15 - Antécédent des 40 parcelles d'igname visitées (Source : Auteurs, 2015)	25
Figure 16 - Durée du cycle après l'igname pour les 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015).....	25
Figure 17 - Calendrier cultural type de l'igname en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2015)	25
Figure 18 - Coûts de production et écarts-types chez les 40 paysans interrogés (Source : Auteurs, 2015).....	26
Figure 19 - Coûts et bénéfices de la culture d'igname chez les 40 paysans interrogés (Source : Auteurs, 2015).....	27
Figure 20 - Marge du paysan (FG/hj) suivant rendements (moyenne AfO, RCI, équilibre) (Source : Auteurs, 2016).....	27
Figure 21 - Photos de tubercules d'igname attaqués par des singes (Source : Auteurs, 2015).....	28
Figure 22 - Parcelles d'igname adjacentes : arbres non brûlés / non plantée (à g.), arbres brûlés / prête à récolter (à d.) (Source : Auteurs, 2015)	29
Figure 23 - Photo d'une parcelle d'igname en production, avec arbres brûlés (Source : Auteurs, 2015)	29
Figure 24 - Comparaison des coûts d'une barrière en bois et en barbelé (Source : Auteurs, 2015).....	30
Figure 25 - Origine des semenceaux plantés (à g.) et proportion de semenceaux produits en propre (à d.) pour les 40 paysans visités (Source : Auteurs, 2015).....	31
Figure 26 - Niveau de satisfaction des 40 paysans visités par rapport à la qualité des semenceaux (Source : Auteurs, 2015).....	31
Figure 27 - Photos d'igname non tuteuré (ci-dessus) et tuteuré « naturellement » (à g.) (Source : Auteurs, 2015)	32
Figure 28 - Perception de l'évolution de l'enherbement par les 40 paysans visités (à g.) et nombre de désherbage effectués sur les 40 parcelles visitées (à g.) (Source : Auteurs, 2015)	32
Figure 29 - Photos de neuf adventices fréquemment citées par les 40 paysans rencontrés (Source : Auteurs, 2015, d'après LE BOURGEOIS et MARTIN, 1995).....	33
Figure 30 - Photo de récolte d'igname chez M. B. KONATE, Secrétaire FUCPIS (Source : Auteurs, 2015).....	34
Figure 31 - Evolution mensuelle des prix de l'igname à Kankan, de janvier 2002 à juin 2005 (Source : Agence pour la commercialisation agricole)	35
Figure 32 - Photos de hutte à igname simple, avec barrière, en paille tressée (de g. à d.) (Sources : Auteurs, 2015).....	36
Figure 33 - Caractéristiques des quatre principales variétés de <i>D. alata</i> cultivées en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016).....	38
Figure 34 - Caractéristiques des neuf variétés principales de <i>Dcr</i> cultivées en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016).....	39
Figure 35 - Synthèse des techniques de multiplication de l'igname (Source : Auteurs, d'après AIGHEWI et al., 2015).....	42
Figure 36 - Exportations en N, P ₂ O ₅ et K ₂ O pour quelques cultures communes en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016 ; d'après CIRAD, 1993).	46
Figure 37 - Formulation et dose « moyennes » d'engrais chimique pour l'igname (Source : Auteurs, 2015, d'après KOUAKOU et al., 2005 ; NGUE BISSA et al., 2007 ; KOLAWOLE, 2012).....	50
Figure 38 - Schéma présentant les systèmes de culture conventionnelle (Source : HUSSON et al. 2013).....	52

Figure 39 - Schéma présentant les systèmes d'agriculture basée sur le SCV (Source : HUSSON et al. 2013).....	52
Figure 40 - Photos d'igname, maïs, coton sur mulch mort de <i>Pueraria</i> et <i>Pueraria</i> (de g. à d.), Brobo, région de Bouaké - Côte d'Ivoire (Source : CHARPENTIER et al., 1999).....	55
Figure 41 - Photos de <i>Cajanus cajan</i> en végétation (Source : IRAG/CRAB, 2014).....	57
Figure 42 - Rendements en riz et maïs après différentes jachères, dont jachère améliorée avec <i>C. cajan</i> (Source : IRAG, 2014).....	57
Figure 43 - Rendements en biomasse et matière sèche de différentes jachères testées en 2013 en Guinée (Source : Auteurs, 2016, d'après IRAG, 2014).....	58
Figure 44 - Moyenne et coefficient de variation des rendements en biomasse fraîche de différentes jachères testées en 2013 en Guinée (Source : Auteurs, 2016, d'après IRAG, 2014).....	58
Figure 45 - Apports d'éléments minéraux après jachère améliorée à <i>P. phaseoloides</i> (Source : TIAN et al., 2001).....	60
Figure 46 - Bilan minéral conservatif vs non-conservatif de la culture d'igname sur SCV de <i>P. phaseoloides</i> (Source : Auteurs, 2016).....	61
Figure 47 - Apports en N, P ₂ O ₅ et K ₂ O de différents fumiers, de la cendre de bois et des graines de coton carbonisées (Source : CIRAD, 1993).....	61
Figure 48 - Bilan minéral conservatif avec correction d'une carence en K ₂ O par apports de cendre vs graines de coton carbonisées (Source : Auteurs, 2016).....	61
Figure 49 - Apports minéraux pour <i>P. phaseoloides</i> , <i>M. pruriens</i> et <i>A. hystrix</i> (Source : CHARPENTIER et al., 1999 ; TIAN et al., 2001 ; DOUNIAS, 2001 ; HOUEJISSIN et al., 2011).....	62
Figure 50 - Bilan organique conservatif vs non-conservatif de la culture d'igname sur SCV de <i>P. phaseoloides</i> (Source : Auteurs, 2016).....	63
Figure 51 - Bilan organique de la culture d'igname sur SCV de <i>C. cajan</i> (Source : Auteurs, 2016).....	63
Figure 52 - Modélisation sur 12 ans du système de culture traditionnel à base d'igname (Source : Auteurs, 2015).....	65
Figure 53 - Modélisation sur 12 ans du système de culture amélioré à base d'igname (Source : Auteurs, 2015).....	65
Figure 54 - Schéma expliquant la rotation sur six ans pour le système amélioré de culture à base d'igname (Source : Auteurs, 2016).....	66
Figure 55 - Schéma de localisation des pare-feux et haie-vive pour le système amélioré de culture à base d'igname (Source : Auteurs, 2016).....	68
Figure 56 - Bilan minéral conservatif sur 12 ans pour le système de culture à base d'igname amélioré avec <i>P. phaseoloides</i> (Source : Auteurs, 2016).....	68
Figure 57 - Bilan minéral conservatif sur 12 ans pour le système de culture à base d'igname amélioré avec <i>P. phaseoloides</i> vs <i>C. cajan</i> (Source : Auteurs, 2016).....	69
Figure 58 - Couvert de <i>P. phaseoloides</i> (à g.) et rabattage avant semis (à d.), Fo Bouré – Nord Bénin (Source : CORNET, 2010).....	71
Figure 59 - Photos d'attaques par anthracnose (à g.) et cercosporiose (à d.) (Source : NGUE BISSA, 2007).....	79
Figure 60 - Tubercules sain (à g.), infesté par <i>Méloïdogyne</i> (au milieu), infesté par <i>Pratylenchus</i> (à d.) (Source : WILSON, 1987).....	79
Figure 61 - Schémas et photos de systèmes de stockage (Sources : WILSON, 1980 ; DEGRAS, 1986 ; WILSON, 1987 ; NGUE BISSA, 2007 ; Auteurs, 2015).....	81
Figure 62 - Hutte élevée pour le stockage d'igname (Source : NGUE BISSA et al., 2007).....	82
Figure 63 - Cartes d'utilisation des terres en Guinée en 1975 et 2000 (USGS, date inconnue).....	91
Figure 64 - Carte nationale de couverture végétale en Guinée (Source : ZOUMANIGUI et al., 2003).....	91
Figure 65 - Comparaison locale de la carte nationale de couverture végétale en Guinée et d'une image satellite (Source : ZOUMANIGUI et al., 2003 ; BING MAPS, 2016).....	92
Figure 66 - Images SPOT et Pleiades disponibles en 2015 (à g.) et 2016 (à d.) sur la zone d'intérêt (Source : Auteurs, 2016, d'après http://www.geo-airbusds.com).....	92
Figure 67 - Zones écologiques en Afrique et en Guinée (Source : FAO, 2001 ; Auteurs, 2016).....	94
Figure 68 - Identification des buttes d'igname sur quelques parcelles visitées à partir d'images Google Earth (Source : Auteurs, 2016).....	95
Figure 69 - Carte des sols aux environs de Kankan, échelle 1/1 000 000 (Source : SENASOL, 1986).....	104
Figure 70 - Zoom sur la feuille « Kankan » extraite de la carte morphopédologique interactive de Guinée (Source : BOULVERT, 2005).....	105
Figure 71 - Analyses de sols faites sur quatre sites de Haute-Guinée (Source : KOUROUMA - CRAB, non daté).....	106
Figure 72 - Relation entre teneurs en MO, Ag et L et stabilité structurale du sol (Source : BOZZA, 2009).....	106
Figure 73 - Relation linéaire croissante entre MOS, C et CEC (Source : GUIBERT, 1999).....	107
Figure 74 - Augmentation du rendement en coton avec la somme des bases échangeables, la CEC et le pH (Source : SUZOR, 1990).....	107
Figure 75 - Caractéristiques des ignames ouest-africaines cultivées (Sources : CIRAD, 1993 ; DUMONT et al., 2010 ; CABI.org, 2013 ; DANSI, 2003 ; CIRAD, 2002 ; Auteurs, 2016).....	111
Figure 76 - Besoins en main d'œuvre (hj/ha) de différents systèmes de culture à base d'igname (Source : CORNET, 2004).....	122
Figure 77 - Pratique du curing au sol (Source : WILSON, 1987).....	126
Figure 78 - Identification des buttes d'igname aux environs de Kankan sur images satellite THR (Source : Auteurs, 2016, sur la base d'images Digitalglobe, 2015).....	135

1. Contexte : Données clefs sur la filière igname guinéenne et le WO39

1.1. Données clefs sur la filière igname guinéenne

Les données disponibles sur la filière igname en Guinée sont en grande partie parcellaires et obsolètes. Les pouvoirs publics et bailleurs de fonds apportent également peu d'intérêt à cette filière, ce qui fait qu'elle est assez méconnue. On peut néanmoins mettre en avant les quelques données clefs suivantes, qui permettent d'apprécier l'enjeu de la présente mission. Nous reviendrons plus en détail sur ces éléments lors de la présentation de l'état des lieux de la filière igname en Haute-Guinée (Cf. **Partie 2 infra**).

1.1.1. Production : volumes et rendements

➔ Volumes produits dans le monde et en Guinée

Les ignames sont cultivées dans toute la zone intertropicale humide, hors zone d'altitude, mais la *Yam Belt* de l'Afrique de l'Ouest concentre plus de 90% de la production mondiale (CIRAD, 2002)¹. La production mondiale d'igname aurait été multipliée par plus de huit entre 1961 et 2014 (FAOSTAT, 2016)².

En Guinée, si l'on se fie à ces mêmes données FAOSTAT, elles-mêmes issues des données officielles, la production d'igname aurait crû de 1961 jusqu'au début des années 2000, avant de fortement baisser par la suite.

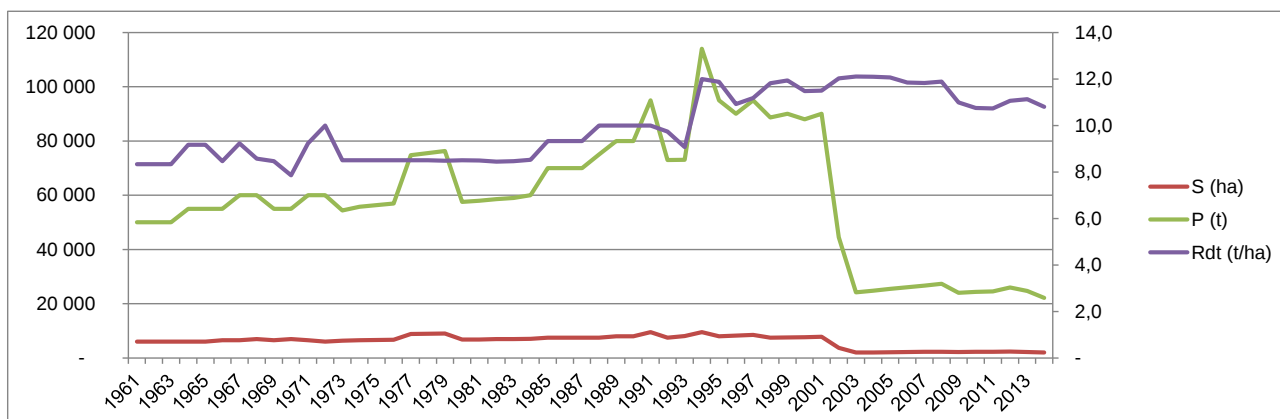


Figure 1 - Evolution 1961-2014 de la surface, du rendement et de la production d'igname en Guinée (Source : FAOSTAT, 2016)

Quoi qu'en disent les documents présentant les méthodes officiellement utilisées par l'Agence nationale des statistiques agricoles et alimentaires (ANASA)³, il est de notoriété publique que ces méthodes ne sont pas suivies, les services déconcentrés ne les maîtrisant pas et n'ayant de toute façon pas les moyens de les appliquer s'ils les maîtrisaient (BOUYER, 2015)⁵.

Les statistiques agricoles en Guinée sont, comme les statistiques de l'élevage, basées sur les données du dernier recensement général agricole de 2000-2001 (publié en 2005), auxquelles sont appliqués des taux de croissance annuelle de quelques %, différents selon les cultures (*Ibid*). Les

¹ CIRAD. 5^{ème} édition du *Mémento de l'agronome*. Paris – CIRAD, 2002. 1 691p

² Cf. <http://faostat3.fao.org>

³ ANASA. *Rapport général de l'enquête agricole – Campagne agricole 2014-2015*. Conakry – ANASA, avril 2015. 105p

⁴ SNSA. *Recensement national agricole – Campagne 2000-2001*. Conakry – SNSA, juin 2005. 120p + 275p d'annexes

⁵ BOUYER, O. *Mission de préféabilité d'un zonage agro-écologique en Guinée Conakry - 24 sept. au 1^{er} oct. 2015*. Paris – AFD / SalvaTerra, octobre 2015. 57p

statistiques agricoles en général sont donc sujettes à caution et ceci s'applique aux statistiques présentées ci-dessus pour l'igname.

La forte baisse apparente de la production au début des années 2000 ne témoignerait donc pas d'une baisse réelle de la production, mais plutôt d'un changement des méthodes de recueil et/ou traitement des données statistiques. En effet, de l'avis de nombre de producteurs d'igname en Guinée, la production n'a fait que croître fortement ces dernières décennies (Comm. Pers. M. DIAKITE – FUCPIS, déc. 2015).

Si l'on s'en tient à la production de l'année 2000, année la plus récente pour laquelle les données pourraient être considérées comme « crédibles », la Guinée aurait produit 88 000 t d'igname. La production africaine étant évaluée à près de 38 Mt en 2000 (FAOSTAT, 2016), la production guinéenne représenterait seulement 0,2% de ce total, loin derrière celle du Nigéria (69%), de la Côte d'Ivoire (12%) et du Bénin (5%) (*Ibid*).

Ce volume paraît certes réduit, par rapport aux pays voisins, mais masque le fait que la production est très concentrée localement dans la Préfecture de Kankan (toutes ses Sous-préfectures à l'exception de celle de Batè Nafadji) et dans la Préfecture de Kérouané (Sous-Préfecture de Komodou uniquement), là où la pluviométrie est supérieure à 1 500 mm/an. La production d'igname en Guinée est donc très concentrée dans quelques Sous-Préfectures de Haute-Guinée, localisées à l'extrémité Nord-Ouest de la *Yam Belt*.

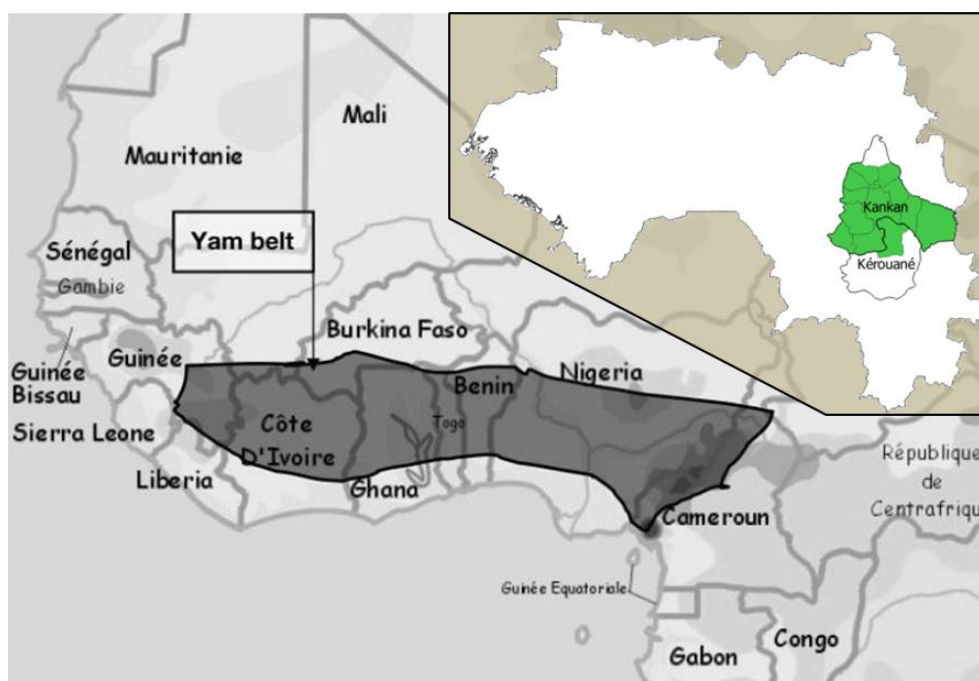


Figure 2 - Localisation de la *Yam Belt* ou Ceinture de l'igname (Source : CIRAD, non daté)⁶ et Sous-préfectures productrices d'igname en Guinée (Source : Auteurs, 2016)

→ Rendements en Afrique de l'Ouest et en Guinée

D'après les statistiques agricoles guinéennes, présentées dans la figure 1 supra, le rendement moyen sur la période 1961-2014 aurait été de 9,9 t/ha et aurait crû jusqu'à 12 t/ha dans les années 2000.

Le rendement moyen en Guinée semble concorder jusqu'au milieu des années 1990 avec les rendements moyens dans le monde et en Afrique de l'Ouest, lesquels étaient estimés en 1999 à respectivement 9,6 t/ha et 9,9 t/ha.

Après cette période, les rendements moyens mentionnés dans les statistiques guinéennes semblent peu crédibles : ils augmenteraient alors qu'ils auraient baissé un peu partout en Afrique de l'Ouest, les temps de jachère raccourcissant, les terres fertiles devenant de plus en plus rares et les innovations

⁶ Cf. <http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/Figures/Figure7-147.htm>

agricoles étant réduites (CIRAD, 2002). Ainsi, d'après l'Annuaire des statistiques agricoles de Côte d'Ivoire, le rendement moyen en Côte d'Ivoire aurait été de 6,5 t/ha en 2010⁷.

Plus globalement, si l'on utilise les données de production et de rendement déclarées auprès de la FAO pour l'année 2014 par les pays ouest-africains paysans d'igname, on peut estimer le rendement moyen pondéré en igname en Afrique de l'Ouest à 9,47 t/ha en 2014 :

Pays	Production (t)	% production	Rendement (t/ha)
Bénin	3 221	5%	15,0
Ghana	7 119	11%	16,6
Guinée	22	0,04%	10,8
Côte d'Ivoire	5 836	9%	6,7
Libéria	21	0%	8,5
Mali	84	0%	24,2
Mauritanie	3	0%	6,1
Nigéria	45 004	72%	8,3
Togo	786	1%	7,8
Burkina Faso	44	0%	6,5
Total	62 140	100%	
Rendement moyen pondéré - Afrique de l'Ouest (t/ha)			9,47

Figure 3 - Rendement moyen pondéré en igname en Afrique de l'Ouest pour 2014 (Source : Auteurs, 2016, d'après FAOSTAT, 2016)

1.1.2. Transformation, consommation domestique et exportation

→ Transformation de l'igname en Afrique de l'Ouest et en Guinée

L'igname n'est pas transformée à grande échelle en Guinée, contrairement au Ghana où elle est communément transformée en flocons d'igname pour préparation instantané de *fufu* ou au Sud-Ouest du Nigeria et au Bénin, où existe une filière marchande de cossettes d'igname précuites et séchées, voire de farine de cossette (*amala*), ce qui permet de conserver l'igname quelques mois, voire années (BRICAS et al., 1998)⁸.

Le taux de matière sèche de l'igname est de 90% pour les cossettes contre 35% pour l'igname fraîche, d'où plusieurs avantages : coût du transport réduit, meilleure conservation du produit, diminution de la pénibilité du travail de pilage. Le développement de la cossette est l'un des axes les plus prometteurs pour la promotion de l'igname dans l'alimentation urbaine (*Ibid*).

Les questions liées à la transformation de l'igname en Guinée sont traitées en détail dans la **Partie 3.4.2. infra**.

→ Consommation de l'igname en Afrique de l'Ouest et en Guinée

Dans la sous-région, on estime que la consommation d'igname ne représente que 50% de la production, le reste étant absorbé par les semences (environ 30%) et les pertes post-récolte (environ 20%) (Réseau TPA, 2000)⁹. Ces pertes pourraient même atteindre jusqu'à 30% pour le simple phénomène de respiration (PASSAM et al, 1978¹⁰, cité par WONFACK, 2006)¹¹, sans compter les pertes liées à la germination, aux attaques de maladies, aux insectes, aux micro-organismes, etc.

⁷ Ministère ivoirien de l'agriculture. *Annuaire des statistiques agricoles de Côte d'Ivoire*. Abidjan - Ministère ivoirien de l'agriculture, 2010 (fichier Excel)

⁸ BRICAS, N. et al. *L'igname, plante séculaire et culture d'avenir : Actes du séminaire international (CIRAD, CORAF, ORSTOM & INRA) du 3 au 6 juin 1997*. Montpellier – CIRAD, 1998. 453p

⁹ Réseau technologie et partenariat en agroalimentaire. *Dossier : la transformation de l'igname*. Bulletin n°18. Paris – GRET, 2000. 32p

¹⁰ PASSAM H.C., READ, S.J., RICHARD. *The respiration of yams tubers and its contribution to storage loss*. Trop. Agric., 55, 207-214. 1978. 8p.

¹¹ WONFACK. *Mémoire de maîtrise de biochimie : Influence du séchage sur les teneurs en calcium et en phosphore de l'igname Dioscorea schimperiana*. 2006. 33p

Les estimations de disponibilité alimentaire en igname en Guinée sont, à l'instar des données de production, à considérer avec prudence, avec notamment un changement de tendance inexplicable au début des années 2000 (FAOSTAT, 2016). Cela étant dit, si on considère la moyenne de disponibilité 1961-2000, 11,7 kg/hab/an, on voit que la consommation d'igname en Guinée est relativement faible parmi les pays d'Afrique de l'Ouest, en comparaison notamment de la Côte d'Ivoire voisine, où la moyenne de disponibilité sur la même période atteint 186 kg/hab/an, soit 16 fois plus !

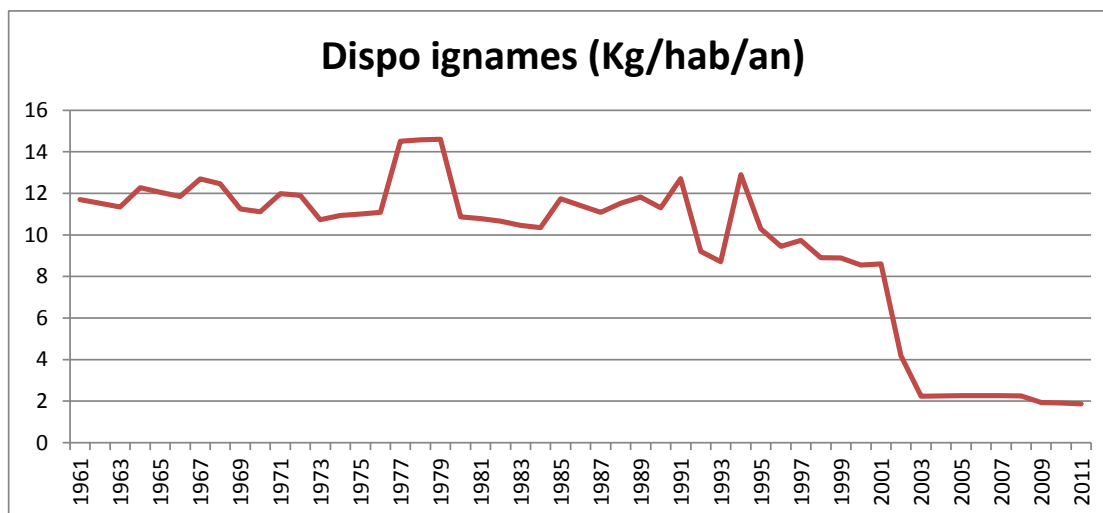


Figure 4 - Evolution 1961-2011 de la disponibilité en igname en Guinée (Source : FAOSTAT, 2016)

Ceci illustre le fait que la consommation d'igname en Guinée est localisée dans les zones de production et dans les zones urbaines (Conakry, N'Zérékoré, etc.). Dans les zones de production traditionnelles, la consommation d'igname est fortement ritualisée et est un marqueur d'identités géoculturelles spécifiques. De plus, l'igname y est aussi reconnue pour ses propriétés médicinales (ATTAIE et al., 1998)¹².

Comparativement à d'autres amylacées de substitution (maïs, riz & manioc), l'igname fraîche est relativement plus coûteuse, si l'on ramène son prix à la masse équivalente déshydratée (BRICAS et al., 1998). Cependant, elle est très recherchée et est consommée bouillie en morceaux, pilée en *fufu*, parfois braisée ou frite. Dans quelques zones (Sud-Ouest du Nigeria, Bénin, Togo), la consommation de cossettes réduites en farine, *amala*, est bien développée en milieu urbain ; ce n'est pas encore le cas en Guinée.

Les citoyens devraient représenter 63% de la population totale de l'Afrique de l'Ouest en 2020, soit 270 millions de personnes (KALASA, 1994)¹³ et la consommation d'igname devrait croître, en Afrique de l'Ouest comme en Guinée : les groupes géoculturels où l'igname est un pilier de l'alimentation devraient continuer à le consommer pour affirmer leurs appartenances identitaires dans un contexte urbain de brassage culturel, les personnes non traditionnellement consommatrices devraient continuer à l'adopter comme une source de diversification de l'alimentation (BRICAS et al., 1998).

➔ Exportation d'igname depuis l'Afrique de l'Ouest

Les exportations africaines totalisaient environ 6 540 t en 1995, soit 0,02% de la production mondiale de l'époque (FAOSTAT, 1996. NB : La nouvelle base de données FAOSTAT, 2016 ne permet plus d'accéder aux quantités exportées/importées en igname).

A notre connaissance, il n'y a jamais eu d'expérience notable en termes d'exportation d'igname guinéenne, faute de circuit logistique fiable et alors même que l'igname peut être transportée aisément en atmosphère sèche non-réfrigérée : la principale zone de production, la Préfecture de

¹² ATTAIE, H., ZAKHIA, N., BRICAS, N. *Etat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname*, pp. 275-284 dans BRICAS, N. et al. *L'igname, plante séculaire et culture d'avenir : Actes du séminaire international (CIRAD, CORAF, ORSTOM & INRA) du 3 au 6 juin 1997*. Montpellier – CIRAD, 1998. 453p

¹³ KALASA, M-B. *Settlements patterns in West Africa Population, land, Development in West Africa Long Term Perspective Study Working Paper n°1*. Abidjan – OCDE, CILSS, CINERGIE, 1994. 122p

Kankan, est située à plus de 700 km au Nord-Est de Conakry et la route Kankan-Conakry est encore aujourd'hui dans un état déplorable. Les infrastructures portuaires de Conakry n'ont pas été rénovées depuis longtemps et le coût du fret maritime reste élevé (GERGELY et al., 2001)¹⁴.

1.1.3. Recherche agronomique

Un Programme national de recherche sur l'igname a été lancé en 1995 par l'Institut national de la recherche agronomique de Guinée (IRAG). Les activités, mises en œuvre par le Centre de recherche agronomique de Bordo (CRAB), ont permis d'aboutir aux résultats suivants (CAMARA, 2005)¹⁵ :

- Collecte variétale : 13 espèces sauvages et quatre espèces cultivées (*Dioscorea rotundata*, *D. alata*, *D. bulbifera* et *D. esculenta*) ont été identifiées. Les variétés des espèces cultivées ont été caractérisées morphologiquement et chimiquement (caractérisation enzymatique et moléculaire). La collecte a été poursuivie en 2012 et 2013, mais sans caractérisation et évaluation agronomique, portant à 68 le nombre de variétés identifiées : 43 du complexe spécifique *D. cayenensis-rotundata*, 19 de l'espèce *D. alata*, 5 de l'espèce *D. abyssinica*, 1 de l'espèce *D. bulbifera* ;
- Evaluation agronomique des variétés des premières variétés collectées : Le rendement moyen était de 8-10 t/ha en station et de 7-8 t/ha en milieu paysan ;
- Introduction de variétés améliorées : Des variétés améliorées de l'*International Institute for Tropical Agriculture* (IITA) d'Ibadan au Nigeria ont été introduites et des évaluations agronomiques et organoleptiques ont été faites en station ;
- Production rapide de semenceaux d'ignames : La technique de bouturage par *microsetts* (petits fragments de quelques dizaines de grammes) a été testée ;
- Transformation des ignames : La transformation en cossettes (ignames bouillies puis séchées) et en farine a également été testée ;

On aborde en détail les caractéristiques des variétés en **Partie 3.1.1 infra**, les méthodes de production de semenceaux en **Partie 3.1.2 infra** et la transformation en **Partie 3.4.2 infra**.

Les impacts de ce Programme ont cependant été limités :

- Les rendements en station sont relativement faibles, comparés à ceux obtenus en station dans la sous-région. Par exemple, d'après les données du Centre national de recherche agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire (KOUAKOU et al., 2005)¹⁶, corroborées par les observations d'un responsable du Programme de productivité agricole en Afrique de l'Ouest mené par le Fonds interprofessionnel pour la recherche et le conseil agricoles (FIRCA) de Côte d'Ivoire (Comm. Pers. Resp. FIRCA - Août 2013), des tests d'intensification menés en Côte d'Ivoire ont permis d'atteindre des rendements de 20-30 t/ha (et jusqu'à 50 t/ha en station), grâce à l'utilisation de variétés sélectionnées, l'apport d'engrais et le suivi d'itinéraires techniques améliorés ;
- Les essais se sont cantonnés principalement en station de recherche et peu ont été menés en milieu paysan, d'où un faible transfert d'innovation agricole.

1.1.4. Liens entre changements climatiques, déforestation et igname

→ Liens entre changements climatiques et déforestation

Les estimations d'émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à la déforestation et la dégradation varient entre 12 à 15% des émissions totales, voire 6 à 17% si l'on tient compte des incertitudes (VAN DE WERF et al., 2009)¹⁷. Si globalement la déforestation et la dégradation des forêts tropicales

¹⁴ GERGELY, GROUITCH et LUGROS. *Projet cadre de promotion des exportations agricoles : rapport final*. Conakry – Ministère de l'agriculture, 2001.

¹⁵ CAMARA, F. *Rapport synthèse des activités de la recherche sur les ignames en Guinée*. Kankan – CRAB, 2005. 4p

¹⁶ KOUAKOU, A. M., ZOHOURI, G. P., DUMONT, R., YAPI-GNAORE, V. *Bien cultiver l'igname en Côte d'Ivoire*. Abidjan – CNRA, août 2005. 4p.

¹⁷ VAN DE WERF et al. *CO₂ Emissions from Forest Loss*. Nature Geoscience, 2. 2009. Pp 737-738

représentent la seconde source anthropique d'émissions de GES, pour de nombreux pays d'Afrique sub-saharienne elles constituent a priori la source principale d'émissions (JRC & NEAA, 2009)¹⁸.

En Guinée, l'importante déforestation concourt à l'aggravation des changements climatiques au niveau mondial. Ces changements climatiques se font déjà sentir en Guinée et se feront encore plus lourdement sentir à l'avenir : la température moyenne du pays a augmenté de 0,8°C depuis 1960 et devrait encore augmenter de 1,6 à 5,3°C d'ici 2090 (MAC SWEENEY et al., 2012)¹⁹.

→ Liens entre déforestation et culture de l'igname

Selon le dernier rapport FAO FRA (DIAWARA et DIALLO, 2014)²⁰, le couvert forestier guinéen serait passé de 7,3 Mha en 1990 à 6,4 Mha en 2015 soit une perte d'environ 12%. Les stocks de carbone seraient estimés en moyenne à 103,7 tC/ha ou 380 tCO₂e/ha (*Ibid*). Les émissions dues à la déforestation auraient donc été de 13,7 MtCO₂e/an sur la période. Ces chiffres sont à considérer avec prudence, car il n'y a jamais eu d'inventaire forestier national et la carte de couverture végétale la plus récente, réalisée par l'IRAG (ZOUMANIGUI et al., 2003)²¹, date de 2003 (Cf. **Partie 4.2 infra**).

Cela étant dit, la déforestation est une réalité perceptible par tous les guinéens. Les deux principaux facteurs de déforestation identifiés (DIALLO, 2010)²² seraient les suivants :

- L'agriculture itinérante sur abattis-brûlis : les périodes de jachère se raccourcissent avec la pression démographique, ce qui entraîne la disparition progressive des forêts et l'épuisement des sols qui n'ont plus le temps de se régénérer ;
- La consommation de bois et de charbon : issus de collecte non durable, ils représentent plus de 98% de l'énergie utilisée par les ménages, principalement pour la cuisine (CAMARA, 2003)²³.

Dans la zone ciblée par le présent projet, la culture de l'igname, plante exigeante en fertilité, aggrave encore ces facteurs et conduit à une déforestation et dégradation forestière importante : depuis le début des années 2000, les zones de production se déplacent du Nord (Haute-Guinée) vers le Sud (Guinée Forestière) à la recherche de nouvelles forêts (GERGELY et al, 2001).

L'impact de la culture de l'igname sur les forêts s'observe d'ailleurs dans toute la Yam Belt, en témoigne cette analyse faite sur la culture d'igname en Côte d'Ivoire : « *Le système cultural est du type traditionnel avec une pratique de la jachère de longue durée en vue de la restauration de la fertilité des sols, la culture itinérante sur brûlis et l'utilisation quasi exclusive de variétés locales. Un tel système peu productif (rendement 8-10 t/ha) et destructif des ressources naturelles ne peut plus être maintenu de nos jours, à cause de la pression foncière et de la démographie galopante (3,3%/an dans le cas de la Côte d'Ivoire)* » (ETTIEN et TSCHANNEN, 2002)²⁴.

Ceci a pour conséquences des émissions de carbone forestier qui aggravent les changements climatiques, mais il a aussi d'autres dégâts environnementaux : la destruction de la faune et de la flore, ainsi que la dégradation à court terme de la structure et de la texture des sols, qui sont ensuite facilement érodés et appauvris en éléments minéraux et matière organique.

¹⁸ Joint Research Centre (JRC), Netherlands Environmental Assessment Agency (NEAA). *Emissions Database for Global Atmospheric Research 4.0*. Ispra – JRC. 2009. Accessible sur <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>

¹⁹ MAC SWEENEY et al. *Climate Change Country Profile of Guinea*. Genève – PNUD, 2012. 26p

²⁰ DIAWARA, D., DIALLO, M. O. *Global Forest Resources Assessment (FRA) 2015 - Country Report Guinea*. Rome – FAO, 2014. 75p

²¹ ZOUMANIGUI, K., et al. *Bases de données géoréférencées sur l'utilisation des terres en Guinée*. Conakry – IRAG, 2003.

²² DIALLO, L. M. *Draft de seconde communication nationale de la Guinée à la CCNUCC (NB : pas encore soumise en 2016)*. Conakry – Ministère en charge de l'environnement, 2010

²³ CAMARA, L. *Revue et amélioration des données relatives aux produits forestiers en Guinée*. Conakry – FAO et Office guinéen des bois (OGUIB). 2003

²⁴ ETTIEN, J.-B., et TSCHANNEN, A. *Evaluation de nouvelles variétés d'igname en Côte d'Ivoire. Bilan de trois ans d'expérience avec des géotypes améliorés par l'IITA*. Abidjan - Centre suisse de recherche scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), 2002. 7p

La production mondiale d'igname a été multipliée par huit depuis les années 1960 et 90% de cette production provient de la *Yam Belt* ouest-africaine. D'après les statistiques agricoles guinéennes, quoique sujettes à caution, la production guinéenne serait réduite, de l'ordre de 0,2% de la production ouest-africaine en 2000. Néanmoins, cette production est concentrée dans quelques Sous-préfectures de Haute-Guinée et la filière est localement importante. Les rendements affichés dans les statistiques officielles paraissent peu crédibles : il est probable que le rendement a diminué ces dernières années et soit en dessous de 10 t/ha.

L'igname n'est quasiment pas transformée en Guinée et est peu consommée (moins de 12 kg/hab/an, soit seize fois qu'en Côte d'Ivoire), mais cette consommation devrait augmenter, notamment en milieu urbain. La Guinée n'exporte pas et n'a jamais exporté d'igname. Enfin, la recherche agronomique a mené des actions d'appui à la filière dans les années 1990, mais les impacts ont été limités.

L'igname est exigeante en fertilité et est souvent cultivée après abattis-brûlis de forêt, concourant ainsi à la déforestation mondiale, responsable de 6 à 17% des émissions de gaz à effet de serre, et contribuant également à la dégradation de la faune, de la flore et des sols.

1.2. WO39 : justification, objectifs, tâches et déroulement

1.2.1. Justification a priori

La Fédération des unions de coopératives de paysans d'igname et de sésame de Guinée (FUCPIS) a été créée en 2001 et rassemble 18 Unions, 125 coopératives de base et 6 496 paysans, dont 1 260 femmes. Elle est représentée au niveau de 88 villages, situés dans trois Préfectures (Kankan, Kérouané et Mandiana) et sept Sous-préfectures (Balandou, Tintioulén, Missamana, Sabadou-Baranama, Moribaya, Komodou, et Koudjan).

La FUCPIS a trois organes : une Assemblée générale formée par les Conseils d'administration des Unions membres, un Conseil d'administration de sept membres et un Comité de surveillance de trois membres. Les membres du Conseil d'administration et du Comité de surveillance sont tous élus à bulletin secret par l'Assemblée générale, pour un mandat de trois ans renouvelable.

Elle dispose aussi d'une Cellule technique, qui agit sous la responsabilité de ces trois organes et qui est composée à ce jour d'un Coordinateur, une Comptable, un Assistant comptable, un Responsable filières, un Responsable du suivi-évaluation, deux Conseillers de terrain.

Les principaux goulets d'étranglement de la filière, identifiés par la FUCPIS préalablement à l'élaboration du WO39, sont présentés ci-dessous. On verra que ce diagnostic ex ante a été affiné à l'occasion d'une mission de terrain au démarrage de l'exécution du WO39 (Cf. **Partie 2 infra**) :

➔ Recherche agronomique et production

- Manque de semences performants (expliquant que les rendements seraient a priori inférieurs à la moyenne Ouest-africaine) ;
- Sélection massale (pratique utilisée traditionnellement en milieu paysan pour l'amélioration génétique des plantes et des animaux : sélection d'individus selon leur caractéristiques visibles - grosseur, taille, etc. - par rapport à l'ensemble de la population) « à l'envers » : les gros tubercules sont vendus et les petits sont replantés, ce qui contribue (en plus du manque de variétés améliorées) à la baisse des rendements ;
- Dégâts dus aux cochenilles, charançons et termites ;
- Appauvrissement rapide des sols et enherbement d'où migration continue des zones de production vers le Sud au détriment des forêts :
 - Appauvrissement des sols : les paysans exploitant le « flash de fertilité ». En effet, contrairement à la minéralisation lente de la matière organique des sols, la combustion des arbres libère rapidement les éléments minéraux (N, P, K, oligo-éléments) nécessaires aux cultures... Mais ces éléments sont instables et disparaissent rapidement, d'où le terme flash ;
 - Enherbement : le stock de semences d'adventices est réduit après abattis-brûlis, mais augmente rapidement et conduit, bien souvent avant même la baisse de fertilité, les paysans à

quitter les parcelles défrichées après quelques années, constat également fait dans d'autres systèmes d'abattis-brûlis par DOUNIAS (2001)²⁵ ;

- Effet domino de la migration vers le Sud : savanisation des zones de culture traditionnelles et diffusion de la culture d'igname hors de sa zone traditionnelle de culture, auprès de nouveaux paysans moins expérimentés, d'où des rendements en diminution.

→ Transformation et conservation

- Peu de transformation et faible durée de conservation, d'où des variations saisonnières en disponibilité et en prix, pertes post-récoltes élevées (vulnérabilité des tubercules lors du transport et du stockage) et coût de transport élevé (forte teneur en eau).

Ces goulets d'étranglements expliquent a priori la « course en avant » des paysans qui chaque année pénètrent plus avant dans les zones forestières pour maintenir leur rendement et leur production. Les itinéraires actuels de production de l'igname sont donc non durables : économiquement peu rentables et néfastes pour les forêts, aggravant ainsi les changements climatiques globaux (largage de carbone dans l'atmosphère) et locaux (perturbations des cycles d'évapotranspiration forestière et de précipitations), l'érosion de la biodiversité, la désertification, etc.

Ces pratiques ne sont donc pas en phase avec le concept d'Agriculture intelligente face au climat (AIC), promu au niveau mondial par nombre d'institutions, et qui repose sur trois piliers :

- ADAPTATION → réduire la vulnérabilité des agriculteurs aux changements climatiques (phénomènes climatiques extrêmes et changements climatiques à évolution lente) ;
- ATTENUATION → réduire les émissions de GES issus de l'agriculture et de l'utilisation des sols,
- DEVELOPPEMENT → augmenter la production alimentaire et le revenu des agriculteurs.

1.2.2. Objectif et tâches

→ Objectif

La FUCPIS veut promouvoir une culture de l'igname durable en Haute-Guinée : rentable pour ses paysans membres et « *climate-friendly* » (réduction d'émissions de carbone liées à la déforestation, promotion de l'adaptation aux changements climatiques basée sur les écosystèmes). L'étude vise à identifier des innovations techniques, durables et respectueuses de l'environnement, afin de maintenir voire augmenter les quantités produites, tout en réduisant la surface nécessaire à la production.

→ Tâches

Tâche 1 (Cf. **Partie 3.1 et 3.2 infra**) : Identification de semenceaux améliorés et de plantes de couverture adaptées auprès des centres de recherches ivoirien ou ghanéen, en tenant compte des travaux menés par l'IRAG et le CIRAD en matière d'agriculture de conservation et en tenant compte des préférences des paysans.

Tâche 2 (Cf. **Partie 3.3 infra**) : Identification d'itinéraires techniques améliorés en termes de production : préparation du sol, identification/préparation des semenceaux, bon calage des dates de semis, tuteurage, gestion et rabattage éventuel des plantes de couverture, désherbage précoce, etc.

Tâche 3 (Cf. **Partie 3.4 infra**) : Identification d'itinéraires techniques améliorés en termes de stockage/transformation, afin de réduire les pertes post-récolte en (i) adoptant des techniques appropriées de ramassage, (ii) stockant les tubercules dans des fosses souterraines et autres structures de stockage adaptées (i.e. hutte améliorée), (iii) dégermant manuellement les tubercules, (iv) transformant en cossettes les tubercules endommagés à la récolte, etc.

Tâche 4 (Cf. **Partie 4.1 infra**) : Conception d'un dispositif expérimental pour tester les itinéraires techniques identifiés (depuis la production jusqu'au stockage/transformation) : (i) identification d'une dizaine de villages pilotes et d'une soixantaine de paysans expérimentateurs, (ii) conception des

²⁵ DOUNIAS, I. *Etudes et travaux n°19 : Les systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. Synthèse bibliographique*. Montpellier - CIRAD et Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (CNEARC), 2001. 164p

essais villageois (calcul du nombre de blocs et répétitions par parcelles expérimentales), (iii) identification des besoins en termes de vulgarisation-conseil-suivi des paysans pilotes.

Tâche 5 (Cf. **Partie 4.1 infra**) : Conception du système de suivi et d'analyse technico-économique (satisfaction des paysans, pénibilité du travail, rendement, rentabilité économique, etc.).

Tâche 6 (Cf. **Partie 4.2 infra**) : Conception du système de Mesure, rapportage et vérification (MRV) des réductions d'émissions de GES, en suivant les lignes directrices du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) et les décisions de la Convention climat (suivi des changements de surface forestière par imagerie satellite, suivi des stocks de carbone forestier par inventaire à pied) - et collecte des éléments clefs pour faire l'état 0 des stocks de carbone (sous réserve de disponibilité d'images satellite et de données d'inventaire à pied).

Tâche 7 (Cf. **Partie 5 infra**) : Rédaction d'une *Project Idea Note* (PIN) au format *BioCarbon Fund* et recherche active de partenaires techniques et financiers pour les phases d'expérimentation et de réplication à large échelle.

Face au manque de données bibliographiques sur la filière igname guinéenne, il a été jugé pertinent de procéder à un état des lieux de la filière, en allant interviewer 40 paysans sélectionnés de façon aléatoire dans les sept sous-Préfectures couvertes par la FUCPIS. Le résultat de cet état des lieux, que l'on peut nommer tâche 0, n'était pas prévu initialement. Il est présenté dans la **Partie 2 infra**.

1.2.3. Déroulement

Les activités se sont déroulées à distance et sur le terrain, dans sept Sous-Préfectures (hachurées sur la carte) : Balandou, Komodou, Koundian, Missamana, Moribaya, Sabadou-Baranama et Tintioulén.

La mission a été menée en quatre mois (déc. 2015 à mars 2016) par :

- Un ingénieur agronome sur les tâches 1 à 4 ;
- Un chercheur en agronomie sur les tâches 1 à 4 ;
- Un ingénieur forestier sur les tâches 5 à 7.

La mission a été coordonnée par M. Mohamed DIAKITE, Ingénieur agronome / Coordinateur FUCPIS

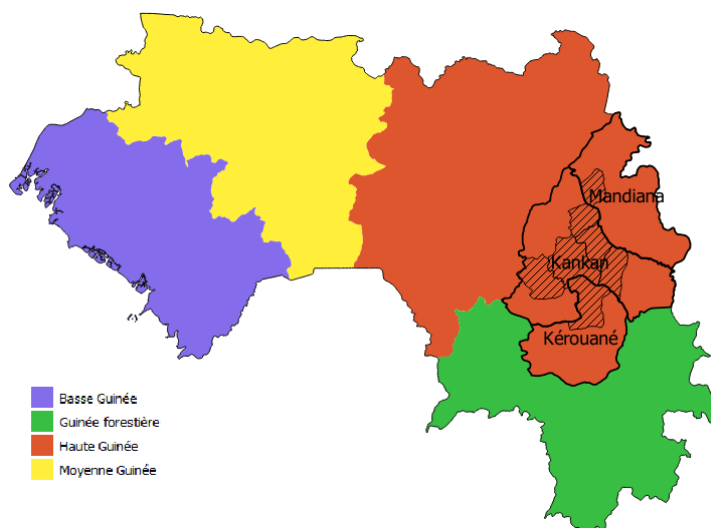


Figure 5 - Carte de Guinée et localisation des Préfectures de Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016)

La mission n'a pas rencontré de problème particulier lors de son exécution. Il faut par contre noter que son démarrage a été retardé d'un an à cause de la crise Ebola et la tenue d'élections fin 2015

Le Work Order 39 a été sollicité par la FUCPIS auprès du Programme intra-ACP de l'AMCC après identification de goulets d'étranglement dans la filière igname guinéenne, que ce soit au niveau de la production, de la transformation ou de la conservation.

Face à cela, l'étude doit permettre d'identifier des pratiques agricoles intelligentes face au climat, assurant une production rentable pour les paysans, tout en étant adaptée au changement climatique et en contribuant à son atténuation. Sept tâches étaient prévues : identification de semenceaux améliorés ; identification d'itinéraires améliorés pour la production ; idem pour le stockage/transformation ; conception d'un dispositif d'essai ; conception d'un système de suivi technico-économique ; conception d'un système de suivi du carbone forestier ; recherche de cofinancements pour la mise en œuvre.

2. T0 : Etat des lieux de la filière igname guinéenne

Ci-dessous sont présentés les principaux résultats de la mission de terrain menée en décembre 2015 par MM. Olivier BOUYER et Maden LE CROM de SalvaTerra, et MM. Adama KANTE et Souleymane KEITA de la FUCPIS. Ces données ont été croisées avec les données disponibles, notamment celles issues du Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques de la Guinée (PANA, 2007)²⁶ et du Rapport synthèse des recherches sur l'igname élaboré par le CRAB (CAMARA, 2005).

Près de 40 paysans, répartis dans sept Sous-préfectures (S/P) comme l'indique la carte ci-dessous, ont été rencontrés par les experts qui ont circulé par binôme sur des motos afin de pouvoir accéder aux villages et parcelles. Pour chacun des paysans, un questionnaire directif a été administré à la parcelle (environ deux heures d'entretien), la parcelle et la hutte de stockage d'igname ont été visitées et la superficie de la parcelle a été mesurée au GPS. De nombreuses questions de triangulation lors des entretiens ont permis de consolider les déclarations.

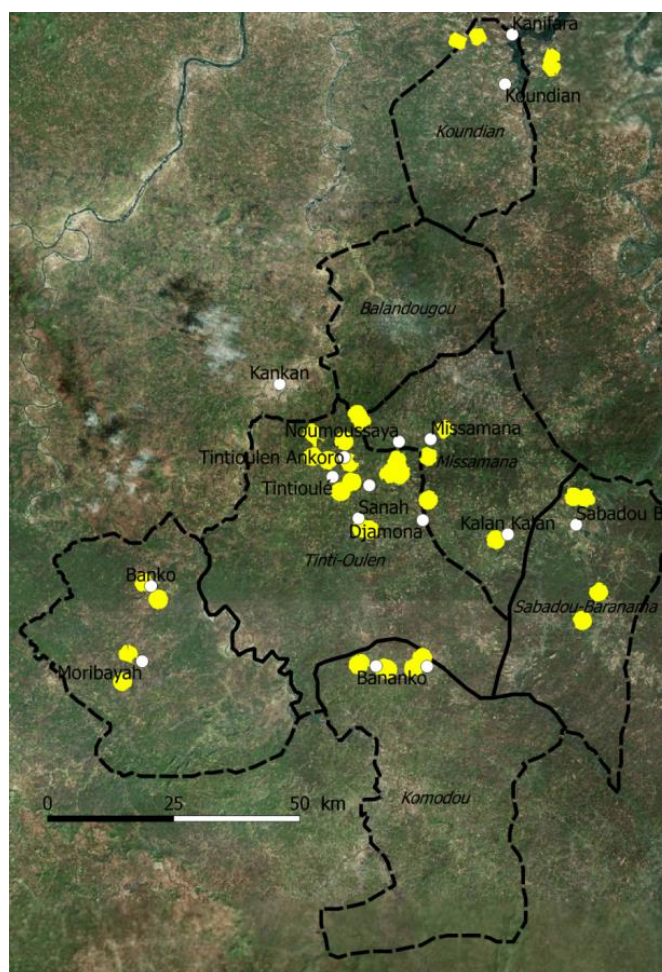


Figure 6 - Localisation des 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015 ; BING MAPS, 2016)

2.1. Vue d'ensemble

2.1.1. Sols et climat de Haute-Guinée

➔ Perception de la fertilité par les paysans

NB : Des données bibliographiques sur les sols de Haute-Guinée sont présentées en **Annexe 2 infra**. Elles ont permis de trianguler les informations données par les paysans.

²⁶ Ministère de l'agriculture, de l'élevage, de l'environnement, des eaux et forêts (MAEEEF). *Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques de la Guinée*. Conakry – MAEEEF, juillet 2007. 118p

La plupart des paysans (24/40) estiment que les parcelles qu'ils cultivent sont de bonne fertilité, mais que la fertilité est en baisse (20/40), voire en forte baisse (10/40). L'expansion de l'igname comme culture de rente (elle s'est progressivement substituée au coton, après les déboires de cette filière à partir des années 2000), l'expansion générale des cultures (sous l'effet de l'augmentation démographique et facilitée par l'introduction récente de petites motos chinoises qui permettent de cultiver toujours plus loin des villages), le blocage du foncier avec l'explosion de l'anacarde en Haute-Guinée, concourent en effet au raccourcissement des jachères et à la baisse de la fertilité.

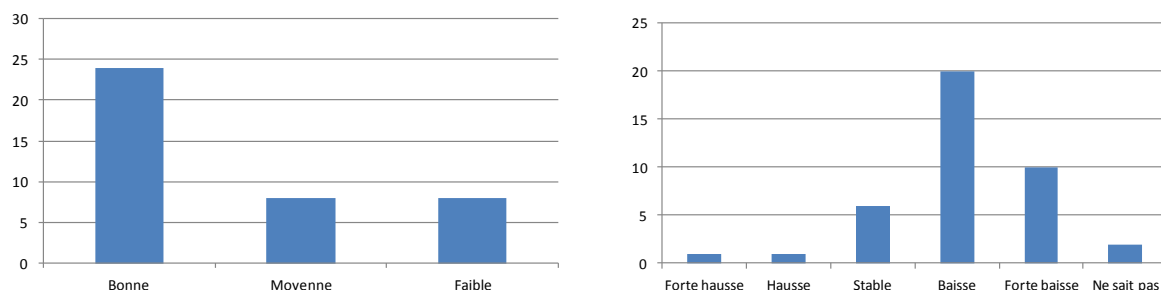


Figure 7 - Perception de la fertilité des 40 parcelles d'igname visitées (à g.) et de l'évolution de la fertilité (à d.) en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2015)

Les sols sont généralement sableux ou sablo-limoneux, avec peu d'argile. Les sols à dominante d'argile, plus fertiles, se trouvent dans les S/P de Tintioulén et Missamana, où ils sont dénommés *Bilin Gbèn* (terre argileuse blanche) et *Bilin Oulé* (terre argileuse rouge). Les sols sont perçus comme peu fertiles dans la S/P de Koundian, où la pression foncière est forte, et fertiles dans la S/P de Moribaya, où la pression est faible.

Des données bibliographiques présentées en Annexe 2, il ressort que les sols de Haute-Guinée sont en majorité ferrallitiques, indurés en bas de plateaux et meubles en haut de plateaux. La teneur en matière organique paraît moyenne, la Capacité d'échanges cationiques (CEC) est faible sans qu'il semble y avoir de carence en bases échangeables, la teneur en phosphore est faible mais n'est pas limitante pour l'igname.

→ Climat actuel et impacts prévus des changements climatiques

Le Sud de Kankan est bien arrosé, avec plus de 1 500 mm de précipitations (PANA, 2007) :

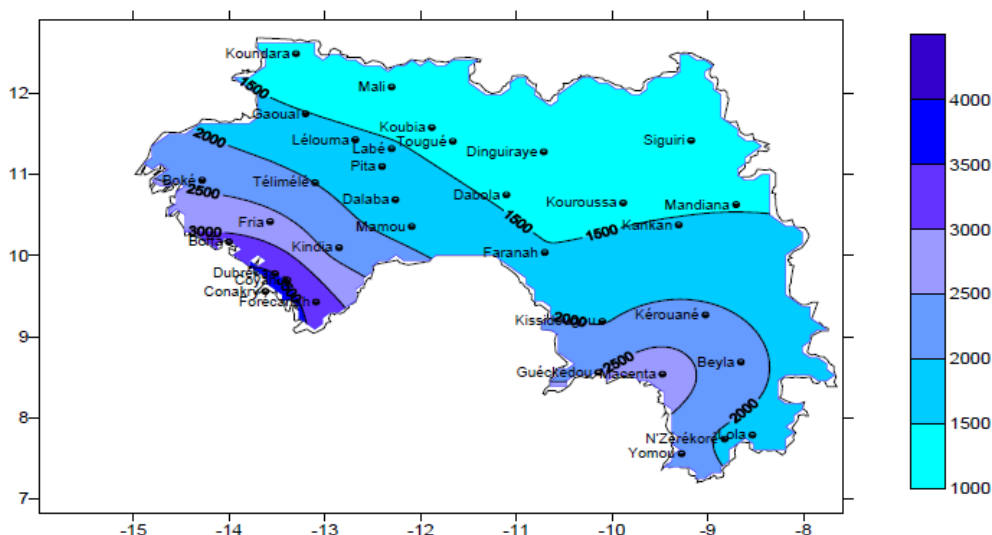


Figure 8 - Carte de la pluviométrie moyenne annuelle 1961-2004 en Guinée (Source : Météo nationale, cité dans PANA, 2007)

Ces précipitations sont concentrées sur une période de six mois, de mai à octobre, avec un pic en août et septembre (Source : <http://fr.climate-data.org>, 2016)²⁷ :

²⁷ Cf. <http://fr.climate-data.org/location/714798/>

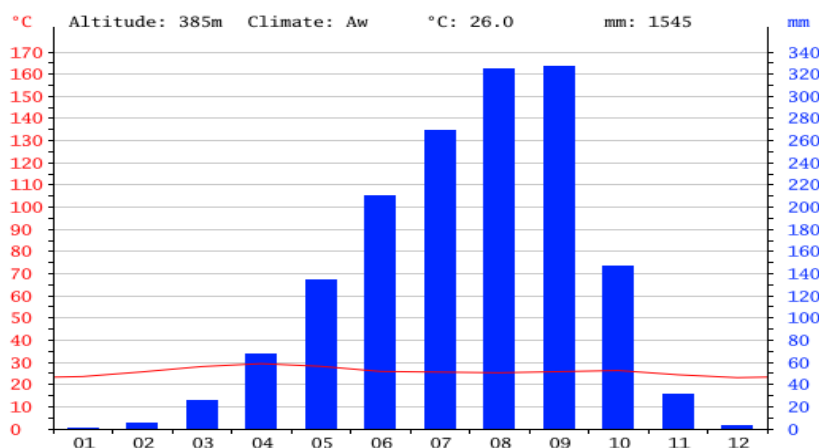


Figure 9 - Pluviométrie et température moyennes annuelles 1982-2012 à Kankan (Source : <http://fr.climate-data.org>, 2016)

Le volume et la répartition actuelle des précipitations sont adéquats pour l'igname, mais ceci pourrait changer sous l'effet des changements climatiques, bien que les projections en termes d'évolution des précipitations varient selon les sources :

- *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) : l'étude sur l'impact des changements climatiques sur l'agriculture ouest-africaine (IFPRI, 2013)²⁸ fournit des prévisions localisées des changements attendus d'ici 2050 en termes de précipitations et de rendements pour quelques cultures (arachide, riz, sorgho, maïs... pas l'igname malheureusement).

Ces prévisions sont générées par deux modèles, dénommés CSIRO (du nom de l'organisation l'ayant créé : *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) et MIROC (*Model for Interdisciplinary Research on Climate*) et sont basées sur le même scénario climatique global, A1B, tiré du 4^{ème} rapport du GIEC (GIEC, 2007)²⁹. Dans les deux cas, l'évolution des précipitations annuelles moyennes en Haute-Guinée d'ici 2050 est incertaine, estimée entre -50 et +50 mm/an :

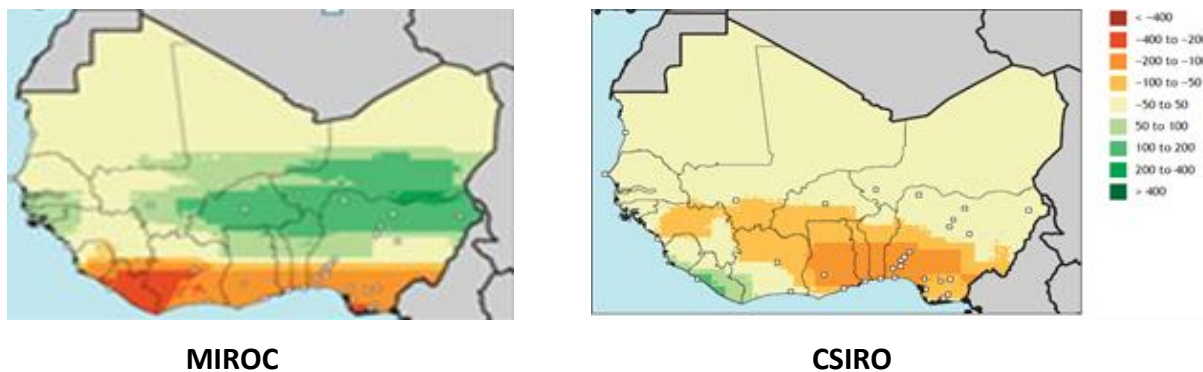


Figure 10 - Projections 2050 des changements en précipitations annuelles (en mm/an) avec les modèles MIROC et CSIRO (Source : IFPRI, 2013)

- PANA (MAC SWEENEY et al., 2012) : les précipitations annuelles moyennes en Guinée ont diminué depuis 1960. En particulier, la station météorologique synoptique de Siguiri en Haute Guinée indique que les pluies ont diminué de 2,6% par an entre 1961 et 2004 par rapport à la pluviométrie annuelle moyenne sur 1961-2004.

Les projections concernant les précipitations moyennes annuelles forment un large éventail, mais tendent globalement à démontrer que les précipitations devraient diminuer au Nord de la Guinée et

²⁸ ALLOH et al. *West African Agriculture and Climate Change: a Comprehensive Analysis*. Washington – IFPRI, 2013. 444p.

²⁹ GIEC. *The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge – Presse universitaire de Cambridge / IPCC, novembre 2007. 1007p

augmenter au Sud. Toutes les projections indiquent que la proportion des précipitations tombant lors d'événements extrêmes devrait augmenter.

Cela étant dit, les effets conjugués de la pression foncière, de la déforestation et des changements climatiques se sont déjà concrétisés en Haute-Guinée. Par exemple, il y a plus de 15 ans, des paysans du village de Tintioulen-Körö, S/P de Tintioulen, ont migré sur plus de 50 km et se sont installés dans la S/P de Moribaya pour défricher des forêts ! L'aggravation prévue des changements climatiques devrait accélérer la baisse de fertilité des terres liée à la réduction des temps de jachère.

2.1.2. Cultivars d'igname

On l'a vu en **Partie 1.3.3 supra**, 68 variétés d'ignames ont été identifiées en Haute-Guinée. La mission de terrain a révélé que les paysans mobilisent peu cette diversité et se concentrent sur quelques cultivars (variétés cultivées) :

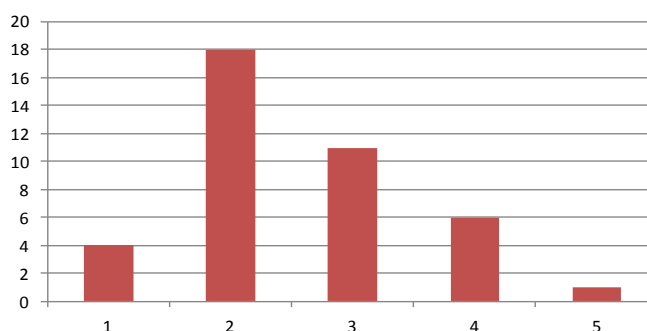


Figure 11 - Nombre de cultivars plantés par les 40 paysans rencontrés (Source : Auteurs, 2015)

Sur les 132 000 buttes cultivées pour la campagne 2015-2016 par les paysans interrogés, 86% sont cultivées avec des cultivars de *D. cayensis-rotundata* (Dcr), appelés « Kougbe » de façon générique, et 14% avec *D. alata*, appelés « Gbara » de façon générique. *D. alata* est marginal et n'est pas considéré comme une vraie igname (« Kuu » ou « Kou » signifie igname en malinké), sauf dans la S/P de Koundian. Aucun cultivar de *D. abyssinica* et *D. bulbifera* n'est mentionné. Au sein de ces espèces, quelques cultivars dominent :

- Sofèrèn, Nigeria et Kougbe pour Dcr (NB : Kougbe désigne donc à la fois l'ensemble des cultivars de Dcr et un cultivar précis au sein de cet ensemble. Il est probable que sont classés sous l'appellation cultivar Kougbe les cultivars de l'espèce Dcr ne pouvant être précisément identifiés) ;

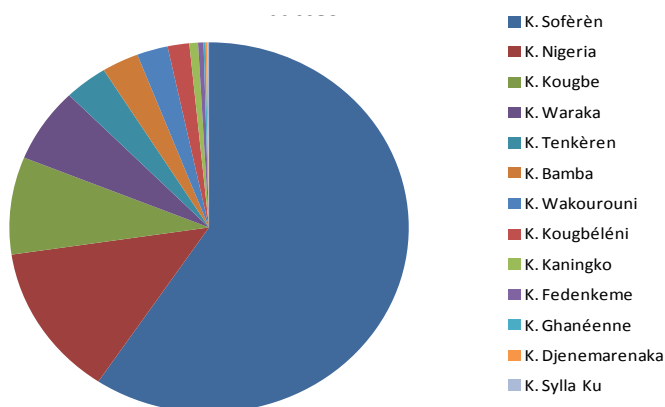


Figure 12 - Répartition (en nbre de buttes) des cultivars de Dcr plantés sur les 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015)



Figure 13 - Photos des trois cultivars de *Dcr* les plus fréquents parmi les 40 paysans rencontrés : Soferen, Nigéria, Kougbe (de g. à d.) (Source : Auteurs, 2015)

- Américaingbara et Gbaragbe pour *D. alata*.

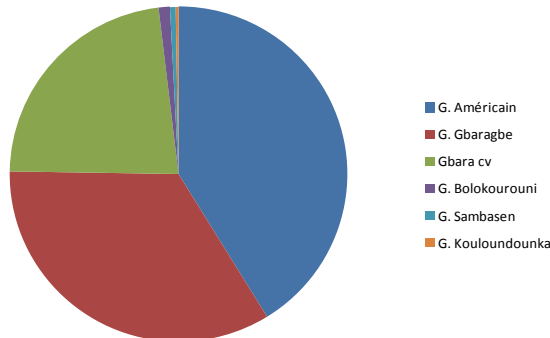


Figure 14 - Répartition (en nbre de buttes) des cultivars de *D. alata* plantés sur les 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015)

Deux faits sont à souligner concernant les cultivars :

- *Fedenkeme* serait une dégénérescence du cultivar *Soferèn* : *Fedem Keme* signifie 100 bourgeons en malinké. Certains arrivent à écarter les tubercules dégénérés de leur stock de semenceaux et à « purifier » le cultivar, mais beaucoup des paysans touchés semblent incapables de le faire ;
- On observe un engouement récent et très fort pour un cultivar dénommé *Nigeria*, apparemment introduit initialement dans le village de Tintioulen Körö.

2.1.3. Itinéraires techniques

➔ Place de l'igname dans le système agraire

Les parcelles des paysans rencontrés sont toutes inférieures à 2,5 ha, avec une moyenne de 0,62 ha et une densité de plantation moyenne de 5 400 buttes/ha (fourchette très large : de 3 000 à 18 000 buttes/ha). Les surfaces ont été mesurées in situ grâce à un GPS et les nombres de buttes ont été déclarés par les paysans. Il faut souligner que les parcelles des paysans de la S/P de Koundian sont très réduites : quelques dizaines de buttes, réservées pour l'autoconsommation. Cette S/P est en fait en marge de la zone de production traditionnelle de l'igname.

Les paysans ont généralement une idée précise du nombre de buttes mises en place, étant donné que tous leurs travaux culturels sont basés sur ce nombre (contractualisation du buttage, estimation des quantités de semenceaux à planter, de tubercules à récolter, etc.). Ils ont d'ailleurs un système de comptage original : une poule = 30 buttes, un pagne = 300 buttes, une vache = 3 000 buttes.

L'igname est souvent placée en tête de rotation :

- sur abattis-brûlis de forêts intactes, dans la S/P de Moribaya notamment (zone pré-forestière, où la pression foncière est faible) : 1/5 des cas ;
- sur abattis-brûlis de jachères arborées anciennes dans la plupart des S/P : 1/3 des cas ;
- sur défriche de jachères herbeuses récentes : 1/3 des cas (100% des cas dans la S/P de Koundian, où l'élevage bovin est important et où la pression foncière est forte).

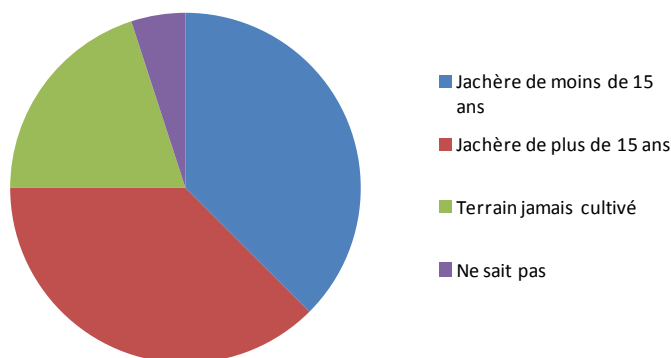


Figure 15 - Antécédent des 40 parcelles d'igname visitées (Source : Auteurs, 2015)

La culture d'igname est généralement suivie par trois à quatre ans de culture, parfois cinq, souvent du riz en 2^{ème} année, puis du riz ou du maïs si le sol est jugé fertile, de l'arachide ou du manioc à défaut, le tout suivi en fin de cycle par du fonio ou du sésame (moins demandant en fertilité).

Quand le sol est jugé très fertile, certains paysans plantent de nouveau l'igname après le riz. Il arrive aussi que la pression foncière contraigne le paysan à replanter plusieurs fois de l'igname sur une même parcelle et un même cycle, mais c'est rare. Dans le village de Sanah par exemple (S/P de Tintioulen), un paysan a installé trois cultures successives d'igname sur la même parcelle.

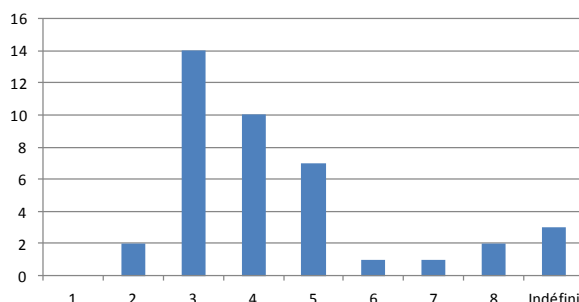


Figure 16 - Durée du cycle après l'igname pour les 40 parcelles visitées (Source : Auteurs, 2015)

Après les deux à cinq ans de culture, la parcelle est laissée en jachère dans 2/3 des cas et plantée en anacardiers dans 1/4 des cas, surtout dans les S/P de Sabadou-Baranama et Komouko et dans une moindre mesure celles de Tintioulen, Missamana et Moribaya. Il est important de souligner que la plantation d'anacardier rend la parcelle impropre à toute culture au bout de trois ans, faute de lumière compte tenu de la densité du houppier des arbres, ce qui a pour effet de « bloquer » le foncier pendant au moins 20 ans. Quelques rares paysans (3/40) cultivent de façon continue sur la parcelle.

➔ Aperçu de l'itinéraire technique « traditionnel »

Le calendrier culturel est synthétisé dans le schéma suivant :

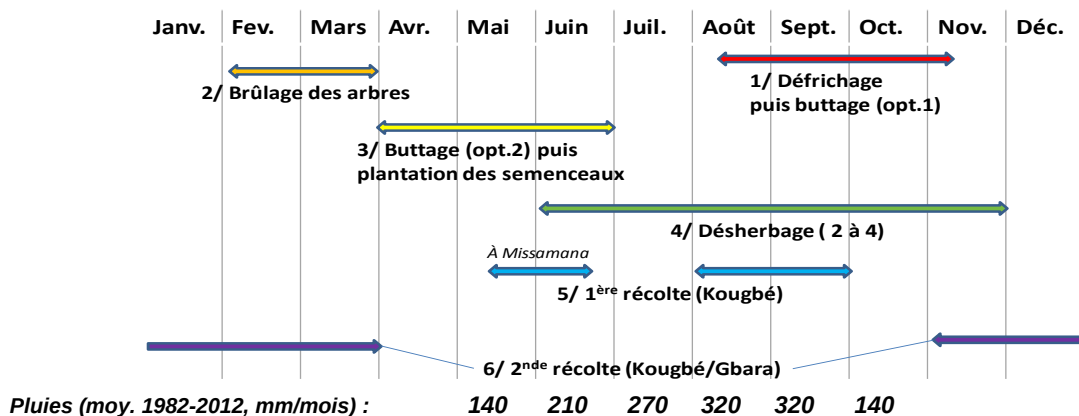


Figure 17 - Calendrier culturel type de l'igname en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2015)

On voit notamment que la plantation est faite entre le 15 avril et le 15 juin, ce qui permet à l'igname de bénéficier du pic des précipitations – août à octobre - entre les 14^{ème} et 20^{ème} semaines (soit entre 3,5 et 5 mois), période à laquelle son besoin en eau est élevé (minimum 400 mm) (CIRAD, 2002).

L'analyse des charges (dépenses et temps de travail valorisé à 30 000 FG/jour) montrent qu'elles sont dominées par le désherbage, le buttage et la plantation, qui représentent plus de la moitié des coûts. Ces étapes et leurs coûts sont détaillés dans la **Partie 2.2 infra**.

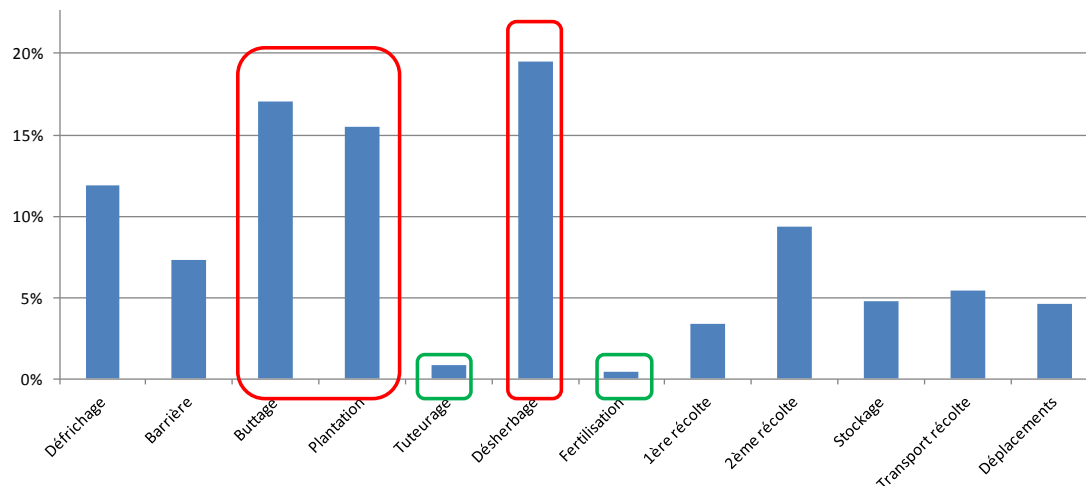


Figure 18 - Coûts de production et écarts-types chez les 40 paysans interrogés (Source : Auteurs, 2015)

Les rendements sont difficiles à évaluer sans peser la récolte, ce qui était impossible dans le temps de cette étude et avec les moyens disponibles :

- Les paysans pratiquent systématiquement la double récolte, mais ne récoltent généralement qu'une partie des buttes lors de la 1^{ère} récolte, afin de vendre des tubercules à une époque où ils ont besoin de cash et aussi de récolter de petits tubercules lors la 2^{ème} récolte, qui sont utilisés comme semenceaux ;
- Certains tubercules déterrés en 1^{ère} récolte sont mis en fosse afin d'être utilisés comme semenceaux ;
- Les tubercules de 1^{ère} et 2^{ème} récolte peuvent être autoconsommés ou vendus en dehors des « grandes récoltes », les paysans déterrèrent parfois quelques tubercules suivant leurs besoins ponctuels...

Pour estimer le rendement, il faudrait que le paysan pèse systématiquement tous les tubercules lorsqu'ils sont déterrés, directement sur la parcelle, et tienne à jour un cahier de récolte sur près de neuf mois (de juillet année N à mars année N+1), dispositif qui ne pouvait pas être mis en place par la présente étude.

Cela étant dit, nous avons tenté d'estimer la récolte en posant de multiples questions aux paysans : Nombre de tubercules récoltés par butte, en différenciant les « gros » (vendus) des « petits » (autoconsommés ou conservés comme semenceaux) ? Poids moyens des « gros » et « petits » tubercules récoltés ? Proportions de tubercules touchés par les maladies et ravageurs et taux de perte sur ces tubercules ? Répartition entre consommation, commercialisation et semenceaux ?

In fine, le rendement moyen, 18 t/ha, paraît surestimé, ce qui est compréhensible, étant donné qu'il est calculé en multipliant des valeurs (poids moyen x nombre moyen) sur lesquelles existent des incertitudes. Il est très probable que les buttes n'ayant pas donné (peu de tubercules ou faible poids) n'aient pas été intégrées par les paysans dans le calcul, ce qui a conduit à cette surestimation.

Afin d'essayer de réduire l'incertitude sur le rendement moyen, il a été jugé opportun, faute de mieux, de ne pas considérer les 1^{er} et dernier quintiles de rendement, c'est-à-dire les huit rendements les plus faibles et les huit les plus élevés. Avec ceci, le rendement moyen est estimé à 14,7 t/ha, 50% au-dessus des estimations du rendement moyen pondéré en Afrique de l'Ouest (Cf. **Partie 1.1.1 supra**).

➔ Compte d'exploitation grossier

Afin de valoriser la récolte, on a utilisé le raisonnement et les calculs suivants :

- Les tubercules sont généralement vendus bord-champ aux commerçants de Kankan selon la méthode du « tas » : le prix est fixé sur un lot de quatre à huit tubercules homogènes. Parfois, le prix s'applique aussi à des lots de tubercules hétérogènes « équivalents » au tas homogène : par ex, un tas de quatre tubercules moyens et deux petits tubercules est équivalent à un tas de cinq tubercules moyens ;
- On a donc estimé la production en 1^{ère} et 2^{ème} récolte en raisonnant comme les paysans, par tas. On a de plus considéré que les tubercules autoconsommés et ceux conservés comme semenceaux avaient la même valeur marchande que les tubercules vendus. En effet, la répartition entre semenceaux, consommation et commercialisation varie d'une année à l'autre, l'application d'un prix spécifique à chacune de ces catégories aurait été arbitraire ;
- On a multiplié le nombre de tas estimés par le prix de vente par tas indiqué par le paysan, pour la 1^{ère} récolte d'une part et pour la 2^{ème} récolte d'autre part, les prix de vente étant différents (Cf. **Partie 2.2. infra**).

Une fois ces estimations et calculs faits, on a estimé le total des recettes et le total des charges par ha et on en a déduit la valorisation de la journée de travail pour le paysan et les membres de sa famille. On présente ci-dessous les résultats pour l'ensemble des 40 paysans interrogés (les moyennes et coefficients de variation sont pondérés par les surfaces).

	Moyenne	Coef. de variation	Minimum	Maximum
Production totale (kg/ha)	17 609	91%	1 673	86 321
Recettes (FG/ha)	39 625 797	66%	9 523 810	281 290 323
Charges (FG/ha)	11 938 619	52%	4 900 931	62 500 000
Marge pour une journée de travail, en plus des 30 000 FG déjà comptés (FG)	89 721	119%	9 500	424 131

Figure 19 - Coûts et bénéfices de la culture d'igname chez les 40 paysans interrogés (Source : Auteurs, 2015)

En considérant les résultats pour 24 paysans (en excluant ceux dont les rendements sont compris dans les 1^{er} et dernier quintiles), la dispersion des données concernant la production, les recettes et la valorisation du temps de travail est bien moindre dans l'échantillon réduit (coefficients de variation respectifs passant de 91% à 20%, de 66% à 34% et de 119% à 61%), la dispersion des données concernant les charges restant assez similaires dans les deux échantillons. La valorisation du temps de travail dans l'échantillon réduit (135 983 FG/jour) est bien supérieure à celle de l'échantillon complet, et 4,5 fois supérieure au coût moyen du travail payé aux journaliers (env. 30 000 FG/hj).

Cela étant dit, les rendements de 17,6 t/ha (moyenne de l'échantillon complet : 40 paysans) ou de 13,4 t/ha (moyenne de l'échantillon réduit : 24 paysans) paraissant très surestimés, on a estimé la marge par journée de travail (revenu venant en supplément des 30 000 FG déjà pris en compte) en considérant le rendement moyen pondéré en Afrique de l'Ouest (9,47 t/ha) et le rendement moyen en Côte d'Ivoire, pays paysan le plus proche (6,5 t/ha) (Cf. **Partie 1.1.1 supra**). Les charges sont celles de l'échantillon réduit (24 paysans). Enfin, on a estimé le « rendement d'équilibre », permettant d'égaliser les charges et les recettes : le paysan ne couvre que son temps de travail. NB : Le prix de vente de 2 677 FG/kg est le prix moyen observé, pondéré par la surface, chez l'échantillon réduit de 24 paysans.

	Rendement moyen Afrique de l'Ouest	Rendement moyen Côte d'Ivoire	Rendement d'équilibre
Rendement (kg/ha)	9 470	6 500	4 353
Prix de vente (FG/kg)	2 677	2 677	2 677
Recettes (FG/ha)	25 347 771	17 398 153	11 650 472
Charges (FG/ha)	11 650 472	11 650 472	11 650 472
Marge (FG/hj, en, + des 30 000 FG/hj déjà considérés)	44 725	18 768	0

Figure 20 - Marge du paysan (FG/hj) suivant rendements (moyenne AfO, RCI, équilibre) (Source : Auteurs, 2016)

2.1.4. Maladies et ravageurs

Les paysans estiment en général que les maladies et ravageurs touchent moins de 10% des buttes, avec cependant des pics atteignant jusqu'à 80% certaines années. Les tubercules touchés sont généralement récupérés et autoconsommés, pour peu qu'ils soient trouvés assez tôt.

Les ravageurs les plus cités sont les singes (15/40), les cochenilles (10/40), les rats (8/40), les vaches (7/40) et les charançons (6/40). Les impacts des singes et des vaches sont ressentis comme forts (60% et 71% des cas), ceux des rats sont ressentis comme moyens (63% des cas) et ceux des cochenilles et charançons sont ressentis comme faibles (60% et 83% des cas). Il faut noter que les cochenilles touchent généralement beaucoup de buttes : 25% des buttes en moyenne chez les 10 paysans ayant cité les cochenilles.



Figure 21 - Photos de tubercules d'igname attaqués par des singes (Source : Auteurs, 2015)

60% des paysans estiment que les attaques de ces ravageurs sont en hausse, à l'exception des charançons : 67% des paysans les ayant cités estiment que les attaques sont stables.

Afin de pallier au manque de données sur la filière, 40 paysans répartis dans les sept Sous-préfectures ont été rencontrés et leurs champs visités.

La fertilité des sols est généralement jugée bonne, mais en baisse, voire forte baisse, les temps de jachère diminuant. Certaines zones à sols argileux sont réputées plus propices pour l'igname. Les données bibliographiques corroborent ces déclarations : quoique majoritairement ferrallitiques et avec CEC faibles, les sols paraissent adaptés à la culture de l'igname.

Les précipitations sont actuellement adéquates pour la culture de l'igname, tant en volume qu'en répartition, mais sont susceptibles d'évoluer sous l'effet du changement climatique, sans que les projections actuelles permettent d'estimer l'ampleur de ces évolutions.

Les paysans ne cultivent que quelques-unes des 68 variétés d'igname connues en Haute-Guinée, principalement de l'espèce *D. cayenensis-rotundata* (*kougbé* en malinké, 86%) et marginalement de l'espèce *D. alata* (*gbara* en malinké, 14%). Parmi les cultivars de *Dcr*, *Soferen* est le plus cultivé (¾ des buttes de *Dcr*), mais le cultivar *Nigeria* suscite un fort engouement.

L'igname est cultivée sur de petites parcelles (0,62 ha en moyenne, avec 5 400 buttes/ha en moyenne) et vient généralement en tête de rotation après abattis-brûlis. Après deux à cinq ans de culture, la pression d'adventices étant forte et la fertilité en baisse, la parcelle est généralement abandonnée (2/3 des cas) ou plantée en anacardiers (1/4 des cas).

Le défrichage et le buttage sont faits entre août et novembre de l'année n-1, la 1^{ère} récolte (tubercules immatures, mais recherchés sur les marchés) est faite entre mai et septembre de l'année n et la récolte finale est faite entre novembre de l'année n et mars de l'année n+1.

Les charges (temps et intrants) de buttage, plantation et désherbage sont relativement bien quantifiées par les paysans et représenteraient en moyenne la moitié des charges totales. Il paraît par contre difficile d'estimer les rendements, étant donné la nature déclarative des données de récolte. En considérant le rendement moyen dans la sous-région (9,47 t/ha/an), on estime la marge nette à environ 45 000 FG/hj (une fois toutes les charges déduites, y compris le coût du travail valorisé à 30 000 FG/hj) et le point d'équilibre à 4,35 t/ha.

Les maladies et ravageurs toucheraient moins de 10% des buttes, les plus fréquents étant singes et cochenilles. Les paysans estiment que les attaques sont globalement en hausse.

2.2. Détails de l'itinéraire culturel type

2.2.1. Mise en place

→ Défrichage

Le défrichage représente en moyenne 12% des coûts. Plus de 80% des paysans interrogés défrichent le terrain en août ou septembre de l'année N-1. Les dernières opérations (brûlis des arbres) peuvent se dérouler entre février et mai de l'année N. La plupart (27/40) utilisent de l'herbicide à base de glyphosate (*Glycel*, *Glyphane*, *Roundup*), à de très fortes doses (6 à 15 L/ha). Les coûts augmentent si le paysan doit brûler des arbres car le temps de travail pour le brûlis est important.



Figure 22 - Parcelles d'igname adjacentes : arbres non brûlés / non plantée (à g.), arbres brûlés / prête à récolter (à d.) (Source : Auteurs, 2015)

Il est important de souligner que :

- Les doses utilisées par les paysans sont très au-delà des doses recommandées pour le désherbage avant mise en culture : 6 L/ha pour les adventices vivaces, 4,5 L/ha pour les dicotylédones annuelles et bisannuelles et 3 L/ha pour les graminées annuelles (Ministère français de l'agriculture, 2016)³⁰ ;
- Les herbicides à base de glyphosate viennent d'être récemment classés comme « cancérogènes probables » (groupe 2A) par l'Agence internationale de recherche sur le cancer (IARC), organisme rattaché à l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (IARC, 2015)³¹.



Figure 23 - Photo d'une parcelle d'igname en production, avec arbres brûlés (Source : Auteurs, 2015)

³⁰ Cf. <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/spe/2120034-10023564.htm>

³¹ IARC. Press release about Monograph volume 112 - Evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. Lyon, IRAC/OMS, mars 2015. 2p

→ Barrière

Les barrières permettent de protéger la parcelle des intrusions du bétail. Son élaboration représente en moyenne 7% des coûts (le bois est « gratuit » et la journée de travail valorisée à 30 000 FG). Un propriétaire seul construit en moyenne 15 m de barrière par jour (très variable, entre 3 m et 51 m). Quatre paysans ont fait appel à des contractuels en complément de leur travail et 16 n'ont pas fait de barrière cette année. La grande majorité des barrières sont faites de branchages, un seul paysan a déclaré utiliser du fil de fer.

Nos calculs montrent que la construction d'une barrière est moins coûteuse avec du fil de fer barbelé. Cependant, si le barbelé est devenu la norme dans le Fouta Djallon, région d'élevage importante, il reste marginalement utilisé en Haute-Guinée :

	Barrière traditionnelle	Clôture barbelé	Unité	Hypothèse
Rythme construction	15	150	m/j	Barbelé 10 fois plus rapide
Coût du travail par jour	30 000	30 000	FG/j	
Coût du travail par mètre	2 000	200	FG/m	
Coût du barbelé par mètre	0	1 300	FG/m	260 000 FG pour 200 m
Coût total par mètre	2 000	1 500	FG/m	

Figure 24 - Comparaison des coûts d'une barrière en bois et en barbelé (Source : Auteurs, 2015)

Par ailleurs, une barrière en barbelé a une durée de vie plus longue : jusqu'à 10 ans (avec possibilité d'enrouler/reposer le barbelé en cas de déplacement de parcelle) contre deux ans en moyenne pour une barrière en bois (attaques de termites, feux de brousse, etc.)

→ Buttage

Le buttage représente en moyenne 17% des coûts. Les buttes confectionnées mesurent généralement 1 m de diamètre sur 70 cm de haut, sauf dans la S/P de Koundian où elles sont de taille très réduites.

70% des paysans interrogés ont recours à la contractualisation, généralement sur une base forfaitaire de 300 FG/butte. La difficulté du travail et le rythme de buttage varient fortement avec la nature des sols : de 30 à 110 buttes/hj. Un paysan seul fait en moyenne 65 buttes par jour. Pour un coût du travail de 30 000 FG/hj, le coût s'élève ainsi à 462 FG/butte.

La plupart des paysans font le buttage entre juin et novembre de l'année N-1, les autres le font en mai de l'année N, juste avant la plantation.

Hormis quelques rares cas (plantations d'ignames *D. alata* ou *Gbara* dans la S/P de Koundian, où la culture d'igname reste marginale), le paillage des buttes avec des feuilles d'arbres de brousse, *Tambani* et *Sö* généralement, est systématique.

→ Plantation

La plantation représente en moyenne 16% des coûts, hors coût des semenceaux (ils sont parfois achetés, parfois vendus, parfois auto-produits, on considère que coûts et bénéfices s'annulent dans le temps). La vente ou l'autoconsommation d'une part importante de la production pousse certains paysans à racheter fréquemment de nouveaux semenceaux, en quantités parfois insuffisantes, d'où des buttes préparées mais non plantées.

Les semenceaux sont vendus par « poule » (quantité de semenceaux qui, une fois coupés en morceaux, permettront de planter 30 buttes) ou « pagne » (idem, mais pour 300 buttes). La poule se vend entre 20 000 et 40 000 FG et le pagne entre 200 000 et 250 000 FG.

85% des semenceaux sont cependant produits par leur utilisateur. Le cultivar *Nigéria* fait figure d'exception : 46% des semenceaux plantés pour la campagne 2015-2016 ont été achetés ; ce cultivar est en effet fortement plébiscité mais encore peu répandu.

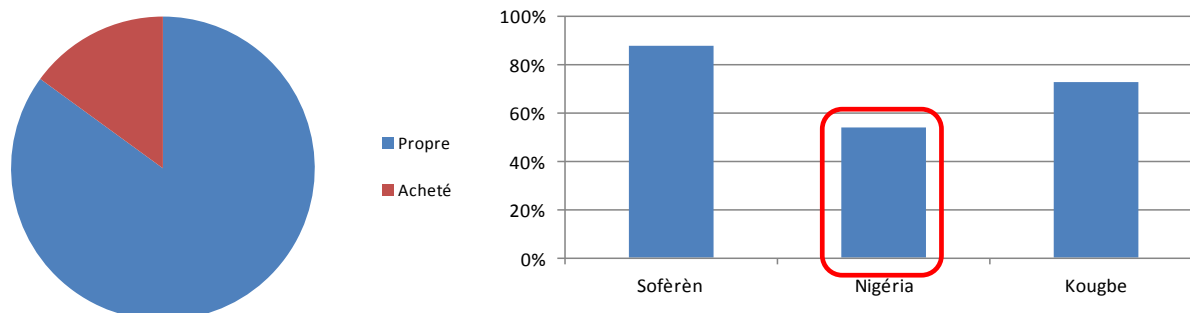


Figure 25 - Origine des semenceaux plantés (à g.) et proportion de semenceaux produits en propre (à d.) pour les 40 paysans visités (Source : Auteurs, 2015)

Les semenceaux de *Kougbé* sont systématiquement coupés, généralement en trois, donnant des morceaux de 200 à 300 g. Dans un tiers des cas, la queue des *Kougbé* est consommée et non plantée, sa capacité à bourgeonner étant moindre. Les semenceaux de *Gbara* sont généralement coupés en cinq ou six, parfois en 10, donnant des morceaux de 100 à 200 g. La queue est systématiquement utilisée : les cultivars de *Gbara* semblent avoir une capacité à bourgeonner supérieure aux cultivars de *Kougbé*.

Les paysans semblent peu sélectionner leurs semenceaux. Les critères de sélection mentionnés sont par ordre décroissant : l'absence de pourriture, la taille des semenceaux (les trop petits sont écartés ou plantés à deux ou trois par buttes), la qualité des bourgeons, l'absence de cochenilles et l'aspect lisse de l'épiderme. La plupart des paysans se sont dits satisfaits de la qualité des semenceaux, tous cultivars confondus.

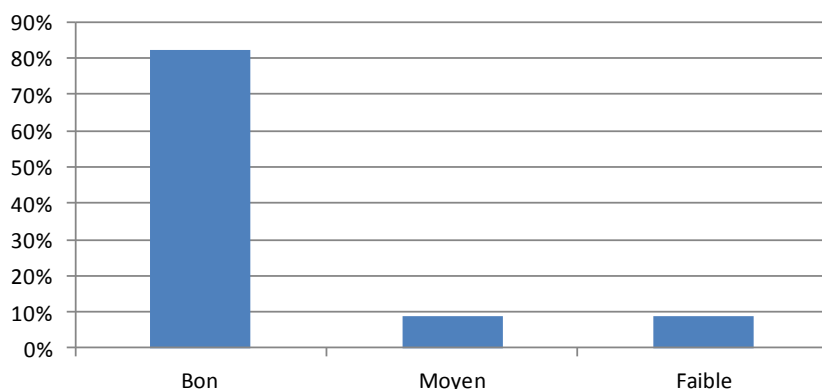


Figure 26 - Niveau de satisfaction des 40 paysans visités par rapport à la qualité des semenceaux (Source : Auteurs, 2015)

La plantation se pratique d'avril à juin de l'année N, généralement seul (un seul paysan a fait appel à la contractualisation pour la plantation, en complément de son travail). Un paysan seul plante de 20 à 600 buttes/j (116 en moyenne).

→ Tuteurage

Le tuteurage n'est quasiment jamais pratiqué. Seuls deux paysans ont déclaré avoir planté un tuteur pour quatre ou huit buttes, avec des temps de travaux respectifs de 50 et 18 hj/ha. Ainsi, ce poste ne représente en moyenne que 1% des coûts. Certains paysans pratiquent le « tuteurage naturel » et facilitent l'enroulement de certaines ignames autour des quelques arbres restant sur la parcelle (moins de 10 par ha en moyenne, tout le reste étant brûlé sur place) : le taux de tuteurage est donc très faible (5 à 10 % des buttes) et le temps de travail est réduit (moins de 5 hj/ha en moyenne).



Figure 27 - Photos d'igname non tuteuré (ci-dessus) et tuteuré « naturellement » (à g.) (Source : Auteurs, 2015)

Les paysans reconnaissent l'importance du tuteurage (récolte de tubercules plus gros) et, questionnés sur le sujet, indiquent que les générations précédentes le pratiquaient systématiquement, mais avaient des parcelles réduites (quelques centaines de buttes, contre quelques milliers actuellement). Ils expliquent le fait qu'ils ne le pratiquent pas en mettant en avant le manque de temps : le tuteurage est en effet logiquement amené à se faire en fin de période de plantation, soit mai-juin, date à laquelle sont également faits les semis de riz, maïs, fonio, haricot, sésame, arachide et la plantation du manioc.

Si certains reconnaissent qu'il est théoriquement possible de positionner les tuteurs en février-mars, après buttage et brulage des arbres, ils ajoutent de suite qu'ils n'auraient pas le temps de le faire, étant occupés à d'autres tâches... Sachant que les activités champêtres sont très réduites à cette époque de l'année, il semble en fait que les paysans ne voient pas l'intérêt réel du tuteurage et cherchent surtout à fournir des explications afin de contenter les enquêteurs.

2.2.2. Entretien

→ Désherbage

Tous les paysans interrogés estiment que l'enherbement est fort et 36/40 estiment qu'il est en hausse voire en forte hausse. Ainsi, le désherbage est le principal poste de dépense, avec en moyenne 19% des coûts. La plupart (28/40) pratiquent trois désherbages, entre mai et juin, juillet et septembre, septembre et décembre.

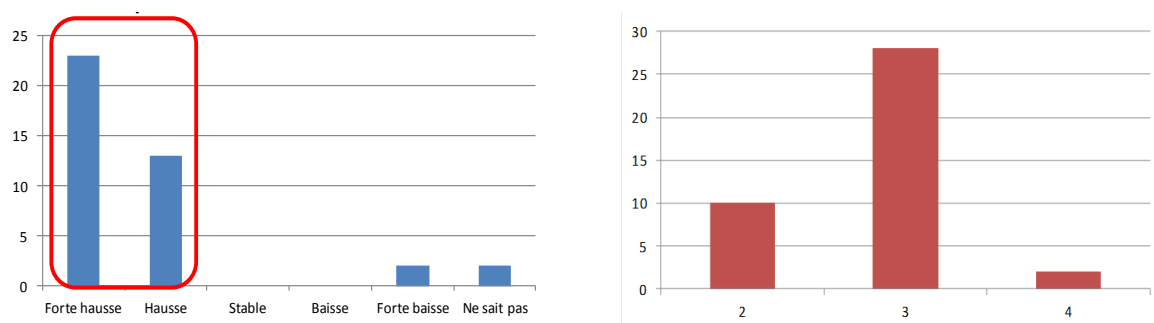


Figure 28 - Perception de l'évolution de l'enherbement par les 40 paysans visités (à g.) et nombre de désherbage effectués sur les 40 parcelles visitées (à g.) (Source : Auteurs, 2015)

L'herbicide n'est utilisé que par quatre des 40 paysans interrogés et, à chaque fois, pour un désherbage seulement. Le désherbage manuel est coûteux en main d'œuvre : 56 hj/ha en moyenne. 20% des paysans font appel à des contractuels en complément de leur propre travail.

Neuf adventices ont été citées par au moins quatre paysans. Elles sont présentées ci-après avec leurs noms en malinké, les traductions littérales de ces noms en français, ainsi que les références de leur description dans l'ouvrage de référence Adventrop (LE BOURGEOIS et MARTIN, 1995³²)

³² LE BOURGEOIS, T., et MARTIN, H. *Adventrop – Les adventices d'Afrique soudano-sahéliennes*. Montpellier – CIRAD-CA, 1995. 637p



Brombia (citée 22 fois)
« Là où l'épinard donne »
Paspalum scrobiculatum Linnaeus
Poacea monocotylédone (pp190-193)



Sadioussou (21)
« Le cœur du serpent »
Pennisetum pedicellatum Trinius
Poacea monocotylédone (pp194-197)



Lolín (16)
« Racine d'une herbe dressée »
Imperata cylindrica Linnaeus
Poacea monocotylédone (pp194-197)



Sâa (11)
« qui ne meure pas »
Rottboellia cochinchinensis (Loureiro)
Clayton
Poacea monocotylédone (pp202-205)



Nerenkinten (10)
« qui s'étale et résiste »
Digitaria argillacea (Hitchcock et Chase) Fernald
Poacea monocotylédone (pp126-129)



Koumbeni (7)
« Petite tête blanche »
Ageratum conyzoides Linnaeus
subsp. *conyzoides*
Asteracea dicotylédone (pp280-283)



Bâ (4)
« Poison »
Nelsonia canescens (Lamarck)
Sprengel
Acanthaceae dicotylédone (pp. 240-243)



Wagué (4)
(nom d'un agent du Projet coton, qui l'a introduit dans des semences de riz dans les années 1990)
Euphorbia heterophylla Linnaeus
Euphorbiaceae dicotylédone (pp.396-399)



Woyokörö (4)
« s'étale sans limite sous les cultures »
Euphorbia convolvuloides Hochstetter
ex Benth
Euphorbiaceae dicotylédone (pp.388-391)

Figure 29 - Photos de neuf adventices fréquemment citées par les 40 paysans rencontrés (Source : Auteurs, 2015, d'après LE BOURGEOIS et MARTIN, 1995³³)

³³ LE BOURGEOIS, T., et MARTIN, H. *Adventrop – Les adventices d'Afrique soudano-sahéliennes*. Montpellier – CIRAD-CA, 1995. 637p

→ Fertilisation

La fertilisation est exceptionnelle : 5/40 ont déclaré avoir déjà fertilisé, quatre avec du NPK (dont la formule est souvent inconnue) à des doses variant de 64 à 322 kg/ha et un avec de l'urée à 167 kg/ha. L'engrais organique (type bouse de vache ou fientes de poulet ou résidus de récolte) n'est jamais utilisé, les parcelles d'igname étant généralement éloignées des villages (de deux à sept km).

La fertilisation ne pèse donc pas dans les coûts de production. La stratégie de production repose sur l'utilisation du flash de fertilité permis par l'abattis-brûlis plutôt que sur l'apport de fertilisants, qui sont cependant vu par les paysans comme un levier important pour l'amélioration de leurs rendements.

2.2.3. Récolte et post-récolte

→ Récoltes



Figure 30 - Photo de récolte d'igname chez M. B. KONATE, Secrétaire FUCPIS (Source : Auteurs, 2015)

Les cultivars de *Kougbé* peuvent être récoltés deux fois, la 1^{ère} récolte permettant de disposer de premiers tubercules à vendre (2 kg en moyenne, vendus à 4 890 FG/tubercule en moyenne, par tas de quatre à sept tubercules), mais surtout de préparer une 2^{nde} récolte qui fournira à la fois des tubercules consommables ou commercialisables et de petits tubercules qui serviront de semenceaux.

Certains se spécialisent dans la vente de ces tubercules de 2^{nde} récolte et pratiquent donc quasi systématiquement une 1^{ère} récolte. Une 1^{ère} récolte peut également se justifier par un besoin en liquidités ou en tubercules à consommer. La 2^{nde} récolte donne des tubercules d'un kg en moyenne, vendu à 3 830 FG/tubercule en moyenne.

Les cultivars de *Gbara* ne sont récoltés qu'une fois, donnant des tubercules moyens de 2 kg (en général deux par butte), vendu à 3 380 FG/tubercule en moyenne. Les tubercules peuvent atteindre 9 kg.

Les tubercules de *Gbara*, pourtant plus gros, sont vendus au même prix que les tubercules de *Kougbé*, car leur goût est moins apprécié. Les paysans déclarent même que les *Gbara* ne peuvent se vendre que quand les *Kougbé* ne sont plus disponibles sur les marchés. Le *Gbara* est d'avantage destiné à l'autoconsommation qu'à la commercialisation.

On estime que pour *Gbara* et *Kougbé*, la part de la production gardée en semenceaux est de 20% (en nombre de tubercules). Il faut quand même souligner qu'il est possible de couper un semenceaux de *Gbara* en 10-12 morceaux, de consommer l'intérieur et de planter des morceaux avec un petit bout de peau, ce qui permet à certains de réduire encore la quantité gardée comme semenceaux, au détriment a priori de la croissance des tubercules issus de tels micro-morceaux. La quasi-totalité des 80% restants est vendue dans le cas de *Kougbé*, consommée dans le cas de *Gbara*.

→ 1^{ère} récolte

Elle pèse en moyenne pour 3% des coûts. Elle est faite en août ou septembre, généralement sur 25% à 50% des buttes, voire 100% si le paysan est en phase d'expansion et a besoin de générer le maximum de « bons semenceaux » en 2^{nde} récolte. Dans de rares cas, certains font même du surplus

de semenceaux : ils coupent en deux des « gros » tubercules de la 1^{ère} récolte, les mettent en fosse jusqu'à décembre, puis les conservent en hutte jusqu'à mai.

Dans 80 à 85% des cas, les cultivars *Nigéria* et *Sofèrèn* subissent une 1^{ère} récolte. Sur les cultivars *Waraka*, *Wakourouni*, *Kougbe* et *Bamba*, la 1^{ère} récolte est fréquente mais pas systématique. Les autres cultivars étaient trop peu représentés dans notre échantillon pour estimer la fréquence de la 1^{ère} récolte. On peut cependant souligner que des 1^{ères} récoltes ont été mentionnées pour *Djenemarenaka*, *Ghana*, *Kaningko* et *Tenkèren* mais pas pour *Fedenkeme*, *Kougbéléni* et *SyllaKuu*. La 1^{ère} récolte peut concerner de 0 à 100% des buttes. Dans 33 cas sur 40, elle concerne une ou deux variétés dans la même parcelle.

Un paysan seul récolte 150 buttes/j en moyenne. La 1^{ère} récolte est plus longue que la 2^{nde} car les buttes doivent être refaites. Cinq paysans ont eu recours à la contractualisation, en complément de leur travail.

Les tubercules commercialisés sont vendus par tas de quatre à sept tubercules, suivant leur grosseur, bord champ en cas de récolte importante, au village sinon.

→ 2^{nde} récolte / récolte unique

La 2^{nde} récolte (après 1^{ère} récolte) / récolte unique (sans 1^{ère} récolte) représente en moyenne 9% des coûts. Elle est faite entre novembre et mars (janvier principalement). La vente s'effectue dans les mêmes conditions que la 1^{ère} récolte, souvent au même prix, sauf si le paysan emmène sa production à Kankan ou Siguiri (ce qui est rare). Pourtant, d'après NGUE BISSA et al. (2007)³⁴, au Cameroun, le prix de vente des tubercules de 1^{ère} récolte est bien supérieur à celui des tubercules de 2^{nde} récolte du fait de la rareté des tubercules. La conduite en deux récoltes serait ainsi cinq fois plus profitable que celle en récolte unique.

L'évolution des prix entre 1^{ère} et 2^{nde} récolte paraît assez similaire en Haute-Guinée, à la différence majeure prêt que seuls les prix en magasin évoluent, pas les prix d'achat bord champ !

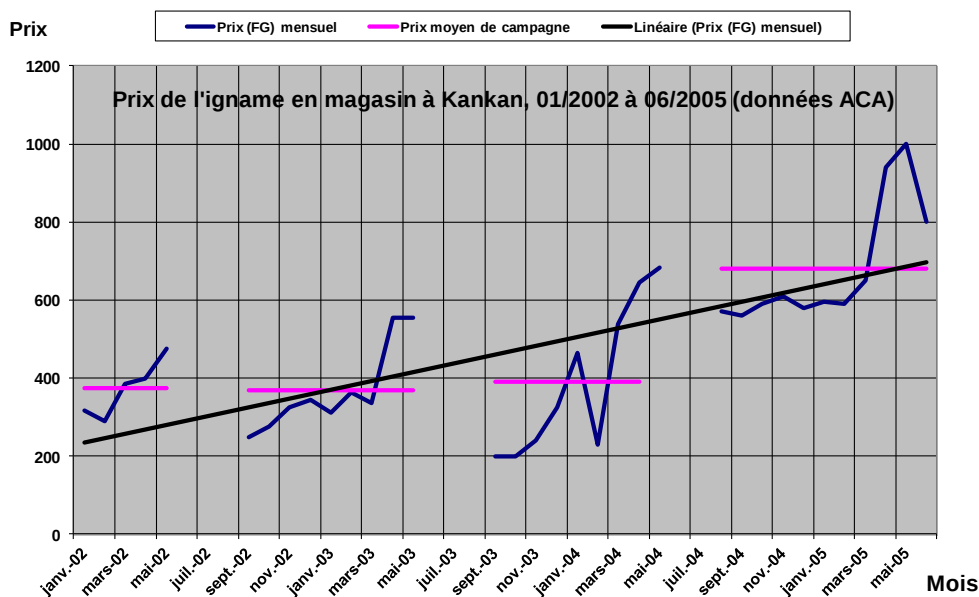


Figure 31 - Evolution mensuelle des prix de l'igname à Kankan, de janvier 2002 à juin 2005 (Source : Agence pour la commercialisation agricole³⁵)

Cette année, quatre des 40 paysans envisageaient de contractualiser des ramasseurs, en plus de leur propre main d'œuvre pour la récolte. Un paysan seul récolte 212 buttes/j en moyenne.

³⁴ NGUE BISSA, T., MBAIRANODJI, A., NJUALEM, D. *Guide des techniques de production et de conservation d'ignames*. Yaoundé – Ministère de l'agriculture / Programme national de développement des racines et tubercules (PNDRT), mars 2007. 31p

³⁵ ACA. *Relevé mensuel des prix de l'igname sur le marché de Kankan*. Kankan – ACA, 2005. Tableaux Excel.

→ Stockage

Le stockage représente en moyenne 5% des coûts.

Les tubercules de la 1^{ère} récolte sont généralement vendus juste après récolte et ne sont pas stockés. Exceptionnellement, certains paysans en phase d'expansion coupent certains tubercules en deux et les mettent en fosse pendant la saison humide (août à novembre) pour éviter les pourritures, puis les stockent en hutte, proche des parcelles.

Les « gros » tubercules de 2^{nde} récolte de *Kougbé* sont généralement vendus juste après récolte et ne sont pas stockés. Les gros tubercules de *Gbara* sont généralement récoltés au fur et à mesure pour l'autoconsommation (de décembre à mars) et ne sont donc pas stockés non plus.

Dans la quasi majorité des cas, les semenceaux de *Kougbé* sont stockés dans une hutte sommaire : branches de trois à quatre mètres jointes en cône et recouvertes de paille, le tout entouré par une barrière de branchages pour éviter l'intrusion des vaches. Ces huttes sont construites à proximité des parcelles. Les semenceaux sont stockés pendant cinq à six mois, de décembre à mai grosso modo.



Figure 32 - Photos de hutte à igname simple, avec barrière, en paille tressée (de g. à d.) (Sources : Auteurs, 2015)

Le stockage (construction de la hutte, dégermage et tri des tubercules) prend en moyenne 30 hj/ha mais ces temps sont très variables (coefficient de variation de 193%). En effet, 43% des paysans pratiquent le dégermage et le tri, 25% ne font ni dégermage ni tri.

Lorsque les tubercules sont triés, les tubercules pourris sont généralement jetés à proximité du champ d'igname, voire dans le champ de l'année N+1, au risque de contaminer les futurs tubercules.

En moyenne 13% des tubercules stockés seraient perdus au cours du stockage soit moins de 3% de la production, si l'on considère que les semenceaux (seuls tubercules stockés) représentent 20% de la production. Les raisons les plus invoquées sont les pourritures (19 cas), les cochenilles et les rongeurs, rats en priorité (12 cas pour chaque), les blessures (6 cas), l'insolation (5 cas) et les charançons (2 cas).

→ Transport et déplacements

Quand la récolte est réduite, comme c'est souvent le cas en 1^{ère} récolte, ou quand la parcelle est inaccessible par camion, les commerçants de Kankan ne viennent pas charger l'igname bord champ, mais au village. Le transport se fait généralement à moto au rythme de 100 à 200 tubercules par jour (quatre à cinq chargements de 25 à 50 tubercules). Seuls quelques-uns évacuent encore leur production à pied (un cas à Sanah : 60 hj pour évacuer 3 700 tubercules, soit 60 tubercules/hj). Ce poste représente en moyenne 5% des coûts.

Enfin, pour estimer de façon transversale les coûts de déplacement du paysan entre le village et sa parcelle, on a considéré les hypothèses suivantes : pour chaque jour de travail, un paysan parcourt 10 km à moto ; il transporte généralement une seconde personne ; une moto consomme 4 L de carburant aux 100 km. In fine, on estime que les coûts de déplacement représentent en moyenne 5% des coûts.

Défrichage (12% des coûts) : La plupart des paysans utilisent du glyphosate à très forte dose (de 6 à 15 L/ha, les préconisations allant de 3 à 6 L/ha). La végétation basse est traitée en août-septembre de l'année n-1 et les arbres sont brûlés sur place en février-mai de l'année n.

Barrière (7%) : Elle vise surtout à empêcher l'intrusion du bétail divaguant, friand des tubercules. Elle est quasiment toujours faite en branchages, le fil de fer – quoiqu'à priori moins coûteux – étant très rarement utilisé.

Buttage (17%) : Les buttes font 1 m de diamètre et 70 cm de hauteur. Elles sont faites généralement entre juin et novembre de l'année n-1, à raison de 65 buttes/hj en moyenne. En haut de la butte, un « chapeau » de feuilles est prépositionné : il protégera le semenceaux de la chaleur dans les premières semaines de croissance.

Plantations (16%) : 85% des semenceaux sont produits par leur utilisateur (sauf dans le cas de Nigeria, encore rare : près de la moitié sont achetés). Les semenceaux ne sont généralement pas sélectionnés et sont plantés après avoir été coupés en morceaux.

Tuteurage (1%) : Il n'est quasiment jamais fait, même si les paysans disent reconnaître ses avantages sur la production.

Désherbage (19%) : Tous les paysans estiment que l'enherbement est fort et la quasi-totalité estime qu'il est en hausse. Trois désherbages sont généralement pratiqués, manuellement dans la majorité des cas. Neuf adventices principales ont été identifiées, avec des fréquences de citation allant de 22/40 à 3/40.

Fertilisation (0%) : Qu'elle soit chimique ou organique, elle est exceptionnelle.

Récoltes (12%) : Les koubé peuvent être récoltés en deux fois, la 1^{ère} récolte (août à septembre) permettant de vendre des tubercules à prix élevés et d'induire la formation de « bons » semenceaux récoltés lors de la 2^{nde} récolte, entre novembre et mars. Les gbara ne sont récoltés qu'une fois. Les gbara, plus gros que les koubé, se vendent au même prix « par tas », que les koubé, dont le goût est plus apprécié. 20% de la récolte sert de semenceaux.

Stockage (5%) : Généralement, les tubercules marchands sont vendus dès la récolte et seuls les semenceaux sont stockés, de décembre à mai. Le stockage se fait généralement sous hutte de branchage en brousse, avec dégermage/tri des tubercules gâtés dans ¾ des cas. Les taux de pertes seraient très faibles : 13% des semenceaux (20% de la récolte), soit 3% en tout.

Transport (10%) : Les champs sont généralement situés entre deux et sept km des villages et les paysans utilisent des motos pour s'y rendre et pour en évacuer les tubercules.

3. Résultats des tâches 1 à 3

3.1. T1 : Identification et production de semenceaux

NB : Des données bibliographiques sur la génétique de l'igname et les différentes méthodes de production de semenceaux, sujets complexes, sont présentées respectivement en **Annexe 3 et Annexe 4 infra**. Elles permettent de contextualiser et de mieux comprendre les observations et recommandations faites dans le contexte de la filière igname en Haute-Guinée.

3.1.1. Identification de variétés prometteuses

➔ Caractéristiques des variétés d'igname cultivées en Haute-Guinée

Le CRAB aurait identifié les variétés d'ignames cultivées en Haute-Guinée, mais nous n'avons pas pu obtenir les publications correspondantes. Ainsi, le Rapport de synthèse des activités de la recherche sur les ignames (CAMARA, 2005) mentionne la caractérisation morphologique, enzymatique et l'évaluation agronomique des variétés cultivées, mais ces données n'ont pu être trouvées.

Cela étant dit, des entretiens spécifiques de terrain, dans les villages de Sanah et Tintioulen, nous ont permis de recenser les caractéristiques-clefs de 13 de ces variétés, résumées ci-après :

« GBARA » (<i>D. alata</i>)	<i>Américaingbara</i>	<i>Gbaragbè</i> « <i>Gbara blanc</i> »	<i>Gbara Bolokourouni</i> « <i>Gbara petits bras</i> »	<i>Gbara Kouloudouka</i> « venant de Kouloundou » (Préfecture de Macenta)
Poids	2-3 kg en moyenne 5 kg au maximum	2-3 kg en moyenne 5 kg au maximum	0,5-1 kg en moyenne 2 kg au maximum	2-3 kg en moyenne 5 kg au maximum
Nb/butte	1	1-2	2-4	1
Forme	Long et gros	Long et gros	Forme des doigts	Long (50 cm)
Couleur chair	Blanc	Blanc (plus qu' <i>Américaingbara</i>)	Blanc (moins que les deux précédents)	Blanc
Peau	Beige, poilue	Beige, poilue (plus qu' <i>Américaingbara</i>)	Noire, poilue	Noirâtre, peu de poils
Rendement	Très bon (18,7 t/ha. Cf. CAMARA, 2005)	Très bon	Faible	Très bon (19,2 t/ha. Cf. CAMARA, 2005)
Utilisation, goût	Surtout vente. Bon, un peu piquant	Surtout vente. Très bon, un peu piquant	Consommation. Très bon, un peu piquant	Surtout vente, apprécié des commerçants. Très bon, un peu piquant
Sensibilités	Très appréciée par les singes et vaches, qui attaquent <i>Gbara</i> avant <i>Kougbè</i>			
Conservation	Très bonne			
Qualités	Se vend comme les <i>Kougbè</i> , se conserve bien, bon rendement		Appréciée quand il n'y a plus de <i>Kougbè</i>	Bon, se vend bien
Défauts	Pique un peu la langue. Retard à la germination : préparation non maîtrisée des fragments de semenceaux ³⁶		Ne grossit pas	Pique un peu la langue
Evolution	Stable		En baisse : peu appréciée à la vente. NB : poids du tubercule en hausse	Augmentation de la production pour la vente et la consommation

Figure 33 - Caractéristiques des quatre principales variétés de *D. alata* cultivées en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016)

³⁶ Comm. Pers. F. CAMARA, CRAB, 2016

« KOUGBE » (Dcr)	Sofèrèn « ressemble à une bûche de l'arbre Sö »	Nigéria	Kougè « igname blanc », nom des Dcr mais aussi variété	Waraka « costaud »	Tenkèrèn du village de Tenkelen ?		Bamba Nom de personne ? « caïman » ?	Wakourouni « petit caillou de brousse »	Kaningko du village de Kaningko ? « cadeau après l'amitié » ?	Fedenkeme « 100 bourgeons »
					noukou « lisse »	wagna « rugueux »				
Poids	2-3 kg en moyenne 5 kg au maximum	3 kg en moyenne 4 kg au maximum	2 kg en moyenne 3 kg au maximum	1-2 kg en moyenne	3-4 kg en moyenne		2 kg en moyenne	1 kg en moyenne 2 kg au maximum	2 kg en moyenne 4 kg au maximum	Très petits (qq centaines de g)
Nb/butte	2	1	1	2-3	1		2-3	2-4	1-2	Très nombreux
Forme	Large, massif, pas long	Plutôt long, très gros, bout rond	Long, descend droit profondément	Pas très long, un peu aplati	Gros et large		Pas long, ne grossit pas	Allongé, pas très gros	Allongé	Long, ne grossit pas
Couleur chair	Blanc, nervures rougeâtres	Blanc	Très blanc	Rougeâtre	Blanc		Blanc avec des tâches "nerfs" noirs	Blanc sale	Très blanc	Blanc sale. La chair « se tord » à la cuisson
Peau	Poilue	Beige, lisse	Lisse, poils blancs	Rougeâtre, lisse	Rugueuse	Epineuse	Epineuse	Poilue	Blanche, lisse	Tachetée
Rendement	Très bon (12 t/ha. Cf. CAMARA, 2005)	Très bon (le meilleur pour les paysans)	Bon (le meilleur pour CAMARA, 2005 - 13t/ha) mais bcp de ravageurs.	Faible à cause des ravageurs	Faible		Bon	Faible (peu de butes, difficile à estimer)	Très bon (moins que <i>Sofèrèn</i>)	Faible
Utilisation, goût	Surtout vente. Doux et consistant.	Quasi exclusivement vendu. Peu apprécié	Consommation. Le meilleur avec Wakourouni	Consommation. Le meilleur après Kougè et Wakourouni	Vente surtout. Bon		Consommation et vente mais peu apprécié à la vente (épines). Pas très bon	Consommation. Le meilleur avec Kougè	Consommation et vente. Très bon , moins que <i>Waraka</i>	Consommation. Mauvais
Sensibilités	Appétée par les rats, écureuils et termites	Ni + ni - que les autres. Un peu appétée par les singes	Appétée par les rats, sensible aux maladies qui s'en suivent	Très appétée par les rats (qui emmènent les tubercules)	Charançons		Non	Percée par les millepattes et termites	Plutôt appétée par les rats, plutôt sensible aux cochenilles et termites	? Ne s'y intéressent pas
Conservation	Plutôt bonne si non fertilisée	Bonne à maturité totale, vente rapide sinon	Gros problèmes avec les rats	Mauvaise	Bonne		Bonne	Très bonne conservation de la seconde récolte	Correct mais problèmes de rongeurs	Jamais conservé
Principales qualités	Gros tubercules, appréciée des commerçants	Très productive sur tous types de sols	Doux, à chair blanche	Très bon	Dans tous les domaines		Aucune	Excellent	Succulent	Aucune
Principaux défauts	Sensibilité aux animaux et termites	Sensibilité aux coups de soleil après plantation	Trop appétée par les rats	Trop appétée par les rats	Aucun		Récolte difficile avec les épines sur les racines	Ne grossit pas	Trop appétée par les rats	Ne donne que des petits. Mauvais
Evolution de la culture	Rendements en hausse avec amélioration des dés herbages	En croissance, fort engouement car forte demande des commerçants	Disparait (à Sanah du moins), du fait des rats, au profit de Sofèrèn	Perte de semenceaux du fait des rats. Privilégient Sofèrèn et Nigéria	Disparait, préfèrent cultiver des variétés plus demandées (???). Pas de dégénérescence		Disparait car peu appréciée (épines et goûts)	En baisse car surconsommée : pas de conservation de semenceaux !	Stable. Eliminent les dégénérescences au fur et à mesure	En réduction, jamais ressemée

Figure 34 - Caractéristiques des neuf variétés principales de *Dcr* cultivées en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016)

On peut conclure de ces tableaux que :

- Les variétés les plus valorisées à la commercialisation ne sont pas celles que les paysans apprécient pour leur consommation. Dans le cas de *Nigéria* par exemple, le volume et le poids des tubercules permettent de bien les vendre mais ceux-ci seraient « pleins d'eau » et les paysans lui préfèrent *Kougbe*, *Wakourouni*, *Waraka*, *Kaningko* et *Sofèrèn* ;
- Les critères de choix des variétés sont d'abord commerciaux, en particulier la taille des tubercules. Ainsi, certaines variétés appréciées pour leur goût sont délaissées (*Tenkèrèn* et *Waraka*) ;
- Les attaques de rongeurs conduisent les paysans à délaissier des variétés pourtant très appréciées (*Kougbe*, *Waraka*). Des solutions de stockage adaptées pourraient revaloriser ces variétés ;
- S'ils sont moins appréciés, les *Gbara* permettent de disposer de tubercules à vendre plus longtemps. Il n'y a pas de compétition mais une complémentarité entre *Gbara* et *Kougbe*.

Si à Sanah et Tintioulèn les variétés ne semblent pas dégénérer, les paysans de Djamona nous ont dit rechercher des semenceaux de *Nigeria* car les autres s'affaiblissent. *Wombo*, *Kaningko*, *Dioufini*, *Waraka*, *Kougbe*, *Wakourouni*, *Tenkèrèn bambanoukou* sont des exemples de variétés en cours de disparition (Comm. Pers. F. CAMARA - CRAB, 2016 ; enquêtes de terrain, 2015 et 2016).

Les pratiques de reproduction des variétés expliquent en partie ces disparitions : les paysans utilisent les petits tubercules comme semenceaux (sélection massale inversée) (BOUYER et al., 2005)³⁷. Ceux-ci peuvent être porteurs de maladie, des virus en particulier, qui sont difficiles voire impossibles à diagnostiquer sur les tubercules ou les plants (FILLOUX et al., 2011a)³⁸.

Le CRAB a identifié plusieurs cas de semenceaux issus de plants touchés par la mosaïque de l'igname (Comm. Pers. F. CAMARA, CRAB, 2016). Les dégénérescences augmentent donc en dépit du fait que la résistance aux pestes et maladies est bonne en Haute-Guinée : seuls 25% des plants étudiés présentaient des maladies telles qu'antracnose ou cercosporiose (CAMARA, 2005).

Enfin, il est intéressant de noter que les critères de sélection des variétés présentées précédemment se recoupent partiellement avec ceux observés dans la sous-région : (i) Côte d'Ivoire : le rendement est le premier critère de choix dans la région centre (KOUAKOU et al., 2007)³⁹, (ii) Bénin : les paysans mettent en premier le critère du goût (34%), suivi du rendement (25%) (DANSI, 2003)⁴⁰, (iii) Togo : les paysans classent par ordre d'importance la qualité organoleptique, la résistance aux maladies puis le rendement (N'KPENU et al., 2007)⁴¹.

➔ Opportunité d'introduire des variétés améliorées ?

De nombreuses institutions travaillent sur le sujet :

- L'IITA (Ibadan, Nigeria) met ainsi en œuvre des programmes de sélection de génotypes améliorés. Par exemple, en collaboration avec l'Institut national de la recherche agronomique du Bénin

³⁷ BOUYER, O., DIAKITE, M., BAH, S. *L'igname en Haute-Guinée : aperçu de la filière et des OPA qui y œuvrent*. Kankan – CAOPA, juin 2005. 22p

³⁸ FILLOUX, D., RAJAONAH MAMY, T., JEANNODA, V. *Exploration de la diversité virale des ignames (Dioscorea spp.) cultivées de Madagascar et implications pour le contrôle de l'état sanitaire des plantations*. 2001 (a). 12p

³⁹ KOUAKOU, AM., DOUMBIA, S., ETTIEN, J.B., ZOHOURI, V., GNAORE, Y. *Facteurs déterminant l'adoption de nouvelles variétés d'ignames (Dioscorea Sp.) dans la région Centre de la Côte d'Ivoire*. In: Securing livelihoods through yams. 2009. Proceedings of a technical workshop on progress in ram research for development in West and Central Africa held in Accra, 11–13 September 2007, edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

⁴⁰ DANSI, A. *Les variétés d'igname cultivées : savoir-faire paysan au Bénin*. Rome - FAO, 2003. Cf. URL : <http://www.fao.org/3/contents/b933fe96-9aaa-567f-954f-9aa4c432e715/Y5116F00.HTM> (visitée le 12/02/2016).

⁴¹ N'KPENU, K.E., GNOFAM, N., DIDZI, S., AMOUZOU, D.A. *Sélection variétale participative de clones d'igname (Dioscorea Rotundata) pour leur performances agronomiques et organoleptiques*. In: Securing livelihoods through yams. 2009. Proceedings of a technical workshop on progress in ram research for development in West and Central Africa held in Accra, 11–13 September 2007, edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

(INRAB), l'IITA a amorcé depuis 1994 une sélection participative de nouveaux clones d'igname (HOUEDJISSIN et KOUANDE, 2010)⁴² ;

- Un programme de création de variétés polyploïdes (pour l'augmentation des rendements et de la résistance de l'igname) est mené depuis 2005 par le CIRAD (non daté)⁴³ ;
- Une collection nationale de 234 accessions d'ignames est maintenue au Bénin : 71 de *D. rotundata* précoces, 105 de *D. rotundata* tardives, 54 de *D. alata*, 4 de *D. dumetorum*. De plus, l'Institut de recherche et de développement sur la biodiversité des plantes cultivées, aromatiques et médicinales (IRDCAM) dispose d'une collection de 1 017 accessions dans sa ferme de Dendougou. La collecte a été réalisée dans tout le Bénin. Cette collection a été dédoublée à l'IITA d'Ibadan (HOUEDJISSIN et KOUANDE, 2010) ;
- De même dans d'autres pays de la sous-région collaborant avec l'IITA, des collections nationales sont maintenues : en Côte d'Ivoire (141 *D. alata* et 125 *D. rotundata* locales, 96 *D. rotundata* fournies par l'IITA), au Ghana (125 *D. alata* et 126 *D. rotundata* locales, 243 *D. rotundata* fournies par l'IITA), au Nigéria (212 *D. rotundata* fournies par l'IITA) et au Togo (178 *D. rotundata* fournies par l'IITA) (ASSIEDU, non daté)⁴⁴.

Des variétés améliorées sont donc disponibles, en particulier auprès de l'IITA. Cependant, lors de nos recherches bibliographiques, nous n'avons pas trouvé de liste exhaustive des variétés disponibles, encore moins de descriptif détaillé des variétés.

Nous avons seulement pu collecter des informations parcellaires sur quelques cultivars dans des publications focalisées sur une ou deux caractéristiques des variétés, généralement la réponse à la fertilisation, parfois les qualités organoleptiques (ETTIEN et TSCHANNEN, 2002 ; AKKISOE et al., non daté ; IITA, non daté ; N'GORAN et al., 2000 ; SORO et al., 2010 par exemple).

Aucune des variétés rencontrées dans les études exploitées ne présente d'avantage certain sur les six principaux critères de sélection des variétés par les paysans de Haute-Guinée (rendement, aptitude à la conservation, qualités gustative, faible sensibilité aux ravageurs, adaptation à la baisse de fertilité des sols, facilité de culture et de multiplication). Soit l'information sur ces critères n'existe pas, soit les variétés présentent des inconvénients sur au moins un des critères.

Cela étant dit, des variétés améliorées ont déjà été introduites en Haute-Guinée, notamment entre 1992 et 1995 (projet GTZ) et en 1998 (après voyage d'étude du CRAB au Ghana). Les rendements moyens des variétés améliorées seraient de 19 à 25 t/ha, contre 8 à 12 t/ha pour les variétés locales, à itinéraire technique similaire en milieu paysan (CAMARA et al., 2005).

D'une manière générale, ces variétés n'ont pas été adoptées par manque de vulgarisation efficace et les chercheurs ont eu peu de retour des paysans sur les introductions. On peut cependant retenir les faits suivants sur deux des variétés introduites (Comm. pers. F. CAMARA - CRAB, 2015) :

- *Florida* : introduite avec succès en Côte d'Ivoire, elle n'aurait pas été appréciée en Haute-Guinée du fait de son goût piquant ;
- *Nigéria* : elle serait en fait la variété ghanéenne *By4*, le nom de *Nigéria* étant dû à une confusion des paysans. Le CRAB a en effet introduit au moins cinq variétés provenant du Nigéria : TDr 131 ou 134 (à Moribaya), TDr 178 (village ?), TDr 179 (village ?), TDr 205 (à Djé), NDrBD10 (à Djé).

By4 aurait été rapportée du Ghana, en 1998, par un paysan de Tintioulen accompagnant le CRAB. Sa faible diffusion en dépit de sa haute valeur commerciale s'expliquerait par une « rétention » de la variété par ce paysan pendant plusieurs années, avant sa diffusion « accidentelle » : le beau-fils dudit paysan aurait multiplié un unique tubercule donné en cadeau à sa femme !

➔ Que faire en Haute-Guinée ?

⁴² HOUEDJISSIN, C., KOUANDE, O. *Etat des lieux de la recherche sur l'igname - Bénin*. IITA/INRAB, 2010. 71p.

⁴³ CIRAD, non daté. *Utilisation de la polyploïdie pour l'amélioration génétique de l'igname*. 34p.

⁴⁴ ASSIEDU, R. *Amélioration des moyens de subsistance des ruraux en Afrique de l'Ouest et du Centre par l'adoption de systèmes productifs et compétitifs de culture de l'igname*. IITA, non daté. 19p

Compte tenu du manque d'information sur les variétés améliorées disponibles dans la sous-région, il paraît improbable de pouvoir identifier une variété « miracle » qui s'adapterait aux conditions de la Haute-Guinée (sols, climat, préférences des consommateurs, contraintes de calendrier cultural, etc.).

Par ailleurs, l'introduction de variétés très performantes constitue une menace de perte de diversité génétique. DUMONT et MARTI (1997)⁴⁵ et HAMON et al. (1995)⁴⁶ (cités dans HOUEDJISSIN et KOUANDE, 2010) rapportent que l'introduction et la diffusion de variété *Florida* dans l'agriculture ivoirienne, où elle représente 60% des surfaces en igname, a fait perdre à ce pays sa diversité.

Sur la base de ce qui précède, deux types d'actions pourraient être menées :

- **Variétés locales :** Conserver, améliorer et diffuser celles qui sont appréciées et pour lesquelles il y a pénurie de semenceaux et/ou dégénérescence des semenceaux. On pense notamment à des variétés comme *Tenkèrèn bambanoukou* (préférée des paysans de Djamona mais en voie de disparition), *Sofèrèn*, *Kougbè*, *Waraka*, *Wakourouni* et *Kaningko*. La sélection massale (plantation de gros semenceaux et élimination de ceux porteurs de virus) pourrait permettre de les revaloriser. En parallèle, *Nigéria* pourrait être plus largement diffusée, car elle répond dans l'immédiat aux attentes des paysans (quoique moins apprécié au niveau gustatif, elle est plus productive) ;
- **Variétés étrangères :** Elles pourraient être introduites prudemment depuis des centres de recherche sous-régionaux (IITA au Nigéria, INRAB au Bénin). L'identification des variétés pourrait se faire via des échanges d'informations avec ces centres et des voyages d'études paysans. On pourrait chercher en particulier des variétés tardives de *Dcr* à bon rendements et gros tubercules, permettant de remplacer les *Gbara* peu appréciées. En l'état actuel, les 23 publications exploitées sur les variétés ne donnent pas les informations suffisantes pour pré-identifier ces variétés prometteuses. Le critère de taille du tubercule en particulier n'est que très rarement renseigné.

3.1.2. Production de semenceaux de qualité

Les différentes méthodes de production de semences ou semenceaux, des plus simples (traditionnelles) aux plus élaborées (au stade expérimental ou pratiquées en laboratoire), sont présentées en détail dans l'**Annexe 4 infra**. Le tableau suivant en donne les caractéristiques-clés :

Méthodes	Matériel de base	Taux de multiplication	Produit	Production de semenceaux	Qualité	Besoins en expertise et/ou équipements
Directe	Tubercules ou morceaux de 200-500g	1:4 à 1:8	Tubercules de consommation et semenceaux	Faible	Faible	Faibles
Anambra et minisett	Morceaux de 15-100g	1:30	Semenceaux	Faible	Faible à moyenne	Moyens
Microsett ou microtubercule	Tubercules ou morceaux <10g	1:90	Semenceaux	Moyenne	Faible à moyenne	Moyens
Bouturage	Fragment de tige	1:900	Micro- et mini-tubercules	Moyenne	Faible à moyenne	Importants
Culture (tube à essai, bioréacteur)	Tissus et organes	1:1800	Micro-tubercules et plantules	Forte	Bonne	Importants
Culture de tissus (aéroponie)	Fragments de tige	1:540	Micro-tubercules	Forte	Moyenne	Importants
Reproduction sexuée	Graines	Non renseigné	Tubercules de consommation et semenceaux	Forte	Faible à bonne*	Importants

* Dépendant de la maîtrise des hybridations

Figure 35 - Synthèse des techniques de multiplication de l'igname (Source : Auteurs, d'après AIGHEWI et al., 2015)⁴⁷

⁴⁵ Référence non détaillée dans le document source

⁴⁶ Référence non détaillée dans le document source

⁴⁷ AIGHEWI, B.A., ASIEDU, R., MAROYA, N., BALOGUN, M. *Improved propagation methods to raise the productivity of yam (Dioscorea rotundata Poir).* Food Security N°7. 2015. 12p.

Dans toute la sous-région, les paysans pratiquent majoritairement la technique « directe » (plantation de tubercules entiers ou coupés en quatre à huit morceaux), avec des tubercules fréquemment malades ou parasités (nématodes, virus, pourritures et bactéries). Les maladies s'accumulent et une seule plante infectée peut suffire à générer des épidémies (FILLOUX et al., 2011a).

Cette technique traditionnelle est donc coûteuse en tubercules et mobilise des semenceaux de faible qualité (NWEKE et al., 1991⁴⁸ et AIGHEWI, 1998⁴⁹, cités dans AIGHEWI et al., 2015), dont la germination est erratique et prolongée (OTOO et al., 1987⁵⁰, cité dans AIGHEWI et al., 2015). La diffusion des semenceaux sains par ces techniques est lente du fait des taux de multiplication faibles.

Face à cela, deux types d'actions pourraient être menées par les paysans :

- Eviter l'infestation des semenceaux : Les *Dcr* sont surtout sensibles aux nématodes qui provoquent des déformations (galles) ou des pourritures (*Scutellonema*) et aux viroses (mosaïques), tandis que les *D. alata* sont sensibles aux maladies cryptogamiques (anthracnose). L'utilisation de semenceaux entier ou le traitement des morceaux par la cendre ou des insecticides et fongicides réduisent les risques d'infestation par les champignons et insectes. Cependant, afin d'éviter le recours à des méthodes curatives (insecticides, fongicides, nématicides), la sélection de variétés résistantes et de semenceaux sains est recommandée (CIRAD, 2002) ;
- Ne pas diffuser les semenceaux déjà infestés : Les paysans doivent réserver à la consommation les tubercules trop petits ou issus de plants infestés et détruire les plants infestés. Les paysans connaissent ces techniques, comme le démontre leurs actions contre les dégénérescences sur *Kaningko* (Cf **Partie 3.1.1. supra**). Cependant, les virus ne se détectent pas sur le tubercule et difficilement sur le plant. Dans le cas d'une étude à Madagascar, FILLOUX et al., (2011a) ont ainsi trouvé des virus dans la moitié des plants étudiés, alors que leur état sanitaire semblait excellent. Les paysans doivent donc être formés à l'identification des plants et tubercules suspects.

Les trois autres types d'actions suivants sont plus élaborés et nécessitent l'appui de la recherche :

- Produire du matériel sain : Les pathogènes et parasites inféodés au sol (nématodes et champignons) sont éliminés lors de la production de nouveaux plants avec du matériel végétal aérien (graines, fragments de tiges, bulbilles, etc.). Il faut noter que seule la culture de méristème permet de produire un plant sans virus à partir de matériel végétal infesté. Le centre de transfert des ignames du CIRAD (Montpellier) est capable de pratiquer ces assainissements (CORNET, 2010)⁵¹. Cependant, ces techniques coûteuses ne se justifient que dans des cas extrêmes (infestations à grande échelle, variétés rares et d'intérêt particulier) ;
- Conserver du matériel sain : Action réservée aux variétés « élites », elle impose de sélectionner rigoureusement les individus conservés, sur la base de critères visibles voire de tests ADN (FILLOUX et al., 2011b)⁵², de cultiver ces individus en isolement (pas d'entrées d'insectes, éloignement des cultures non contrôlées) et de n'importer de nouvelles variétés que sous réserve de contrôles sanitaires stricts intégrant un schéma de quarantaine accompagné d'observations et tests des individus (FILLOUX et al., 2011a).

Ceci est assez lourd. Ainsi, pour les importations, le Traité international de la FAO impose la signature d'Accords de transfert de matériel entre les institutions donneuse et receveuse

⁴⁸ NWEKE, F.I., UGWU, B.O., ASADU, C.L.A., AY, P. *Production cost in the yam based cropping systems of southeastern Nigeria*. RCPM Research Monograph No. 6. Ibadan – IITA, 1991. 29p.

⁴⁹ AIGHEWI, B.A. *Seed yam (Dioscorea rotundata Poir.) production and quality in selected yam zones of Nigeria*. Ph.D. thesis. Ibadan - University of Ibadan, 1998. 252p.

⁵⁰ OTOO, J. A., OSIRU, D. S. O., Hahn, S. K. *Improved technology for seed yam production*. Ibadan – IITA, 1987. 56 p.

⁵¹ CORNET, D. *Rapport d'avancement des activités du CIRAD dans le cadre du projet n°-FC/2003/19 financé sur fonds compétitif du CORAF: projet d'intensification écologiquement durable de la production d'igname de qualité acceptable pour la transformation et la consommation au Bénin, Togo et Burkina-Faso - période mai 2007 à mars 2009*. Cotonou – CIRAD / IITA, 2010. 33p

⁵² FILLOUX, D., GALZI, S., FERNANDEZ, E., ROUMAGNAC, P. *Exploration sans a priori de la biodiversité phytovirale de l'igname (Dioscorea spp.) en serre de quarantaine*. Montpellier - SUPAGRO/INRA/CIRAD, 2011 (b). 1p.

(CORNET, 2010). De plus, comme le souligne LABEYRIE (2009)⁵³, la conservation de l'agrobiodiversité en collection ex-situ est difficile dans un pays où la recherche bénéficie de très peu de moyens et où la diffusion des individus conservés est freinée par des aspects logistiques.

- Augmenter le taux de multiplication : La réduction de la taille des morceaux plantés réduit le nombre de tubercules consommés à cet usage, mais peut réduire la taille des tubercules obtenus et donc leur intérêt commercial. Les techniques anambra, minisetts et microsetts impliquent un second cycle de culture avant obtention des tubercules consommables. Ces techniques paraissent trop onéreuses et trop peu documentées pour être rapidement appliquées en Haute-Guinée.

3.1.3. CCL : identification et multiplication de semenceaux adaptés

→ Au niveau des paysans

Identification de semenceaux de qualité : Issus de plants sains, ayant donné de bons rendements et des tubercules de forme, taille et couleur satisfaisantes, sans blessures, moisissures, ni parasitisme. Dans le cas de Nigéria, il est probable que ces semenceaux se trouvent chez les paysans pionniers, qui ont a priori conservé les meilleurs semenceaux et vendus le reste autour deux.

Identification de paysans multiplicateurs : Ces paysans doivent être capables de multiplier et conserver des semenceaux sélectionnés dans la durée et doivent également s'engager à vendre une majeure partie de ces semenceaux aux paysans membres de la FUCPIS.

Au cours des échanges lors de l'atelier de restitution, il est apparu que le choix de ces paysans multiplicateurs est un gros enjeu et suscite des craintes : « les multiplicateurs peuvent ne pas respecter les consignes », « les semenceaux seront chers », « les semenceaux seront vendus selon les affinités », justifiant l'idée que « les multiplicateurs doivent changer chaque année »...

Le sujet doit mûrir au niveau de la FUCPIS et les décisions doivent être arrêtées en Assemblée générale, mais de premières pistes ont émergé durant l'atelier de restitution : (i) Les paysans multiplicateurs pourraient être identifiés par chaque Union, qui se chargerait de suivre leurs activités localement et d'éviter les dérapages précités, (ii) Au besoin, si la commercialisation des semenceaux pose problème, la FUCPIS pourrait acheter les semenceaux produits par les paysans multiplicateurs, afin d'assurer leur distribution à prix raisonnable au plus grand nombre, (iii) Les techniciens de la FUCPIS pourraient former les paysans multiplicateurs (identification des maladies et ravageurs, sélection massale, traitement des semenceaux avant stockage, etc. Cf. **Partie 3.4.1. infra**)

La production de semenceaux par les techniques anambra ou minisetts ou microsetts pourrait être encouragée si et seulement si (i) les paysans multiplicateurs trouvent rentable la commercialisation de semenceaux et souhaitent se spécialiser dans la production exclusive de semenceaux, (ii) les insecticides et fongicides préconisés sont disponibles à coût raisonnable, (iii) les paysans sont suffisamment suivis par les techniciens de la FUCPIS pour respecter ces techniques.

→ Au niveau du CRAB

Importation de variétés étrangères : Depuis les centres sous-régionaux (IITA au Nigéria, INRAB au Bénin par exemple), après des échanges avec ces centres et des voyages paysans. L'importation devra faire l'objet d'un Accord de transfert de matériel et respecter les normes de contrôle sanitaire.

Conservation des variétés d'intérêt, locales et importées : Les variétés à conserver en priorité pourraient être identifiées avec la FUCPIS, en se basant sur les demandes des paysans. Les variétés autrefois appréciées mais en voie de disparition (*Tenkèrèn bambanoukou*, *Sofèrèn*, *Kougbe*, *Waraka*, *Wakourouni* et *Kaningko*) et la variété Nigéria devraient a priori être dans le lot. Le matériel sain conservé au CRAB pourrait être diffusé en cas de baisse de qualité des semenceaux des paysans.

La génétique de l'igname est complexe et encore mal connue. Les frontières entre espèces sont floues, les variétés évoluent au gré des croisements, sélections, mutations génétiques et du vieillissement des individus. Cette complexité n'a pas encore permis une diffusion significative de variétés améliorées, à l'exception de *Florida* (*D. alata*) en Côte d'Ivoire.

⁵³ LABEYRIE. *Évaluation d'une pratique innovante : l'utilisation et la production de graines de plantes à racines et tubercules pour la distribution et la création de diversité allélique*. Mémoire de fin d'études. Montpellier - SUPAGRO / CIRAD / CETRAV / FFEM, 2009. 94p.

Les critères de sélection variétale utilisés par les paysans sont généralement le rendement, la taille des tubercules, la qualité gustative, l'aptitude à la conservation, la résistance aux ravageurs, la plasticité (production même sur sol pauvre).

Les *D. alata* (*Gbara* en malinké) fournissent de gros tubercules, ont de faibles besoins en fertilité et se conservent bien. Leur goût « piquant » est peu apprécié en Haute-Guinée, où elle n'est pas considérée pas comme une « vraie » igname.

Les *Dcr* (*Koughè* en malinké) sont précoces ou tardives. Une récolte « précoce » (avant maturité physiologique) fournit des tubercules fragiles mais recherchés (peu d'ignames sur le marché) et prépare une seconde récolte de semenceaux. Aucune *Dcr* tardive n'a été rencontrée par la mission. Les variétés tardives sont moins exigeantes en fertilité que les précoces et se conservent mieux.

Si le CRAB a identifié 68 variétés, les paysans se concentrent sur quelques-unes, choisies d'abord pour leur valeur commerciale (gros tubercules), ensuite pour leur goût. Certaines variétés appréciées disparaissent, car plus sujettes aux attaques de ravageurs ou victimes de la pratique de sélection massale « inversée » (vente des gros tubercules, plantation des petits). Un catalogue variétal des ignames guinéennes n'ayant pu être trouvé auprès du CRAB, les 13 variétés de *Dcr* et quatre variétés de *D. alata* les plus courantes ont été décrites par la mission.

L'IIITA a diffusé un grand nombre de variétés sélectionnées et améliorées dans la sous-région (Bénin, Côte d'Ivoire, Nigéria, Ghana, Togo) avec de bons résultats sur les rendements. Des introductions de telles variétés ont été tentées par le CRAB, avec peu de résultats probants. *Florida* notamment n'a pas été appréciée. *Nigeria* est l'exception : introduite depuis le Ghana, elle est actuellement fortement plébiscitée (bon rendement, gros tubercules).

Les semenceaux peuvent être des petits tubercules ou des fragments de tubercules. Le sevrage de la plante par une récolte précoce donne en seconde récolte de petits semenceaux au pouvoir germinatif important. L'usage de petits tubercules évite d'exposer le parenchyme aux insectes et champignons, mais leur petite taille peut être due à des viroses ou des maladies. Les planter revient dans ce cas à sélectionner les individus les moins performants.

Les fragments peuvent être de taille variable (de 5 à 400g), de petits fragments (< 100 g, techniques dites anambra ou minisetts ou microsetts) donneront de petits tubercules replantés comme semenceaux. La technique minisetts permet une multiplication importante (1:30) mais est peu adoptée, même là où elle est promue depuis plus de 20 ans (Togo, Cameroun, Nigéria). Elle est exigeante en temps et capital (intrants et produits phytosanitaires notamment) et impose au paysan un an de production exclusive de semenceaux.

D'autres techniques existent mais sont trop coûteuses ou complexes pour être applicables par les paysans : bouturage, culture de tissus, reproduction sexuée. La culture in vitro de méristèmes associée à un traitement par thérapie thermique ou chimiothérapie est la seule méthode permettant de se débarrasser des virus.

On recommande la sélection de matériel sain auprès des paysans et leur diffusion par des paysans multiplicateurs, avec l'appui de la FUCPIS et du CRAB pour la mise en œuvre des bonnes pratiques (sélection et amélioration, traitements, stockage, minisetts sous conditions). L'introduction de variétés identifiées avec les paysans et la conservation en station des variétés d'intérêt sont du ressort du CRAB.

3.2. T1 : Identification de plantes de couverture

3.2.1. L'igname, plante exigeante en fertilité

➔ Exigences générales en termes de fertilité

On peut définir la notion de fertilité comme suit : « Aptitudes d'un sol à produire des récoltes en fonction de ses qualités intrinsèques et des techniques culturales utilisées [...] La fertilité actuelle se mesure par le rendement actuellement obtenu [...] Il convient de distinguer la notion de richesse d'un

sol en tel ou tel élément, valeur définie par l'analyse, de la notion de fertilité, aptitude du sol à telle ou telle production, valeur beaucoup plus complexe à définir » (CIRAD, 1993)⁵⁴.

La fertilité d'un sol est donc fonction de sa richesse en éléments minéraux, (N, P₂O₅, K₂O, bases échangeables, oligo-éléments, etc.), mais aussi de sa texture (proportions de sables, limons, argiles, dans la terre tamisée), de sa structure (assemblage des éléments entre eux, qui conditionne la stabilité du sol sous l'action de l'eau et la porosité), de sa capacité de rétention en eau et de sa capacité d'échange cationique (deux valeurs étroitement corrélées à la teneur en matière organique du sol), etc.

L'igname exige des sols fertiles : profonds, meubles, riches en éléments minéraux (notamment azote et potasse). Les ignames du complexe *Dcr*, les plus fréquentes en Afrique de l'Ouest sont principalement cultivées en zone de savane et demandent des sols légers et bien drainés. Elles sont exigeantes en eau (1 000 mm/an au minimum, optimum de 1 500 mm/an ; besoin de 400 mm entre 14^{ème} et 20^{ème} semaine, sur 1,5 mois) et en chaleur et doivent être plantées dans une butte de grande taille (un mètre ou plus) en cas de sols hydromorphes (CIRAD, 2002).

Les *Dcr* précoces (deux récoltes) sont plus exigeantes en éléments minéraux (potasse surtout). Les *Dcr* tardives (une récolte) et les *D. alata* sont plus rustiques (*Ibid*). L'igname est donc généralement plantée en tête de rotation sur jachères longues (25 à 30 ans) et après une ou deux années, elle ne peut plus être cultivée (BRICAS et al., 1998).

→ Exigences spécifiques en éléments minéraux

Les exportations d'éléments minéraux liées à sa culture sont conséquentes (ordres de grandeur, exprimés en kg exportés par t de tubercules frais) : N = 4 ; P₂O₅ = 0,4 ; K₂O = 4,4 ; Ca = 0,1 ; Mg = 0,2 (LE BUANEC, 1972⁵⁵, cité dans CIRAD, 2002). Grosso modo, pour un rendement moyen de 9,5 t/ha (soit celui estimé actuellement en moyenne pour l'Afrique de l'Ouest, Cf. **Partie 1.1.1 supra**), on aurait donc les exportations suivantes : N = 38 kg/ha/an ; P₂O₅ = 4 kg/ha/an ; K₂O = 42 kg/ha/an.

Si l'on compare ces valeurs à celles relatives à quelques cultures communes en Haute-Guinée (en utilisant les données de CIRAD (1993), adaptées pour tenir compte des rendements moyens en milieu paysan en Haute-Guinée), on constate qu'elles sont dans la fourchette basse pour le P₂O₅, mais dans la fourchette haute pour le N et pour le K₂O :

Culture	Rendement (t/ha)	Exportation N (kg)	Exportation P ₂ O ₅ (kg)	Exportation K ₂ O (kg)
Coton	1,2 (fibres)	25	10	26
Maïs	1,2 (grains)	38	14	15
Riz	1,2 (grain)	13	5	4
Manioc	5,6 (racines)	10	4	8

Figure 36 - Exportations en N, P₂O₅ et K₂O pour quelques cultures communes en Haute-Guinée (Source : Auteurs, 2016 ; d'après CIRAD, 1993).

Ces analyses sont corroborées par différents auteurs :

- KPEGLO et al. (1982)⁵⁶ : L'igname préfère des sols riches en azote et pauvres en phosphore. Ils précisent par ailleurs que l'apport d'azote minéral stimule la germination pendant l'entreposage en interrompant trop tôt la dormance ;
- VERNIER (1998)⁵⁷, cité dans AZIADEKEY et al., (2014)⁵⁸ : Les apports d'engrais chimique sur l'igname concernent toujours l'azote et le potassium, alors que le phosphore est appliqué de façon

⁵⁴ CIRAD. 4^{ème} édition du *Mémento de l'agronome*. Paris – CIRAD, 1993. 1 635p

⁵⁵ LE BUANEC, B. *Absorption et exportation des éléments majeurs par l'igname*. Bouaké - Groupement d'études et de recherches pour le développement de l'agronomie tropicale / Institut de recherche en agronomie tropicale (GERDAT/IRAT), 1972. 9p

⁵⁶ KPEGLO, K.D., OBIGBESAN, G.O., WILSON, J.E. *Influence des engrais chimiques sur le rendement et la durée de conservation de l'igname blanche*. Ibandan – IITA, 1982. 5p

⁵⁷ VERNIER, P. 1998. *L'intensification des techniques de culture de l'igname*. Acquis et contraintes. in : *l'igname, plante séculaire et culture d'avenir. Actes du Séminaire International du 3 - 6 juin 1997*. Montpellier, France. Eds : BERTHAUD. J., BRICAS N., MARCHAND J. L. pp 93 – 101.

moins systématique. L'azote assure un fort développement foliaire, première condition d'un bon rendement, et permet l'obtention de gros tubercules. En excès ou absorbé trop tardivement, il prolonge la végétation au dépens de la tubérisation et masque les symptômes de maladie virale. Le potassium grâce à son pouvoir de rétention d'eau est à la base de la synthèse des glucides dans les feuilles, de leur migration et accumulation dans les tubercules ;

- ADEGBENRO et al. (2013)⁵⁹ : l'azote est l'élément minéral le plus nécessaire à l'igname ; une déficience en azote provoque des retards de croissance et est reconnaissable aux feuilles étroites et pales. Le potassium est lui aussi nécessaire à l'igname et une déficience en potassium amène une baisse de rendement et une réduction de la teneur en amidon.

➔ Difficulté d'apprécier la réponse de l'igname à la fertilisation chimique

De nombreux essais de fertilisation chimique de la culture d'igname ont été menés par le passé. On en présente deux ci-dessous, menés dans des conditions assez proches de celles de la Haute-Guinée (culture sur sols ferrallitiques de savane) avant de discuter des limites de cette approche.

Des essais ont été menés en 2000 et 2001 en Centre Côte d'Ivoire, sur ferralsols de savane (ETTIEN et al., 2009)⁶⁰. Ils visaient à évaluer les rendements de quatre cultivars (trois de *Dcr* : *Krenglé*, *Kangba*, *Djaté* ; un de *D. alata* : *Bète-bète*) à des doses croissantes d'engrais NPK (18,5-9-24) et urée 46% N (1^{er} apport de NPK après sept semaines, puis 2nd apport d'urée après 11 semaines).

Tout cultivar confondu, les rendements ont été meilleurs avec la dose T1 (13,2 t/ha en moyenne pour N = 120 kg/ha ; P₂O₅ = 38 kg/ha ; K = 103 kg/ha) qu'avec la dose T2 (11,6 t/ha en moyenne pour N = 150 kg/ha ; P₂O₅ = 49 kg/ha ; K = 130 kg/ha) et la dose T0 (8,3 t/ha en moyenne sans apport).

Cependant, si l'on calcule le Coefficient apparent d'utilisation (CAU) = [rendement à la dose d'engrais x – rendement sans engrais] / rendement à la dose d'engrais x, ceux-ci apparaissent faibles (comparativement aux CAU en céréales en Côte d'Ivoire, qui varient entre 30 et 60% (SEDOGO, 1993)⁶¹. Il n'existe pas - d'après les auteurs - de données de CAU sur l'igname en Côte d'Ivoire : (i) *Djaté* = CAU de 22,4% pour T1 et 17,9% pour T2, (ii) *Bète-bète* = 9,2% pour T1 et 8,5% pour T2, (iii) *Kangba* = 11,1% pour T1 et 10,6% pour T2, (iv) *Krenglé* = 7,4% pour T1 et 4,4% pour T2.

En d'autre terme, seul le cultivar *Djaté* a montré une réponse significativement positive à la fertilisation minérale. Les auteurs pensent que ceci pourrait s'expliquer par (i) les attaques d'antracnose et de virus de la mosaïque qui ont été importantes en 2001 avec un effet dépressif sur le rendement, (ii) la physiologie des espèces (CASTILLO et al., 1989)⁶², (iii) la qualité des semences (BACO et al., 2004)⁶³ et (iv) les interactions sol / pluviométrie (pluies faibles en 2001 : un peu plus de 940 mm/an).

⁵⁸ AZIADEKEY, M., SOGBEDJI, M., ODAH, K., AMOUZOUVI, K., AFFANAHIN, K. *Effets de la fumure organo-minérale sur la production et les qualités organoleptiques de deux variétés d'igname du complexe Dcr dans la région de Kara au Togo*. European Scientific Journal - édition vol.10, No.15, May 2014. 14p

⁵⁹ ADEGBENRO, R.O., BABATUNDE, K.M., OJETADE, J.O., FATUROTOI, O.M. *Effects of Combined Application of Plant Residues and NPK Fertilizers on the Yield of Yam (Dioscorea rotundata 'c.v' Ewura) in the Derived Savanna of Ogbomoso*. Journal of Agriculture and Veterinary Sciences Volume 5, N°1. 2013. pp32-39

⁶⁰ ETTIEN, D.J.B., KONE, B., KOUADIO, K.K.H., KOUADIO, N.E., YAO-KOUAME, A., GIRARDIN, O. *Fertilisation minérale des ferralsols pour la production d'igname en zone de Savane Guinéenne de l'Afrique de l'Ouest : cas des variétés d'igname traditionnelle sur dystric ferralsols du Centre de la Côte d'Ivoire*. Journal of Applied Biosciences 23: 1394 - 1402. 2009. 9p

⁶¹ SEDOGO, P. *Evolution de sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité*. Thèse de Doctorat d'Etat. Abidjan - Université de Cocody, 1993.

⁶² CASTILLO, R. J., RUIZ, M. L., PORTIELES, R. M., MILIAN, M. *Prélèvements minéraux et coefficients d'utilisation des engrais et des éléments nutritifs du sol par une culture de D. alata*. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Viandas Tropicales, vol. 12, n.1. Santo Domingo / Villa Clara - Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales, 1989. pp59-73.

⁶³ BACO, M. N., TOSTAIN, S., MONGBO, R. L., DAINOU, O., AGBANGLA, C. *Gestion dynamique de la diversité variétale des ignames cultivées (D. cayenensis - D. rotundata) dans la commune de Sinende au Nord Bénin*. Plant. Gen. Res. Newsl. 139, 2004. pp18-24

Une étude assez similaire à la précédente a été menée (année non précisée) au Nord de la Côte d'Ivoire : sols argilo-sableux pauvres en matière organique, mais avec une bonne capacité d'échange cationique (SORO et al., 2002)⁶⁴.

Elle visait à évaluer les variations de rendement de quatre cultivars traditionnels ivoiriens (trois variétés *Dcr* : *Krenglé*, *Gnan*, *Wacrou* ; une variété *D. alata* : *Bête-bête*) à des doses croissantes d'engrais chimique NPK (11-15-15) et urée 46% N (1^{er} apport après 50 jours, puis 2nd apport après 80 jours pour les précoces et 123 jours pour les tardives).

Tout cultivar confondu, les rendements ont été meilleurs avec la dose T1 (N = 60 kg/ha ; P₂O₅ = 25 kg/ha ; K = 55 kg/ha) qu'avec la dose T2 (N = 120 kg/ha ; P₂O₅ = 50 kg/ha ; K = 130 kg/ha) et la dose T0 (sans apport). Les CAU varient entre 14% et 84%, avec des différences notables entre cultivars : *Gnan* paraît peut répondre aux engrais (CAU de 14% pour T1 et de 24% pour T2), alors que *Wacrou* paraît très répondant (CAU de 71% pour T1 et de 87% pour T2).

De façon assez surprenante, les variétés *Krenglé* et *Bête-bête* paraissent assez répondantes aux engrais (CAU respectivement de 18% et 29% pour T1 et de 82% et 51% pour T2), contrairement à ce que mettait en évidence l'étude d'ETTIEN et al. (2009) présentée précédemment. Cela étant dit, SORO et al. (2002) concluent sur le fait que les différences de rendement observées pour différents niveaux de fertilisation sont très faibles pour conclure par rapport à une dose optimale.

Par ailleurs, après tests organoleptiques sur les différentes variétés soumises aux différentes doses d'engrais, SORO et al. (2002) ne décèlent pas de modification de la qualité du foutou. Ceci contrebalance l'analyse de CORNET et al. (2008)⁶⁵ selon laquelle l'utilisation d'engrais chimiques aurait des effets négatifs sur la qualité organoleptique : texture pour l'igname pilée, couleur et amertume pour les produits transformés tels que la pâte de farine. Ces analyses seraient cohérentes avec celle de CIRAD (2002) selon laquelle l'influence négative des engrais chimiques sur la qualité organoleptique ne serait pas générale et apparaîtrait surtout en cas de fumure excédentaire en azote.

➔ Illusion d'une formulation d'engrais chimique adaptée pour l'igname en Afrique de l'Ouest ?

Comme on vient de le voir, la comparaison de deux essais de fertilisation chimique menés dans des conditions proches (conditions climatiques et pédologiques proches, deux cultivars similaires parmi les quatre testés) permet de mettre en évidence des résultats divergents et amène à se questionner, plus généralement, sur les impacts de la fertilisation chimique sur la production d'igname.

Il y a 30 ans déjà, TRECHE et GUION (1986)⁶⁶, citant ADUAYI et OKPON (1980)⁶⁷, DUMONT (1973)⁶⁸, GOODING (1971)⁶⁹, KANG et WILSON (1981)⁷⁰, UMANAH (1973)⁷¹, indiquaient que de nombreux essais de fertilisation minérale azotée sur *D. rotundata* avaient déjà été menés, amenaient des résultats controversés et ne permettaient pas de définir le niveau d'application optimum.

⁶⁴ SORO, D., DAO, D., CARSKY, R. J., ASIEDU, R., ASSA, A. *Amélioration de la production de l'igname à travers la fertilisation minérale en zone de savane de Côte d'Ivoire*. in : savanes africaines, des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. *Actes du Colloque, 27-31 mai 2002, Garoua*. Eds : JAMIN, J.Y., SEINY BOUKAR, L., FLORET, C. Montpellier – CIRAD-PRASAC, 2002, 7p.

⁶⁵ CORNET, D., VERNIER, P., AMADJI, F., ASIEDU, R. *Integration of yam in cover crop-based cropping system: constraints and potential*. Montpellier – CIRAD / IITA, 2008. 11p

⁶⁶ TRECHE, S., et GUION, P. *Influence d'apports modérés d'engrais azote sur la valeur nutritionnelle de tubercules de D. rotundata*. In : *Revue sciences et techniques (Sci. Santé)*. N°4-5 : 77-92. 1986. 16p

⁶⁷ ADUAYI, E.A., et OKPON, S.N. *Role of continuous nitrogen fertilization on nutrient composition of leaves sampled at various stages of growth and on yields of yam (D. rotundata)*. *J. of Plant Nutr.*, vol. 2, n°3. 1980. pp359-375

⁶⁸ DUMONT, R. *Integration of yam into a continuous farming system in Dahomey*. *Proc. Third. Int. Symp. Trop. Root Crops*. IITA – Ibadan ed. by C.L.A. LEAKEY. 1973. pp389-392

⁶⁹ GOODING, E.G.B. *Effects of fertilizing and other factors on yams in Barbados*. *Expl. Agric.*, n°7. 1971. pp315-319

⁷⁰ KANG, B.T., et WILSON, J.E. *Effect of mound size and fertilizer on white guinea yam (D. rotundata) in Southern Nigeria*. *Plant and Soil*, vol. 61, n°3. 1981. pp319-327

⁷¹ UMANAH, E.E. *Effects of different rates of NPK fertilizers on yield and storage properties of white yam*. *Proc. Third mt. Symp. Trop. Root Crops*. IITA – Ibadan ed. by C.L.A. LEAKEY. 1973. pp 359-361

TRECHE et GUION (1986) allaient plus loin et soulignaient que les effets de la fumure azotée sur le rendement étaient dépendants d'autres facteurs et qu'il était nécessaire de définir les besoins pour chaque zone présentant des conditions écologiques et édaphiques différentes (en citant KOLI (1973)⁷² et MARTIN et SADIK (1977)⁷³ ; que les antécédents culturels, les conditions d'application de l'azote (fractionnement et date de l'apport, niveau des autres apports) et, plus généralement, les méthodes culturales (butte ou billon, tuteurage) étaient aussi déterminantes (en citant COURSEY (1973)⁷⁴, DUMONT(1973), ENYI (1973)⁷⁵, KANG et WILSON (1981), ONWUEME (1978)⁷⁶).

TRECHE et GUION (1986) concluaient finalement sur le fait que, de l'ensemble des travaux qu'ils citaient, il ressortait que l'augmentation de rendement consécutif à une fumure minérale azotée optimale ne dépassait pas 20% (en citant ENYI (1973), LYONGA et AYUK-TAKEM (1978)⁷⁷).

Ceci a été plus récemment confirmé par une méta-analyse de plus de 200 essais de fertilisation minérale sur l'igname menés ces 60 dernières années : seuls 56% ont montré une réponse positive en terme de rendement et seulement 22% présentent des différences significatives entre traitements (CORNET et al., 2005)⁷⁸.

Cela étant dit, divers auteurs, plus affirmatifs (ou moins prudents) dans leurs analyses, se sont avancés jusqu'à faire des recommandations en termes de formulation adaptée pour la production optimale igname. On ne cite ci-dessous que quelques-unes d'entre elles :

- Côte d'Ivoire : Sauf culture après une très longue jachère, il est recommandé d'apporter 200 kg/ha de NPK (10.18.18) ou (8.4.20.4 MgO) et 100 Kg/ha en cours de végétation. Si le sol est « fatigué », il faut apporter en plus 300 Kg/ha de dolomie ou de chaux magnésienne (KOUAKOU et al., 2005) ;
- Cameroun : Le guide produit par le Programme national de développement des racines et tubercules (PNDRT) préconise l'application d'engrais avec une dose de K double du N, la formule la plus proche sur le marché étant le 12-6-20. La dose recommandée est de 10-20 g/pied, environ 250 kg/ha (NGUE BISSA et al., 2007) ;
- Nigéria : Au Sud-Ouest, il est recommandé d'apporter 90-50-75 kg/ha de NPK (KOLAWOLE, 2012)⁷⁹.
- Antilles : On recommande un apport de 60-30-60 unités/ha à la plantation sur les variétés précoces, de 100-60-150 unités/ha sur les tardives, complété par 70 N deux mois plus tard (CIRAD, 2002).

Vu la diversité des sources, des conditions locales, des objectifs poursuivis (atteinte de l'optimum agronomique ou de l'optimum technico-économique ?), il est difficile de s'y retrouver...Néanmoins, si l'on récapitule ces chiffres ci-dessous, Antilles mis à part (les conditions agro-pédo-climatiques étant différentes de celles de l'Afrique de l'Ouest), on peut extrapoler une « dose moyenne » :

⁷² KOLI, S.E. *The response of yam (Dioscorea rotundata) to fertilizer application in Northern Ghana*. J. Agric. Sci., Camb. N°80. 1973. pp 245-249

⁷³ MARTIN, F.W., et SADIK, S. *Tropical yams and their potential. Part 4 – D. rotundata and D. cayenensis - Agriculture Handbook, n°502*. USDA. 1973

⁷⁴ COURSEY, D.G. *Yams*. Longmans ed., London. 1973

⁷⁵ ENYI, B.A.C. *Growth, development and yield of some tropical root crops. Proc. Third mt. Symp. Trop. Root Crops*. IITA – Ibadan ed. by C.L.A. LEAKEY. 1973. pp87-103

⁷⁶ ONWUEME, I.C. *The tropical tuber crops: yams, cassava, sweet potato, cocoyams*. Ed. by John WILEY and sons, New-York. 1978

⁷⁷ LYONGA, S.N, et AYUK-TAKEM, J.A. *Collection, selection and agronomic studies on edible yams in Cameroon*. Communication présentée au 5th Int. Symp. Trop. Root crops - Manila – Philippines. 1978

⁷⁸ CORNET, D., HAMMOUYA, D., BONHOMME, R. *Etude du fonctionnement physiologique d'un couvert de Dioscorea alata pour une utilisation plus rationnelle des engrais chimiques*. In, Ozier-Lafontaine, H., Ed., *Proceedings of the 41th international meeting of the Caribbean Food Crops Society (CFCS)*, Le Gosier, Guadeloupe. 2005

⁷⁹ KOLAWOLE, G. O. *Archives of Agronomy and Soil Science: Effects of leguminous plant residues and NPK fertilizer application on the performance of yam (Dioscorea rotundata cv ewuru) in South Western Nigeria*. Department of Crop Production and Soil Science, Ladoke Akintola University of Technology (LAUTECH). 2012. 12p

Elément/pays	Côte d'Ivoire	Nigéria	Cameroun	« Dose moyenne »
	300 kg/ha x 8-4-20-4 MgO	90-50-75 kg/ha de N-P-K	250 kg/ha x 12-6-20	400 kg/ha x 12-6-20
N	24	90	30	50
P	12	50	15	25
K	60	75	50	60

Figure 37 - Formulation et dose « moyennes » d'engrais chimique pour l'igname (Source : Auteurs, 2015, d'après KOUAKOU et al., 2005 ; NGUE BISSA et al., 2007 ; KOLAWOLE, 2012)

Une telle formulation, NPK 12-6-20, peut se trouver dans la sous-région : elle est par exemple commercialisée par la société Timac Agro au Sénégal sous le nom commercial de Lithammo 12-6-20⁸⁰. Il est cependant improbable que les paysans de Haute-Guinée y aient facilement accès (disponibilité, prix) et il est difficile de savoir a priori si cette formulation est adaptée au contexte local (faible taux de matière organique, niveaux de réponse inconnus des cultivars traditionnels locaux aux engrais minéraux, etc.). Il en est de même pour d'autres amendements parfois recommandés dans la littérature : dolomie ou chaux magnésienne ou phosphate tricalcique.

En conclusion, ces diverses analyses sur les engrais chimiques tendent à corroborer l'idée qu'ils n'ont d'impact sur le rendement que si les facteurs liés au sol, au climat, à la plante ne sont pas limitants et que la réponse aux engrais chimiques fluctue d'un cultivar à un autre (BOIFFIN et SEBILLOTTE, 1982, cité dans HUBER, 1988⁸¹).

Si l'on ne s'intéresse qu'au premier facteur, le sol, et si l'on rappelle que les sols ferralitiques fortement acides de Haute-Guinée sont moyennement fertiles mais relativement pauvres en matière organique (d'où une faible capacité de rétention et une faible teneur en bases échangeables), on voit que l'apport d'engrais chimique ne peut pas tout résoudre.

3.2.2. Plantes de couverture et SCV : utilités et concepts clefs

➔ Utilités des plantes de couverture et du semis sous couverture végétale (SCV)

D'après DOUNIAS (2001), sous certaines conditions dépendantes de la région de culture (sols, climat, pression d'adventices, de ravageurs/maladies, etc.), les semis sous couverture végétale (morte ou vive) pourraient avoir les effets positifs suivants :

- Amélioration de la structure et texture des sols : (i) Limitation de l'érosion hydraulique et/ou éolienne du sol, en le couvrant en permanence, (ii) Bonne aération / décompaction, favorables à l'enracinement ;
- Fixation et remobilisation des éléments minéraux : (i) Limitation de la lixiviation lors de fortes pluies, en mobilisant temporairement ces éléments minéraux sous forme de matière organique facilement remobilisable, (ii) « Pompage » des éléments minéraux des horizons profonds pour les mettre à disposition dans les horizons superficiels ;
- Contrôle de l'enherbement : (i) Contrôle mécanique, en faisant écran au passage de la lumière et en limitant la levée des adventices et/ou (ii) Contrôle allélopathique, en inhibant biochimiquement leur levée et/ou croissance. Les deux effets sont souvent simultanés et les effets allélopathiques des plantes de couverture sont encore mal connus. Il faut souligner que l'enherbement est cité comme le facteur principal gênant la sédentarisation après trois ans de culture sur abattis-brûlis de savane (DOUMBIA, 1988⁸², cité dans CHARPENTIER et al., 1999⁸³) ;

⁸⁰ Cf. <http://www.sn.timacagro.com/produits/nutrition-vegetale/engrais-mineraux-organiques-et-organo-mineraux/lithammo.html>

⁸¹ HUBER, R. *La fumure*. Edit. LMZ. Centrale des moyens d'enseignement agricole. Ch. 3052 Zollikofen, 1988. 155p

⁸² DOUMBIA, S. *Stratégie de fonctionnement des exploitations agricoles en région centre de Côte d'Ivoire. Note technique 46/syst.* Bouaké – Institut des savanes (IDESSA), 1988. 50p.

⁸³ CHARPENTIER, H., DOUMBIA, S., COULIBALY, Z., ZANA, O. *Fixation de l'agriculture au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire : quels nouveaux systèmes de culture*. Montpellier – CIRAD / Agriculture et développement n°21, 1999. 70p

- Régulation du bilan hydrique en conditions semi-arides : Limitation de l'évapotranspiration et maintien de l'humidité du sol grâce à l'écran de biomasse morte ou vive en surface du sol ;
- Apport de matière organique, notamment azotée dans le cas des légumineuses : (i) Renforcement du complexe argilo-humique nécessaire à la mobilisation efficace des éléments minéraux, (ii) Renforcement de l'activité de la macrofaune (vers de terre, insectes, etc.), mésofaune (collemboles, acariens, etc.), microfaune (protozoaires, nématodes, etc.) et microflore (algues, champignons, bactéries, etc.) du sol qui interviennent dans la structuration du sol et la minéralisation de la matière organique, (iii) Compensation partielle des exportations d'éléments minéraux dues aux cultures par les apports de la plante de couverture.

DOUNIAS (2001) insiste cependant longuement sur le fait que la plupart de ces impacts positifs peuvent être contrebalancés par des impacts négatifs et présente de façon détaillée les avantages / inconvénients des systèmes de SCV sur les adventices, les maladies et ravageurs, l'état physico-chimique du sol, l'activité biologique du sol, le stockage de l'eau dans le sol.

Il serait difficile de synthétiser tous ces éléments, mais une illustration peut-être donnée concernant les impacts du SCV sur les adventices. DOUNIAS (2001), cite ainsi CLAVIER (1998)⁸⁴, qui distingue trois impacts négatifs du SCV vis-à-vis de la gestion des adventices dans des parcelles au Mexique (Jalisco) :

- Non travail du sol : Développement de certaines adventices vivaces, car leur système racinaire n'est pas détruit et peut donc former des bourgeons végétatifs. De la même façon, en France, des infestations de graminées vivaces (chiendent rampant, avoine à chapelets) ont été observées en monoculture de céréales implantées en semis direct (DEBAEKE et ORLANDO, 1994)⁸⁵ ;
- Couverture végétale : Augmentation du stock de semences d'adventices en les retenant, alors qu'elles ont tendance à être emportées par les pluies quand le sol est nu. En France, (DEBAEKE et ORLANDO, 1994) précisent que la concentration des graines semble se faire dans les cinq premiers centimètres du sol. La couverture végétale aurait également l'inconvénient de faire écran lors des traitements herbicides, et donc d'empêcher leur action : un mulch peut intercepter jusqu'à 60% du pesticide appliqué (BARRIUSO et al., 1994)⁸⁶ ;
- Traitements précoces d'herbicide : Réalisés dans les quatre à six semaines après semis de la culture, ils n'éradiquent pas les adventices tardives (DERKSEN, 1997, cité par CLAVIER, 1998).

Nous présenterons et discuterons de façon spécifique des possibles impacts négatifs et positifs des systèmes de SCV qui pourront être proposées pour sédentariser la culture d'igname en Haute-Guinée (Cf. **Partie 3.3. infra**).

➔ Concepts clefs des systèmes de culture basées sur le SCV

Les schémas ci-dessous permettent de visualiser les différences conceptuelles majeures entre les systèmes « de culture conventionnelle » VS « de culture basée sur le SCV » :

⁸⁴ CLAVIER, P. *Les adventices et leur contrôle dans les systèmes de culture de maïs pluvial en semis direct avec paillis de résidus, Etat de Jalisco, Mexique. Mémoire de fin d'études*. Montpellier – Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (CNEARC), 1998. 55p.

⁸⁵ DEBAEKE, P. et ORLANDO, D. *Simplification du travail du sol et évolution de la flore adventice. Conséquences pour le désherbage à l'échelle de la rotation*. In *Simplification du travail du sol, Paris (France), 16 mai 1991*. Paris – INRA / Ed. Les Colloques n°65, 1994. pp35-62

⁸⁶ BARRIUSO, E., CALVET, R., CURE, B. *Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires : conséquences sur les risques de pollution*. In *Simplification du travail du sol, Paris (France), 16 mai 1991*. Paris – INRA / Ed. Les Colloques n°65, 1994. pp35-62. pp105-124



Figure 38 - Schéma présentant les systèmes de culture conventionnelle (Source : HUSSON et al. 2013)⁸⁷

Dans ces systèmes, (i) le labour est utilisé pour structurer le sol (en l'émiettant mécaniquement) et contrôler l'enherbement (en détruisant les adventices et en enterrant leurs graines en profondeur), (ii) les produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, pesticides, etc.) sont utilisés pour contrôler les adventices, maladies et ravageurs, (iii) les engrais chimiques sont utilisés pour boucler les bilans minéraux, avec d'autant plus d'apport que les exportations (grains, pailles, etc.) sont importantes.

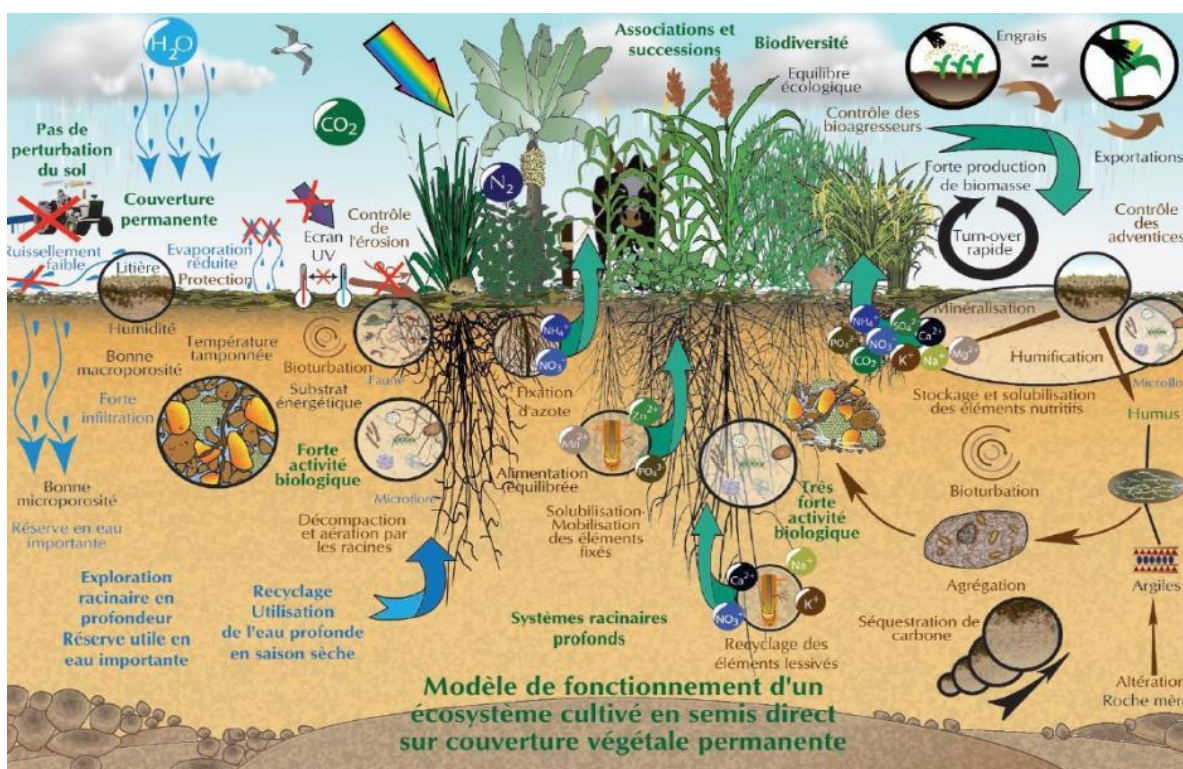


Figure 39 - Schéma présentant les systèmes d'agriculture basée sur le SCV (Source : HUSSON et al. 2013)

⁸⁷ HUSSON, O., SEGUY, L., CHARPENTIER, H., RAKOTONDAMANANA, N., MICHELLON, R., RAHARISON, T. *Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar*. Antananarivo - GSDM/CIRAD, 2013. Cf. version interactive sur <http://uved-scv.cirad.fr/co/AccueilGuideSCV.html>

Dans les systèmes d'agriculture basée sur le SCV, (i) on cherche à simplifier autant que possible le travail du sol, le semis direct étant l'extrême ; le travail du sol peut également être localisé (par bande ou par poquet) et/ou simplifié (pas de labour profond, mais une ouverture réduite du sol avec un trait de charrue ou un hersage léger), (ii) on cherche à limiter les apports de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques, en s'appuyant principalement sur une plante de couverture.

Cette plante de couverture peut être implantée en semis simultané avec la culture (si démarrage lent de la légumineuse) ou en dérobée au moment du premier sarclage. Elle peut aussi être maintenue vive ou morte, suivant qu'elle est annuelle ou vivace (CHARPENTIER et al., 1999) :

- Annuelle : les cultures sont implantées sur couverture morte (mulch) après sénescence de la plante de couverture, ou sur couverture vive, après désherbage. La plante de couverture peut repartir l'année d'après si les graines sont suffisantes ou bien être ressemée dans le cas contraire ;
- Vivace : les cultures sont implantées sur couverture vive, après rabattage manuel (machette ou rouleau brésilien⁸⁸) ou léger désherbage (cas de plante très couvrante), ou couverture morte (avec obligation de ressemer ou pas, dépendant de la production de graines).

Ces systèmes permettent donc de s'adapter à trois contraintes fortes des systèmes paysans en zone subsaharienne (CHARPENTIER et al., 1999) :

- (i) Pression foncière accrue : La jachère de longue durée, qui représentait le système stable traditionnel, ne peut plus être pratiquée ;
- (ii) Inaccessibilité et cherté des engrais chimiques : La culture continue à fort niveau d'intrants n'est ni accessible à tous les agriculteurs ni forcément rentable à long terme ;
- (iii) Intégration insuffisante de l'élevage : La production de fumier et d'autres matières organiques élaborées est souvent très inférieure aux quantités requises.

3.2.3. CCL : identification de plantes de couverture prometteuses

➔ Revue des essais de plantes de couverture menée en Afrique de l'Ouest

Le SCV est apparu au stade expérimental aux Etats-Unis dans les années 1940, après l'apparition du *Dust Bowl* (« Bassin de poussière ») dans les années 1930, qui avait très gravement érodé 400 000 ha de terres suite à une motorisation agricole à outrance. Le SCV a ensuite été diffusé aux Etats-Unis à partir des années 1960.

Il est désormais pratiqué à large échelle dans le monde : près de 117 Mha en 2011 (soit environ 7% des terres arables), dont l'essentiel (95 Mha) en Amérique du Nord (Etats-Unis, Canada) et en Amérique du Sud (Argentine, Brésil, Paraguay et Uruguay) (Source : Groupement semis direct Madagascar – GSDM)⁸⁹

Les expériences de SCV dans les exploitations familiales non motorisées des tropiques sont plus limitées : Etat du Parana au Brésil, Nord Honduras, Ile de la réunion, Madagascar, Mali, Tunisie, Laos, etc. (DOUNIAS, 2001 ; SEGUY et al., 2006⁹⁰). En Afrique subsaharienne, le SCV était encore, en 2009, au stade embryonnaire, avec quelques expériences concrètes en zone cotonnière au Mali et au Burkina portant sur des superficies de l'ordre de quelques dizaines d'hectares, et au Nord Cameroun avec un début de diffusion organisé sur plusieurs milliers d'hectares (RICHARD, 2009)⁹¹

A défaut donc de pouvoir analyser des études de cas de systèmes de SCV adoptés et pratiqués par des paysans ouest-africains, nous avons analysé quelques essais de plantes de couverture menés par la recherche agronomique dans les pays suivants : Bénin, Cameroun, Côte d'Ivoire, Nigeria, Tchad. L'analyse bibliographique est présentée en **Annexe 5 infra** et a été utilisée pour calibrer les recommandations faites en la matière à la FUCPIS.

⁸⁸ Cf. images illustratives sur <http://www.guilbart.com/rouleaux/galerieface.pdf>

⁸⁹ Cf. <http://gsdm-mg.org/lagriculture-de-conservation-dans-le-monde/>

⁹⁰ SEGUY et al. *Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) : Une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud*. Paris – AFD / CIRAD, 2006. 68p

⁹¹ RICHARD, J.-F. *Le système de culture sur couverture végétale (SCV) : un système de culture durable ?* – Paris – Inter-réseaux / Grain de sel n°48. 2009. pp22-23

➔ Identification des deux plantes les plus prometteuses

Avant toute chose, il convient de souligner que le concept de plante de couverture n'est pas inconnu des paysans de la FUCPIS, ce qui a été d'une très grande utilité dans nos discussions. Comme ils nous l'ont expliqué lors des missions de terrain, ils ont noté que certaines plantes locales apparaissant lors des phases de jachère, avaient un pouvoir fertilisant. Il s'agit notamment de « *Misidemina* », littéralement « attrape veau », une herbacée rampante porteuse de petits crochets (d'où son nom) et de « *Wadosomo* », littéralement « anacarde de brousse ».

A partir de très nombreux travaux, que l'on ne citera pas ici par souci de concision, DOUNIAS (2001) liste 37 plantes de couverture (25 Légumineuses / Poacées, 9 Graminées, trois Composées) et présente leurs principales caractéristiques : durée du cycle (annuel / bisannuel / pérenne), port (érigé / rampant / volubile / arbustif), pouvoir couvrant, vitesse de développement, quantité de biomasse produite, pouvoir de fixation ou non d'azote atmosphérique, profondeur d'enracinement et rôle possible de « pompe biologique ».

CHARPENTIER et al. (1999) identifient eux-aussi les principales caractéristiques de 45 plantes de couverture, testées en Côte d'Ivoire : durée du cycle, couverture du sol, mode de levée de dormance (durée de trempage dans l'acide sulfurique notamment), avantages et inconvénient spécifiques.

Nous avons réalisé une analyse détaillée de ces listes, en procédant en quatre étapes :

1. Elimination des plantes non adaptées : ont été d'emblée exclues les plantes non fixatrices d'azote (graminées, composées) étant donné que l'apport d'azote est une exigence clef ; celles ayant un pouvoir couvrant faible (mauvais contrôle des adventices) ou au contraire une croissance difficile à maîtriser (concurrence avec l'igname) ; celles ayant une faible capacité de résistance à la sécheresse (système non durable avec six mois de saison sèche) ;
2. Pré-sélection des plantes a priori les mieux adaptées : celles ayant un bon pouvoir couvrant tout en restant contrôlable, produisant beaucoup de biomasse, ayant une bonne capacité de résistance à la sécheresse mais aussi à l'excès d'eau, capacité à se maintenir (pérenne ou annuelle mais avec re-semis spontanée dans le mulch) ;
3. Sélection des plantes les mieux adaptées et déjà testées : à ce stade, certaines plantes qui paraissaient prometteuses ont été exclues. Il s'agit notamment de
 - *Aeschynorene hystrix* : testée par l'INRAB au Bénin et par le CIRAD en Côte d'Ivoire : la production de biomasse est jugée moyenne (CHARPENTIER et al., 1999) et le système de culture à base d'igname sur jachère améliorée d'A. *hystrix*, quoique testé par l'INRAB en milieu paysan, n'est pas particulièrement mis en avant dans les publications ;
 - *Calopogonium muconoides* : elle est identifiée parmi les plantes de couverture prometteuses par l'IRAG (Com. pers. Dr. Makan KOUROUMA – CRAB, février 2016), mais elle a une mauvaise résistance à la sécheresse et sa couverture sèche vite (DOUNIAS, 2001), elle est peu sociable (effets allélopathiques) et sa germination est échelonnée durant la saison humide (contrôle difficile) (CHARPENTIER et al., 1999) ;
 - *Mucuna pruriens* : elle a été testée par l'IRAG : elle produit beaucoup de biomasse, mais elle est envahissante et a une faible résistance à la sécheresse (Com. pers. Dr. Makan KOUROUMA – CRAB, février 2016), ce qui corrobore les analyses de CHARPENTIER et al., (1999) et DOUNIAS (2001) ;

A l'issue de cette sélection, deux plantes de couverture paraissent intéressantes :

- *Pueraria phaseoloides* : testée dans beaucoup de situations et de pays, notamment en Guinée dans les années 2000 dans des systèmes à base de riz et maïs, avec des performances jugées moyennes (Com. pers. Dr. Makan KOUROUMA – CRAB, février 2016). Elle a aussi été testée au Bénin et en Côte d'Ivoire sur des systèmes de culture à base d'igname, où elle aurait donné d'excellents résultats (Cf. infra) ;
 - *Cajanus cajan*, ou pois d'Angole : apparemment moins testée comme plante de couverture dans la sous-région, à l'exception notable de la Guinée où elle aurait donné de très bons résultats en termes de production de biomasse (Cf. infra).
4. Validation par les membres de la FUCPIS : les principes clefs des systèmes de SCV et les rôles des plantes de couverture dans ces systèmes ont été présentés puis ont été discutés lors de

réunions villageoises et lors de deux ateliers, pendant la mission de février 2016. Ces discussions ont permis de valider le choix des deux plantes de couverture.

→ Données clefs sur *P. phaseoloides*



Figure 40 - Photos d'igname, maïs, coton sur mulch mort de *Pueraria* et *Pueraria* (de g. à d.), Brobo, région de Bouaké - Côte d'Ivoire (Source : CHARPENTIER et al., 1999)

« De façon générale, *P. phaseoloides* paraît la plus intéressante: vivace, saine, masse végétale importante, excellente adaptation au Nord, très saine, pas d'effet gênant sur les cultures. La seule contrainte est qu'elle pousse mal sur les sols très pauvres (sableux gris du Centre de Côte d'Ivoire) [...] En conclusion, dans les conditions de l'expérience, il lui faut deux années pour restructurer les sols compactés ; les rendements de cultures en semis direct sont alors élevés et supérieurs à tous ceux obtenus avec les autres modes de gestion des sols » (CHARPENTIER et al, 1999)

Le seul bémol émis par (CHARPENTIER et al, 1999), croissance faible sur sols pauvres, ne concerne pas a priori la zone de production d'igname en Haute-Guinée, où les sols ont encore une fertilité moyenne (Cf. **Partie 2.1.1 supra**).

Ces analyses sont corroborées par celles de TIAN et al. (2001)⁹² : *P. phaseoloides* accumule beaucoup de matière sèche et beaucoup d'azote (entre 150 à 250 kg/ha sur une période de quatre à 18 mois). Ses racines atteignent deux m et lui permettent de survivre pendant les cinq à sept mois de saison sèche. Les rendements en igname sous précédents *Mucuna sp* et *P. phaseoloides* se sont révélés supérieurs à ceux sous précédents niébé et jachère naturelle lors de tests (TIAN et al., 1998⁹³, cités dans TIAN et al., 2001).

P. phaseoloides produit effectivement beaucoup de biomasse : à l'issue d'un essai comparatif de 52 légumineuses, LAREZ et al. (1975)⁹⁴ (cités dans TIAN et al., 2001) l'ont identifiée comme étant l'une des sept plus prometteuses pour la production de biomasse dans le delta de l'Orénoque, Venezuela ; à Java, Indonésie, YUHAENI et IVORY (1994)⁹⁵ (cités dans TIAN et al., 2001) ont évalué 88 légumineuses de couverture et ont estimé que *P. phaseoloides* était la plus persistante et productive.

Cela étant dit, les estimations de production de matière sèche diffèrent beaucoup d'un auteur à l'autre : 15 à 20 t/ha (sur un cycle non précisé : un an ou deux ?) pour CHARPENTIER et al ; (1999), environ cinq t/ha en six mois et environ sept t/ha en 1,5 ans pour TIAN et al. (2001), entre quatre et huit t/ha/an pour DOUNIAS (2001). De façon prudente, on pourrait retenir l'estimation de TIAN et al.

⁹² TIAN, G., HAUSER, S. et KOUTIKA L.-S., ISHIDA, F., et CHIANU, J. N. *Pueraria cover crop fallow systems: Benefits and applicability*. In: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. SSSA Special Publication n°58. 2001. pp137-155

⁹³ TIAN, G., KOLAWOLE, G.O., CARSKY, R.J., FADAYOMI, R.O., IWUAFOR, E.N.O., TANKO, R.J., AKOBUNDU, I.O., KANG, B.T., AJAYI, A.S., EKELEME, F., ODUNZE, A.C., ADEOYE, K.B., ABAYOMI, Y.A., BABATOLA, J.O., ONU, I. *Data report of 4-year IITA-NARS collaborative research in legume cover crop characterization in the moist savannah zones of West Africa*. Ibadan – IITA, 1998

⁹⁴ LAREZ, O. R., VELASQUEZ, E.R., PARRA, O., et BRYAN, W.B. *Pasture and livestock investigations in the humid tropics Orinoco Delta, Venezuela. 1. Observations on forage grasses and legumes*. IRIResearch Institute Bulletin (USA) 42:9-48. 1975

⁹⁵ YUHAENI, S., and IVORY, D.A. *Regional evaluation of herbaceous and tree legumes in West Java, Indonesia*. Trop Grass (Australia) 28:1-16. 1994

(2001) et l'estimation basse de DOUNIAS (2001), car elles concordent (sept t/ha vs six t/ha = quatre t/ha/an x 1,5 an) et estimer la production à 8 t/ha sur un cycle de deux ans.

P. phaseoloides est également intéressante pour contrer l'érosion des sols : elle est considérée comme la meilleure option pour dans les Régions Nord du Ghana (*Northern, Upper East et Upper West Regions*) (QUANSAH, 1990⁹⁶, cité dans TIAN et al., 2001).

Enfin, *P. phaseoloides* a également un effet positif en termes de lutte contre les adventices : testée en zone de mosaïque forêt/savane près d'Ibadan en 1993 et 1994, elle a permis de réduire notablement les adventices, avec une différence significative par rapport à une jachère améliorée à base de *Leucaena leucocephala* et une jachère naturelle, probablement grâce à son fort pouvoir couvrant (EKELEME et al., 2000)⁹⁷.

TIAN et al. (2001) fait également deux commentaires intéressants, dans le cadre d'une réflexion sur la promotion d'un système de culture à base d'igname sur SCV de *P. phaseoloides* en Haute-Guinée :

- Il existe des preuves permettant de soutenir l'hypothèse que *P. phaseoloides* améliore la disponibilité du P dans les sols (DE SWART and VAN DIEST, 1987⁹⁸; OBERSON et al., 1999⁹⁹; PUSHPARAJAH et al., 1977¹⁰⁰), mais les mécanismes sous-jacents doivent encore être étudiés pour être mieux compris. Même si les exigences de l'igname en phosphore sont mesurées (Cf. **Partie 3.2.1 supra**), les craintes liées à l'apparition d'une carence en phosphore (sols faiblement pourvus et besoins cumulés importants pour *P. phaseoloides* et igname) paraissent peu fondées ;
- Le maintien de la couverture de *P. phaseoloides* impose la plantation « à plat » des semenceaux d'igname, ce qui n'est toutefois pas inédit, ce mode de plantation étant parfois pratiqué dans les zones de forêt humide (MORGAN, 1955¹⁰¹ ; OWUSU and OFORI, 1969¹⁰²). Nous reviendrons plus en détail sur cette question du buttage (Cf. **Partie 3.3.1 infra**)

TIAN et al., (2001) font enfin des recommandations précises concernant son implantation :

- Son optimum de précipitations est de 1 200 mm/an, ce qui fait qu'elle est bien adaptée à la zone guinéenne (en citant WEBER et al., 1997¹⁰³) et a priori à la Haute-Guinée (1 545 mm/an en moyenne sur 1982-2012, Cf. **Partie 2.1.1 supra**) ;
- Elle ne devrait pas être plantée dans des sols contenant moins de 10% d'argiles et ayant une CEC inférieure à 1,5 meq/100 g (TIAN and ISHIDA, non publié, 2000), ce qui fait qu'elle est a priori adaptée aux sols de Haute-Guinée (22% d'argiles et CEC de 2,9 meq/100 g en moyenne sur quatre échantillons de sols, Cf. **Partie 2.1.1 supra**) ;
- Elle a une croissance initiale lente et devrait préférablement être semée en mélange avec du maïs en début de saison des pluies. Dans ce cas, plus elle est semée tardivement, plus le rendement en maïs est bon, mais plus sa production de biomasse est faible.

⁹⁶ QUANSAH, C. *Soil erosion and conservation in the Northern and Upper Regions of Ghana*. Topics in Appl. Resour. Manage. Trop. (Germany) 2:135-157. 1990

⁹⁷ EKELEME, F., AKOBUNDU, O., CHIKOYE, D. *Influence of fallow type and land-use intensity on weed seed rain in a forest/savannah transition zone*. Weed Science 48: 604-612, 2000

⁹⁸ DE SWART, P.H., and VAN DIEST, A. *The rock-phosphate solubilizing capacity of Pueraria javanica as affected by soil pH, superphosphate priming effect and symbiotic N₂ fixation*. Plant Soil 100: 135-147. 1987

⁹⁹ OBERSON, A., FRIESEN, D.K., TIESSEN, H., MOREL, C. and STAHEL, W. *Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian Oxisol*. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 55:77-88. 1999

¹⁰⁰ PUSHPARAJAH, E., MAHMUD BIN Hj. ABD., W., and LAU, C.H. *Residual effect of applied phosphates on performance of Hevea brasiliensis and Pueraria phaseoloides*. J. Rubber Res. Inst. Malaysia 25:101-108. 1977

¹⁰¹ MORGAN, W.B. *Farming practice, settlement pattern and population density in south-eastern Nigeria*. Geogr J 121: 138-150, 1955

¹⁰² OWUSU, P.M., OFORI, J.K. *Yam farming in Ghana*. Ghana Fms 13: 132-135, 1969

¹⁰³ WEBER, G.K., ROBERT, A.B.C. and CARSKY, A.B.C. LEXSYS 2.1, *Decision support for the integration of legumes into tropical farming systems*. Ibadan – IITA. 1997

→ Données clefs sur *Cajanus cajan*



Figure 41 - Photos de *Cajanus cajan* en végétation (Source : IRAG/CRAB, 2014)

On dispose de beaucoup moins d'information sur ses caractéristiques en tant que plante de couverture. A notre connaissance, les essais en la matière ont été moindres que pour *P. phaseoloides*.

DOUNIAS et al., (2001) indique qu'elle est vivace, peut être contrôlée mécaniquement (pas besoin d'herbicide), a un port érigé, une croissance initiale lente, peut être facilement associée avec des céréales, fixe l'azote atmosphérique et joue le rôle de pompe biologique en « remontant » les éléments minéraux, est adaptée à la sécheresse (croissance possible avec des précipitations comprises entre 600 et 2 000 mm/an) et perd ses feuilles tardivement (bon pouvoir couvrant).

CHARPENTIER et al. (1999) indique que son semis est facile, en poquets de trois graines espacées de 50 cm. Elle doit par contre être réinstallée tous les trois ans à cause des dégâts causés par les termites. Néanmoins, ceci est assez simple, car les semences sont disponibles en grande quantité dès la première année. Par ailleurs, elle fournit un appoint intéressant pour l'alimentation du bétail en saison sèche, en particulier pour les variétés à fructification tardive.

L'IRAG a mené des essais de plantes de couverture en 2013 et 2014 sur les quatre Régions naturelles. Ci-dessous sont présentés quelques résultats pour 2013. Il convient de souligner que nous n'avons pas pu accéder aux données brutes et aux détails des dispositifs expérimentaux, ce qui invite à prendre ces résultats avec prudence.

Des essais comparés de rendement après précédent de *M. pruriens*, soja, *C. cajan* et jachère naturelle donnent des résultats assez intéressants : (i) A gauche ci-dessous : triplement du rendement en riz en Moyenne-Guinée après précédent *C. cajan* par rapport à un précédent jachère naturelle (2,1 t/ha/an vs 0,7 t/ha/an), (ii) A droite ci-dessous : triplement du rendement en maïs en Haute-Guinée après précédent *C. cajan* par rapport à un précédent jachère naturelle (7 t/ha/an vs 2 t/ha/an).

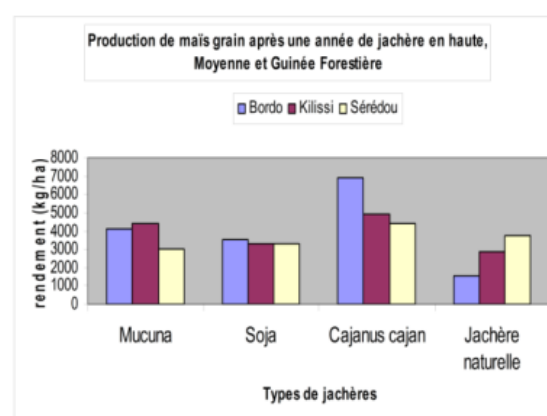
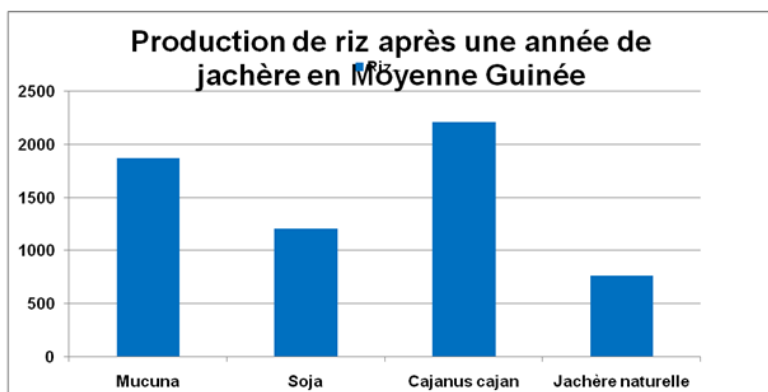


Figure 42 - Rendements en riz et maïs après différentes jachères, dont jachère améliorée avec *C. cajan* (Source : IRAG, 2014)

Les données de production de biomasse fraîche des différentes jachères démontrent que *C. cajan* a une croissance extrêmement forte dans la quasi-totalité du pays (sauf Guinée Maritime) :

PC	MG						HG						GF					
	Bareng (Sta)			Bareng (Pay)			Bordo (Sta)			? (Pay)			Sérédou (Sta)			? (Pay)		
	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS
Jachère naturelle	29	7	4	20	7	3	30	8	4	12	3	4	14	4	4	10	3	4
<i>Cajanus cajan</i>	57	16	4	31	8	4	58	15	4	33	9	4	54	14	4	40	11	4
<i>Mucuna pruriens</i>	26	6	4	19	4	4	39	10	4	25	6	4	28	7	4	15	4	4

PC	GM											
	Kilissi (Sta)			Dantéguéya (Pay)			Koromaya (Pay)			Séguéya (Pay)		
	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS	B	MS	B/MS
Jachère naturelle	13	4	4	9	2	4	10	3	4	5	1	4
<i>Cajanus cajan</i>	7	2	4	7	2	4	8	2	4	5	1	4
<i>Mucuna pruriens</i>	13	3	4	12	3	4	13	3	4	9	2	4

NB : MG = Moyenne Guinée, HG = Haute-Guinée, GF = Guinée Forestière, GM = Guinée Maritime, PC = plante de couverture, B = biomasse fraîche (t/ha/an), MS = matière sèche (t/ha/an), Sta = essais en station, Pay = essais en milieu paysan. Les chiffres en rouge ont été extrapolés à partir des ratios B/MS de la MG.

Figure 43 - Rendements en biomasse et matière sèche de différentes jachères testées en 2013 en Guinée (Source : Auteurs, 2016, d'après IRAG, 2014)

Si l'on exclut de ces données celles relatives à la Guinée maritime, où les pesées de biomasse n'ont pas été faites de façon correcte (Com. pers. Dr. Makan KOUROUMA – CRAB, février 2016), on voit que les coefficients de variation sur les moyennes de biomasse fraîche sont assez réduits, notamment pour *C. cajan* : 4% pour les données obtenues en station, 14% pour celles obtenues en milieu paysan.

Toutes Régions	My Sta	CV Sta	My Pay	CV Pay	Toutes sauf GM	My Sta	CV Sta	My Pay	CV Pay
Jachère naturelle	22	43%	12	45%	Jachère naturelle	24	37%	14	39%
<i>Cajanus cajan</i>	44	56%	28	53%	<i>Cajanus cajan</i>	56	4%	35	14%
<i>Mucuna pruriens</i>	26	41%	17	34%	<i>Mucuna pruriens</i>	31	23%	20	26%

NB : My = moyenne, CV = coefficient de variation = écart-type / moyenne

Figure 44 - Moyenne et coefficient de variation des rendements en biomasse fraîche de différentes jachères testées en 2013 en Guinée (Source : Auteurs, 2016, d'après IRAG, 2014)

Ces résultats paraissent a priori crédibles. Dans le cadre de nos travaux, nous utiliserons donc (Cf. **Partie 3.3 infra**) la donnée de production de biomasse fraîche en milieu paysan en Haute-Guinée, à savoir 33 t/ha/an de biomasse fraîche, soit environ 8,8 t/ha/an de matière sèche en utilisant le ratio calculé pour la Moyenne Guinée (1 t de matière sèche pour 3,8 t de biomasse fraîche de *C. cajan*).

L'igname est une plante exigeante en fertilité et requiert des sols profonds, meubles, riches en éléments minéraux (azote et potasse surtout) et bien drainés. Elle est donc généralement plantée en tête de rotation dans les systèmes traditionnels d'abattis-brûlis. Les exportations de minéraux dues à sa culture sont élevées, surtout pour l'azote et la potasse.

De très nombreux essais de fertilisation chimique ont été menés sur l'igname, donnant des résultats parfois divergents dans des contextes climatiques et pédologiques proches, voire sur les mêmes variétés. De façon générale, la réponse aux engrais chimiques est faible (différence significative de rendement dans moins d'1/4 des essais) et l'identification d'une formulation adaptée à l'igname dans le contexte ouest-africain paraît illusoire.

Les plantes de couverture pourraient permettre d'améliorer la structure et texture du sol, de fixer et remobiliser les éléments minéraux, de contrôler l'enherbement, de réguler le bilan hydrique en condition semi-aride et d'apporter de la matière organique, notamment azotée dans le cas des légumineuses. Elles peuvent également avoir des effets négatifs (renforcement des adventices avec le mulch, compétition avec la plante principale, etc.) et doivent donc être introduites de façon raisonnée dans les systèmes cultureux.

Par rapport aux systèmes conventionnels, leur présence permet de simplifier le travail du sol, de limiter les désherbages et les apports d'engrais chimiques, ce qui est pertinent en zone subsaharienne où la pression foncière réduit la durée de jachère, où les engrais chimiques sont hors de portée et où l'élevage est souvent insuffisamment intégré à l'agriculture.

Les techniques de semis sous couverture végétale sont anciennes (apparition dans les années 1940 aux USA) mais encore peu répandues en Afrique subsaharienne. Les expériences sous-régionales analysées dans le cadre de l'étude (Bénin, Cameroun, Côte d'Ivoire, Nigéria, Tchad)

concernent surtout d'avantage des dispositifs de recherche que des mises en œuvre à grande échelle en milieu paysan. Elles apportent néanmoins des éclairages utiles pour la FUCPIS.

Après croisement de données concernant plus d'une quarantaine de plantes de couverture, deux d'entre-elles ont été retenues après sélection en quatre étapes : élimination des plantes non adaptées ; présélection des plantes a priori adaptées ; sélection des plantes les mieux adaptées et déjà testées ; validation par les membres de la FUCPIS. Il s'agit de *Pueraria phaseolides* et *Cajanus cajan*.

La 1^{ère} a été abondamment testée dans nombre de situations. Elle est vivace, saine, produit beaucoup de biomasse (4 tMS/ha/an au minimum), très couvrante tout en restant contrôlable, résistante à la sécheresse.

La 2^{nde} a, semble-t-il, été moins testée en tant que plante de couverture. Contrairement à *P. phaseolides*, elle a un port érigée et est bisannuelle. Pour le reste, elle a peu ou prou les mêmes qualités, notamment une très forte productivité (près de 9 tMS/ha/an en milieu paysan en Haute-Guinée). Elle a aussi l'avantage de produire des pois d'angole, comestibles.

3.3. T2 : Identification d'itinéraires techniques améliorés pour la production

3.3.1. Adoption d'une approche « holistique » plutôt que « techniciste »

Comme nous l'avons vu (Cf. **Partie 3.2 supra**), les avis divergent concernant les voies et moyens pour rendre les systèmes de culture à base d'igname plus durable, voire les sédentariser. En grossissant les traits, deux approches s'affrontent : une première « techniciste » qui se focalise sur l'amélioration génétique et l'apport d'engrais chimique, une seconde plus « holistique », qui cherche à revoir l'ensemble des systèmes, notamment en introduisant la jachère améliorée et le semis direct sur mulch, la gestion de l'enherbement et de la fertilité étant deux contraintes majeures pour les paysans.

Cette première approche est bien illustrée par les propos d'un responsable du Programme de productivité agricole en Afrique de l'Ouest, mené en Côte d'Ivoire par le Fonds Interprofessionnel pour la recherche et le conseil agricoles (FIRCA) : des essais d'intensification sous la houlette du CNRA auraient permis d'atteindre des rendements moyens de 20-30 t/ha en milieu paysan (et jusqu'à 50 t/ha en station), grâce à l'utilisation de variétés sélectionnées et l'apport d'engrais (Comm. pers. resp. FIRCA, août 2013)...Mais ces essais reposent sur des intrants coûteux et/ou peu accessibles et n'ont pas été diffusés largement, ce qui explique que le rendement moyen de production reste faible (6,5 t/ha/an en 2010, d'après Ministère ivoirien de l'agriculture (2010)) et que l'abattis-brûlis reste la norme.

Dans la logique de ce qui a déjà été présenté (Cf. **Partie 3.2 supra**), nous avons donc adopté le postulat posé par CHARPENTIER et al. (1999) : « Pour être acceptées par les paysans, les propositions techniques ne doivent pas être plus exigeantes que le système traditionnel en temps de travail, elles doivent utiliser le minimum d'intrants et limiter les déplacements. L'alternance de jachères améliorées et de cultures en semis direct sur mulch répond à ces critères ».

Plus généralement, les itinéraires techniques améliorés dans les systèmes de culture à base d'igname doivent respecter trois grandes conditions (Com. pers. Jean BOZZA – décembre 2015) :

- Privilégier des cultivars d'igname appréciés des paysans et adaptés aux contraintes locales : résistances aux maladies et ravageurs, tolérance aux stress hydrique, etc. Nous avons traité de ce sujet dans la partie consacrée à l'identification de cultivars prometteurs (Cf. **Partie 3.1 supra**) et nous y reviendrons dans la partie consacrée aux bonnes pratiques de stockage, lesquelles sont sous-tendues par la lutte contre les maladies et ravageurs sur semenceaux (Cf. **Partie 3.4 infra**) ;
- Permettre de boucler les cycles des éléments : éléments minéraux, matière organique et eau. Les systèmes de culture à base d'igname peuvent être considérés comme des systèmes, où les sorties doivent être compensées par les entrées. Nous y reviendrons dans la **Partie 3.3.2 infra** ;
- S'intégrer plus globalement dans les systèmes de culture pratiqués par les paysans, sans surcroît des charges (travail et/ou intrants) qui ne soit compensé par une hausse des recettes. Il faut donc raisonner sur des échelles spatiale et temporelle élargies : ensemble des parcelles en jachère, actuellement cultivées, potentiellement cultivables (nouveaux abattis-brûlis sur forêts intactes) et rotations culturales pluriannuelles. Nous y reviendrons dans la **Partie 3.3.3 infra**.

Enfin, nous tiendrons compte dans ce qui suit des recommandations faites par DOUNIAS (2001) :

- Limiter la compétition pour l'eau entre la plante de couverture et l'igname dans les zones à régime de pluies monomodal ;
- S'assurer que les paysans ont accès aux herbicides pour contrôler la plante de couverture ;
- Garantir le maintien de la couverture vive ou morte malgré la présence de feux de brousse (accidentels ou le plus souvent volontaires, pour chasser les animaux ou supprimer les adventices des parcelles avoisinantes) et de bétail en divagation.

3.3.2. Bouclage des bilans de matière

→ Bilan des éléments minéraux

Le bilan minéral à la parcelle repose sur l'estimation de tous les flux entrants d'éléments minéraux (engrais, fumiers, résidus divers, apports par les pluies et l'eau de ruissellement, décomposition des roches, etc.) et de tous les flux sortants (tubercules récoltés, autres produits récoltés, pertes d'azote dans l'atmosphère, érosion hydrique ou éolienne, etc.) (CIRAD, 2002).

Dans notre cas, la culture d'igname en Haute-Guinée, certains flux peuvent être considérés comme nuls ou quasi-nuls : quasiment pas d'engrais chimique (introuvable et/ou trop coûteux. Seuls 4/40 paysans rencontrés en utilisent), pas de fumier (introuvable et/ou intransportable depuis le village. Aucun des paysans rencontrés n'en utilise), résidus limités aux appareils aériens des ignames (très réduits), très peu de récolte de cultures associées (l'igname est souvent plantée seule, avec parfois quelques pieds épars de gombo ou manioc).

D'autres flux sont difficilement estimables et n'ont à notre connaissance pas fait l'objet d'estimations localement (apports par les pluies et l'eau de ruissellement, décomposition des roches, pertes d'azote dans l'atmosphère, érosion hydrique ou éolienne) et sont donc, faute de mieux, ignorés dans la présente analyse.

Restent donc les flux entrants d'éléments minéraux liés à l'abattis-brûlis de forêts et les flux sortant liés à la récolte des tubercules. Si on se place dans une logique de sédentarisation et que l'on exclut les importations d'éléments minéraux liées à l'abattis-brûlis, il faut donc identifier des plantes de couverture capables d'importer autant, sinon plus, d'éléments minéraux que ceux qui sont exportés par l'igname et les cultures qui le suivent traditionnellement dans la rotation.

Pour *P. phaseoloides*, nous disposons des données de TIAN et al. (2001) concernant les apports d'éléments minéraux :

Table 7-2. Dry matter and nutrient concentrations in various parts of 1.5-yr-old pueraria on an Alfisol at Ibadan without fertilizer application. (Sampled at the onset of dry season in 1997; Data derived from Tian et al., 1999)

	Dry matter	Lignin	Polyphenols	C	N	P	K	Ca	Mg
	t ha ⁻¹				g kg ⁻¹				
Aboveground†	7.56 ± 1.08	107 ± 4	23.4 ± 0.2	348 ± 3	29.5 ± 1.5	1.3 ± 0.1	15.0 ± 0.6	11.3 ± 0.4	2.6 ± 0.1
Leaves	4.78 ± 0.89	93 ± 5	27.4 ± 1.6	340 ± 11	38.3 ± 1.5	1.5 ± 0.1	15.9 ± 0.7	12.5 ± 0.4	3.1 ± 0.1
Vines	2.78 ± 0.36	130 ± 5	17.1 ± 0.9	366 ± 17	14.8 ± 0.6	0.9 ± 0.1	13.7 ± 1.4	9.3 ± 0.2	1.7 ± 0.1
Below ground†	1.65 ± 0.27	181 ± 2	8.2 ± 1.9	364 ± 18	17.3 ± 0.4	0.8 ± 0.1	6.2 ± 0.4	8.4 ± 0.8	1.7 ± 0.1
Fine roots	0.49 ± 0.08	198 ± 24	4.0 ± 0.2	400 ± 97	13.7 ± 0.6	0.6 ± 0.2	4.1 ± 2.1	7.6 ± 0.5	1.4 ± 0.1
Coarse roots	1.16 ± 0.24	174 ± 5	10.2 ± 0.9	323 ± 15	19.2 ± 0.7	0.9 ± 0.1	8.2 ± 1.0	9.0 ± 0.8	1.9 ± 0.1

† Weighted means.

Figure 45 - Apports d'éléments minéraux après jachère améliorée à *P. phaseoloides* (Source : TIAN et al., 2001)

On peut utiliser ces données d'importations de TIAN et al. (2001) et les données d'exportations de LE BUANEK (1972) pour l'igname, afin estimer deux bilans :

- Conservatif (prudent : on prend les hypothèses les plus défavorables pour le calcul) : on considère une production de matière sèche aérienne de 4 t/ha/an pour *P. phaseoloides* (d'après DOUNIAS (2001) et TIAN et al., (2001). Cf. **Partie 3.2.3 supra**) ET le rendement moyen d'igname en Afrique de l'Ouest pour 2014, soit 9,5 t/ha/an (d'après FAOSTAT, 2016. Cf. **Partie 1.1.1 supra**) ;
- Non conservatif : on considère une production de matière sèche aérienne de 7,5 t/ha/an (d'après CHARPENTIER et al., (1999). Cf. **Partie 3.2.3 supra**) ET le rendement moyen d'igname en Côte d'Ivoire pour 2010, soit 6,5 t/ha/an (d'après Ministère de l'agriculture ivoirien, 2010. Cf. **Partie 1.1.1 supra**) ;

Bilan minéral de la culture d'igname sur SCV de <i>P. phaseoloides</i>	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Sources
Exportations d'éléments minéraux en kg pour 1 t de tubercule frais	4,0	0,4	4,4	0,1	0,2	LE BUANEC, 1972
Importations d'éléments minéraux en kg pour 1 t de MS aérienne de <i>P. phaseoloides</i>	29,5	1,3	15,0	11,3	2,6	TIAN et al., 2001
Exportations en kg/ha pour 9,5 t/ha/an d'igname (moyenne ouest-africaine pour 2014)	38,0	3,8	41,8	1,0	1,9	FAOSTAT, 2016
Importations en kg/ha pour une jachère de 2 ans produisant 4 t/ha/an de MS aérienne	31,2	1,4	15,9	12,0	2,8	DOUNIAS, 2001 ; TIAN et al., 2001
Bilan conservatif en kg/ha	- 6,8	- 2,4	- 25,9	11,0	0,9	
Exportations en kg/ha pour 6,5 t/ha/an d'igname (rendement moyen ivoirien pour 2010)	26,0	2,6	28,6	0,7	1,3	Min. de l'agriculture ivoirien, 2010
Importations en kg/ha pour une jachère de 2 ans produisant 7,5 t/ha/an de MS aérienne	58,5	2,6	29,8	22,4	5,2	CHARPENTIER et al., 1999
Bilan non conservatif en kg/ha	32,5	0	1,2	21,8	3,9	

Figure 46 - Bilan minéral conservatif vs non-conservatif de la culture d'igname sur SCV de *P. phaseoloides* (Source : Auteurs, 2016)

Dans le bilan conservatif, on prévoit une carence forte en K₂O, limitée en N et P₂O₅ et un excédent de Ca et Mg. Dans le bilan non conservatif, tous les éléments minéraux apparaissent en excédent en fin de cycle. Il apparaît intéressant de poursuivre la réflexion et d'essayer d'identifier des apports d'autres produits disponibles localement, afin d'essayer de « boucler » le bilan minéral dans le scénario conservatif, tout du moins de compenser le facteur limitant qui est la carence en K₂O. On peut pour cela s'appuyer sur les données suivantes (CIRAD, 1993) :

Éléments en % de masse	Fumier de				Cendre de bois	Graines de coton carbonisées
	volaille	Mouton	chèvre	bovin		
N	2 à 5	2	1,5	2		14
P ₂ O ₅	2,5 à 3	1,5	1,5	1,5	50	33
K ₂ O	1,3 à 1,5	3	3	2	20	50

Figure 47 - Apports en N, P₂O₅ et K₂O de différents fumiers, de la cendre de bois et des graines de coton carbonisées (Source : CIRAD, 1993)

Les différents fumiers sont faiblement dosés en éléments minéraux, notamment K₂O, par rapport à la cendre et aux graines de coton, ce qui impliquerait d'apporter des doses importantes, de l'ordre de plusieurs tonnes, ce qui est infaisable dans le contexte local (fumier disponible de façon éparse, parcelles d'igname souvent à plusieurs km des villages, pas de charrette asine ou bovine). On explore donc les possibilités offertes par la cendre de bois et les graines de coton carbonisées :

Bilan minéral de la culture d'igname sur SCV de <i>P. phaseoloides</i>	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Sources
Exportations d'éléments minéraux en kg pour 1 t de tubercule frais	4,0	0,4	4,4	0,1	0,2	LE BUANEC, 1972
Importations d'éléments minéraux en kg pour 1 t de MS aérienne de <i>P. phaseoloides</i>	29,5	1,3	15,0	11,3	2,6	TIAN et al., 2001
Importations d'éléments minéraux en kg pour 1 t de cendre de bois		500	200			CIRAD, 1993
Importations d'éléments minéraux en kg pour 1 t de graines de coton	140	330	500			CIRAD, 1993
Bouclage du bilan avec de la cendre de bois						
Exportations en kg/ha pour 9,5 t/ha/an d'igname (moyenne ouest-africaine pour 2014)	38,0	3,8	41,8	1,0	1,9	FAOSTAT, 2016
Importations en kg/ha avec une jachère de 2 ans produisant 4 t/ha/an de MS aérienne	31,2	1,4	15,9	12,0	2,8	DOUNIAS, 2001 ; TIAN et al., 2001
Besoins en cendre de bois en kg/ha pour compenser la carence en K ₂ O					129,6	
Bilan conservatif après apport de cendre de bois en kg/ha	- 6,8	67,2	0	11,0	0,9	
Bouclage du bilan avec des graines de coton carbonisées						
Exportations en kg/ha pour 9,5 t/ha/an d'igname (moyenne ouest-africaine pour 2014)	38,0	3,8	41,8	1,0	1,9	FAOSTAT, 2016
Importations en kg/ha avec une jachère de 2 ans produisant 4 t/ha/an de MS aérienne	31,2	1,4	15,9	12,0	2,8	DOUNIAS, 2001 ; TIAN et al., 2001
Besoins en graines de coton carbonisées en kg/ha pour compenser la carence en K ₂ O					51,9	
Bilan conservatif après apport de graines de coton carbonisées en kg/ha	0,5	19,5	0	11,0	0,9	

Figure 48 - Bilan minéral conservatif avec correction d'une carence en K₂O par apports de cendre vs graines de coton carbonisées (Source : Auteurs, 2016)

Il ressort de cette analyse que l'apport de 130 kg/ha de cendre de bois ou de 52 kg/ha de graines de coton carbonisées pourraient permettre (i) de corriger la carence en K₂O, (ii) d'améliorer le bilan en P₂O₅, surtout avec la cendre de bois (bilan net en P₂O₅ de 67,2 kg/ha), (iii) d'améliorer le bilan en N dans le cas des graines de coton carbonisées (bilan net en N de 0,5 kg/ha).

Sachant que la densité moyenne de plantation est de 5 400 semenceaux/ha, les apports à prévoir seraient respectivement de 24 g/semenceau pour la cendre de bois et 10 g/semenceau pour les graines de coton carbonisées. Ce dernier produit paraît le plus indiqué, mais est pour l'instant inaccessible aux paysans, à moins qu'un accord soit trouvé entre la FUCPIS et Géocoton (qui exploite l'usine de décorticage de Kankan. Surface cultivée en 2015 : 13 000 ha. Com. pers. Dr. Makan KOUROUMA – CRAB, février 2016).

Dans l'immédiat, on pourrait conseiller aux paysans d'apporter de la cendre, aisément récupérable au village et transportable à moto vu les quantités, au moment de l'enfouissage des semenceaux. Si tel est le cas, il faut placer la cendre en cercle (10 cm) autour du semenceau et pas dessous, afin d'éviter la déformation des tubercules (SAWADA et YAKUWA, 1959¹⁰⁴, cités dans DEGRAS, 1986)

Pour *C. cajan*, nous n'avons pas trouvé de données dans la littérature concernant les apports d'éléments minéraux par cette plante, ce qui empêche malheureusement de faire les mêmes analyses que pour *P. phaseoloides*. En première approche, on peut juste souligner que l'apport de MS de *C. cajan* est estimé à 8,8 t/ha/an en condition paysanne en Haute-Guinée (IRAG, 2014. Cf. **Partie 3.2.5 supra**), ce qui est près du double de la donnée de MS utilisée pour *P. phaseoloides* dans le bilan conservatif présenté précédemment.

Enfin, il est intéressant de comparer les apports en éléments minéraux permis par *P. phaseoloides* avec ceux de *M. pruriens var. utilis* et *A. histrix* (mesures faites au Nord Bénin par l'INRAB) :

Apport annuel d'éléments minéraux de différentes plantes de couverture	MS	N		P2O5		K2O		Sources
	tMS/ha/an	kg/tMS/an	kg/an	kg/tMS/an	kg/an	kg/tMS/an	kg/an	
<i>P. phaseoloides</i>	4,0	29,5	118,0	1,3	5,2	15,0	60,0	TIAN et al., 2001 ; DOUNIAS, 2001
<i>P. phaseoloides</i>	7,5	29,5	221,3	1,3	9,8	15,0	112,5	TIAN et al., 2001 ; CHARPENTIER et al., 1999
<i>M. pruriens var. utilis</i>	6,1	18,4	112,0	1,7	10,4	6,2	38,1	HOUEDJISSIN et KOUDANDE, 2010
<i>A. histrix</i>	5,8	20,9	121,0	1,4	8,1	6,1	35,2	HOUEDJISSIN et KOUDANDE, 2011

Figure 49 - Apports minéraux pour *P. phaseoloides*, *M. pruriens* et *A. histrix* (Source : CHARPENTIER et al., 1999 ; TIAN et al., 2001 ; DOUNIAS, 2001 ; HOUEJISSIN et al., 2011¹⁰⁵)

On voit que *P. phaseoloides* permet de très bons apports unitaires (en kg par t de MS) en azote et potasse, mais des apports plus réduits en phosphore. Ceci n'est cependant pas un enjeu clef pour l'igname, moins demandant en phosphore qu'en azote et potasse. Par ailleurs, ses apports totaux (en kg/an) paraissent bons pour la potasse, moyens pour l'azote et le phosphore (par rapport à *M. pruriens* et *A. histrix*)...mais il faut souligner que l'on a utilisé les bas des fourchettes de production de biomasse estimées par DOUNIAS et al. (2001) et CHARPENTIER et al. (1999), respectivement 4-8 tMS/ha/an et 7,5-10 tMS/ha/an.

→ Bilan de la matière organique

PIERI (1993)¹⁰⁶ indique que « tous les itinéraires techniques qui ne comprennent pas un apport de fumier induisent, sans aucune exception, une baisse du stock de matière organique des sols [...] l'enfouissement de paille de céréales ou de résidus de récolte ne permet pas d'enrayer la baisse du stock organique des sols, le bilan calcique et magnésien est très généralement négatif, avec en corolaire, une acidification progressive des sols. La cause principale en est la lixiviation dont le véhicule est l'eau de drainage et le moteur d'entraînement les anions nitriques libérés par minéralisation de la matière organique et les apports d'engrais azotés ».

PIERI (1993) insiste sur la nécessité d'apporter une fumure organique avec un rapport C/N relativement bas, telle le fumier (C/N d'environ 10 vs C/N > 12 pour les pailles). Avec un rapport C/N de 11,8 pour la biomasse aérienne de *P. phaseoloides*, il est certes probable que la minéralisation de cette biomasse participe aux mécanismes décrits par PIERI (1993).

Toutefois, il convient de souligner que les sols de la zone de production d'igname en Haute-Guinée paraissent relativement stables (en moyenne sur quatre analyses de sol : 1,83% de matière organique, faible niveau de désaturation), ce qui permet de penser que les phénomènes décrits devraient être atténués.

Cela étant dit, on peut estimer les bilans organiques de la culture d'igname sur SCV en utilisant

¹⁰⁴ SAWADA, E., and YAKUWA, T. *Studies on the cultivation of Chinese yam. 3. On the malformation of tuberous root resultant from fertilizer placement.* Hokkaido – Univ. Fac. Agric. Memo 3 (2) : 27-34. 1959

¹⁰⁵ HOUEJISSIN, R.C., et KOUDANDE, D.O. *Projet de renforcement des capacités de recherche pour le développement de l'igname en Afrique de l'Ouest et du Centre - Etat des lieux de la recherche sur l'igname au Bénin - Rapport final.* Cotonou – INRAB, 2010. 71p

¹⁰⁶ PIERI, C. *Fertilité des terres de savanes : bilan de trente années de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara.* Paris – Ministère de la coopération & CIRAD/Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières (IRAT). 1993. 438p

- Pour *P. phaseoloides* : les hypothèses de production de MS aérienne de DOUNIAS (2001) et TIAN et al., (2001) d'une part (estimation conservative) et de CHARPENTIER et al., (1999) d'autre part (estimation non conservative) d'autre part :

Bilan organique de la culture d'igname sur SCV de <i>P. phaseoloides</i>	Valeur	Source
Perte de MO (%/an)	4%	PIERI, 1993
Teneur en MO (%) dans 20 cm de sol - Zone de production d'igname de HG	2,08%	KOUROUMA – CRAB, non daté
Masse de terre dans 20 cm de sol (t/ha), avec densité de 1.6 t/m ³	3 200	BOZZA, 2009
Masse de MO dans 20 cm de sol (t/ha)	66,6	
Perte de MO dans 20 cm de sol (t/ha/an)	2,7	
Apport de MS aérienne par <i>P. phaseoloides</i> (t/ha/an)	4,0	DOUNIAS, 2001 ; TIAN et al., 2001
Ratio MO/MS pour des pailles	75%	GANRY - IRAT, 1984
Apport de MO par la MS aérienne de <i>P. phaseoloides</i> (t/ha/an)	3,0	
Bilan conservatif en t/ha	0,3	
Apport de MS aérienne par <i>P. phaseoloides</i> (t/ha/an)	7,5	CHARPENTIER et al., 1999
Ratio MO/MS pour des pailles	75%	GANRY - IRAT, 1984
Apport de MO par la MS aérienne de <i>P. phaseoloides</i> (t/ha/an)	5,6	
Bilan non-conservatif en t/ha	3,0	

Figure 50 - Bilan organique conservatif vs non-conservatif de la culture d'igname sur SCV de *P. phaseoloides* (Source : Auteurs, 2016)

- Pour *C. cajan* : les hypothèses de production de MS aérienne en Haute-Guinée de l'IRAG (2014) :

Bilan organique de la culture d'igname sur SCV de <i>C. cajan</i>	Valeur	Source
Perte de MO (%/an)	4%	PIERI, 1993
Teneur en MO (%) dans 20 cm de sol - Zone de production d'igname de HG	2,08%	KOUROUMA – CRAB, non daté
Masse de terre dans 20 cm de sol (t/ha), avec densité de 1.6 t/m ³	3 200	BOZZA, 2009
Masse de MO dans 20 cm de sol (t/ha)	66,6	
Perte de MO dans 20 cm de sol (t/ha/an)	2,7	
Apport de MS aérienne par <i>C. cajan</i> (t/ha/an)	8,8	IRAG, 2014
Ratio MO/MS pour des pailles	75%	GANRY - IRAT, 1984
Apport de MO par la MS aérienne de <i>C. cajan</i> (t/ha/an)	6,6	
Bilan en t/ha	3,9	

Figure 51 - Bilan organique de la culture d'igname sur SCV de *C. cajan* (Source : Auteurs, 2016)

Dans un cas comme dans l'autre, SCV de *P. phaseoloides* ou de *C. cajan*, les bilans organiques paraissent a priori équilibrés.

➔ Bilan hydrique

La productivité de l'igname est liée à la pluviométrie annuelle. Ainsi, des observations sur 10 campagnes en station expérimentale à Bouaké, Côte d'Ivoire, entre 1968 et 1986, démontrent que les rendements du cultivar *Florido* (*D. alata*) passent de 9 à 27 t/ha quand la pluviométrie annuelle passe de 550 à 900 mm, puis les rendements décroissent au-delà, sous l'effet principalement de l'augmentation des maladies cryptogamiques. Le rendement peut aussi varier dans une large mesure en fonction de la distribution des pluies à l'intérieur du cycle végétatif (KONE, 1987)¹⁰⁷.

Par ailleurs, il a été démontré au Bénin que le retard de démarrage de la saison des pluies ou une sécheresse s'installant après germination sont très préjudiciables au rendement de l'igname : seules quelques variétés (*Alakicha* du groupe *D. cayenensis*, variétés tardives appelées *Kokoro* du groupe *Dcr*) semblent tolérantes à la sécheresse (DANSI, 2003).

Cela étant dit, on peut rappeler que les besoins en pluies de l'igname sont de 1 000 mm/an au minimum (dont 400 mm entre la 14^{ème} et 20^{ème} semaine après plantation, sur 1,5 mois donc), avec un optimum de 1 500 mm/an (CIRAD, 2002. Cf. **Partie 3.2.1 supra**).

Or, dans la zone de production de l'igname en Haute-Guinée, les précipitations sont concentrées sur une période de six mois, de mai à octobre, avec un pic en août et septembre, et la pluviométrie moyenne sur 1982-2012 a été de 1 545 mm (*Climate Data*, 2016. Cf. **Partie 2.1.1 supra**), ce qui est

¹⁰⁷ KONE. *Mémoire de botanique tropicale appliquée : Influence des facteurs climatiques sur le comportement au champ de deux cultivars d'igname : Dcr cv Krenglé, D. alata cv Florido*. Montpellier - Université des sciences. 1987. 31p

légèrement supérieur à l'optimum précité. De plus, comme la plantation est généralement faite entre le 15 avril et le 15 juin, l'igname bénéficie du pic des précipitations – août à octobre - entre les 14^{ème} et 20^{ème} semaines (soit entre 3,5 et 5 mois) période à laquelle son besoin en eau est élevé (Cf. **Partie 2.1.3 supra**). Ceci permet de penser que le bilan hydrique des systèmes de culture à base d'igname est a priori satisfaisant.

3.3.3. CCL : itinéraires améliorés pour systèmes de culture à base d'igname

➔ Modélisation des systèmes de culture à base d'igname, « traditionnel » vs « amélioré »

Nous pouvons rappeler ci-dessous les éléments clefs à avoir en tête pour mener cette réflexion :

- L'igname est souvent placée en tête de rotation (i) sur abattis-brûlis de forêts intactes, dans la S/P de Moribaya notamment (zone pré-forestière, où la pression foncière est faible) : 1/5 des cas (ii) sur abattis-brûlis de jachères arborées anciennes dans la plupart des S/P : 1/3 des cas, voire (iii) défriche de jachères herbeuses récentes, notamment dans la S/P de Koundian (zone où l'élevage bovin est important et où la pression foncière est forte) : 1/3 des cas ;
- Elle est généralement suivie par trois à quatre ans de culture, parfois cinq, souvent du riz en 2^{ème} année, puis du riz ou du maïs si le sol est jugé fertile, de l'arachide ou du manioc à défaut, le tout suivi en fin de cycle par du fonio ou du sésame (moins demandant en fertilité). Quand le sol est jugé très fertile, certains paysans plantent une seconde fois l'igname après le riz ;
- Il arrive aussi que la pression foncière contraigne le paysan à replanter plusieurs fois de l'igname sur une même parcelle et un même cycle, mais cela reste rare. Dans le village de Sanah par exemple (S/P de Tintioulén), un paysan a déclaré avoir installé trois cultures successives d'igname sur la même parcelle ;
- Après les deux à cinq ans de culture, la parcelle est laissée en jachère dans 2/3 des cas et plantée en anacardier dans 1/4 des cas.

Il est difficile de déterminer la taille moyenne des exploitations familiales dans la Région de Kankan, les données officielles en la matière étant très contradictoires :

- Entre 0,3 et 0,5 ha d'après le Plan d'investissement agricole 2010-2015 (Ministère de l'agriculture guinéen, 2010)¹⁰⁸ : « les exploitations de type familial occupent 60% de la population, représentent 95% des terres et sont, en général, de petite taille, entre 0,3 et 0,5 ha » ;
- 4,7 ha en moyenne, si l'on divise la surface agricole estimée pour la Région de Kankan (695 061 ha pour les principales cultures : riz / fonio / maïs / manioc / arachide /igname) par le nombre de ménages agricoles estimés pour la Haute-Guinée (151 106) (ANASA, 2015)¹⁰⁹.

Or, comme nous l'avons vu, il est de notoriété publique que les statistiques produites par l'ANASA ne sont pas fiables (Cf. **Partie 1.1.1 supra**). Partant de ce constat, il apparaît plus probable que les exploitations familiales de la Région de Kankan couvrent une surface réduite, sans qu'on puisse s'avancer à fournir une quelconque estimation à dire d'expert à l'échelle de la Région.

Sachant que (i) la surface moyenne des 40 parcelles d'igname visitées était de 0,62 ha et que la durée du cycle de l'igname est généralement de trois ans sur les terres moyennement fertiles (Cf. **Partie 2.1.1 supra**), (ii) les paysans d'igname sont localisés dans des zones de mosaïque savane-forêt où la pression foncière est a priori plus faible que dans le reste de la Région, (iii) ils sont fortement spécialisés dans cette culture, il est probable qu'ils emblavent annuellement une surface réduite, d'environ $3 \times 0,62 \text{ ha} = 1,9 \text{ ha}$: 0,62 ha en igname (cycle de l'année n), 0,62 ha en céréales, maïs ou riz (cycle de l'année n-1), 0,62 ha en autre culture, manioc ou arachide ou sésame ou fonio (cycle de l'année n-2).

Cette modélisation est faite à partir d'un nombre restreint d'observations (40 paysans) et son unicité ne rend pas compte de la diversité des systèmes de culture à base d'igname rencontrés lors de la mission, lesquels dépendent de la disponibilité en terre localement, de leur fertilité, de la capacité

¹⁰⁸ Ministère de l'agriculture guinéen. *Programme national d'investissement agricole - Plan d'investissement agricole 2010-2015*. Conakry - Ministère de l'agriculture guinéen, 2010. 38p.

¹⁰⁹ ANASA. Rapport général de l'enquête agricole - Campagne agricole 2014-2015. Conakry – ANASA, 2015. 105p.

d'investissement du paysan, de sa force de travail familiale disponible, de ses objectifs (faire de l'argent rapidement pour les plus jeunes, conserver un minimum de semenceaux d'une année sur l'autre pour les plus vieux, etc.).

Elle est, à ce titre, critiquable, mais elle a le mérite de permettre de réfléchir sur l'insertion de l'igname dans les rotations culturales et de fournir une base de réflexion en vue de l'introduction d'améliorations techniques, sujet toujours sensible en milieu paysan.

Sachant que l'introduction du semis direct de l'igname sur plante de couverture (sans buttage mais avec tuteurage) représente déjà un gros changement dans les pratiques paysannes, il a été jugé préférable de conserver la rotation traditionnelle (igname / céréale / autre culture), avec intercalage de la plante de couverture, tout en maintenant à l'identique les surfaces cultivées en igname / céréales / autre culture, entre systèmes traditionnel et amélioré.

Nous n'avons donc pas suivi l'option prise par CORNET (2010), lequel a testé une rotation bisannuelle simple, igname/plante de couverture. Au-delà du fait que les paysans de Haute-Guinée n'ont pas l'habitude de cultiver l'igname plusieurs fois sur la même parcelle (sauf en 3^{ème} année après abattis-brûlis si le sol est jugé très fertile ou au bout de 10-20 ans, lors de la remise en culture d'une jachère), il est permis de se questionner sur les conséquences d'une telle rotation sur la pression des maladies/ravageurs (nématodes, virus, etc.).

En tenant compte de ce qui précède, on pourrait schématiser les systèmes de culture à base d'igname, traditionnel vs amélioré, comme suit :

Système traditionnel	n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7	n+8	n+9	n+10	n+11	n+12
Cycle n-2	0,6												
Cycle n-1	0,6	0,6											
Cycle n	0,6	0,6	0,6										
Cycle n+1		0,6	0,6	0,6									
Cycle n+2			0,6	0,6	0,6								
Cycle n+3				0,6	0,6	0,6							
Cycle n+4					0,6	0,6	0,6						
Cycle n+5						0,6	0,6	0,6					
Cycle n+6							0,6	0,6	0,6				
Cycle n+7								0,6	0,6	0,6			
Cycle n+8									0,6	0,6	0,6		
Cycle n+9										0,6	0,6	0,6	
Cycle n+10											0,6	0,6	0,6
Cycle n+11												0,6	0,6
Cycle n+12													0,6
Total cultures (ha)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Total igname (ha)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Total céréales (ha)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Total autres (ha)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

F Forêt intacte ou en régénération (jachère de + de 15 ans)

Sa Savane arbustive/herbacée (jachère de - de 15 ans)

Ig Igname

Cé Céréales, riz ou maïs

Au Arachide ou manioc ou fonio ou sésame

JN Jachère naturelle

JA Jachère améliorée avec plante de couverture

Figure 52 - Modélisation sur 12 ans du système de culture traditionnel à base d'igname (Source : Auteurs, 2015)

Système amélioré	n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7	n+8	n+9	n+10	n+11	n+12
Cycle n-2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Cycle n-1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Cycle n	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Cycle n+1		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Cycle n+2			0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Cycle n+3				0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Total cultures (ha)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Total igname (ha)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Total céréales (ha)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Total autres (ha)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Total PC (ha)	-	0,6	1,2	1,2	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

Figure 53 - Modélisation sur 12 ans du système de culture amélioré à base d'igname (Source : Auteurs, 2015)

Dans le système traditionnel, le paysan défriche chaque année une nouvelle parcelle en forêt. Au bout de 12 ans, il a donc défriché $12 \times 0,62 \text{ ha} = 7,4 \text{ ha}$. Dans le système amélioré, on part du principe que le paysan gardera les mêmes surfaces en culture chaque année (0,6 ha d'igname, 0,6 de céréales, 0,6 ha d'autre culture). Sur la même durée, il n'aura déboisé que $2 \times 0,62 \text{ ha} = 1,2 \text{ ha}$, soit un évitement de déforestation de 6,2 ha.

Pour les deux systèmes, la situation est la même en année n : une parcelle d'autre culture (arachide ou manioc ou fonio ou sésame) qui clôt le cycle $n-2$, une parcelle de céréales (riz ou maïs) faisant partie du cycle $n-1$ et une parcelle d'igname ouvrant le cycle n . Mais, dès l'année $n+1$, des modifications sont faites par rapport au système traditionnel :

- Semis d'une plante de couverture pour deux ans, après la culture autre du cycle $n-2$, plutôt que d'abandonner la parcelle pour mise en jachère naturelle. De la même façon, une plante de couverture est semée après la culture autre du cycle $n-1$ (semis en année $n+2$) et après la culture autre du cycle n (semis en année $n+3$) ;
- Ouverture de nouvelles parcelles (i) sur abattis-brûlis de forêt intacte ou en régénération (année $n+2$ et $n+3$), puis cycle igname/céréales/autre ou (ii) sur brûlis de jachère herbacée (année $n+4$), puis cycle céréales/autre/autre (NB : on considère que le paysan n'a pas possibilité de faire deux parcelles d'igname en année $n+4$ et entame donc un cycle directement avec une céréale, laquelle peut venir sur brûlis de jachère herbacée, étant moins exigeantes en fertilité que l'igname) ;

A partir de l'année $n+6$, on atteint la vitesse de croisière. Chaque année, le paysan cultive trois parcelles (igname, céréales et autre) et laisse trois parcelles en jachère améliorée avec plante de couverture. Il « tourne » donc sur six parcelles et son système de culture est « sédentarisé ».

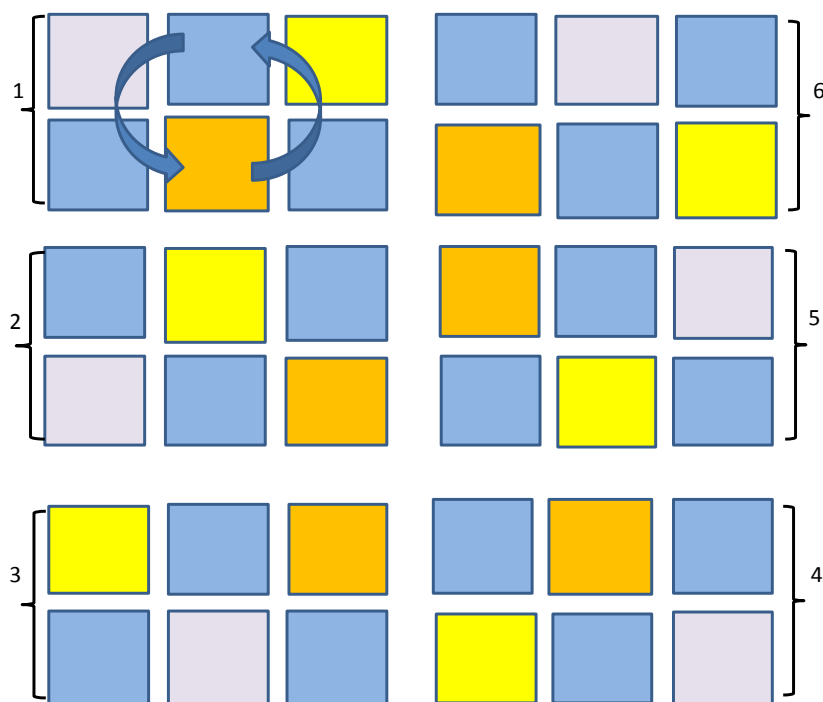


Figure 54 - Schéma expliquant la rotation sur six ans pour le système amélioré de culture à base d'igname (Source : Auteurs, 2016)

La surface de parcelle cultivée n'a pas bougé, mais la surface totale a doublé. On fait l'hypothèse que le surcroît de surface n'amène pas :

- Un surcroît de travail ou de coût en vitesse de croisière :
 - Pour l'igname : on estime que la présence de la plante de couverture allège les temps et coûts auparavant consacrés au défrichage, brûlage, buttage, plantation et désherbage, ce qui compense l'augmentation des temps et coûts relatifs au contrôle de la plante de couverture, au tuteurage (pour empêcher la concurrence entre plante de couverture et igname) et à la récolte (sol potentiellement moins meuble que sur butte) ;

- Pour les céréales et autre culture : on estime que la présence de la plante de couverture allège les temps et coûts auparavant consacrés à la préparation du sol et au désherbage, ce qui compense l'augmentation des temps et coûts relatifs au contrôle de la plante de couverture ;
- Pour les parcelles de jachère améliorée : une fois l'installation initiale faite, après deux ans de maintien de la plante de couverture, on estime que la gestion est minimale : re-semis éventuel pour le *P. phaseoloides*, re-semis systématique pour *C. cajan* tous les trois ans (attaque des termites), pas de désherbage prévu.
- De façon générale, on n'anticipe pas de pic de travaux, de concurrence avec d'autres travaux déjà prévus dans le système traditionnel. Le seul travail qui pourrait a priori poser problème est le contrôle (mécanique et/ou chimique) de la plante de couverture...Mais sachant qu'il a lieu à la même période que les désherbages très chronophages, on peut estimer que les deux postes s'annulent.
- Un surcroît de travail ou de coût lors de la phase de transition (six ans), du système traditionnel au système amélioré : comme on l'a vu précédemment, la condition clef du succès du système amélioré est le maintien de la couverture vive ou morte, malgré la présence de feux de brousse (accidentels ou le plus souvent volontaires, pour chasser ou supprimer les adventices des parcelles avoisinantes) et de bétail en divagation (CHARPENTIER et al., 1999 ; DOUNIA, 2001).

Il faudra donc prévoir une protection spécifique contre ces deux fléaux. Or, les barrières traditionnelles faites en bois (i) brûlent, (ii) sont parfois insuffisantes contre le bétail (brèches) et (iii) sont de toute façon coûteuse et ne durent pas plus de deux ou trois ans (Cf. **Partie 2.2.1 supra**). En s'inspirant des expériences décrites par CHARPENTIER et al. (1999) et concernant l'aménagement durable des terroirs de Tcholélevogo, en zone de savane du Nord Côte d'Ivoire, on pourrait recommander ce qui suit (NB : les quatre essences d'arbres citées ci-dessous sont facilement disponibles localement. L'acide sulfurique pourrait être commandé et fourni par la FUCPIS) :

- Pare-feux : plantations d'arbres rustiques à la périphérie du bloc de parcelles (préférentiellement regroupées dans un même lieu, pour minimiser les coûts) : deux rangées d'anacardiers (6 m x 6 m) résistants au feu et dont le rôle est de briser la vitesse du feu ; 4 à 6 rangées de *Gmelina arborea* (3 m x 3 m) installées en *stumps* (boutures), qui maintiennent le sol propre dès la quatrième année après plantation et empêchent la propagation du feu.

Alternativement, CORNET (2010) cite l'utilisation de *Jatropha curcas* comme pare-feu sur les essais de SCV sur igname au Nord Bénin, rôle confirmé par LEGENDRE (2008)¹¹⁰ qui explique que cette plante succulente contient beaucoup d'eau et résiste bien au feu et que, de plus, elle est toxique pour les ruminants et a donc des propriétés répulsives.

- Haie-vive : plantation de *Ziziphus mucronata*. Cet épineux très buissonnant et résistant au feu ferme totalement le passage dès la troisième année après plantation.

Sachant que ces pare-feux et haie-vive ne seront efficaces qu'au bout de trois ans, le paysan devrait idéalement délimiter un domaine qui regroupe autant que possible les parcelles existantes et où à créer, installer les pare-feu et haie-vive en année n et installer également une barrière traditionnelle autour des parcelles, afin de protéger ses cultures des bovins et permettre l'installation des jachères améliorées. Quant au feu, il faut espérer que l'information des villageois sur la nécessité d'éviter tout feu dans la zone durant trois ans porte ses fruits, ce qui est un pari.

On peut schématiser l'emprise au sol d'un tel domaine. Bien évidemment, dans les conditions réelles, les parcelles ne sont pas géométriques, ni alignées, ni même forcément proches les unes des autres...et le paysan sera in fine le seul à décider s'il met ces aménagements en place, ce qui dépend de son niveau d'adhésion aux innovations proposées.

Le schéma ci-dessous représente donc une situation théorique, pour laquelle les coûts d'installation de pare-feux (*G. arborea* en bleue, anacardier en vert) et haie-vive (*Z. mucronata*) sont minimisés (alignements parfaits). Ce schéma a quand même le mérite de donner une idée de la surface minimale à prévoir : 4,25 ha : des linéaires minimaux de plantation à installer : 3 000 m de *G. arborea* (trois rangées, soit 1 000 pieds avec trois m sur la ligne), 1 800 m d'anacardier

¹¹⁰ LEGENDRE, B. *Jatropha curcas* – note agronomique. Technologies for Human Development. 2008. 8p

(deux rangées, soit 300 pieds avec six m sur la ligne), 840 m de *Z. macronata* (soit 840 pieds avec un m sur la ligne).

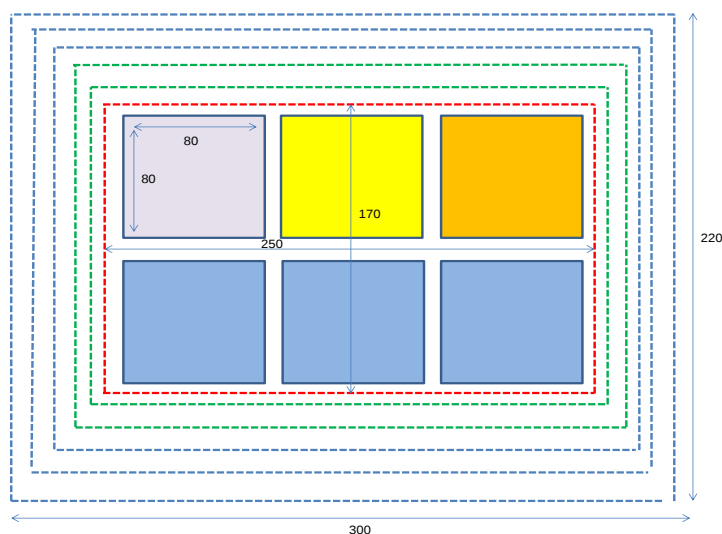


Figure 55 - Schéma de localisation des pare-feux et haie-vive pour le système amélioré de culture à base d'igname (Source : Auteurs, 2016)

➔ Bilan minéral et organique du système de culture à base d'igname « amélioré »

On modélise ci-dessous les flux d'éléments minéraux : exportations avec les tubercules et les grains, importations avec la biomasse de la plante de couverture et la cendre de bois. On réutilise les mêmes hypothèses que celles déjà présentées (Cf. **Partie 3.3.2 supra**). Pour les exportations liées :

- A l'igname : on fait une hypothèse conservatrice en retenant le rendement moyen ouest-africain 2014, de 9,5 t/ha (FAOSTAT, 2016) plutôt que le rendement moyen ivoirien 2010, de 6,5 t/ha (Min. de l'agriculture ivoirien, 2010). On suppose que ce rendement est maintenu dans le temps ;
- Aux céréales, on fait une moyenne des exportations liées au maïs (fortes) et au riz (moyennes), sur la base de CIRAD (1993). On suppose que le rendement moyen de 1,2 t/ha/an (en maïs ou en riz) est maintenu dans le temps ;
- Aux autres cultures, on prend arbitrairement celles du manioc, les autres (fonio, arachide, sésame) n'étant pas disponibles dans CIRAD (2003). On suppose que le rendement moyen de 5,6 t/ha/an en tubercules est maintenu dans le temps.

Pour les importations liées à *P. phaseolides*, on fait une hypothèse conservatrice en retenant l'estimation de matière sèche de DOUNIAS (2001) ; TIAN et al., (2001), de 4 t/ha/an, plutôt que celle de CHARPENTIER et al., (1999) de 7,5 t/ha/an. Comme on peut le constater, le bilan minéral serait a priori équilibré en année n+5, après deux années de jachère améliorée avec *P. phaseolides* :

Bilan minéral sur une parcelle de 0,62 ha				Exp/imp. (kg/t)			Exp/imp. (kg)			Bilan annuel (kg)		
Année	Culture	Rdt (t/ha)	Qté (t)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
n	Igname	9,5	5,9	- 4,0	- 0,4	- 4,4	- 23,6	- 2,4	- 25,9	- 23,6	- 2,4	- 25,9
n+1	Céréales	1,2	0,7	- 25,5	- 9,5	- 9,5	- 19,0	- 7,1	- 7,1	- 42,5	- 9,4	- 33,0
n+2	Autre	5,6	3,5	- 10,0	- 4,0	- 8,0	- 34,7	- 13,9	- 27,8	- 77,3	- 23,3	- 60,8
n+3	Jachère à <i>P. ph.</i>	4,0	2,5	29,5	1,3	15,0	73,2	3,2	37,2	- 4,1	- 20,1	- 23,6
n+4	Jachère à <i>P. ph.</i>	4,0	2,5	29,5	1,3	15,0	73,2	3,2	37,2	69,1	- 16,9	13,6
n+5	Igname	9,5	5,9	- 4,0	- 0,4	- 4,4	- 23,6	- 2,4	- 25,9	45,5	- 19,2	- 12,3
	Cendres de bois		0,1	-	500,0	200,0	-	40,2	16,1	45,5	21,0	3,8
n+6	Jachère à <i>P. ph.</i>	4,0	2,5	29,5	1,3	15,0	73,2	3,2	37,2	118,7	24,2	41,0
n+7	Céréales	1,2	0,7	- 25,5	- 9,5	- 9,5	- 19,0	- 7,1	- 7,1	99,7	17,1	33,9
n+8	Jachère à <i>P. ph.</i>	4,0	2,5	29,5	1,3	15,0	73,2	3,2	37,2	172,9	20,3	71,1
n+9	Autre	5,6	3,5	- 10,0	- 4,0	- 8,0	- 34,7	- 13,9	- 27,8	138,1	6,4	43,4
n+10	Jachère à <i>P. ph.</i>	4,0	2,5	29,5	1,3	15,0	73,2	3,2	37,2	211,3	9,7	80,6
n+11	Igname	9,5	5,9	- 4,0	- 0,4	- 4,4	- 23,6	- 2,4	- 25,9	187,7	7,3	54,6
	Cendres de bois		0,1	-	500,0	200,0	-	40,2	16,1	187,7	47,5	70,7
n+12	Jachère à <i>P. ph.</i>	4,0	2,5	29,5	1,3	15,0	73,2	3,2	37,2	260,9	50,7	107,9

Figure 56 - Bilan minéral conservatif sur 12 ans pour le système de culture à base d'igname amélioré avec *P. phaseolides* (Source : Auteurs, 2016)

On modélise ci-dessous les flux de matière organique : exportations tendanciennes, importations avec la biomasse de la plante de couverture. On réutilise les mêmes hypothèses que celles déjà présentées (Cf. **Partie 3.3.2 supra**).

Pour les importations liées à *P. phaseolides*, on fait une hypothèse conservatrice en retenant l'estimation de matière sèche de DOUNIAS (2001) ; TIAN et al., (2001), de 4 t/ha/an, plutôt que celle de CHARPENTIER et al., (1999) de 7,5 t/ha/an. Pour les importations liées à *C. cajan*, on utilise les données locales : 8,8 t/ha/an (IRAG, 2014).

Comme on peut le constater ci-dessous, le bilan organique serait a priori équilibré dans les deux cas, avec cependant une baisse du stock de MO de 16% sur 12 ans pour *P. phaseolides* et une hausse du stock de MO de 16% sur 12 ans pour *C. cajan*. Il faudrait que *P. phaseolides* produise 7,8 t/ha/an de MS (NB : fourchette basse de l'estimation donnée par CHARPENTIER et al., 1999) pour que le bilan organique soit stable sur 12 ans (maintien du stock).

BO avec <i>P. phaseolides</i> (0,62 ha)					BO <i>C. cajan</i> (0,62 ha)														
Année		Culture		Perte (20 cm) t/ha/an	t/an	Apport (20 cm) t/ha/an	t/an	Bilan t	Année		Culture		Perte (20 cm) t/ha/an	t/an	Apport (20 cm) t/ha/an	t/an	Bilan t		
n-1		masse de MO initiale						66,6	n-1		masse de MO initiale						66,6		
n		Igname		- 2,7	-1,7			64,9	n		Igname		- 2,7	-1,7			64,9		
n+1		Céréales		- 2,7	-1,7			63,3	n+1		Céréales		- 2,7	-1,7			63,3		
n+2		Autre		- 2,7	-1,7			61,6	n+2		Autre		- 2,7	-1,7			61,6		
n+3		Jachère à <i>P. phaseolides</i>		- 2,7	-1,7	3,0	1,9	61,8	n+3		Jachère à <i>C. cajan</i>		- 2,7	-1,7	8,8	5,5	65,4		
n+4		Jachère à <i>P. phaseolides</i>		- 2,7	-1,7	3,0	1,9	62,0	n+4		Jachère à <i>C. cajan</i>		- 2,7	-1,7	8,8	5,5	69,1		
n+5		Igname		- 2,7	-1,7			60,3	n+5		Igname		- 2,7	-1,7			67,5		
n+6		Jachère à <i>P. phaseolides</i>		- 2,7	-1,7	3,0	1,9	60,5	n+6		Jachère à <i>C. cajan</i>		- 2,7	-1,7	8,8	5,5	71,3		
n+7		Céréales		- 2,7	-1,7			58,8	n+7		Céréales		- 2,7	-1,7			69,6		
n+8		Jachère à <i>P. phaseolides</i>		- 2,7	-1,7	3,0	1,9	59,0	n+8		Jachère à <i>C. cajan</i>		- 2,7	-1,7	8,8	5,5	73,4		
n+9		Autre		- 2,7	-1,7			57,3	n+9		Autre		- 2,7	-1,7			71,7		
n+10		Jachère à <i>P. phaseolides</i>		- 2,7	-1,7	3,0	1,9	57,5	n+10		Jachère à <i>C. cajan</i>		- 2,7	-1,7	8,8	5,5	75,5		
n+11		Igname		- 2,7	-1,7			55,8	n+11		Igname		- 2,7	-1,7			73,8		
n+12		Jachère à <i>P. phaseolides</i>		- 2,7	-1,7	3,0	1,9	56,0	n+12		Jachère à <i>C. cajan</i>		- 2,7	-1,7	8,8	5,5	77,6		
				Evolution MO sur 12 ans (t/ha)					-10,6					Evolution MO sur 12 ans (t/ha)					11,0
				Evolution MO sur 12 ans (%)					-16%					Evolution MO sur 12 ans (%)					16%

Figure 57 - Bilan minéral conservatif sur 12 ans pour le système de culture à base d'igname amélioré avec *P. phaseolides* vs *C. cajan* (Source : Auteurs, 2016)

→ Etapes de l'itinéraire culturel traditionnel vs amélioré

Création des parcelles

Comme expliqué précédemment, (i) on plante une plante de couverture en fin de rotation « traditionnelle » (c'est-à-dire après une succession igname / céréales / autre culture) pour trois des six parcelles élémentaires du système, (ii) on ouvre deux nouvelles parcelles élémentaires sur des forêts intactes ou en régénération (pour faire igname / céréale / autre culture, puis planter la plante de couverture), (iii) on ouvre une nouvelle parcelle élémentaire sur une jachère herbacée (pour faire céréale / autre culture / autre culture, puis planter la plante de couverture).

Pour cette étape, il n'y a pas de différence entre les itinéraires traditionnel et amélioré, car les parcelles sont créées après un abattis-brûlis initial. Par ailleurs, on peut considérer les moyennes des temps et coûts liés à l'abattis-brûlis de forêt intacte ou en régénération et les appliquer de façon conservative au brûlis de jachère herbacée (surestimation des temps et coûts).

Itinéraire traditionnel

Abattis-brûlis continue de forêt intacte ou en régénération (0,62 ha/an en moyenne)

Coût de l'herbicide et des « contrats » (280 000 FG pour 0,62 ha) + temps (33 hj pour 0,62 ha)

Itinéraire amélioré

Abattis-brûlis pour ouvrir trois parcelles, puis rotation continue sur six parcelles

Abattis-brûlis : même coût et temps que pour l'itinéraire traditionnel.

Rotation continue : sans coût / temps

Implantation de la plante de couverture

Initialement, on la sème en dérobé dans une culture, par exemple lors du 1^{er} sarclage (ce qui facilite l'enfouissement des graines), quatre à cinq semaines après le semis du maïs (fait en tout début de saison des pluies, avril ou mai). Le développement initial étant lent pour *P. phaseolides* et *C. cajan*, le semis en dérobé sur maïs est a priori réalisable sans problème.

On peut aussi la semer seule au tout début de saison des pluies, après travail du sol superficiel à la daba. Cette seconde option est a priori acceptable par les paysans car les sols en fin de rotation sont généralement peu fertiles et envahis de mauvaises herbes et donc voués à être abandonnés. Dans le cas de *C. cajan*, le fait que la plante produise 600 à 800 kg/ha/an de pois comestible (Com. pers. Dr. Makan KOUROUMA – CRAB, février 2016) rend le semis pur encore plus acceptable. Cela étant dit, nous avons, dans ce qui suit, considéré que la plante de couverture était semée seule.

L'apport de 1 500 kg/ha de phosphate tricalcique est recommandé par (CHARPENTIER et al., 1999) pour les sols sableux pauvres. Les sols des parcelles des paysans cibles ayant un niveau de fertilité généralement acceptable, on propose de s'affranchir de cette recommandation, qui de toute manière paraît difficilement applicable par les paysans (inaccessibilité d'un tel amendement, éloignement des parcelles et absence de charrette asine ou bovine qui rend le transport de matière problématique).

Si la pression d'adventices est forte, il est également recommandé de traiter le sol avec un herbicide de pré-levée, type Oxadiazon à la dose de 750 g/ha (*Ibid*). Ceci étant généralement le cas dans les parcelles des paysans cibles, on retient cette recommandation, quitte à l'adapter en traitant avec les herbicides totaux disponibles localement, à base de Glyphosate, à la dose de 2 L/ha à 45 000 FG/L.

Pour *P. phaseoloides*, la dormance des graines doit être levée après 20 mn de trempage dans de l'acide sulfurique concentrée (un volume pour deux volumes de graines. 98% de levée de dormance normalement), rinçage à l'eau, séchage, puis vannage. Les graines étant petites (13 g pour 1 000 graines), elles doivent être mélangées avec du sable pour être semées à la volée, à raison de 15 kg/ha. Pour *C. cajan*, les graines sont plus grosses et peuvent être semées sans traitement préalable à l'acide sulfurique, en poquets espacés de 50 cm les uns des autres, à raison de 20 kg/ha (*Ibid*).

P. phaseoloides est pérenne et fournit des graines à partir de la seconde année, lesquelles peuvent se ressemer spontanément dans le mulch, sans qu'il soit besoin de la ressemer, sauf si elle a été détruite par les herbicides avant l'installation des cultures. *C. cajan* est bi- à trisannuelle et doit être ressemée tous les trois ans (CHARPENTIER et al., 1999 ; DOUNIAS, 2001).

Itinéraire traditionnel

Pas de plante de couverture

Sans coût / temps

Itinéraire amélioré

Plante de couverture : PP ou CC

Semis initial : coût de la semence (35 000 FG/kg x 15 kg/ha pour PP, d'après CORNET, 2010 ; 5 000 FG/kg x 20 kg/ha pour CC, d'après prix du marché local) + coût de l'herbicide total (2 L/ha x 45 000 FG/ha) + temps de désherbage (1 h/ha d'après enquêtes) + temps de semis initial (5 h/ha pour PP, d'après CORNET, 2010)

Protection des parcelles contre le feu et le bétail

Comme nous l'avons vu précédemment, le maintien d'une couverture permanente des parcelles par la plante de couverture impose de les protéger des feux de brousse et du bétail en divagation. Ceci nécessite l'installation de pare-feux et d'une haie vive autour des parcelles élémentaires permanentes.

G. arborea et anacardier peuvent être facilement plantés, respectivement à partir de boutures pour le premier, de semis de noix pour le second. Les paysans de la zone connaissent bien ces deux arbres et peuvent facilement avoir accès à des boutures (gratuitement) et des noix (prix modique).

Concernant *Z. mucronata*, c'est un peu plus délicat, mais pas insurmontable. La dormance des semences doit être levée avant le semis en pépinière par un passage de 15 minutes à l'acide sulfurique concentré. Après deux mois en pépinière, les plants sont installés en quinconce, tous les mètres sur un billon (CHARPENTIER et al., 1999).

Itinéraire traditionnel

Barrière en bois à durée de vie limitée (deux à trois ans)

Itinéraire amélioré

Protection initiale avec une barrière en bois et semis simultané des pare-feux et haie-vive (a minima 1 000 pieds de *G. arborea*, 300 pieds d'anacardier, 840 pieds de *Z. mucronata*).

Coût des contrats (96 000 FG pour 0,62 ha) et temps (33 hj pour 0,62 ha)

Pare-feux : coût des noix d'anacarde (8 000 FG/kg x 5 kg/ha à clôturer) temps de plantation (2 hj/ha à clôturer, à dire d'expert)

Haie-vive : temps de main d'œuvre en pépinière (5 hj/ha à clôturer, à dire d'expert) + temps de plantation (2 h/ha à clôturer, à dire d'expert)

Pour les deux : entretien annuel pendant cinq ans (1 hj/an/ha clôturé à dire d'expert)

Contrôle de la plante de couverture

Trois itinéraires sont possibles (CHARPENTIER et al., 1999) :

- *C. cajan* : récolte des graines en tête de tige, puis destruction mécanique des tiges à la machette et dépôt sur le sol, en laissant les souches intactes pour l'année suivante ;
- *P. phaseoloides* – mulch mort : la plante de couverture est complètement tuée par des herbicides et repart l'année suivante à partir des graines tombées dans le mulch. Les herbicides en question peuvent être en mélange tel que Diuron (800 g/ha, action racinaire) + 2,4-D sel d'amine (720 g/ha, action foliaire) pour l'igname. Ceci permet de contrôler les adventices que le mulch laisse passer (*Euphorbia heterophylla* ou *Rottboellia exaltata*) ;
- *P. phaseoloides* – mulch vivant : la plante de couverture est simplement contrôlée :
 - Rabattage à la machette



Figure 58 - Couvert de *P. phaseoloides* (à g.) et rabattage avant semis (à d.), Fo Bouré – Nord Bénin (Source : CORNET, 2010)

- Après rabattage : (i) Triclopyr (120 g/ha) + 2,4-D sel d'amine (720 g/ha). Ce sont deux herbicides foliaires qui n'ont aucune action sur la culture à venir : ils ne servent qu'à contrôler *P. phaseoloides* et peuvent de ce fait être utilisés pour l'installation de n'importe quelle culture, ou (ii) Diuron (400 g/ha) + 2,4-D sel d'amine (720 g/ha), notamment pour igname, manioc et maïs ;
- En végétation : Paraquat (200 g/ha) en jet dirigé, notamment pour igname tuteuré, manioc et maïs ;

Pour *C. cajan*, il n'y a donc qu'un itinéraire possible. Pour *P. phaseoloides*, étant donné les conditions locales (longue saison sèche, sols moyennement fertiles), il semble préférable d'essayer de maintenir *P. phaseoloides* en mulch vivant afin d'optimiser sa production de biomasse.

Par ailleurs, la question de la disponibilité des herbicides identifiés par CHARPENTIER et al., (1999) se pose. Passé la période d'essai, pendant laquelle il est toujours envisageable de fournir de tels produits en petite quantité, il faudra soit (i) que la FUCPIS trouve un fournisseur adéquat pour changer d'échelle, (ii) que les techniciens de la FUCPIS, avec l'appui de l'IRAG, adaptent les recommandations et identifient des herbicides déjà facilement disponibles localement.

Itinéraire traditionnel

Pas de plante de couverture

Itinéraire amélioré

C. cajan : contrôle mécanique (fauchage complet) de la plante avant levée

	<i>P. phaseoloides</i> – mulch vivant : rabattage puis désherbage, puis éventuel désherbage en végétation.
Sans coût / temps	<i>C. cajan</i> : temps de récolte/fauchage (10 hj/ha à dire d'expert) <i>P. phaseoloides</i> : temps de désherbage initial (2 hj/ha à dire d'expert) + temps de rabattage (2 x 12 hj/ha d'après CORNET, 2010) + temps de désherbage en végétation (1 hj/ha d'après enquêtes à dire d'expert) + coût de l'herbicide (1 L/ha x 45 000 FG/ha)

Semis de la plante principale

Que ce soit pour l'igname, les céréales (riz ou maïs) ou d'autre culture (manioc, arachide, fonio, sésame), il faut semer deux à trois semaines après le tassement du mulch (tassement par la pluie suffisant). Ensuite, le semis est localisé, en ouvrant le mulch à la daba ou au bâton à fourir.

Les céréales sont semées en poquet en écartant le mulch. Pour les légumineuses, telle que l'arachide, il faut dégager un rond de cinq cm de diamètre pour empêcher les problèmes de levée.

Pour l'igname, il est recommandé de faire un trou d'environ 15 cm de profondeur (mulch + sol) (CHARPENTIER et al., 1999) ou de 30 cm x 30 cm x 30 cm (CORNET et al., 2010). CHARPENTIER et al. (1999) recommandent de planter à densité élevée (10 000 plants/ha). CORNET et al. (2010) ont testé une telle densité sur des essais en 2004 et sont revenus à des densités plus proches de celle pratiquée par les paysans (6 500 plants/ha).

Il est d'ailleurs recommandé de planter à 5 000 buttes/ha en saison sèche ou en début de saison des pluies (mars-avril) pour les variétés précoces, à 10 000 à 12 500 buttes/ha en milieu de saison des pluies (mai-juin) pour les variétés tardives (KOUAKOU et al., 2005). Comme la plupart des cultivars d'igname utilisés en Haute-Guinée sont précoces, il est proposé de conserver la densité de plantation traditionnellement utilisées par les paysans, c'est-à-dire 5 400 plants/ha.

Il convient par ailleurs de réfléchir aux implications liées à la suppression du paillage et du buttage et à la création d'un mulch :

- **Paillage** : Préconisé par nombre d'auteurs et pratiqué par la quasi-totalité des paysans rencontrés lors de notre mission de terrain en décembre 2015 (Cf. **Partie 2.2.1 supra**), il favorise la levée, en réduisant la température du sol et l'évaporation (CAMARA, 2005 ; NGUE BISSA et al., 2007 ; ODJUGO, 2008¹¹¹). Il est nécessaire à la survie du semencé et son développement ultérieur.
- **Buttage** : DEGRAS (1986)¹¹², dans son impressionnante revue des systèmes de culture à base d'igname, en Afrique subsaharienne, en Océanie et aux Antilles, indique que la confection de buttes plus ou moins grandes (de 0,3 m de haut en général jusqu'à 1,5 m en pays Sénoufo ou dans la région d'Onitsha au Nigéria), parfois confectionnées après excavation d'une fosse sous-jacente, est la règle.

Il indique quelques rares de culture à plat, sans butte ni billon, dans les sols très légers sablonneux du Sud du Nigeria (*Ibid*). Il est paradoxal que cette opération très caractéristique de la culture, pour ne pas dire unique parmi toutes les cultures tropicales (si l'on excepte les buttes de manioc, de tailles réduites comparativement), soit si peu documentée.

DEGRAS (1986) rappelle quelques résultats apparemment contradictoires sur l'effet du buttage :

¹¹¹ ODJUGO, P.A.O. *The effect of tillage systems and mulching on soil microclimate, growth and yield of yellow yam (D. cayenensis) in Midwestern Nigeria*. African Journal of Biotechnology Vol. 7 (24), 2008. pp4500-4507

¹¹² DEGRAS, L., 1986. *L'igname*. Techniques agricoles et productions tropicales. Agence de coopération culturelle et technique (ACCT). 409p.

- Pas d'interaction entre buttage et rendement : LAL et HAHN (1973)¹¹³ et LYONGA et al. (1973)¹¹⁴, cités par DEGRAS (1986), indiquent n'avoir pas trouvé de différences significatives de rendement entre la culture en butte, celle en billon et celle à plat ;
- Interaction positive entre buttage et rendement : KANG et WILSON (1979)¹¹⁵ ont ainsi observé au Sud du Nigeria un rendement significativement supérieur pour des ignames plantées sur butte par rapport à des ignames plantées à plat.

Les explications avancées ne sont que des hypothèses : moins de contrainte mécanique pour la croissance du tubercule poussant sur butte ou à plat dans un sol meuble ; influence de la hauteur du tubercule par rapport au sol sur la température à proximité du tubercule ; meilleure concentration de la fertilité dans la terre rassemblée sur butte ; prévention de la pourriture des tubercules sur sols hydromorphes.

- Mulching : LAL et HAHN (1973), cités par DEGRAS (1986), ont observé des différences significatives dans la précocité et le taux de germination des ignames plantées sous mulch (36% à 78% de plus que le témoin) et l'expliquent par une réduction de la moyenne et de l'amplitude des températures entre 5 et 20 cm sous la surface du sol.

La publication d'ODJUGO (2008) est très intéressante et, à notre connaissance, une des rares publiées récemment à essayer d'analyser les relations existantes entre température du sol, humidité du sol, levée puis tubérisation de l'igname.

Ayant noté que les paysans du Mid-Western Nigeria pratiquent traditionnellement le semis direct (KUTUGI (2002)¹¹⁶, EBORGE (2002)¹¹⁷, ODJUGO (2003)¹¹⁸ et OBIOKOR (2005)¹¹⁹, cités dans ODJUGO (2008)) et que nombre de paysans du Nigeria, Cameroun, Togo et Ghana pratiquent le mulching de l'igname (MADUAKOR et al. (1984)¹²⁰, OKOH (2004)¹²¹ et INYANG (2005)¹²², cités dans ODJUGO (2008)), il a comparé ces pratiques (butte/billon/sans labour, avec/sans mulch) :

- Humidité du sol à 0-15 cm de profondeur : elle était significativement plus élevée dans la culture sans labour (40 g/g), par rapport à celle sur billon (30 g/g) et celle sur butte (24 g/g) ;
- Température du sol : elle était plus élevée dans la culture sur butte (34,2°C) que pour celle sur billon (31,4°C) et celle sans labour (29,5°C) ;
- Levée : elle était plus élevée en culture sans labour (98,6%) que pour celle sur billon (93,6%) et celle sur butte (92,2%). Par ailleurs, elle était plus élevée en culture avec mulching (99,1%) que pour celle sans mulching (90,5%) ;

¹¹³ LAL, R., et HAHN, S.K. *Effect of method of seed bed preparation, mulching, and time of planting on yam (D. rotundata) in Western Nigeria*. In: 3rd International symposium on tropical root crops. Ibadan – IITA. 1973

¹¹⁴ LYONGA, S.N. *Agronomic studies on edible yams (Dioscorea spp) in the grassland Plateau region of the United Republic of Cameroun*. In: 3rd International symposium on tropical root crops. Ibadan – IITA. 1973

¹¹⁵ KANG, B.T., and WILSON. *Effect of heap size and fertilizer application on yam (D. rotundata) in southern Nigeria*. In : In: 5th International symposium on tropical root crops. Philippines. 1973. pp. 245-258.

¹¹⁶ KUTUGI, A.D. *Comparative analysis between indigenous and modern tillage practices in the production of D. rotundata and D. cayenensis in the Middle Belt of Nigeria*. J. Agric. Environ. 2(1). 2002. pp53-66

¹¹⁷ EBORGE, E.O.D. *Comparative analysis of the growth and yield of yams under mound and ridge tillage*. J. Agric. Dev. 6(2). 2002. pp54-66

¹¹⁸ ODJUGO, P.A.O. *An analysis of the effectiveness of traditional techniques of on-farm microclimate improvement in Midwestern Nigeria*. Ph. D. thesis submitted to the Department of Geography, Faculty of Science, University of Ibadan. Ibadan, Nigeria. 2003

¹¹⁹ OBIOKOR, O.G. *Agrometeorology*. Onitsha: Dunkwu Publishers. 2005. pp24-30

¹²⁰ MADUAKOR, H.O., LAL, R., OPARA-NADI, O.A. *Effects of methods of seedbed preparation and mulch on the growth and yield of white yam (Dioscorea rotundata) on an ultisol in South-East Nigeria*. Field Crops Res. 9. 2004. pp119-130

¹²¹ OKOH, C.A. *The effect of mulching on soil physico-chemical properties and the yield of White Yam*. Trop. J. Root Tuber Crops 4(2). 2004. pp24-31

¹²² INYANG, E.U. *An evaluation of tillage and storage systems applied by traditional root crop farmers in Cameroon*. Agric. Environ. J. 7(2). 2005. pp15-22

- Rendements : Il était significativement plus élevé pour la culture sur butte (12,0 t/ha) que pour la culture sur billon (8,8 t/ha) et celle sans labour (5,0 t/ha). Par ailleurs, Il était significativement plus élevé pour la culture avec mulching partiel (enlèvement lors de la tubérisation) (10,3 t/ha) que pour celle sans mulching (8,1 t/ha) et celle avec mulching (7,4 t/ha) traitements

D'après ODJUGO (2008), ces différences s'expliqueraient par le fait que la levée de l'igname est favorisée par la hausse de l'humidité du sol (d'où l'avantage des itinéraires sans labour et mulching), mais que la croissance de la plante (augmentation de la surface foliaire et accumulation de matière dans le tubercule) est favorisée par la hausse de la température du sol.

Ces résultats et analyses, qui ne corroborent pas ceux de CHARPENTIER et al. (1999) et CORNET (2010) suscitent des questionnements légitimes : il sera utile de suivre les paramètres température et humidité du sol dans les essais qui pourront être menés (Cf. **Partie 4.1 infra**).

Itinéraire traditionnel	Itinéraire amélioré
Hors igname : semis à la volée ou en poquet (céréales, légumineuses) après travail superficiel, ou sur buttes (manioc)	Hors igname : semis en poquet (céréales, légumineuses, manioc), sans travail du sol
Igname : buttage (5 400 plants/ha) puis plantation	Igname : semis « à plat » (5 400 plants/ha) dans un trou de 15 à 30 cm de profondeur
<i>Coût des contrats (1 086 000 FG pour 0,62 ha) et temps (35 hj pour 0,62 ha)</i>	<i>Temps de semis en poquet ou en « mini-fosse » pour l'igname (10 hj pour 0,62 ha, à dire d'expert)</i>

Choix des semenceaux

On rappelle ci-dessous pour mémoire ce qui a déjà été développé en détail (Cf. **Partie 3.1 supra**)

Itinéraire traditionnel	Itinéraire amélioré
Variétés de <i>Dcr</i> et <i>D. alata</i> en dégénérescence avec sélection des individus les plus faibles.	Variétés améliorées ou « restaurées » <i>Dcr</i> ou <i>D. alata</i> , avec pratiques de sélection et production améliorées des semenceaux.
<i>Coûts supportés par les paysans : identiques. Surcoût pour la diffusion de variétés améliorées ou restaurées : supportés par la FUCPIS, via cofinancement pour mise en œuvre du présent projet.</i>	

Fertilisation

On rappelle ci-dessous pour mémoire ce qui a déjà été développé en détail (Cf. **Partie 3.2 supra**)

Itinéraire traditionnel	Itinéraire amélioré
Pas d'engrais organique ni chimique, ni sur l'igname, ni sur les autres cultures	Légumineuse comme plante de couverture, avec apport d'un complément de cendres (130 kg/ha)
<i>Pas de coût</i>	<i>Coût liés à la plante de couverture déjà inclus dans « Contrôle pré-semis et post-semis de la plante de couverture »</i>
	<i>Coût liés à la collecte et l'enfouissage de la cendre au moment de la plantation : 5 hj/ha à dire d'expert</i>

Désherbage

Tous les auteurs s'accordent sur l'importance cruciale du désherbage sur l'igname : MOODY et EZUMAH (1974)¹²³, cités dans DEGRAS (1986), indiquent que l'absence de désherbage, des Antilles au Nigéria en passant par la Côte d'Ivoire, serait responsable d'une perte de rendement de 69 à 91%.

ONOCHIE (1974)¹²⁴ et UNAMMA et al. (1981)¹²⁵, cités dans DEGRAS (1986), indiquent que le déficit de rendement s'établit pour l'essentiel entre le début du 1^{er} mois et la fin du 4^{ème} mois, puis marque une légère régression sur le dernier mois du cycle.

¹²³ MOODY, K., et EZUMAH, H.C. *Weed control in major root and tuber crops. A review.* Pans, 20 (3). 1974. pp292-299

Trois à quatre sarclage manuels sont nécessaires en culture continue, principalement entre le 1^{er} et 3^{ème} mois après la levée, période à laquelle l'igname est la plus sensible aux adventices (90% des pieds lèvent entre le 25^{ème} et le 40^{ème} jour après plantation). Alternativement, l'application d'herbicide en prélevée sur sols propre permettent de maîtriser les mauvaises herbes pendant quatre-cinq mois en zone de savane et trois mois en zone forestière (chiffres en g/ha de matière active) : metribuzine + diuron = 1 000 + 800 ; atrazine + pendimethaline = 1 000 + 1 250 (sélectif sur maïs) (Mémento de l'agronome, 1993 ; Mémento de l'agronome, 2002).

Il est recommandé - en Côte d'Ivoire – d'être très vigilant contre les mauvaises herbes dans les trois premiers mois de végétation et de les contrer en (i) utilisant des variétés compétitives contre les mauvaises herbes (variété *Florida* – *D. alata* par exemple), (ii) cultivant l'igname derrière une longue jachère ou une culture laissant le sol propre, (iii) tuteurant les tiges, (iv) utilisant du Diuron en prélevée (2 kg/ha) (KOUAKOU et al., 2005).

Itinéraire traditionnel	Itinéraire amélioré
Au moins trois sarclages manuels (désherbage chimique très rare)	Rabattage de la plante de couverture et lutte contre adventices perçant le mulch (<i>Euphorbia heterophylla</i> , <i>Rottboellia exaltata</i>) avec 2,4-D sel d'amine (720 g/ha) + diuron (800 g/ha)
56 hj/ha en moyenne (données d'enquêtes)	20 hj/ha en moyenne (dires d'experts) + coûts herbicides (données non collectées à Kankan)

Tuteurage

DEGRAS (1986) indique que le tuteurage est généralement la règle dans la plupart des régions productrices d'igname : Antilles (où les tuteurs peuvent atteindre jusqu'à quatre m en Guadeloupe, voire six m en Jamaïque), Océanie (avec confection de liens pour solidariser la tige d'igname et son tuteur), Afrique. Il indique cependant que certains cultivars de *D. alata* et cultivars tardifs de *D. cr.* ne sont parfois pas tuteurés dans certaines zones (pays Baoulés, pays Yoruba).

Les essais menés sur les implications du tuteurage sur la croissance de la plante et son rendement donnent des résultats contrastés :

- Influence positive : SAWADA et YAKUWA (1953)¹²⁶, cités par DEGRAS (1986), ont ainsi noté que le poids des tubercules était significativement moindre entre *D. opposita* conduit sur tuteurs de six m vs conduit sur tuteurs de deux m, un m et à plat : respectivement -24%, -40% et -48%. LYONGA et AYUK-TAKEM (1978)¹²⁷, cités par DEGRAS (1986), ont noté une augmentation de rendement de 52% pour *D. rotundata* cv *Oshie* et de 39% pour *D. cayenensis* cv *Batibo*. OKIGBO (1973)¹²⁸, cité par DEGRAS (1986), a soumis huit cultivars de différentes espèces à différentes conditions de tuteurage, façonnement du sol, orientations des buttes. Il en ressort que l'influence du tuteurage sur le poids récolté et le nombre de tubercules est, dans les deux cas hautement significatifs ;
- Pas d'influence : DEGRAS (1953), cité dans DEGRAS (1986), ne notait pas d'influence du tuteurage sur le comportement de *D. cayenensis* cv *Krenglé* à récolte unique et tardive en Côte d'Ivoire, suite à trois années d'observation sur essais près de Bouaké.

DEGRAS (1986) n'amène pas d'explication précise sur le rôle du tuteurage, mais souligne que son influence dépend pour beaucoup de l'espèce et de la variété d'igname considérée et que le tuteurage pourrait également avoir un impact sur la sensibilité des plantes aux maladies du sol.

¹²⁴ ONOCHIE, B.E. *Critical period for weed control in yam plots*. Nigerian Agric. J., 11. 1974. pp13-16

¹²⁵ UNAMMA, R.P.A., AKOBUNDU, I.O., FAYEMI, A.A.A. *The effect of weed interference on growth and development in yams Dioscorea spp.* In : TERRY, E.R., ODURO, K.A. et CAVENESS, F. 1981. pp203-207

¹²⁶ SAWADA, E., et YAKUWA, T. *The effect of the height support on the growth aerial-tuber setting and yield of Chinese yam*. Hokkaido Univ. Fac. Agric. Memo 1. 1953. pp207-215

¹²⁷ LYONGA, S.N. et AYUK-TAKEM, J.A. *Selection and production investigations on edible yams Dioscorea spp. on the western highlands of the United Republic of Cameroun*, 1978. pp161-172 In : MIEGE, M.N., et LYONGA, S.N. Edit., Yams, ignames. Clarendon Press, Oxford. 1982. 411p.

¹²⁸ OKIGBO, B.N. *Effects of cultivation and heights and directions of staking on yields and general performances of eight yam cultivars*. 3rd International Symposium on Tropical Root Crops. Ibadan – IITA. 1973

Cela étant dit, CIRAD (2002) est beaucoup plus affirmatif : sans tuteur, le rendement pourrait chuter de 0 à 50% selon les variétés, les moins sensibles étant celles qui produisent plusieurs tiges par pied. Il est également dit que son intérêt décroît avec l'augmentation de la radiation solaire : il n'y aurait ainsi pas d'augmentation significative du rendement avec tuteurage au Nord de 8°30' au Nigeria. Si l'on prenait cette dernière analyse au pied de la lettre, on pourrait conclure que le tuteurage est inutile aux environs de Kankan, située à 10°23' de latitude Nord.

Le manque de certitude sur l'impact du tuteurage sur les rendements n'empêche pourtant pas la recherche agronomique de le conseiller dans la sous-région :

- Guinée : Le tuteurage permettrait une hausse de rendement de 50 à 70% (CAMARA et al., 2005) ;
- Côte d'Ivoire : Il est recommandé de tuteurer les variétés précoces (KOUAKOU et al., 2005) ;
- Cameroun : Les feuilles des variétés précoces dépériraient en l'absence de tuteurage, d'où une baisse des rendements, et le rendement des ignames à fougou (NDR : *Dcr précoces*) augmenterait de 50 à 60% avec le tuteurage. Néanmoins, cette opération serait laborieuse et onéreuse : dans les zones où il manque du bois, le surplus de production dû au tuteurage ne compenserait pas toujours les dépenses engagées pour faire ce travail (NGUE BISSA, 2007).

Quoi qu'il en soit, dans le cas du mulch vivant de *P. phaseoloides*, Il est conseillé de tuteurer l'igname afin d'éviter la compétition de ces deux espèces volubiles. Les tuteurs peuvent être constitués de plantes comme le sorgho de type *Guinea* - à cycle long et photosensible (fructification tardive) (CHARPENTIER et al., 1999).

Itinéraire traditionnel	Itinéraire amélioré
Pas de tuteurage	Tuteurage
Pas de coût	16 hj/ha d'après CORNET (2010)

Grosso modo, il existe deux approches pour pérenniser voire sédentariser les systèmes de culture à base d'igname : « techniciste », reposant sur l'amélioration génétique et l'apport d'engrais chimique ; « holistique », reposant sur une refonte des systèmes, en introduisant la jachère améliorée et le semis direct sur mulch.

Les propositions d'amélioration faites avec une approche holistique doivent répondre aux attentes des paysans : utiliser des cultivars appréciés, permettre de boucler les bilans minéral/organique/hydrique, ne pas demander plus de temps ou intrant que les systèmes déjà pratiqués, s'intégrer dans l'ensemble des systèmes de culture (à base d'igname et autre).

Un bilan minéral simplifié (sur un an) peut prendre en compte les importations liées à la plante de couverture et les exportations liées aux tubercules. Avec *P. phaseoloides*, une carence en K₂O apparaît, qui peut être corrigée avec l'apport de 120 Kg/an/ha de cendre, disponible au village. En l'absence de dosage des éléments minéraux de *C. cajan*, ce bilan ne peut être fait.

Un bilan organique simplifié (sur un an) peut prendre en compte les importations liées à la plante de couverture et les exportations liées à la minéralisation de la matière organique. Tant avec *P. phaseoloides* qu'avec *C. cajan*, les bilans organiques paraissent équilibrés.

Le bilan hydrique est a priori satisfaisant dans tous les cas : l'igname a un besoin en eau minimum de 1 000 mm/an et optimum de 1 500 mm/an, avec des pluies réparties selon les étapes de croissance. Aux environs de Kankan, les pluies sont satisfaisantes, tant en volume (légèrement supérieur à l'optimum) qu'en calage (pic des pluies entre août et octobre).

On peut modéliser les systèmes de culture traditionnel vs amélioré. Dans les deux cas, on considère une exploitation type avec 1,9 ha emblavés chaque année, 1/3 (0,62 ha) en igname (en tête de rotation, généralement sur abattis-brûlis de forêt ou jachère ancienne dans le système traditionnel), 1/3 en céréale (riz ou maïs, derrière l'igname) et 1/3 en autre culture (manioc, arachide, sésame, fonio, etc., derrière une céréale).

Dans le système traditionnel, itinérant, on a donc 0,62 ha déboisé chaque année, soit 7,4 ha déboisé sur 12 ans. Dans le système amélioré, sédentarisé, on continue à déboiser initialement jusqu'à avoir six parcelles, trois cultivées une année sur deux et trois en jachère améliorée une année sur deux. In fine, sur 12 ans, on aura évité de déboiser 6,2 ha.

Ceci repose sur les hypothèses que (i) la plante de couverture permet d'alléger les temps/coûts de défrichage, brûlage, buttage, plantation et désherbage et compense les temps/coûts de son rabattage, tuteurage de l'igname, récolte, (ii) la gestion de la plante de couverture est minime après installation (re-semis naturel avec *P. phaseolides*, semis simplifié avec *C. cajan*), (iii) les paysans installent rapidement des pare-feux (*Gmelina arborea* et *Anacardium occidentale* ou *Jatropha curcas*) et haie-vive contre le bétail (*Ziziphus macronata*) autour des parcelles.

Un bilan minéral simplifié (sur douze ans) peut prendre en compte les importations liées à la plante de couverture et à la cendre, les exportations liées à l'igname et aux autres cultures. Avec *P. phaseolides*, le bilan paraît équilibré au bout de cinq ans. En l'absence de dosage des éléments minéraux de *C. cajan*, ce bilan ne peut être fait.

Un bilan organique simplifié (sur douze ans) peut prendre en compte les mêmes paramètres que le bilan sur un an. Tant avec *P. phaseolides* qu'avec *C. cajan*, les bilans organiques paraissent positifs au bout de douze ans. Par contre, si le stock de matière organique semble augmenter légèrement sur 12 ans avec *C. cajan*, il semble baisser légèrement avec *P. phaseolides*, l'hypothèse de production de biomasse étant plus faible pour cette dernière.

On peut ensuite détailler chaque étape culturale et les coûts/temps de production qui y sont associés, pour l'itinéraire traditionnel vs amélioré : création des parcelles, installation de la plante de couverture, protection des parcelles contre le feu et le bétail, contrôle de la plante de couverture, semis de la plante principale, choix des semences, fertilisation, désherbage, tuteurage.

3.4. T3 : Identification de techniques améliorées pour stockage/transformation

3.4.1. Stockage : pratiques locales/internationales et recommandations

→ Rappel sur les pratiques locales (Cf. Partie 2.2.3. supra)

Les tubercules de *Dcr* de 1^{ère} récolte ne sont pas à maturité physiologique (GIRARDIN et NINDJIN, 1996¹²⁹ ; MALIKI, 2013¹³⁰) et se conservent peu, mais ils sont rapidement vendus ou consommés, car les volumes sont réduits. Il est très rare que des paysans conservent des semences issus de cette 1^{ère} récolte, sauf s'ils sont dans une situation particulière (besoin de reconstituer le stock de semences après perte accidentelle, volonté de vendre des semences à d'autres paysans).

Dans ce cas, les tubercules amenés à servir de semences sont coupés en morceaux et enterrés en fosse jusqu'à la 2^{nde} récolte, date à laquelle ils seront déterrés et stockés en grange. Les extrémités coupées produisent alors du suber qui protège le morceau de semences des attaques extérieures.

Lors de la 2^{nde} récolte (cas des tubercules de *Dcr* produits dans des buttes ayant subi une 1^{ère} récolte) ou de la récolte unique (tubercules de *Dcr* dont les buttes n'ont pas subi de 1^{ère} récolte ou tubercules de *D. alata*), les tubercules marchands sont souvent vendus bord champ aux commerçants et les tubercules d'autoconsommation sont ramenés au village à moto pour être rapidement consommés.

En conclusion, le stockage concerne principalement les semences, moins fragiles que les gros tubercules destinés à la commercialisation (NGUE BISSA et al., 2007). Ils sont stockés au champ : environ quatre à cinq mois en fosse, puis quatre mois en grange pour ceux issus de la 1^{ère} récolte (soit huit à neuf mois), environ quatre mois en grange pour ceux issus de la 2^{nde} récolte ou récolte unique.

Ces granges sont peu visitées pendant la saison sèche, les paysans ne vont pas y chercher des tubercules à vendre ou consommer. Moins de la moitié des paysans pratiqueraient des tris et dégermages ponctuels. Les pertes de stockage sont difficiles à estimer en l'absence d'un suivi permanent, mais les enquêtes de terrain laissent penser qu'elles sont faibles : 13%, soit moins de 3% de la production (environ 20% de la production servant de semences) (Cf. Partie 2.2.3. supra).

¹²⁹ GIRARDIN, O., NINDJIN, C. *Amélioration de la conservation de l'igname en milieu villageois*. Semperviva n°5. Abidjan - Centre suisse de recherches scientifiques (CSRS), 1996. 64p.

¹³⁰ MALIKI, R. *Gestion de la fertilité des sols pour une meilleure productivité dans les systèmes de culture à base d'igname au Bénin*. Thèse de doctorat. Abomey-Calavi - Université / Faculté des sciences agronomiques / CIRAD / France coopération, 2013. 266p.

Le taux de perte au cours du stockage en Haute-Guinée semble donc très faible par rapport aux taux rapportés dans la littérature : 20% toutes causes confondues (Réseau TPA, 2000), 30% pour le simple phénomène de respiration sans compter les pertes liées à la germination, attaques de maladies, insectes, micro-organismes, etc. (PASSAM et al., 1978, cité dans WONFACK, 2006), voire même 25 à 60% d'après GIRARDIN (1996¹³¹, cité dans ATTAIE et al., 1997). La réduction de ces pertes devrait néanmoins permettre d'améliorer la disponibilité en semences et la rentabilité de la culture.

→ Facteurs internes de dégradation des tubercules

Les tubercules de 1^{ère} récolte (*Dcr* uniquement) ne sont pas à maturité physiologique, leurs bourgeons ne sont pas préformés (DEGRAS, 1986) et leur teneur en eau est importante (NGUE BISSA et al., 2007). La maturité biologique du tubercule est en effet atteinte lorsque la translocation des produits de la photosynthèse s'arrête, aux environs de la sénescence complète du feuillage (CORNET, 2015)¹³².

Après maturité, les tubercules entrent en dormance pendant un à deux mois (durée supérieure pour les variétés de zones plus sèches) et réduisent leur métabolisme afin de traverser une période défavorable, la saison sèche, (OSUNDE, 2008)¹³³. Les tubercules de 1^{ère} récolte ne bénéficient pas de cette mise en veille et se conservent moins que ceux de 2^{nde} récolte (NGUE BISSA et al., 2007).

La levée de dormance est conditionnée par :

- La température. Chez *Dcr*, un séjour de 22 jours à 35°C entraîne une levée rapide et complète (IITA, 1979¹³⁴, cité dans DEGRAS, 1986). A contrario, des températures entre 15 et 17°C prolongent la dormance chez *Dcr* (ADEYUSI, 1973¹³⁵, cité dans DEGRAS, 1986) et également *D. alata* (GONZALES et COLLAZO DE RIVERA, 1972¹³⁶, cité dans DEGRAS, 1986) ;
- L'humidité. Un taux d'humidité élevé favoriserait la levée de dormance de *Dcr* pour des températures de 25-35°C (PASSAM, 1977¹³⁷, cité dans DEGRAS, 1986).

La dormance est suivie de la germination, pour laquelle les réserves sont mobilisées et dégradées. Ainsi, plus la dormance est longue, mieux l'igname se conserve (WILSON, 1987)¹³⁸. D'après DEGRAS (1986), la durée de conservation minimale chez l'igname est de l'ordre du mois, entre deux à six mois avec de bonnes pratiques, exceptionnellement un an au Nigéria et aux Antilles.

Les facteurs internes de perte de poids des tubercules sont les suivants (DEGRAS, 1986) :

- Transpiration (pendant la dormance) : elle entraîne une perte d'eau et est d'autant plus forte que la température et la ventilation sont élevées et que l'écorce du tubercule est mince ;
- Respiration (pendant la dormance) : elle entraîne une perte de matière sèche (dégradation de l'amidon) et est d'autant plus forte que la récolte est précoce et la température élevée ;
- Germination (après dormance) : elle accélère la perte de poids, sauf pour les tubercules récoltés après 10 mois, et elle favorise les agressions parasitaires.

¹³¹ GIRARDIN O. *Technologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire* - Thèse de doctorat en sciences techniques. Zurich - Ecole polytechnique fédérale, 1996. 136p

¹³² CORNET, D. *Influence des premiers stades de croissance sur la variabilité du rendement parcellaire de deux espèces d'igname (Dioscorea spp.) cultivées en Afrique de l'Ouest*. Thèse de doctorat. Paris - ParisTech / AgroParisTech / Ecole doctorale Agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé (ABIES), 2015. 174p.

¹³³ OSUNDE, Z.D. *Minimizing Postharvest Losses in Yam (Dioscorea spp.): Treatments and Techniques*. In : *Ch12 - Using Food Science and Technology to Improve Nutrition and Promote National Development*, ROBERTSON, G.L., & LUPIEN, J.R. (Eds), © International Union of Food Science & Technology, 2008. 12p.

¹³⁴ IITA. *Annual report for 1978*. Ibadan - IITA, 1979.

¹³⁵ ADEYUSI, S.A. *Advances in yam storage research in Nigeria* ; In: 3rd International symposium on tropical roots crops. Ibadan – IITA, 13p.

¹³⁶ GONZALES, M.A., COLLAZO DE RIVERA, A. *Storage of fresh yam (D. alata L.) under controlled conditions*. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 56, 1972. Pp. 46-56.

¹³⁷ PASSAM, H.C. *Sprouting and apical dominance of yam tuber*. Tropical science 19 (1), 1977. pp 29-39.

¹³⁸ WILSON, J.W., 1987. *Careful Storage of Yams - Some Basic Principles to Reduce Losses*. Agro-Facts Crops. IRETA Publication No. 15/87. 14p.

La ventilation limiterait la germination OSUNDE (2008) mais elle pourrait également favoriser la transpiration (AJAYI et MADUEKE, 1990¹³⁹, dans TSCHANNEN, 2003¹⁴⁰). Ainsi, TSCHANNEN (2003) recommande une ventilation modérée et OFOR et al. (2010)¹⁴¹, une ventilation surtout la nuit.

➔ Facteurs externes de dégradation des tubercules

L'igname subit les attaques de multiples agents, aux interactions peu connues (DEGRAS, 1986) :

- Champignons : Leur développement est favorisé par une température et une humidité élevées. Les tubercules gravement touchés par des champignons dans le sol présentent généralement des attaques de nématodes ou d'insectes : on suppose donc que les champignons ne franchissent l'écorce qu'à la faveur de blessures (*Ibid*). D'après CAMARA et al. (2005), les attaques sur l'igname sont rares en Haute-Guinée et ne concerneraient que l'antracnose et la cercosporiose :

Tâches brunes caractéristiques



Jaunissement caractéristique



Figure 59 - Photos d'attaques par antracnose (à g.) et cercosporiose (à d.) (Source : NGUE BISSA, 2007)

- Nématodes : Ce sont des vers parasitant les tubercules, qui peuvent causer de gros dégâts en cas d'utilisation de semenceaux infestés. Une faible température (12-18°C) associée à une humidité élevée (80-85%) réduisent leur multiplication (*Ibid*). Les pertes peuvent être modérées : c'est le cas avec *Meloidogyne* (root-knot nematod), qui donne au tubercule un goût légèrement sucré et provoque des galles qui compliquent l'épluchage. Les pertes peuvent être importantes : c'est le cas avec *Scutellonema bradys* et *Pratylenchus coffae*, qui entraînent des lésions, pourritures sèches et la contamination par des champignons (*Ibid*).

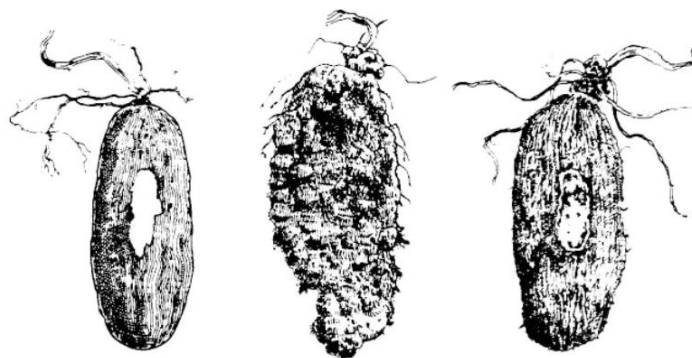


Figure 60 - Tubercules sain (à g.), infesté par *Meloidogyne* (au milieu), infesté par *Pratylenchus* (à d.) (Source : WILSON, 1987)

- Insectes : Ils sont divers. Leurs attaques concerneraient surtout *D. alata* (TSCHANNEN (2003)).
 - Coléoptères : Elles attaquent surtout les tubercules dans le sol mais peuvent aussi attaquer les tubercules stockés. Leurs dégâts sont souvent limités à 1% des récoltes (COURSEY, 1967¹⁴² ;

¹³⁹ AJAYI, O.A., MADUEKUE, L.U. A study of weight loss of stored yam (*Dioscorea cayenensis*) as affected by the ventilation of the storage locations. Journal of the Science of Food and Agriculture 50, 1990. pp. 257-260.

¹⁴⁰ TSCHANNEN, A. Controlling Post-Harvest Losses of Yam (*Dioscorea spp.*) by Application of Gibberellic Acid. Diss. ETH No. 14942, Zürich. 2003. 138p.

¹⁴¹ OFOR, M.O., PRARAEKE, A.M., IBEAWUCHI, I.I. Indigenous Knowledge Systems for Storage of Yams in Nigeria: Problems and Prospects. Researcher. 2010. 6p.

¹⁴² COURSEY, D.G. Yams. Londres - Longmans, 1967.

PANS, 1978¹⁴³, cités dans DEGRAS, 1986). Ils peuvent causer une infestation par des bactéries ou champignons, un brunissement du tubercule et une dégradation du goût ;

- Lépidoptères : La pyrale *Ephestia cautella* ou *Blastobasis* infeste le tubercule stocké, au niveau des blessures, et ses larves se consomment la chair (DEGRAS, 1986) ;
- Termites : Elles peuvent s'attaquer à l'igname mais les dégâts concernent le plus souvent le bois des magasins de stockage (*Ibid*).
- Cochenilles : Elles provoquent les attaques les plus graves (*Ibid*). Elles se multiplient pendant le stockage, notamment quand les tubercules sont entassés. Les tubercules perdent de l'eau et de la matière sèche, se dessèchent et se rident. La germination des semenceaux est fortement compromise. Des températures basses (16-18°C) limitent leur développement (*Ibid*).
- Animaux : Ils peuvent consommer les tubercules au champ ou stockés, s'ils y ont accès. Il peut s'agir du bétail, des singes, mais surtout des rats (*Ibid*) ;
- Chaleur : Elle entraîne un pourrissement et une perte de poids (*Ibid*).

➔ Revue des systèmes de stockage

La conception de ces systèmes a des incidences sur l'ensemble des paramètres entrant en jeu dans la conservation, paramètres précédemment décrits :

- Température : Elle est régulée par l'ombrage et l'inertie thermique de la terre (cas des fosses). Les températures basses favorisent la conservation, mais, en dessous de 15°C, elles détruisent les tissus (OSUNDE, 2008) et font apparaître des pourritures (TSCHANNEN, 2003) ;
- Ventilation : Elle est souvent faible à nulle en fosse et peut être réduite dans les constructions de stockage. La ventilation limite la germination et les pourritures mais, peut aussi augmenter la transpiration si elle est trop forte (OSUNDE, 2008 ; TSCHANNEN, 2003 ; OFOR et al., 2010) ;
- Humidité : Elle est liée à la ventilation, la température et la présence de réserves d'eau (terre humide sur les tubercules par exemple). Pour IGBEKA (1985¹⁴⁴, cité dans TSCHANNEN, 2003), la fourchette optimale de taux d'humidité est de 30 à 70% ;
- Blessures : Les plaies et écrasements sont importants quand les ignames sont jetées à terre ou sont entassées. Ceci favorise les attaques d'insectes et les pourritures ;
- Accessibilité : Si possible, les tubercules doivent être inaccessibles aux insectes et aux rongeurs, mais facilement accessibles aux paysans pour faire des tris réguliers et éliminer les tubercules infestés. L'idéal est un stockage sur étagères ;
- Contaminations : Les contacts avec les débris de récoltes et les adventices, possibles réservoirs de maladies et parasites, doivent être évités (KOUAKOU et al., 2005).

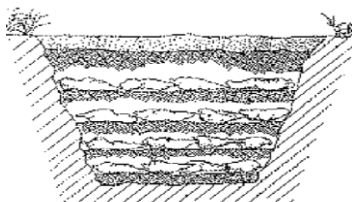
Les systèmes de stockage sont divers (près de 10). Leurs avantages/inconvénients sont présentés en détail à l'**Annexe 6 infra** et ils sont illustrés par les schémas et photo de la figure suivante. Pour NGUE BISSA et al. (2007), il n'existe pas de système de stockage permettant à la fois de protéger le stock des ravageurs et d'inspecter régulièrement les tubercules. Le meilleur système serait celui promu par le PNDRT au Cameroun : hutte élevée en matériaux locaux (bambous, seccos, paille, etc.) avec des claies permettant l'entreposage des tubercules sur trois épaisseurs maximum (*Ibid*).

De construction simple, solide et peu coûteuse, bien aérée, elle permettrait d'éviter pourritures et attaques de rongeurs (mais pas celles des insectes), et faciliterait l'inspection des tubercules. Au Ghana, elle aurait permis d'augmenter jusqu'à 50% la marge brute de la culture d'igname (BELL et al, 2000¹⁴⁵, cités dans NGUE BISSA et al., 2007).

¹⁴³ PANS. Manuel n°4. 1978

¹⁴⁴ IGBEKA, J.C. *Storage practices for yam in Nigeria. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 16(1), 1985. pp. 55-58.

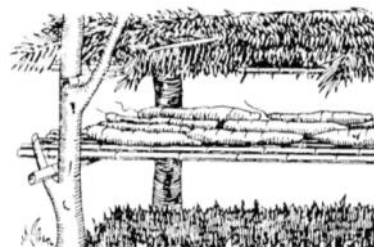
¹⁴⁵ BELL, A., MÜCK, O., SCHULER, B. *Les richesses du sol, les plantes à racines et tubercules en Afrique : une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte*. Eschborn - DES/GTZ 65726, 2000



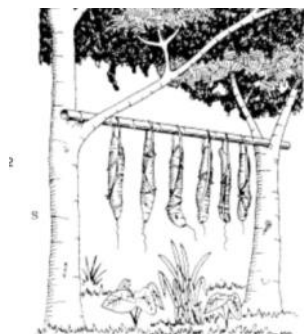
Fosse (NGUE BISSA et al., 2007)



Abri de savane (NGUE BISSA et al., 2007)



Claie sous abri (WILSON, 1987)



Tresse à ignames (WILSON, 1987)



Claies verticales en enclos, de l'extérieur (à g.), de l'intérieur (à d.) (WILSON, 1980¹⁴⁶, dans DEGRAS, 1986)



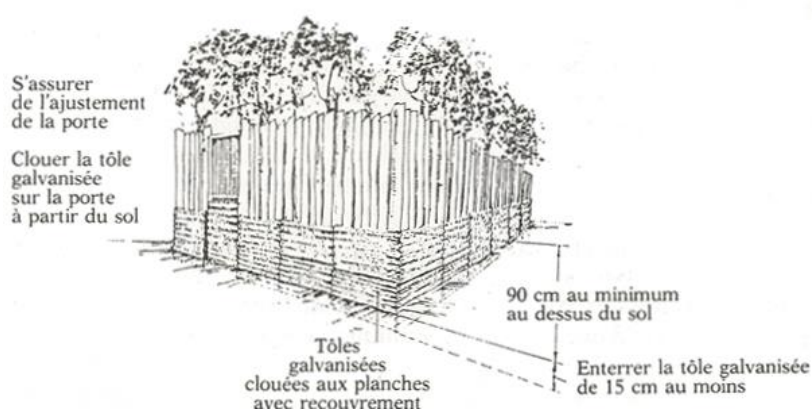
Grange vers Kankan (Auteurs, 2015)



Maison à igname (WILSON, 1980, dans DEGRAS, 1986)



Case de stockage vers Kankan (Auteurs, 2015)



Tôles pour bloquer les rats (à g. : WILSON, 1980 dans DEGRAS, 1986 ; à d. : WILSON, 1987)

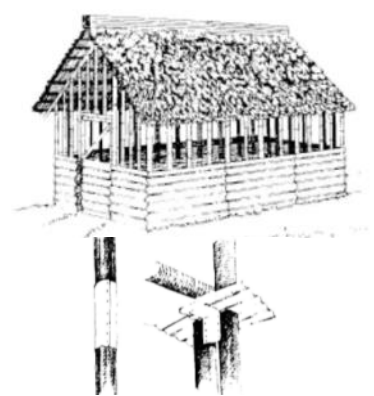


Figure 61 - Schémas et photos de systèmes de stockage (Sources : WILSON, 1980 ; DEGRAS, 1986 ; WILSON, 1987 ; NGUE BISSA, 2007 ; Auteurs, 2015)

¹⁴⁶ Référence non détaillée dans le document source

→ Revue des techniques de conservation

De nombreuses techniques sont décrites dans la littérature, notamment « *curing* » (cicatrisation des plaies à la chaleur et l'humidité) ; stimulation de la dormance / inhibition de la germination, traitements fongicides, traitements parasitaires. Elles sont présentées en détail à l'**Annexe 6 infra**.

Elles sont d'un niveau de complexité variable, mais sont, généralement, peu susceptibles d'être adoptées par les paysans membres de la FUCPIS, qui rapportent des taux de perte très réduits et ne verraient a priori pas l'intérêt de mettre ces techniques en œuvre. On présente donc ci-dessous les recommandations les plus basiques faites dans la littérature, concernant la sélection des variétés et semenceaux d'une part, le tri et égermage des tubercules récoltés d'autre part :

- Sélection des variétés et semenceaux :
 - Variétés : KOUAKOU et al., (2005) recommandent de sélectionner les variétés à tubercules courts pour éviter les blessures à la récolte, d'écarter les tubercules blessés, de ne conserver que les tubercules de moins de deux kg pour les variétés *Dcr* et les gros tubercules pour les variétés *D. alata* ;
 - Semenceaux : DEGRAS (1986) recommande l'utilisation des zones distales des tubercules (queues) ou les tubercules de 2^{nde} récolte (peu ou pas infestés par les nématodes) comme semenceaux.
- Tri et égermage des tubercules :
 - Blessure : Il est crucial de les éviter à la récolte (OFOR et al., 2010) ;
 - Pourriture : Les paysans rencontrés lors de la mission de terrain qui pratiquaient le tri jetaient généralement les tubercules pourris aux abords du champ, voire dans le champ, préparé pour la campagne suivante. Cette pratique favorise la colonisation des cultures à venir par les parasites et champignons. WILSON (1987) recommande de brûler les tubercules infestés par les cochenilles, du type *Pratylenchus*, ou de les enterrer trop profond pour qu'ils ne poussent.
 - Egermage : WILSON (1987) et OSUNDE (2008) recommandent un égermage par semaine en coupant les bougeons à la base. GIRARDIN (1996, cité dans TSCHANNEN, 2003), considère cependant qu'un égermage tous les mois est un bon compromis entre efficacité et temps de travail. Les germes doivent être coupés avec soin, leur arrachage créant des blessures favorisant les attaques d'insectes et de pourritures (KOUAKOU et al., 2005). STRESSENS et GIRARDIN (1997) ont montré que si l'égermage était efficace sur *Krenglè* (*Dcr*), il était sans effet sur *Bètè-Bètè* (*D. alata*).

→ CCL : Identification de systèmes et techniques de stockage prometteurs.

Concernant les systèmes de stockage, nous avons vu que celui qui semblait le plus indiqué était la hutte élevée avec claies horizontales, telle que représentée ci-dessous :

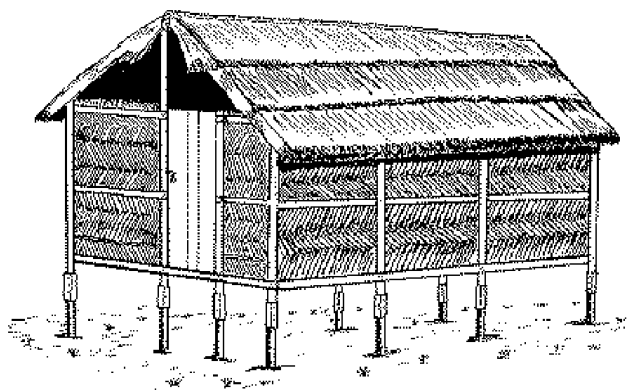


Figure 62 - Hutte élevée pour le stockage d'igname (Source : NGUE BISSA et al., 2007)

Hors, comme nous l'avons dit à plusieurs reprises, il est peu probable que les paysans membres de la FUCPIS adoptent une telle hutte, étant donné le coût/temps de fabrication en jeu alors que le taux de perte perçu est très faible. Pour cette raison, sachant que les deux systèmes de stockage utilisés en Haute-Guinée paraissent adaptés (fosse pour semenceaux entre la 1^{ère} et la 2^{nde} récolte, hutte pour semenceaux entre la 2^{nde} récolte ou récolte unique et la plantation de l'année suivante), on se limitera à des recommandations simples concernant les actions préventives d'une part et curatives d'autre part :

- Actions préventives :
 - Planter des semenceaux sains (éventuelles attaques de nématodes et champignons visibles sur les semenceaux, mais attaques de virus invisibles : il faut isoler les plants atteints par la mosaïque en cours de végétation pour isoler les tubercules qui en sont issus) ;
 - Eviter les contacts entre semenceaux et débris de récoltes ou adventices (réservoirs potentiels de pestes et maladies)
 - Isoler et consommer rapidement après récolte tous les tubercules atteints ;
- Actions curatives :
 - En cas de blessure : Favoriser la cicatrisation par curing ou feuilles de neem ;
 - En cas de risque d'attaque : Appliquer du gin, de la chaux, de la cendre de fleurs de palmier à huile pour leurs vertus fongicides ; de la cendre de neem, de papayer et de néré pour leurs vertus insecticides ;
 - Dans tous les cas : Faire des dégermages et tris réguliers.

Le stockage de l'igname en Haute-Guinée ne concerne que les semenceaux (20% de la production) : huit à neuf mois de stockage en fosse puis hutte pour ceux issus de la 1^{ère} récolte, quatre mois en hutte pour ceux issus de la 2^{nde} récolte ou de la récolte unique. Tri et égermage des stocks ne sont pas systématiques. Les pertes sont faibles : 13% au stockage soit moins de 3% de la production.

Au cours du stockage, les tubercules perdent du poids sous l'effet de facteurs internes (transpiration, respiration et germination une fois la dormance levée) et sont endommagés sous l'effet de facteurs externes (champignons, nématodes, insectes, animaux, chaleur).

Les conditions de stockage idéales combinent des températures basses, une bonne ventilation, un taux d'humidité faible, la limitation du risque de blessures ou écrasement, une protection contre les rongeurs et insectes, un éloignement des réservoirs de maladies et un accès facilité pour le tri.

Il n'existe pas de système traditionnel de stockage qui permette à la fois de limiter les attaques des ravageurs et d'inspecter régulièrement les tubercules. Celui qui apparaît le plus adapté, parmi les quelques 10 systèmes de stockage existants, est le stockage en hutte surélevée avec des claies.

Les techniques de conservation incluent la cicatrisation des plaies (*curing* notamment : court séjour à températures et humidité élevées), la stimulation de la dormance (en particulier par la gibbérelline), des traitements fongicides et antiparasites de synthèse ou naturels. Simples à mettre œuvre, la sélection des tubercules à stocker, le tri et l'égermage ainsi que le nettoyage des aires de stockage sont systématiquement recommandés.

Pour les paysans membres de la FUCPIS, on peut recommander des actions simples, non toxiques et peu coûteuses : (i) préventives : planter des semenceaux sains et éviter leur contamination au champ, consommer rapidement les tubercules atteints, et (ii) curatives : en cas de besoin, faire le curing, appliquer des produits fongicides ou insecticides naturels (vin de palme, cendre de neem, etc.), dans tous les cas, faire des dégermages et tris réguliers

3.4.2. Transformation : pratiques sous-régionales/locales et recommandations

→ Pratiques sous-régionales

Dans la sous-région, l'igname est essentiellement commercialisée en tubercules frais, consommés le plus souvent pilés (*foutou* ou *fufu*), parfois bouillis, braisés ou réduits en farine puis pâte. Au Bénin par exemple, l'igname est surtout consommée sous sa forme pilée, appelée « *foutou* » (85%), occasionnellement bouillie ou sous forme de pâte de cossette ou de ragoût (DANSI, 2003).

Cependant, la transformation en cossettes, obtenues en saison sèche après pré-cuisson et séchage au soleil, est importante dans l'Ouest du Nigéria et au Bénin. Elle existe au Togo mais est moins répandue (Réseau TPA, 2000). Le concassage et la mouture de ces cossettes permet d'obtenir une farine, laquelle est utilisée pour la préparation de divers plats (pâte *amala* et couscous *wassa-wassa* au Bénin par exemple).

Le taux de matière sèche des cossettes est supérieur à 85%, quand il se situe entre 20 et 40% pour l'igname fraîche. Ces cossettes sont dures et ne s'abiment pas (*Ibid*). Ainsi, les cossettes et la farine constituent une solution efficace de stockage : si l'igname fraîche se conserve généralement moins de six

mois, les cossettes produites au Bénin se conservent fréquemment jusqu'à un an (ATTAIE et al., 1997). Il faut cependant souligner le fait que les cossettes peuvent être attaquées par des insectes foreurs en cas de longue conservation (Réseau TPA, 2000), en particulier par les charançons (DANSI, 2003). De plus, la farine peut se ré-humidifier pendant le stockage (ATTAIE et al., 1997).

Cela étant dit, le faible taux d'humidité permet de réduire les coûts du transport pour une même quantité de matière sèche (on évite de transporter de l'eau). Dans ces conditions, le transport de produits à base d'igname des zones de production vers de nouvelles zones de consommation, les villes surtout, devient envisageable. Par ailleurs, la conservation permet d'affranchir les consommateurs des contraintes saisonnières liées à la production de l'igname.

Les cossettes et la farine répondent donc à une attente forte des acheteurs, à tel point que dans les villes du Sud-Ouest du Nigéria et du Sud du Bénin, la consommation de cette farine devance celle de l'igname pilée et des préparations à base de manioc, maïs ou riz (Réseau TPA, 2000). Ceci est confirmé par NGUE BISSA et al. (2007) : « Dans le Sud-Ouest du Nigeria et, sur une moindre échelle, au Bénin et au Togo, l'amala préparé à base de cossettes d'igname commence à remplacer le fufu et même - au Nigeria surtout - les aliments dérivés du maïs. Une enquête dans ces trois pays a montré que les consommateurs apprécient les qualités gustatives, la disponibilité permanente et la facilité de préparation de l'amala ».

Une présentation détaillée des procédés de transformation existants dans la sous-région est faite en **Annexe 7 infra**.

➔ Pratiques locales et justification d'une action sur la transformation

En Haute-Guinée, les techniques de transformation en cossette et farine ont été introduites en 2005, mais restent très marginalement pratiquées dans seulement deux villages, Sanah (village du Secrétaire de la FUCPIS) et Tintioulen (village du Président de la FUCPIS), Sous-préfecture de Tintioulen. La production est faible : 65 kg de farine en 2014, vendues 10 000 FG/kg à Sanah et 25 000 FG/kg à Tintioulen.

Pourtant, le produit est très stable : d'après les femmes transformatrices de Sanah, la farine pourrait se conserver près de deux ans, ce qui est confirmé par un technicien de la FUCPIS (Comm. pers. S. KEITA - FUCPIS, 2016). De plus, la farine est très appréciée, d'après les transformatrices et toutes les personnes interrogées à ce sujet (paysans, techniciens FUCPIS, cadres de l'administration, etc.). On peut légitimement se demander pourquoi l'engouement n'est pas plus fort. Il semble en fait y avoir plusieurs raisons :

- Taux de perte minime : Comme on l'a vu, le stockage concerne essentiellement les semenceaux et le taux de perte global est réduit (Cf. **Partie 3.4.1 supra**). La transformation en cossettes et farine est donc peu liée à l'objectif de valoriser des tubercules susceptibles de se perdre lors du stockage ;
- Pas de stratégie partagée sur la matière première : Les techniciens de la FUCPIS ont dans l'idée de valoriser les petits tubercules peu cotés à la vente (Comm. pers. M. DIAKITE – FUCPIS, 2016). Mais, les transformatrices de Sanah disent préférer transformer de gros tubercules (2 kg), car l'épluchage des petits serait trop long et plomberait la rentabilité de l'activité. Les arguments des deux parties sont pertinents, mais n'ayant pas été confrontés, il n'y a pas de stratégie partagée en la matière ;
- Pénibilité du concassage : Les transformatrices se plaignent du fait que les cossettes sont dures comme du bois et que leur concassage au pilon manuel nécessite beaucoup de temps et d'énergie. Quant aux propriétaires de moulins, pourtant habitués à concasser du manioc séché, ils refusent les cossettes ;
- Rentabilité mal connue : Corollaire des trois points précédents, les transformatrices ont peu d'activités et ont une idée vague des temps, coûts et marges liés à l'activité, comme l'illustrent ces données recueillies auprès des transformatrices de Sanah :
 - Le rendement de transformation est de 0,25 (1 kg de farine pour 4 kg de tubercule frais) ;
 - Les coûts sont les suivants : (i) Tubercules frais : Ils ne sont pas achetés, mais on les valorise au prix moyen observé (2 800 FG/kg). Il s'agit en effet de tubercules de deux kg en moyenne, plus faciles à éplucher que les petits tubercules. Le coût est donc de 11 200 FG/kg de farine, (ii) Sac : 30 FG/sac de un kg, (iii) Temps (épluchage, cuisson, pilage, mise à sécher, ensachage) : environ quatre heures de travail d'une femme pour produire un kg de farine dont 2h30 pour le pilage, soit 15 000 FG/kg de farine (en prenant un coût de la journée à 30 000 FG pour huit heures de travail). Le total des coûts est de 26 230 FG/kg de farine
 - La farine est vendue au prix de 10 000 FG/kg de farine, soit en-dessous de son prix de revient, mais aussi en-dessous du prix des tubercules : 2 500 FG/kg équivalent frais pour la farine vs 2 800 FG/kg pour les tubercules frais. On peut certes noter que la FUCPIS vend de la farine à 20 000 FG/kg et les

transformatrices de Tintioulen en vendent à 25 000 FG/kg, mais ces prix sont toujours en dessous du coût de revient.

Cela étant dit, d'une part, les techniciens de la FUCPIS et les paysans membres de la FUCPIS voient un intérêt à développer une filière cossettes/igname capables de drainer des tubercules trop petits pour être vendus ou servir de semenceaux ; d'autre part, les transformatrices sont intéressées pour développer une nouvelle activité économique, pour peu que celle-ci soit rentable.

Partant de ces constats, en considérant qu'une stratégie commune soit élaborée concernant le type de tubercules à valoriser en cossettes et farine, on pourrait imaginer deux pistes de développement afin de chercher à rendre l'activité rentable :

- Adapter le procédé : Les techniciens de la FUCPIS disent avoir testé avec succès un procédé où les tubercules sont épluchés après pré-cuisson (et pas avant) puis découpés en morceaux de 1 à 2 cm, qui peuvent une fois séchés être moulus directement dans les moulins à manioc. Le procédé donnerait de la farine bien blanche et des grains plus gros (2-3 kg pour 10 kg de farine) (Comm. pers. S. KEITA - FUCPIS, 2016) ;
- Conserver le procédé et introduire des concasseurs ad hoc : De tels concasseurs existent dans la sous-région et permettraient de réduire la pénibilité pour les femmes et, a priori, d'augmenter la rentabilité de l'activité. Cependant, l'acquisition de matériel par la FUCPIS poserait de nouvelles difficultés : Où le commander ? Qui l'installera et le maintiendra ? Qui l'utilisera et selon quelles modalités/coûts ?

➔ CCL : Identification de techniques de transformation prometteuses

Au niveau technologique, il serait intéressant de poursuivre les tests : identifier la taille idéale des cossettes ; valider/invalidier le procédé d'épluchage après pré-cuisson (suivi du développement des moisissures), avec ajout éventuel de soude ; tester la mouture sans pré-cuisson, déjà testée au Bénin (HOUNHOUIGAN et al., 1997)¹⁴⁷ et permettant de moudre dans des moulins à riz, sans concassage préalable ; comparer la qualité du séchage au sol vs sur mirador.

Au niveau technico-économique, il serait indispensable de valider une stratégie commune claire au sein de la FUCPIS (transformation des petits vs gros tubercules. Il serait a priori plus pertinent de valoriser les tubercules petits ou abimés), puis de former les transformatrices au calcul de leurs coûts, bénéfices et marges, afin d'éviter la fixation de prix de vente trop bas ou d'utiliser des tubercules à forte valeur commerciale.

Les cossettes sont des tubercules ou fragments épluchés, précuits et séchés. L'ajout de feuilles pendant la pré-cuisson permettrait d'éviter les brûlures sur la paroi de la marmite, de donner un pouvoir insecticide et fongicide aux cossettes, de garantir leur dureté (meilleure conservation) et leur blancheur (meilleur aspect). La farine est obtenue par concassage et mouture des cossettes.

La transformation améliore la conservation de l'igname, réduit son coût de transport, permet de valoriser les petits tubercules et offre des opportunités de travail pour les femmes. La farine d'igname est très répandue dans les villes du Sud du Bénin et du Sud-Ouest du Nigéria, où l'igname fraîche est chère.

La pratique reste marginale en Haute-Guinée, car les enjeux de stockage sont faibles, la transformation difficile (épluchage et concassage au mortier), la stratégie de valorisation floue (la FUCPIS souhaite valoriser les petits tubercules, les transformatrices préfèrent transformer des gros). En conséquence, la rentabilité de l'activité est mal connue et la vente se fait sous le coût de revient.

Il faudrait poursuivre les tests, notamment sur la réduction de la taille des cossettes, l'épluchage après pré-cuisson et la mouture sans pré-cuisson, afin d'essayer de supprimer l'étape de concassage, goulet d'étranglement de la filière. Il faudrait aussi en parallèle définir une stratégie commune claire quant à la valorisation des petits tubercules et apporter aux transformatrices des rudiments de gestion technico-économique.

¹⁴⁷ HOUNHOUIGAN, D.J., AKISSOE, N., BRICAS, N., VERNIER, P., 1997. *Diagnostic des systèmes techniques de transformation de l'igname en cossettes séchées au Bénin*. in BERTHAUD, J., BRICAS, N., MARCHAND, J.L. (Eds), 1998. L'igname, plante séculaire et culture d'avenir. Actes du séminaire international CIRAD-INRA-ORSTOM-CORAF. 3-6 juin 1997, Montpellier, France. 4p.

4. Résultats des tâches 4 à 6

4.1. T4/T5 : Conception du dispositif expérimental et son système de suivi

4.1.1. T4 : Dispositif expérimental

→ Nécessité d'expérimenter en station ET en milieu paysan

D'une part, les essais en station sont souvent peu représentatifs des conditions de culture rencontrées en milieu paysan, mais ils permettent d'estimer la variabilité des rendements due à différents traitements (MORRIS et BELLON, 2004)¹⁴⁸. D'autre part, les essais en milieu paysan sont plus représentatifs, mais conduisent à une variabilité des rendements plus grande que celle qui serait due aux seuls traitements, chaque paysan ayant sa propre façon de mettre en œuvre des innovations (FIELDING, & RILEY, 1998)¹⁴⁹.

En croisant les analyses de variabilité des essais en station et en milieu paysan, on peut donc quantifier non seulement la valeur ajoutée « théorique » des innovations proposées, mais aussi leur valeur ajoutée « réelle », ce qui permet de proposer des innovations crédibles (VAN EEUWIJK et al., 2001)¹⁵⁰.

En effet, le manque de considération des préoccupations des paysans a souvent freiné l'adoption et la diffusion de nouveaux itinéraires techniques, car les paysans peuvent orienter leurs préférences selon des priorités qui échappent aux chercheurs. Par exemple, pour les cacaoculteurs ivoiriens adeptes des systèmes agroforestiers, celle d'une régularité des revenus étalée au-delà des cinq mois de production des systèmes plein soleil, qui ont pourtant fait l'objet de nombreux essais en station (KOUADJO et al., 2002)¹⁵¹.

Pour répondre à ces défis, l'approche « *Mother and Baby Trials* » est intéressante : en prévoyant l'implantation simultanée d'essais en station et en milieu paysan, elle permet d'évaluer de façon rigoureuse l'intérêt intrinsèque d'une innovation agronomique, tout en évaluant les chances que cette innovation puisse être réellement adoptée en milieu paysan (SNAPP, 2002)¹⁵², l'adoption dépendant souvent de facteurs non testés (pénibilité, intégration dans le calendrier cultural, etc.) (LANCON, 2006)¹⁵³.

L'approche étant participative, elle permet également d'anticiper sur l'étape de diffusion des itinéraires techniques les plus performants grâce à un renforcement de l'implication des paysans et la multiplication de parcelles d'essais pouvant servir de sites de démonstration (DESCLAUX, 2006)¹⁵⁴.

→ Dispositif expérimental

Sur la base des analyses déjà présentées (Cf. **Partie 3.3 supra**) et des recommandations théoriques et pratiques en matière d'essais agronomiques faites par BOZZA¹⁵⁵, il est proposé de tester la culture de l'igname *Sofèren* (variété *Dcr* la plus répandue) suivant quatre traitements (NB : densité = 5 400 plants/ha) :

¹⁴⁸ MORRIS, M.L., BELLON, M.R. *Participatory plant breeding research: opportunities and challenges for the international crop improvement system*. Euphytica, 136. 2004. pp21-35

¹⁴⁹ FIELDING, W.J., & RILEY, J. *Aspects of design of on-farm fertilizer trials*. Experimental Agriculture, 34(02). 1998. pp219-230

¹⁵⁰ VAN EEUWIJK, F.A., COOPER, M., DELACY, I.H., CECCARELLI, S. and GRANDO, S. *Some vocabulary and grammar for the analysis of multi-environment trials, as applied to the analysis of FPB and PPB trials*. Euphytica 122. 2001. pp477-490

¹⁵¹ KOUADJO, J.M., KEHO, Y., MOSSO, R.A., TOUTOU, K.G., NKAMLEU, G.B., & GOCKOWSKI, J. *Production et offre du cacao et du café en Côte d'Ivoire. Survey Report, ENSEA-Sustainable Tree Crops Program*. Abidjan – IITA. 2002

¹⁵² SNAPP, S. *Quantifying farmer evaluation of technologies: The mother and baby trial design. Quantitative analysis of data from participatory methods in plant breeding*, 2002. 9p

¹⁵³ LANCON, J., LEWICKI, S., VIOT, C., DJABOUTOU, M., COUSINO, J.C., & SEKLOKA, E. *Recréer du lien dans les filières cotonnières : la sélection participative au Bénin et au Paraguay*. Cahiers Agricultures, 15(1). 2006. pp92-99

¹⁵⁴ DESCLAUX, D. *Sélection participative: spécificités et enjeux pour des agricultures paysannes et durables*. Le courrier de l'environnement de l'INRA, (30). 2006. pp119-127

¹⁵⁵ ARRIVETS, J. et BOZZA, J.-L. *Conduite de la recherche sur la fertilité des sols : élaboration des protocoles d'essais agronomiques & analyse des résultats - Manuel pratique d'élaboration d'un protocole d'essai, depuis la conception jusqu'à la rédaction du rapport de campagne - 2ème partie : Les bases théoriques et pratiques de l'expérimentation de plein champ*. Bebedjia – ITRAD. 2009 77p

- T0 (témoin) : sur jachère naturelle de deux ans, avec buttage et sans tuteurage ;
- T1 : sur jachère naturelle de deux ans, sans buttage et avec tuteurage ;
- T2 : sur jachère de *P. phaseolides* de deux ans, sans buttage et avec tuteurage ;
- T3 : sur jachère de *C. cajan* de deux ans, sans buttage et avec tuteurage.

En station, au CRAB de Bordo, les quatre traitements seront répétés dans huit blocs, soit 32 placeaux. On aura donc deux facteurs : (i) Traitements : facteur fixe à quatre modalités, (ii) Blocs : facteur aléatoire à huit modalités.

Deux sites paysans seront sélectionnés pour chacune des six Sous-préfectures où opère la FUCPIS et où l'igname est bien présent (la Sous-préfecture de Koundian ne serait donc pas concernée). L'idée initialement émise de mener des essais chez soixante paysans (10 paysans/Sous-préfecture x six Sous-préfecture) a donc été abandonnée, la lourdeur d'un tel dispositif paraissant ingérable par la FUCPIS.

L'identification des sites est en cours au niveau de la FUCPIS, sur la base de trois critères : (i) être représentatifs de la diversité des exploitations (notamment en termes de fertilité des sols), (ii) impliquer des paysans motivés, capables de mettre en œuvre les essais et de les présenter aux autres, capables de tenir un carnet d'essai simple, (iii) être faciles d'accès (pour le suivi par les techniciens et pour les visites paysannes).

Sur chaque site, on aura trois traitements (T0/T1/T2 ou T0/T1/T3, un jeu de chaque par Sous-préfecture) répétés deux fois, soit 72 placeaux pour les essais multiloaux. On aura donc groupes d'essais avec trois facteurs : (i) Traitements : facteur fixe à trois modalités, (ii) Blocs : facteur aléatoire à deux modalités, (iii) Sites : facteur fixe à 12 modalités.

Les placeaux, en station et en milieu paysan, seront disposés en blocs de FISCHER. Chacun d'eux aura une taille de 50 m² (5 m x 10 m), étant entendu que les données issues des plants de bordure (bande de 1 m) ne seront pas prises en compte dans les analyses. La surface considérée pour le recueil des données sera donc de 24 m².

On procèdera à l'analyse de la variance des rendements observés en station et en milieu paysan. Pour ce faire, on calculera pour chaque type d'essai la variance totale, celle due aux traitements, celle due aux blocs et la variance résiduelle. En utilisant la Loi de FISCHER-SNEDECOR, on comparera les valeurs $F_{\text{observés}}$ des rapports de la variance due au bloc et/ou au traitement à la variance résiduelle aux valeurs $F_{\text{théoriques}}$.

Ceci permettra de savoir si les blocs et/ou traitement ont des effets sur le rendement. Si les traitements ont des effets, on cherchera enfin à déterminer s'ils sont significativement différents entre eux en calculant la plus petite différence significative (PPDS), fonction de la variance résiduelle et de la variable t de STUDENT.

4.1.2. T5 : Système de suivi et analyse technico-économique

Le système de suivi devra être le plus léger possible, afin d'être facilement accepté et mis en œuvre, que ce soit en station ou en milieu paysan. Les indicateurs qui le constituent devront être « SMART » : Spécifique / Mesurable / Acceptable / Réaliste / Temporellement défini.

→ Suivi agronomique

Avant plantation, on pourra faire idéalement quatre jeux de mesure sur les parcelles mères et filles :

- **Rapport C/N** : Le CRAB n'a pas les moyens techniques pour faire des analyses complètes de sol et aucune autre institution guinéenne des environs de Kankan ne semble en mesure de le faire non plus. Afin de contourner la difficulté, il pourra être utile de mesurer le rapport C/N, indicateur de l'activité biologique des sols, de la minéralisation de la matière organique et donc de la fertilité des sols.

Le carbone organique du sol peut être mesuré par combustion sèche. Cette méthode a le mérite d'extraire la plus grande partie du carbone et de l'azote de l'échantillon (ARROUAYS et al., 2002¹⁵⁶ ;

¹⁵⁶ ARROUAYS, D., FELLER, C., JOLIVET, C., SABY, N., ANDREUX, F., BERNOUX, M., & CERRI, C. *Estimation de stocks de carbone organique des sols à différentes échelles d'espace et de temps. Etude et gestion des sols*, 10, 347-355. 2003

BIELDERS et al., 2013¹⁵⁷). L'échantillon est porté à une température supérieure à 1 000°C sous flux d'oxygène ce qui provoque la décomposition du carbone inorganique et l'oxydation du carbone organique en CO₂, qui est ensuite dosé (CARIA et al., 2007¹⁵⁸). L'azote du sol sera quant à lui mesuré par la méthode usuelle, dite de KJELDAHL (KJELDAHL, 1883¹⁵⁹).

- **Population de lombrics** : Elle renseigne sur plusieurs paramètres clés de la « bonne santé » des sols parmi lesquels leur productivité (BROWN et al., 1999¹⁶⁰ ; SCHEU, 2003¹⁶¹), leur possible contamination (PERES et al., 2011¹⁶²) ou encore leur structure (PERES et al., 1998¹⁶³). Plus simple à mettre en œuvre que la mesure de la macrofaune totale, qui nécessite du personnel qualifié en entomologie, la méthode d'échantillonnage correspondante est normalisée et relativement simple à suivre sur le terrain par un technicien agricole.

Ce bio-indicateur pourra être mesuré par la méthode *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) (TONDOH, 2008)¹⁶⁴. Elle consiste à extraire des blocs de sol (25 cm de côté x 30 cm de hauteur), à en prélever les lombrics de diamètre supérieur à 2 mm (diamètre au-delà duquel leur travail du sol est significatif), puis à les dénombrer et les peser après conservation dans une solution de formaldéhyde (TONDOH et al., 2015¹⁶⁵).

- **Biomasse aérienne produite par la jachère** : Que ce soit la jachère naturelle ou la jachère améliorée à *P. phaseolides* ou *C. cajan*, il sera intéressant de mesurer la biomasse aérienne et la matière sèche correspondante, étant donné leur importance dans les bilans minéral et organique (Cf. **Partie 3.3 supra**). Ces mesures pourront être faites assez facilement en fauchant la biomasse sur des carrés réduits disposés aléatoirement, puis en la pesant, sèche puis après étuvage.
- **Pression d'adventices** : On a vu précédemment que les paysans identifient neuf adventices principales (Cf. **Partie 2.2.2 supra**). Il sera intéressant de compter les pieds d'adventices sur des carrés réduits disposés aléatoirement, afin d'estimer la pression d'adventices. Si ce n'est pas trop lourd à mettre en œuvre, on pourra aussi faucher et peser la biomasse correspondante de chaque adventice, sèche puis après étuvage.

Pendant la culture, il pourra être intéressant de calculer pour chaque parcelle :

- % de levée et de mortalité ;
- Pression d'adventice : deux fois durant la saison, après deux mois et après cinq mois ;
- Attaques de pestes, maladies et ravageurs éventuels : nombre de pieds affectés par mosaïque, anthracnose, cercosporiose, nématodes, cochenilles, singes, etc. et score d'attaque par pied : 0 = rien, 1 = attaque légère, 2 = attaque sur au moins 50% du plant, 3 = plant détruit ;

¹⁵⁷ BIELDERS, C., HIEL, M. P., CAMBIER, J. F., & ANISET, J. *Impact des techniques culturales sur le taux de carbone organique du sol et la stabilité des agrégats dans la province du Hainaut* (projet Interreg IV Prosensols). UCL. 2013

¹⁵⁸ CARIA, G., PROIX, N., & CIESIELSKI, H. *Dosage du carbone organique par combustion sèche après décarbonatation automatisée des sols*. 8th meetings of the fertilization and the analysis of land—Blois. 2007

¹⁵⁹ KJELDAHL, J. *A new method for the determination of nitrogen in organic matter*. Z. Anal. Chem, 22(1), 366-382. 1883

¹⁶⁰ BROWN, G.G., PASHANASI, B., VILLENAVE, C., PATRON, J.C., SENAPATI, B.K., GIRI, S., BAROIS, I., LAVELLE, P., BLANCHART, E., BLAKEMORE, R.J., SPAIN, A.V. & BOYER, J. *Effects of earthworms on plant production in the tropics*. In: LAVELLE, P., BRUSSAARD, L. & HENDRIX, P. (Eds), *The management of earthworms in tropical agroecosystems*. CAB International, Wallingford, pp. 87-148. 1999

¹⁶¹ SCHEU, S. *Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives*. Pedobiologia 47, 846-856. 2003

¹⁶² PERES, G., VANDENBULCKE, F., GUERNION, M., HEDDE, M., BEGUIRISTAIN, T., DOUAY, F., HOUOT, S., PIRON, D., ROUGUE, L. & CLUZEAU, D., *The use of earthworms as tool for soil monitoring, characterization and risk assessment. Example of a Bioindicator Programme developed at National scale (France)*. Pedobiologia 54, 77–87. 2011

¹⁶³ PERES, G., CLUZEAU, D., CURMI, P. & HALLAIRE, V. *The influence of the relationships between organic matter and functional structure of earthworm's community, on soil structure in vineyard soils*. Biol. Fertil. Soils, 27, 417-424. 1998

¹⁶⁴ TONDOH, J.E. *Effet de la mise en culture des forêts secondaires sur les peuplements de macroinvertébrés du sol dans la zone de contact forêt-savane de Côte d'Ivoire*. Sciences & Nature, 4(2), 197-204. 2008

¹⁶⁵ TONDOH, J. E., KOUAME, F.N.G., GUEI, A.M., SEY, B., KONE, A.W. & GNESSOUGOU, N. *Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire*. Global Ecology and Conservation, 3, 575-595. 2015

- Humidité et température du sol, ces deux paramètres ayant une influence a priori forte sur la croissance du plant et la tubérisation (Cf. **Partie 3.3.3 supra**) ;
- Pluviométrie : à l'échelle régionale (service normalement assuré en routine par le CRAB) ;

A la récolte, pour chaque parcelle, il pourra être intéressant de relever les mêmes données que pendant la phase de culture, ainsi que les données suivantes :

- Nombre de tubercules par plant et poids des tubercules ;
- % de tubercules « marchands » (d'après le jugement des paysans) ;
- Rapport C/N ;
- Population de lombric.

➔ Suivi technico-économique

Avant la mise en place des essais paysans, chaque paysan pourra idéalement faire l'objet d'un questionnaire succinct, afin d'identifier les caractéristiques clefs de son exploitation : nom, âge, localité, surface totale emblavée, surface en igname, surfaces et types des autres cultures, cheptels, force de travail disponible, équipements et intrants disponibles, nombre d'années d'expérience dans la culture de l'igname, dépendance au crédit usuraire, autre sources de revenus éventuelles, etc.

De façon générale, pour tous les essais, que ce soit en station ou en milieu paysan, il sera utile de tenir à jour des carnets d'essai simples, dans lesquels seront notés tous les intrants consommés et tous les travaux, depuis la plantation (voire buttage pour le témoin) jusqu'à la récolte, en passant par le tuteurage, les désherbages, etc. : date, durée, type d'opération, nombre d'homme-jour. Ces informations déclaratives pourront être vérifiées chez les paysans par les techniciens de la FUCPIS.

Sur cette base, en estimant d'une part les charges en intrants (semenceaux, herbicides, tuteurs, etc.) et en travail (du buttage et/ou plantation jusqu'à la récolte) et d'autre part les recettes tirées de la production (vente des gros tubercules, vente des semenceaux, valeur des tubercules autoconsommés ou distribués comme présents aux proches), on pourra établir des comptes d'exploitation et calculer la marge brute (recettes-charges) et la productivité du travail (marge brute divisée par le total d'hj).

En plus de ce qui précède, on pourra noter les jugements des paysans par rapport à la technicité/complexité des itinéraires (notamment les nouvelles étapes : semis sous mulch, tuteurage, rabattage des plantes de couverture, etc.), la pénibilité des itinéraires, l'intégration des itinéraires dans le calendrier agricole global. Pour chaque critère, les jugements qualitatifs des paysans pourront être quantifiés (par ex, pénibilité du travail évaluée de 0 à 5), permettant de donner une note moyenne par critère, puis d'identifier des différences de jugement significatives entre les itinéraires en utilisant le test de STUDENT.

Il est nécessaire de pouvoir expérimenter à la fois en station (pour estimer la variabilité des variations de rendement dues aux innovations proprement dites) et en milieu paysan (pour estimer la variabilité des variations de rendement dues à la façon dont les paysans mettent en œuvre les innovations). On propose donc un dispositif mixte, de type « Mother and Baby Trials ».

On testera quatre traitements, avec la variété Dcr la plus répandue – Soféren – plantée à densité traditionnelle – 5 400 plants/ha : (i) T0 (témoin) : igname sur jachère naturelle de deux ans, avec buttage et sans tuteurage, (ii) T1 : sur jachère naturelle de deux ans, sans buttage et avec tuteurage, (iii) T2 : sur jachère de *P. phaseolides* de deux ans, sans buttage et avec tuteurage, (iv) T3 : sur jachère de *C. cajan* de deux ans, sans buttage et avec tuteurage.

En station (CRAB de Kankan), on aura huit blocs randomisés, soit 32 placeaux. En milieu paysan, on aura deux sites par Sous-préfectures (toutes celles où opère la FUCPIS, sauf Koundian où la production d'igname est marginale) et trois traitements par site, T0/T1/T2 ou T0/T1/T3. On aura donc 72 placeaux multilocaux. Chaque placeau devrait mesurer 50 m² (5 m x 10 m), soit 24 m² utile (en excluant le recueil de données sur les bordures).

On analysera la variance des rendements, en station et en milieu paysan, en utilisant la loi de FISCHER-SNEDECOR et on évaluera si les effets des traitements sont significativement différents en utilisant la loi de STUDENT et en calculant la plus petite différence significative.

Le suivi des essais sera fait avec des indicateurs SMART. Au niveau agronomique, on relèvera des données avant mise en place sur le rapport C/N, la population de lombrics, la biomasse aérienne produite par la jachère et la pression d'adventices. On complètera les données en cours de mise en

œuvre avec les % de levée et mortalité, les pressions d'adventices, les scores d'attaques de pestes et maladies, l'humidité/température du sol et la pluviométrie. A la récolte, on relèvera les mêmes données que pendant la mise en œuvre, ainsi le nombre et poids des tubercules par plant, le % de tubercules marchands, le rapport C/R et la population de lombrics.

Au niveau technico-économique, on dressera initialement un portrait rapide de chaque paysan pilote et de son exploitation, puis on notera toutes les étapes culturelles ainsi que les temps/intrants correspondants en mettant en place des carnets d'essai individuels. Les jugements des paysans pilotes sur la complexité / pénibilité / intégration des innovations dans leur calendrier global, etc. seront analysés sur la base de notes, qui seront ensuite traités en utilisant la loi de STUDENT.

4.2. T6 : Conception du système de MRV du carbone forestier

4.2.1. Aperçu des concepts, méthodes et données disponibles

→ Concepts et méthodes clefs

On s'appuie dans ce qui suit sur :

- Les Décisions techniques ad hoc¹⁶⁶ de la Convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique (CCNUCC) concernant le mécanisme de Réduction des émissions de GES dues à la déforestation et la dégradation, le maintien et l'augmentation des stocks de carbone forestier (REDD+) ;
- Les recommandations et méthodologies du GIEC, notamment les lignes directrices pour l'établissement des inventaires de GES dans le secteur de l'agriculture, de la forêt et de l'utilisation des terres (PENMAN et al., 2003¹⁶⁷ ; EGGLESTON et al, 2006)¹⁶⁸ ;
- La dernière version actualisée du mémento de l'initiative *Global Observation for Forest Cover and Land Dynamics* (GOF-C-GOLD) (ACHARD et al., 2015)¹⁶⁹.

On présente dans l'**Annexe 8 infra** les concepts et méthodes clefs issus de ces documents et nécessaires à la bonne compréhension des développements faits dans cette partie.

→ Définition de forêt

La Guinée n'a pas soumis de définition nationale de forêt auprès de la CCNUCC dans le cadre du Mécanisme de développement propre du Protocole de Kyoto¹⁷⁰. De plus, la définition de la forêt du Code forestier (République de Guinée, 1993)¹⁷¹ n'est pas très précise : « *terrains portant une végétation autre que plantée à des fins exclusivement agricoles, ou nécessitant des aménagements destinés à assurer la conservation des sols, la régularisation des systèmes hydrologiques, l'accroissement de la production forestière ou le maintien des équilibres écologiques* ».

On utilisera donc la définition posée dans le rapport FAO FRA 2015 pour la Guinée (DIAWARA et DIALLO, 2014) : « *les forêts sont des terres occupant une superficie de plus de 0,5 ha avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à cinq m et un couvert arboré de plus de 10%, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ. Sont exclues les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante* ».

¹⁶⁶ Cf. <http://unfccc.int/documentation/decisions/items/3597.php>

¹⁶⁷ PENMAN, J., GYTARSKY, M., HIRAISHI, T., KRUG, T., KRUGER, D., PIPATTI, R., BUENDIA, L., MIWA, K., NGARA, T., TANABE, K., & WAGNER, F. *Good practice guidance for Land-Use, Land-Use Change and Forestry - IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Vienna – IPCC, 2003. 590p

¹⁶⁸ EGGLESTON, H. S., BUENDIA, L., MIWA, K., NGARA, T., TANABE, K. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES - Chapitre 4 : Terres forestières*. Tokyo – IGES/GIEC, 2006. Téléchargeable avec notices et tableaux sur <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

¹⁶⁹ ACHARD, F. et al. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation: GOF-C-GOLD report version COP21-2*. Wageningen - GOF-C-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen University, 2015. 266p

¹⁷⁰ Cf. <https://cdm.unfccc.int/DNA/index.html>

¹⁷¹ République de Guinée. *Loi n°L/99/013/AN. Code forestier*. Conakry - République de Guinée, 1999. 11p

→ Données nationales sur les surfaces de forêt (variables d'activité)

Les rapports FAO FRA pour la Guinée soumis depuis 2000 s'appuient sur deux données anciennes :

- Une superficie de forêts pour l'année 1990 (DNFC, 1993)¹⁷² ;
- Un taux de déforestation de 36 000 ha/an (CIRAD/CTFT, 1988)¹⁷³.

Il n'existe pas de carte d'utilisation des sols qui soit à la fois récente et précise et permette de localiser et quantifier les surfaces de forêts. On peut simplement noter l'existence de :

- Deux cartes d'occupation du sol, de faibles précisions, réalisées pour 1975 et 2000 par Agrhymet et l'*United States Geological Survey* (USGS) à partir d'images Landsat du *Multispectral Scanner* de 1972-1973, du *Thematic Mapper* de 1984-1986 et de l'*Enhanced Thematic Mapper* de 1999-2000 ;

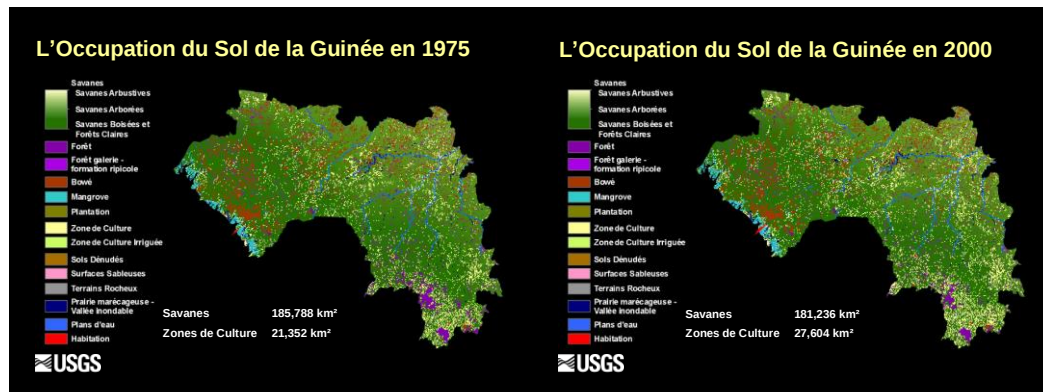


Figure 63 - Cartes d'utilisation des terres en Guinée en 1975 et 2000 (USGS, date inconnue)¹⁷⁴

- Une carte de couverture végétale réalisée par l'IRAG en 2003 (ZOUMANIGUI et al., 2003)¹⁷⁵. Sa légende ne couvre que les formations naturelles et sa résolution est insuffisante pour une estimation précise des surfaces forestières en Haute-Guinée.

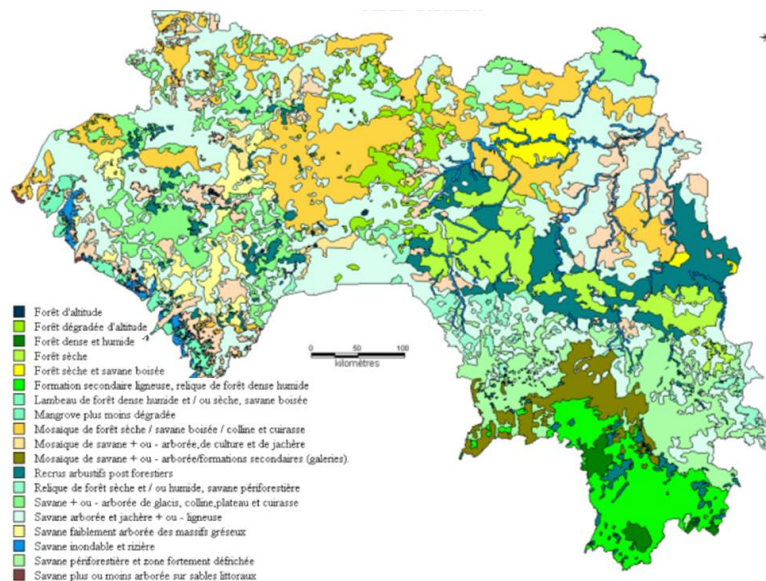


Figure 64 - Carte nationale de couverture végétale en Guinée (Source : ZOUMANIGUI et al., 2003)

¹⁷² Direction nationale des forêts et de la chasse (DNFC). *Les activités dans le secteur forestier*. Conakry - DNFC, 1993.

¹⁷³ CIRAD/CTFT. *Plan d'action forestier tropical - Revue du secteur forestier de la Guinée - Gestion des ressources forestières dispersées dans le terroir agricole*. Nogent sur Marne - CIRAD / Centre technique forestier tropical (CTFT), 1988. 95p

¹⁷⁴ USGS/Agrhymet – *Cartes d'occupation du sol en Guinée, en 1975 et 2000 - West Africa Land Use and Land Cover Trends Project*. Reston – USGS, non daté.

¹⁷⁵ ZOUMANIGUI et al. *Carte nationale de couverture végétale en Guinée*. Conakry – IRAG, 2003.

A titre d'exemple, dans notre zone d'intérêt, de vastes plages homogènes sur la carte masquent une mosaïque plus complexe :

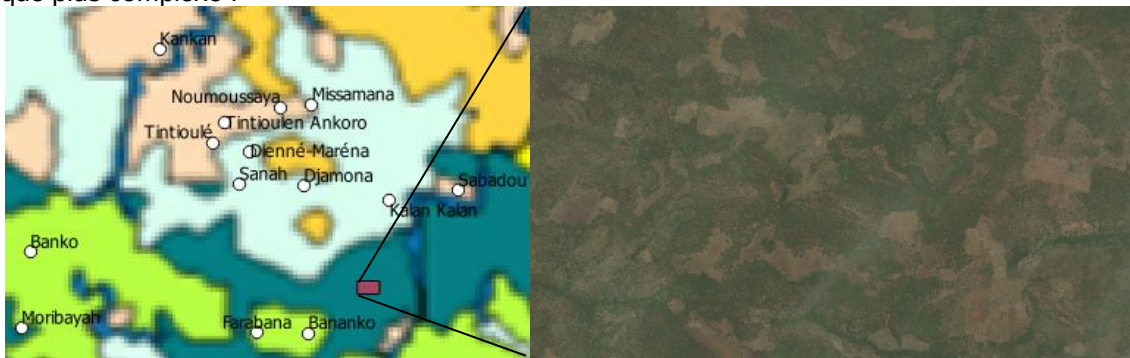


Figure 65 - Comparaison locale de la carte nationale de couverture végétale en Guinée et d'une image satellite
(Source : ZOUMANIGUI et al., 2003 ; BING MAPS, 2016)

La Direction nationale des eaux et forêts (DNEF) et le Bureau pour le développement de la production agricole (BDPA)-Scetagri auraient produit au début des années 1990 une carte de végétation de la Guinée dans le cadre de l'étude « *Potentialités et possibilités de relance de l'activité forestière* », avec l'appui de la Coopération française. Cette carte serait basée sur des photos aériennes au 1:20 000^{ème} prises entre 1986 et 1988, mais il est malheureusement impossible de localiser la carte et le rapport (BOUYER, 2015a)¹⁷⁶.

→ Données locales sur les surfaces de forêt (variables d'activité)

Le constat étant fait qu'il existe peu de données nationales sur les surfaces de forêt, il convient de noter que la zone d'intérêt est partiellement couverte par des images satellite récentes :

- Landsat 7, résolution comprise entre 15 m et 60 m, disponibles gratuitement sur Internet¹⁷⁷. Une recherche sur la zone d'étude (excluant la moitié Sud de la Sous-préfecture de Komodou), permet d'identifier 59 images datées de 1973 à 2010 ;
- SPOT 6/7 (1,5 m de résolution) et Pléiades (0,5 m de résolution), disponibles sur une partie de la zone d'étude pour les campagnes 2015 et 2016. La couverture pourrait être rapidement complétée par une campagne d'acquisition systématique d'image sur la Guinée, dans le cadre du projet d'Observation spatiale des forêts d'Afrique Centrale et de l'Ouest (OSFACO) que l'Agence française de développement (AFD) devrait lancer incessamment. Les images seraient a priori d'accès gratuit (BOUYER, 2015b)¹⁷⁸ ;

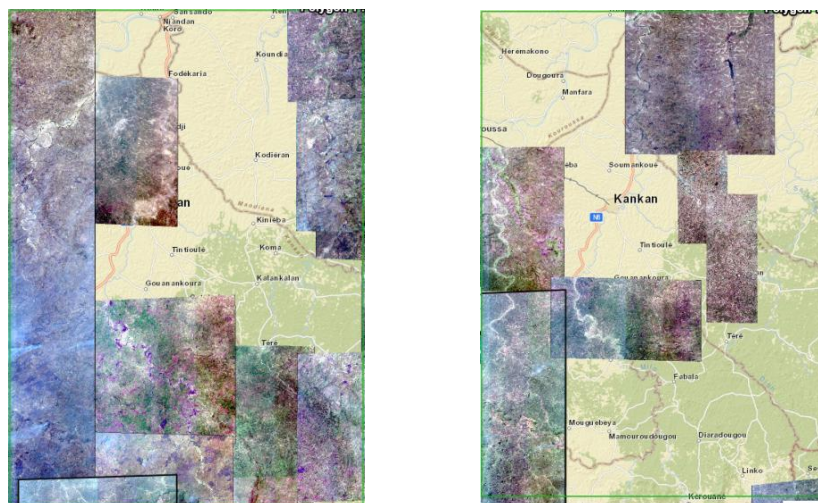


Figure 66 - Images SPOT et Pléiades disponibles en 2015 (à g.) et 2016 (à d.) sur la zone d'intérêt (Source : Auteurs, 2016, d'après <http://www.geo-airbusds.com>)

¹⁷⁶ BOUYER, O. *Rapport de préféabilité d'un zonage agro-écologique en Guinée*. Conakry – AFD, 2015(a). 57p.

¹⁷⁷ Cf. http://landsat.usgs.gov/Landsat_Search_and_Download.php

¹⁷⁸ BOUYER, O. *Rapport de faisabilité du projet d'Observation spatiale des forêts d'Afrique Centrale et de l'Ouest (OSFACO)*. Paris – AFD, 2015(b). 141p.

- Digitalglobe (2,4 m de résolution), disponibles sur la majeure partie de la zone d'intérêt, gratuitement pour un usage peu sophistiqué (via l'interface Google Earth), pour un coût compris entre 2 à 30 US\$/km²¹⁷⁹ dans le cas contraire (si nécessité de traitement via des logiciels spécifiques).

Selon la définition posée dans le rapport FAO FRA 2015 pour la Guinée (DIAWARA et DIALLO, 2014), on ne devrait suivre que des surfaces supérieures à 0,5 ha. Or, d'après nos enquêtes de terrain, 23 des 40 paysans interrogés avaient ouverts des parcelles de surface inférieure à 0,5 ha. En toute rigueur, un système de MRV du carbone forestier appliqué à notre zone d'intérêt et conformes aux lignes directrices et recommandations de la CCNUCC et du GIEC (avec définition de forêt conforme à celle déposée à la FAO) nous amènerait à ne pas suivre une bonne partie de la déforestation due à l'igname.

Cela étant dit, même le suivi des parcelles déboisées supérieures à 0,5 ha s'avère compliqué :

- Comme on l'a vu (Cf. **Partie 2.1.3 supra**), une parcelle d'igname fait en moyenne 0,62 ha, soit grosso modo un carré de 79 m x 79 m. Sachant qu'un polygone doit compter entre quatre¹⁸⁰ à neuf¹⁸¹ pixels pour être visible sur une image satellite et qu'il vaut mieux être proche de neuf pour éviter l'effet « poivre et sel », il faudrait utiliser des images de haute résolution (pixel compris entre 2 m x 2 m et 30 m x 30 m) ;
- Or, même avec une telle résolution, voire supérieure, il n'est pas du tout évident que l'on puisse détecter des déboisements compris entre 0,5 ha et 1 ha. Preuve en est une récente étude menée dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire à partir d'images satellite très haute résolution (SPOT 6 et 7 de résolution 1,5 à 6m et Pléiades de résolution 0,5 à 2m) (MAURICE, 2016)¹⁸² : dans un paysage très mosaïqué (ce qui est aussi le cas aux environs de Kankan), il n'est pas possible de suivre les changements d'utilisation du sols avec les algorithmes usuels de classification automatique et les techniques d'interprétation visuelle sans classification supervisée sont trop coûteuses pour envisager de les employer à grande échelle.

→ Données nationales sur la biomasse forestière (facteurs d'émission)

Aucun inventaire forestier national n'a jamais été élaboré en Guinée. Seules des données locales ont été produites et seraient disponibles en version papier à la DNEF, qu'il n'est pas possible de localiser vu l'état de désordre des archives (BOUYER, 2015a).

Tous ces travaux sont listés et présentés dans un rapport non publié (sous embargo) « *Evaluation des ressources forestières dans l'espace de la Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) – Cas de la Guinée* », préparé par M. Djiramba DIAWARA (*Ibid*). Il s'avère qu'aucun de ces travaux n'a été mené en Haute-Guinée, l'essentiel ayant concerné les forêts humides de Guinée forestière et les forêts de mangrove de Basse Guinée.

Faute de mieux, on peut rappeler les données de biomasse utilisées dans le rapport FAO FRA 2015 pour la Guinée (DIAWARA et DIALLO, 2014) :

- Volume sur pied : 77,36 m³/ha. La même valeur est utilisée pour toutes les forêts du pays, alors qu'elle est extrapolée d'un inventaire forestier mené dans les forêts humide de Guinée forestière (Atlanta Consult¹⁸³, cité dans DIAWARA et DIALLO, 2014)
- Facteurs de conversion : densité du bois de 0,58, facteur d'expansion de biomasse de 3,4 pour les forêts tropicales feuillues, facteur d'expansion racinaire de 0,24 pour les forêts primaires tropicales humides, fraction carbone de 50%. Ces valeurs sont celles par défaut tirées des lignes directrices du FAO FRA.

Sur ces bases, le stock de carbone moyen des forêts guinéennes serait estimé à 77,36 m³/ha x 0,58 tMS/m³ x 3,4 (sans dimension) x 1,24 (sans dimension) x 0,5 tC/tMS x 44/12 teCO₂/tC = 346,8 teCO₂/ha.

¹⁷⁹ Cf. <https://www.digitalglobe.com/>

¹⁸⁰ <https://geozoneblog.wordpress.com/2011/10/28/resolution-vs-minimum-mapping-unit-size-does-matter/>

¹⁸¹

http://users.clas.ufl.edu/mbinford/geo4120c/Knight_and_Lunetta_2003_Minimum_Mapping_Unit_size_study_IEEETrans.pdf

¹⁸² MAURICE, J. *Mise en place de filières d'approvisionnement en cacao à impact réduit en termes de déforestation en Côte d'Ivoire – Design du système de MRV dans la zone pilote de Bianouan*. Paris – SalvaTerra, 2016. 83p

¹⁸³ Atlanta Consult. *Inventaire Forestier de la Guinée Forestière - Rapport de synthèse*. Atlanta consult-Industrie-und Unternehmensberatung GmbH. 1989

Par ailleurs, d'après FAO (2001)¹⁸⁴, la Guinée est à cheval sur deux zones écologiques : forêt dense tropicale et forêt décidue humide tropicale. La superposition de la carte des zones écologiques et des limites des sept Sous-préfectures couvertes par la FUCPIS (en hachurée sur la figure ci-dessous) fait apparaître que ces dernières sont toutes en zone de forêt décidue humide tropicale :

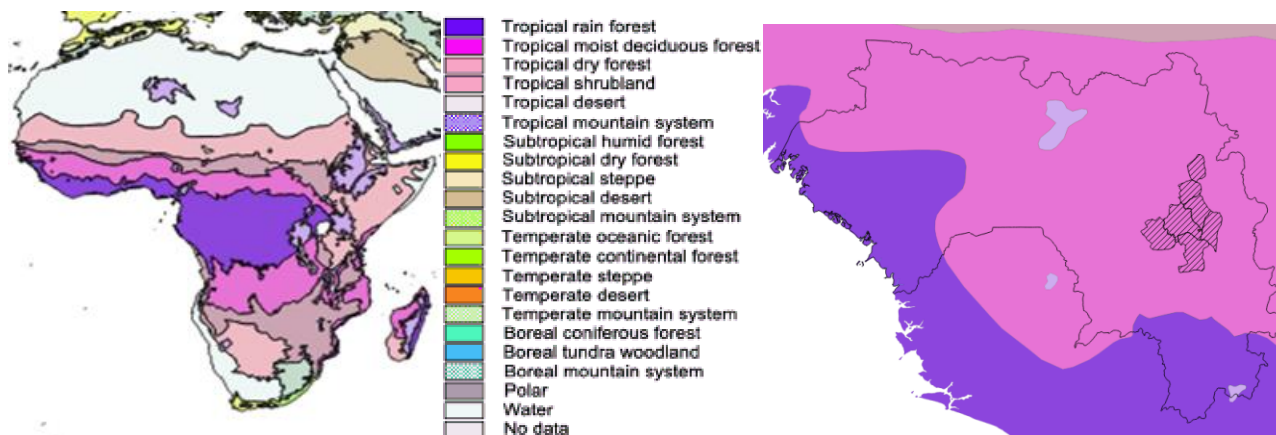


Figure 67 - Zones écologiques en Afrique et en Guinée (Source : FAO, 2001 ; Auteurs, 2016)

Sur la base des lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES (EGGLESTON et al., 2006), on peut prendre 5 tMS/ha/an comme valeur par défaut de la croissance de la biomasse aérienne des forêts de moins de 20 ans en zone de forêt décidue humide tropicale, ce qui correspond à une absorption de $5 \text{ tMS/ha/an} \times 0,5 \text{ tC/tMS} \times 44/12 \text{ teCO}_2/\text{tC} = 9,2 \text{ teCO}_2/\text{ha/an}$.

4.2.2. CCL : Design du MRV du C forestier et estimation ex-ante des gains C

→ Suivi des variables d'activité

Vu les contraintes présentées (Cf. **Partie 4.2.1 supra**), le suivi des variables d'activité liées à la culture de l'igname pourrait être effectué selon l'approche 2 (Cf. **Annexe 8 infra** pour les explications sur la notion d'approche) : estimation des surfaces des utilisations du sol (forêt, igname « traditionnel » et igname « amélioré » notamment) et des changements d'utilisations du sol (passage de forêt à igname traditionnel notamment), mais pas des localisations de ces utilisations du sol et changements d'utilisation du sol.

Ceci pourrait se faire via des inventaires statistiques réalisés à partir des déclarations des paysans membres de la FUCPIS (déclarations annuelles compilées par les coopératives, puis leurs Unions puis la FUCPIS elle-même : nombre de plants d'igname plantés en système « traditionnel » vs « amélioré ». On ne recueillera pas les données de surface, généralement inconnues/mésestimées par les paysans) et des contrôles de terrain au GPS sur quelques zones tirées au sort. Pour faciliter/renforcer ces contrôles de terrain, on pourrait envisager d'utiliser des images satellite de très haute résolution pour repérer les buttes d'igname.

Sous réserve de disposer d'images sur la zone d'intérêt et aux bonnes dates (entre septembre année n-1 et décembre année n pour l'igname produit en année n), de pouvoir distinguer les buttes d'igname (environ 1 m au buttage, souvent moins à la récolte à cause de l'érosion) des buttes de manioc (environ 0,5 m), de pouvoir distinguer les buttes d'igname des arbres laissés sur place, ceci semble jouable.

Ainsi, en visualisant des images Digitalglobe sur *Google Earth*, on voit que neuf des 40 parcelles cartographiées en décembre 2015 sont couvertes par des images prises après janvier 2015 et que les buttes sont visibles pour quatre d'entre-elles, soit 10% du total des parcelles. Le tableau suivant résume les observations et les images sont reproduites en **Annexe 9 infra** :

Code	Village	Sous-préf.	Date de l'image	Superficie	Antécédent	Arbres ?	Buttes ?
MLC07	Komouko	S/Baranama	14/02/2015	0,66	Riz	Oui	Non
MLC15	Gbenkôrô	Balandou	25/05/2015	0,05	Friche arborée	?	Non
MLC18	Moribaya	Moribaya	26/01/2015	0,40	Igname	Oui	Oui
MLC19	Bankö	Moribaya	26/01/2015	2,39	Friche	Oui	Nd
OB08	Komouko	S/Baranama	14/02/2015	1,38	Forêt	Oui	Non
OB13	Komodou	Farabana	26/01/2015	0,38	Friche arborée	Oui	Oui

¹⁸⁴ FAO. *Global Forest Resources Assessment 2000*. Rome - FAO, 2001. 511p.

OB14	Komodou	Farabana	26/01/2015	0,45	Forêt	Oui	Oui
OB17	Gbenkôrô	Balandou	12/04/2015	0,03	Friche arborée	?	Non
OB20	Moribaya	Moribaya	26/01/2015	0,42	Forêt	Oui	Oui

**Figure 68 - Identification des buttes d'igname sur quelques parcelles visitées à partir d'images Google Earth
(Source : Auteurs, 2016)**

Ces images Digitalglobe à 2,4 m de résolution et accessibles gratuitement pourraient donc servir à faciliter-renforcer les contrôles de terrain. De la même manière, on pourrait utiliser des images Pléiades à 0,5 - 2 m de résolution et potentiellement accessibles gratuitement dans un proche avenir dans le cadre du projet OSFACO (Cf. **Partie 4.2.1. supra**).

→ Suivi des facteurs d'émission

Sur la base de la revue des données disponibles (Cf. **Partie 4.2.1. supra**), seule l'utilisation de données tier 1 ou 2 (respectivement, données par défaut du GIEC et données locales extrapolées au niveau national. Cf. **Annexe 8 infra** pour les explications sur la notion de tier) paraît possible dans le court terme.

Leur niveau de précision est faible et la récolte de données spécifiques à la zone d'intérêt, processus coûteux et long (design/mise en œuvre/traitement des données de pré-inventaire puis inventaire forestier), pourrait être envisagée si une quantification plus précise des réductions d'émissions est nécessaire pour sécuriser des financements « climat ».

→ Estimation ex-ante des gains carbone

Il n'y a pas d'analyse des changements d'utilisations du sol à une résolution suffisamment fine qui puisse servir de base à l'élaboration d'un scénario de référence (Cf. **Partie 4.2.1 supra**). Pour respecter les décisions de la CCNUCC, les lignes directrices du GIEC et les recommandations du GOF-C-GOLD en la matière (Cf. **Annexe 8 infra**), il faudrait en effet des analyses par télédétection des utilisations du sol et des changements d'utilisations du sol pour au moins trois dates dans le passé.

Il faudrait ensuite pouvoir quantifier et spatialiser les facteurs susceptibles de modifier la tendance historique de déforestation sur trois dates (« circonstances nationales ») : croissance démographique, augmentation des distances parcelles/villages avec la multiplication des motos, pression foncière exacerbée par le boom de l'anacardier, réduction de la fertilité et accroissement de l'enherbement, impacts des changements climatiques, etc.

En l'occurrence, nous n'avons pour la zone d'étude ni ces analyses satellite sur trois dates, ni les statistiques suffisamment désagrégées pour justifier une modification de la tendance de déforestation. La constitution de ces deux jeux de données demanderait des efforts conséquents, car on part de quasiment zéro dans le contexte de la Haute-Guinée.

Cela étant dit, on peut faire une estimation ex-ante des gains carbone permis par les innovations proposées, en reprenant les données présentées sur les systèmes traditionnel vs améliorée de culture sur base d'igname (Cf. **Partie 3.3.3 supra**) :

- Système traditionnel (scénario de référence) : Le paysan défriche chaque année une nouvelle parcelle en forêt. Au bout de 12 ans, il a donc défriché 12 ans x 0,62 ha/paysan/an = 7,4 ha/paysan. Après abandon (après trois ans de culture), ces 7,4 ha/paysan évoluent vers la jachère ancienne, voire arborée ;
- Système amélioré : Le paysan garde les mêmes surfaces en culture chaque année (0,62 ha d'igname, 0,62 ha de céréales, 0,62 ha d'autre culture). Il doit pour ce faire défricher initialement trois nouvelles parcelles, pour en avoir six au total (trois en culture une année sur deux, trois en jachère améliorée une année sur deux). On considère que deux de ces trois parcelles sont prises sur de la forêt dans les deux premières années. Sur 12 ans, il ne déboisera donc que 2 ans x 0,62 ha/paysan/an = 1,2 ha/paysan.

La réduction de déforestation correspond donc à 6,2 ha/paysan sur 12 ans, soit 0,52 ha/an/paysan en moyenne. Deux commentaires sur ces calculs : (i) On raisonne sur 12 ans et pas plus, car on ne dispose pas de retour d'expérience sur les possibles effets négatifs des pratiques proposées sur le long terme (bilans organique et minéral, pression d'adventice, pression des maladies et ravageurs de l'igname, etc.), (ii) On raisonne à l'échelle d'un paysan et on ne multiplie pas l'estimation de réduction de déforestation car il est difficile d'anticiper le taux d'adoption (certains paysans cultivent déjà dans des zones dégradées et seront a priori réceptifs, d'autres cultivent dans des zones encore fertiles et où la pression foncière est faible).

Par souci de simplicité et en l'absence de données spécifiques sur les stocks de carbone dans les réservoirs sol, litière et bois mort, on ne considère pour ces calculs que les stocks de carbone des réservoirs biomasse

aérienne et biomasse souterraine. Cette simplification revient donc à sous-estimer les émissions des deux scénarios (de référence / projet). Les émissions du scénario de référence étant les plus importantes (plus de déforestation), ce sont elles qui sont le plus sous-estimées : on est donc « conservatifs », car on s'assure de ne pas surestimer les gains carbone du projet. Cela étant dit, on a donc :

- **Scénario de référence** : 0,62 ha/paysan/an est déboisé. Les émissions brutes sont donc de 346,8 teCO₂/ha x 0,62 ha/paysan/an = 215 teCO₂/paysan/an. On tient compte des absorptions de carbone par la jachère qui suit la culture : sur 12 ans, la première parcelle à revenir en jachère va absorber du carbone pendant neuf ans (12 ans – trois ans de culture), la seconde pendant huit ans, et ainsi de suite. Les absorptions de carbone sont donc de 0,62 ha/paysan/an x (9+8+7+6+5+4+3+2+1) ans x 9,2 teCO₂/ha/an = 412 teCO₂/paysan sur 12 ans, soit en moyenne 21,3 teCO₂/paysan/an. Les émissions nettes sont donc de 215 – 21,3 = 193,7 teCO₂/paysan/an ;
- **Scénario de projet** : On ne considère que des émissions (les terrains ne sont pas laissés en jachère pendant plus de trois ans et n'absorbent donc pas de carbone). Ces émissions sont de 346,8 teCO₂/ha x 2 ans x 0,62 ha/paysan/an / 12 ans = 35,8 teCO₂/paysan/an.

La réduction d'émissions moyenne sur 12 ans est donc estimée à 193,7 - 35,8 = 157,9 teCO₂/paysan.

Suivre les stocks de carbone forestier implique (i) de définir ce qu'est une forêt dans le contexte national, (ii) suivre l'évolution des surfaces forestières (variables d'activité, exprimées en Δha/an) et (iii) suivre l'évolution des stocks de biomasse et carbone forestier (facteurs d'émission, exprimés en teCO₂/ha/an).

En Guinée, le concept de forêt n'est pas clairement défini dans le Code forestier (du moins, pas avec des grandeurs mesurables : surface minimale, hauteur minimale, etc.). Les cartes forestières nationales sont anciennes et peu précises. Des images satellite récentes couvrent en partie la zone d'étude, mais leur usage pour détecter des changements d'utilisation du sol très petits paraît incertain. Enfin, il n'y a jamais eu d'inventaire forestier national et les rares données existantes sont anciennes et concernent surtout la Guinée forestière et la Basse Guinée.

Les variables d'activité et les facteurs d'émission spécifiques à la forêt guinéenne sont donc imprécis et/ou inexistantes. La constitution des deux jeux de données nécessiterait des efforts importants, car on part quasiment de zéro en Guinée. Il en est de même pour la réalisation d'analyse cartographique sur trois dates historiques et la quantification/spatialisation de facteurs d'ajustement de la tendance de déforestation aux environs de Kankan, deux jeux de données requis pour élaborer un scénario de référence REDD+.

Faute de mieux, on peut cependant estimer (i) les émissions dues à la déforestation et les absorptions dues à la mise en jachère à partir de valeurs par défaut du GIEC et (ii) les surfaces déboisées respectivement dans les systèmes traditionnel vs amélioré de culture sur base d'igname, ce qui permet d'estimer ex-ante le gain carbone potentiel du système amélioré : environ 160 teCO₂/paysan.

5. Résultats de la tâche 7

Il était initialement prévu d'élaborer une fiche d'idée de projet au format BioCarbonfund afin de viser un financement de la mise en œuvre des recommandations de l'étude via des financements REDD+. Or, il s'est passé près de deux ans entre l'élaboration et l'exécution du WO39 et les perspectives de financement REDD+ étaient moins prometteuses. Il a donc été jugé préférable de soumettre des propositions à deux guichets : (i) MKTPlace, piloté par la Société brésilienne de recherche agricole (EMBRAPA) et (ii) Appel à proposition innovante sur la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, piloté par la CEDEAO.

Au-delà de ces deux demandes, il convient de noter que des échanges d'informations scientifiques et techniques ont eu lieu avec les deux coordinateurs du projet YAMSIS¹⁸⁵, Dr. Innocent KIBA DELWENDE (Univ. De Zurich) et Dr. Valérie Kouame HGAZAT KOUASSI (CSRS), mis en œuvre sur les mêmes problématiques au Burkina-Faso et en Côte d'Ivoire par l'ICRAF, le CSRS et l'Université de Zurich.

¹⁸⁵ *Biophysical, institutional and economic drivers of sustainable soil use in yam systems for improved food security in West Africa* Cf. <http://www.r4d.ch/modules/food-security/sustainable-yam-cropping>

5.1. Pré-proposition faite pour MKTPlace

5.1.1. Présentation de MKTPlace

→ Vue d'ensemble

MKTPlace¹⁸⁶ est un partenariat mis en œuvre par l'EMBRAPA, le Forum pour la recherche agricole en Afrique (FARA) et l'Institut interaméricain de coopération pour l'agriculture (IICA). Son objectif global est de renforcer l'innovation et le développement agricole en Afrique et Amérique latine à travers la création et le renforcement des partenariats avec le Brésil. MKTPLACE lance régulièrement des appels à pré-propositions. Le dernier a été ouvert en novembre 2015 et s'est clôt le 22 janvier 2016. La FUCPIS y a répondu en ligne avant cette date avec l'appui de SalvaTerra.

→ Thématiques

Quatre thématiques étaient visées par le dernier appel : (i) Technologies d'amélioration de la productivité, (ii) Amélioration de la gestion des ressources naturelles, (iii) Renforcement des politiques, des institutions, des marchés et gestion des connaissances, (iv) Technologie d'appui aux petits exploitants et de lutte contre la pauvreté. Concernant la 2nde thématique, ciblée par la FUCPIS, elle comprenait deux sous-thématiques :

- Développement des technologies d'amélioration de la productivité agricole. Par exemple : fixation biologique de l'azote ; amélioration des races et de la santé du bétail ; amélioration génétique et adaptation des plantes cultivées, arbres fruitiers et espèces forestières ; technologies de stockage et de transformation des aliments ; etc.
- Développement des technologies d'adaptation aux / d'atténuation des changements climatiques. Par exemple : boisement et agroforesterie pour lutter contre la désertification, la pauvreté et la faim ; gestion de la santé et de l'alimentation du bétail ; amélioration des plantes et gestion des cultures ; techniques de collecte et de gestion de l'eau ; remise en état des sols ; etc.

→ Organisations et montant maximum éligibles

Sont éligibles les individus représentant un partenariat entre (i) Une organisation publique ou privée, gouvernementale ou non, de développement ou de recherche, basée en Afrique ou en Amérique latine et (ii) Une ou plusieurs antennes de l'EMBRAPA. Les projets retenus auront un financement maximal de 80 000 US\$ et une durée maximale de deux ans

5.1.2. Proposition faite pour le programme MKTPlace

→ Title (200 words max)

SUPERYAM GUINEA – Maintaining/improving soil fertility in the yam cropping system in order to maintain/increase yield, revenue, and food security, and to reduce deforestation and GHG emissions.

→ Summary (1 000 words max)

In the Haute-Guinée Region of Guinea Conakry, yam usually comes first in the 3 to 5-year crop rotation, after slash-and-burn of savannah forest or old fallow. Farmers do not use chemical or organic fertiliser and thus only rely on the “fertility flash”. Due to the growth of population (increasing demand and increasing land pressure), the effects of climate change (reduced rainfalls, shortening of the cropping season), and the expansion of the cashew plantations (coming at the end of the rotation and locking the land), yam farmers are in continuous search of new “fertile” lands and moving down South for the last 20 years.

Yam cropping is not sustainable and the present project aims at addressing the soil fertility issue, by testing innovative practices, i.e. sowing under crop cover, which in turn should allow maintaining/increasing yield, revenue, and food security, and reducing deforestation and GHG emissions.

¹⁸⁶ EMBRAPA. *Agricultural innovation marketplace (MKTPlace) - Guidelines for development and submission of pre-proposals*. Brasília, EMBRAPA – 2015. 5p (accessible sur <http://www.mktplace.org>)

→ Problem Definition (1 200 words max)

For an average yield of 10 t/ha/yr of yam tubers, mineral exportations are huge: N = 40 kg/ha/yr, P205 = 4 kg/ha/yr, K20 = 45 kg/ha/yr (LE BUANEC, 1972). To sustain yam cropping, maintaining and improving the soil fertility is a priority. In Haute-Guinée, chemical fertilisers are out of reach for most of the farmers. Anyway, the use of chemical fertilisers on land with a low level of organic matter (mostly burnt during land preparation) would not be efficient. Organic fertilisers (manure, agriculture waste, etc.) are scarce and poorly used by farmers.

Therefore, the use of innovative practices (in the context of Guinea), i.e. sowing under crop cover, appears to be the most promising way to address the issue of soil fertility. The project would benefit to the members of the Yam Farmers' Federation of Guinea (16 Unions, 104 cooperatives, 5,200 farmers including 780 women), who are specialised in yam cropping and depend upon it (revenue and food security). It is all the more important that more and more of them are forced to migrate down South, in search of land.

→ Objectives (1 200 words max)

As yam is often not considered as strategic as other food crops (such as rice or maize), trials of legume/yam associations were few across the West African yam belt and nearly nil in Guinea, where the last research program on yam ended in 1995. However, some of them gave promising results:

- Benin: legumes are used as green manure and buried at hilling. *Mucuna* sp. thus reduces nematode populations while setting up to 300 kg/ha/yr of nitrogen (DANSI, 2003);
- Ivory Coast: improved fallows with *Gliricidia septum* and *Pueraria phaseolides* were tested, with poor results for *Gliricidia* (CHARPENTIER et al., 1999; OUATTARA, 2010);
- Cameroon: a 5-year fallow before planting yams may be reduced to 3 with *Mucuna* sp (NGUE BISSA, 2007).

Despite of these results, most of these techniques were not adopted by farmers, as they were tested in controlled plots and not fine-tuned enough to be integrated in the farmers' cropping system. For these reasons, the project aims at testing different legumes/yam association with on-farm trials, before to replicate it at larger scale, thanks to Unions and Cooperatives of the Yam Farmers' Federation.

→ Methodology (1 200 words max)

Based on the findings of a project sponsored by the European Union and carried out by the Yam Farmers' Federation with the support of the Guinean and French Agriculture Research Institutes (IRAG & CIRAD), two legumes are considered promising (*Cajanus cajan*, *Pueraria phaseolides*). The 2 legumes would be included in the yam cropping system to provide mulch and improve the fallow. They would be tested at 2 levels:

- Mother Trials (at the Agriculture Research Station of Bordo / Kankan): 2 improved cropping systems (legume + good agriculture practices: adequate land preparation, selection of seed, adequate timing for planting, staking, early weeding, etc.) + the traditional cropping system tested in controlled conditions, with several repetitions. This would allow getting results with their "absolute variabilities" (due to the innovations themselves);
- Baby Trials (2 farmers per Sub-Prefecture x 6 Sub-Prefectures): 2 plots with an improved cropping system + 1 control plot, without repetition. This would allow getting results with their "relative variabilities" (depending on the way farmers adopt the innovations).

→ Innovation (800 words max)

Use of legumes to maintain/improve soil fertility is poorly developed in West Africa, especially in the yam sector. Brazil has relevant experiences in terms of sowing under crop cover/mulch, reduced tillage, integrated soil fertility management, etc., reason why the Yam Farmer's Federation is excited with the idea to set up this South to South cooperation project.

If using legumes to address soil fertility issue cannot be considered as an innovation, generally speaking, it is the case in the specific case of Guinea, where yam farmers have received few support from the research and extension services for the last 20 years and are often advised to apply chemical fertilisers, which are both out of reach for most of them, and furthermore not efficient in a context of land degradation.

→ Expected Results (600 words max)

Assuming the introduction of legumes in the yam cropping system allows maintaining the production in a sustainable way (around 9,5 t/ha/yr, average yield for West Africa, knowing that yields can theoretically reach up to 50 t/ha/yr) and also allows carrying out at least 3 yam cropping in the same rotation, the production could be maintained and the GHG emissions due to deforestation could be reduced by 3.

Obviously, these results would not be achieved at large scale during the lifetime of the project, but a rapid and large dissemination of the innovations would be facilitated by the baby trials, used as “farmer field school”.

→ Potential Development Impact (600 words max)

Based on a field assessment carried out upon 40 yam farmers (LE CROM & BOUYER, 2015), there is 0,62 ha/farmer in average (VC: 83%). The yields declared by farmers during this assessment were deemed not credible (underestimation of losses / seeds) and therefore the figure of 9,5 t/ha/yr can be considered. Assuming a penetration rate of 20% of the innovation after 5 years, the production would be sustainably maintained for $20\% \times 5,200 \text{ farmers} \times 0,62 \text{ ha/farmer} \times 9,5 \text{ t/ha/yr} = 6,200 \text{ t/yr}$ and the deforestation would be reduced by $20\% \times 5,200 \text{ farmers} \times 0,62 \text{ ha/farmer} / 3 = 483 \text{ ha/yr}$.

5.2. Proposition faite pour l'appel à projets de la CEDEAO

5.2.1. Présentation de l'appel à projets de la CEDEAO

→ Vue d'ensemble

Cet appel a été lancé par l'Agence régionale pour l'agriculture et l'alimentation (ARAA)¹⁸⁷ basée à Lomé, organisation sous tutelle de la CEDEAO. Avec le financement de l'AFD, son objectif est de subventionner des projets innovants en faveur d'une amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Afrique de l'Ouest. L'appel auquel la FUCPIS a répondu, avec l'appui de SalvaTerra, était ouvert en mars 2016 et s'est clôt le 24 avril 2016

→ Champs thématiques

Deux thématiques sont ciblées par l'appel : Techniques de production agricole résilientes ; Emploi et formation professionnelle des jeunes ruraux. La FUCPIS a soumissionné sur la première thématique.

→ Organisations et montant maximum éligibles

Sont éligibles toutes les organisations : locales, nationales, régionales ou internationales ; privées, publiques ou parapubliques. Le porteur de projet doit cofinancer au minimum 10% du projet. L'enveloppe globale est de 800 000 €, dont 500 000 € pour la thématique « techniques de production agricole résilientes », avec un plafond de subvention de 120 000 € par projet. Le projet doit être mis en œuvre sur un an maximum.

5.2.1. Proposition faite pour la CEDEAO

Le dossier demandé était très lourd : pas moins de 11 documents (!), dont une note succincte et une note détaillée. Par souci de concision, on ne présente dans ce qui suit qu'une partie de la note succincte :

→ Brève description de l'action proposée

En Haute-Guinée, Guinée Conakry, l'igname, exigeante en fertilité, vient généralement en tête d'un assolement de trois à cinq ans, après abattis-brûlis de forêt de savane ou de jachère ancienne. Les agriculteurs n'utilisent ni engrais chimique, ni engrais organique et ne comptent donc que sur le « flash de fertilité » lié à la libération d'éléments minéraux par la combustion de la végétation.

En raison de l'accroissement de la population (augmentation de la demande en produits agricoles et de la pression foncière), des effets déjà perceptible du changement climatique (précipitations réduites, perturbation des calendriers culturels) et du boom des plantations de noix de cajou (implantées en fin d'assolement et bloquant toute production agricole future), les agriculteurs d'igname sont à la recherche

¹⁸⁷ <http://www.araa-raaf.org/fr/appel.html>

continue de « nouvelles terres fertiles », c'est-à-dire des forêts à déboiser, et se déplacent vers le Sud depuis ces 20 dernières années.

Le système de culture sur base d'igname, tel qu'il est actuellement pratiqué, n'est donc pas durable et le présent projet vise à sédentariser ce système, principalement en maintenant la fertilité des sols et en limitant l'enherbement. Ceci doit permettre de maintenir voire augmenter les rendements et les revenus, renforcer la sécurité alimentaire, réduire les émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation et maintenir l'écosystème local nécessaire à l'adaptation aux changements climatiques.

Pour ce faire, des pratiques innovantes seront testées par la Fédération des unions de coopératives productrices d'igname et de sésame de Guinée (FUCPIS-G), à savoir le semis direct sous couvert végétal de deux plantes de couverture, *Pueraria phaseolides* et *Cajanus cajan*, aptes à fixer l'azote atmosphérique, « pomper » les éléments minéraux profonds (notamment phosphore) et les remobiliser en surface, produire de la biomasse et restaurer la matière organique et le carbone des sols, limiter l'enherbement avec leur pouvoir couvrant et/ou allélopathique.

En effet, avec l'appui financier de l'AMCC/UE et en collaboration avec SalvaTerra et le CRAB, ces pratiques innovantes ont déjà été identifiées, après revue exhaustive et capitalisation des expériences ayant pu être menées en Afrique de l'Ouest ces 15 dernières années en termes de sédentarisation des systèmes de cultures à base d'igname, notamment SCV avec *Aeschynorene hystrix* et *Pueraria phaseolides* au Nord Bénin (INRAB), SCV avec *Mucuna pruriens* au Sud Bénin (IITA), SCV avec 45 légumineuses au Nord Côte d'Ivoire (CIRAD, IDESSA/CNRA), SCV avec 10 légumineuses au Sud-Est du Nigéria (IITA), etc. Ceci a permis d'élaborer un dispositif expérimental complet.

Ce dispositif de type « *Mother and Baby Trials* » permettra de tester les itinéraires améliorés en station (au CRAB de Kankan) et en milieu paysan (12 sites pilotes), afin d'estimer la variabilité des effets dues aux innovations proprement dites (essai en station), mais aussi la variabilité des effets dues à la façon dont les paysans adaptent ces techniques (essais en milieu paysan).

Les itinéraires proprement dits seront les suivants : T₀ (témoin) = igname après jachère naturelle, avec buttage et sans tuteurage, T₁ = igname après jachère naturelle, sans buttage et avec tuteurage, T₂ = igname après jachère améliorée de *P. phaseolides*, sans buttage et avec tuteurage, T₃ = igname après jachère améliorée de *C. cajan*, sans buttage et avec tuteurage.

Le présent projet devrait donc permettre :

- R1 - Mettre en œuvre les essais en station et en milieu paysan : il s'agira d'appuyer les paysans accueillant les essais et recueillir à leur niveau des données technico-économiques (à partir des carnets d'essai) permettant d'analyser les performances agronomiques et préparer des comptes d'exploitation ;
- R2 - Capitaliser les résultats obtenus et les diffuser largement., il s'agira à la fois d'évaluer les impacts des innovations (i) d'une part sur les forêts, en faisant un inventaire du carbone forestier, permettant ainsi d'estimer l'évitement de déforestation, (ii) d'autre part sur les exploitations, en faisant des analyses technico-économiques plus approfondies, sur la base des essais en station et en milieu paysan. Ces résultats seront diffusés largement en cours de mise en œuvre, via de fréquentes visites des paysans (plantation, mi-saison, récolte), et à la fin du projet, lors d'une AG.

➔ Pertinence au regard des besoins et des contraintes de la région cible ?

Dans la littérature, les avis divergent concernant la sédentarisation des systèmes de culture à base d'igname. Grosso modo, deux approches s'affrontent : une première « techniciste » qui se focalise sur l'amélioration génétique et l'apport d'engrais chimique, une seconde plus « holistique », qui cherche à revoir l'ensemble des systèmes, notamment en introduisant la jachère améliorée et le semis direct sur mulch, la gestion de l'enherbement et de la fertilité étant deux contraintes majeures pour les paysans.

Cette première approche est bien illustrée par les essais menés depuis les années 80 en Côte d'Ivoire par le CNRA : ils auraient permis d'atteindre des rendements de 20-30 t/ha en milieu paysan, grâce à l'utilisation de variétés améliorées et l'apport d'engrais (Comm. pers. resp. FIRCA, août 2013)...Mais ces essais reposent sur des intrants coûteux et/ou peu accessibles et n'ont pas été diffusés largement, ce qui explique que le rendement moyen de production reste faible (6,5 t/ha/an en 2010, d'après les statistiques 2010 du Ministère ivoirien de l'agriculture) et que l'abattis-brûlis reste la norme.

La présente proposition est donc pertinente au sens où elle doit répondre aux besoins des producteurs d'igname de Haute-Guinée (maintenir la production d'igname, principale source de revenu dans leurs exploitations) tout en intégrant leurs contraintes (ne pas dépendre d'engrais chimiques et/ou semenceaux

améliorés, intrants coûteux et/ou introuvables, et ne pas introduire de besoin supplémentaire en foncier/capital/main d'œuvre par rapport au système traditionnel)

→ Problèmes à résoudre et besoins à satisfaire ?

Pour un rendement moyen actuel en Afrique de l'Ouest de 10 t/ha/an de tubercules d'igname, les exportations minérales sont énormes (par rapport aux cultures couramment rencontrées : riz, maïs, manioc, arachide, etc.) : N = 40 kg/ha/an, P205 = 4 kg/ha/an, K20 = 45 kg/ha/an (FAOSTAT, 2016 ; LE BUANEC, 1972). En Haute-Guinée, même si le rendement (et donc les exportations) sont a priori moindre, le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols pour la culture de l'igname est une priorité.

En Haute-Guinée, comme dans de nombreux endroits en Afrique de l'Ouest, les engrais chimiques sont hors de portée pour la plupart des paysans...et qui plus est, a priori peu efficaces sur des sols ferrallitiques acides et pauvres en matière organique. Les engrais organiques (fumier, résidus de récolte, etc.) sont souvent indisponibles (peu d'intégration élevage/agriculture, terroirs cultivés très vastes en zone de savane). La jachère reste le seul moyen de restaurer la fertilité, mais elle est de plus en plus courte partout en Haute-Guinée, voire carrément abandonnée en périphérie de Kankan.

En plus de la baisse de fertilité, un deuxième facteur pousse les paysans à l'itinérance : l'infestation rapide et massive des parcelles créées sur abattis-brûlis par les adventices, plus « compétitives » que la plupart des plantes cultivées sur ces sols dégradées. En Haute-Guinée, les scores d'infestation sont énormes...*Paspalum scrobiculatum*, *Pennisetum pedicellatum*, *Imperata cylindrica*, pour ne citer que les plus courantes, se retrouvent chez la moitié des producteurs d'igname. Le SCV de plante de couverture paraît donc être une voie prometteuse pour répondre aux problèmes des paysans.

→ Objectifs poursuivis et résultats attendus?

L'objectif est de promouvoir une culture de l'igname durable : rentable pour les paysans et « climate-friendly » (réduction d'émissions de carbone liées à la déforestation, promotion de l'adaptation aux changements climatiques basée sur les écosystèmes). Ceci passe par l'identification d'innovations techniques durables et holistiques afin de maintenir voire augmenter les quantités d'igname produites, tout en réduisant la surface nécessaire à la production. Les résultats attendus sont (R1) Mise en œuvre des « Mother and Baby Trials » et (R2) Capitalisation des résultats obtenus et diffusion large.

→ Activités prévues ?

R1 Mise en œuvre des « Mother and Baby Trials » : 12 essais multilocaux en milieu paysan + 1 essai en station (IRAG Bordo/Kankan)
A1.1 Appui régulier des 12 paysans pilotes (2 par Sous/pref x 6 Sous/pref) et recueil de données technico-économiques → Avec l'appui d'un chercheur du CRAB, deux agents de la FUCPIS passeront tous les 15 j dans les essais pilotes, afin de s'assurer que le dispositif est respecté, que les travaux sont bien menés et que les données technico-économiques (temps passés, intrants utilisées, etc.) et agronomiques (relevés de levée, mortalité, scores d'attaque, pression d'adventice) sont consignées dans les carnets d'essai.
A1.2 Compilation régulière des données technico-économiques et préparation des comptes d'exploitation → Sous la supervision du Coordinateur FUCPIS, d'un chercheur du CRAB et de l'agronome international, et avec l'aide d'un agent de saisie FUCPIS, les deux agents de terrain compileront régulièrement les données recueillies et prépareront des comptes d'exploitation simplifiés, utiles pour les échanges paysans
R2 Capitalisation des résultats obtenus sur les essais et diffusion large
A2.1 Inventaire carbone par échantillonnage et rapport d'analyse MRV REDD+ simplifié → Sous la supervision du forestier international, une équipe de 10 personnes (agents et paysans membres de la FUCPIS) mènera un pré-inventaire et inventaire du carbone forestier, afin d'estimer l'impact des innovations en termes d'évitement de la déforestation.
A2.2 Analyse technico-économique des essais en station et en milieu paysan → Le Coordinateur FUCPIS, le chercheur du CRAB et l'agronome international procèderont à des analyses technico-économiques plus poussées (analyse de variance et identification de différences significatives entre traitements en utilisant les Lois de Fischer-Snedecor et Student), sur les essais en station d'une part et en milieu paysan d'autre part
A2.3 Diffusion large des résultats via visites des sites puis en AG de la FUCPIS → Tout au long du projet, des visites seront organisées, à raison de 12 sites, trois visites/site (plantation, mi-saison récolte) et 20 paysans/visite, il y aura plus de 700 visiteurs sur la durée du projet.

→ Acteurs impliqués ?

- FUCPIS-G : 18 Unions, 125 coopératives de base et 6 496 paysans, dont 1 260 femmes. Créée en 2001, la FUCPIS est représentée dans 88 villages, situés dans sept Sous-préfectures (Balandou, Tintioulen, Missamana, Sabadou-Baranama, Moribaya, Komodou, et Koudjan).
- Bureau d'étude SalvaTerra, spécialisé en agriculture, forêt et environnement, notamment l'appui aux innovations agricoles. Son directeur a collaboré de 2004 à 2006 avec la FUCPIS (AT de la coopération FR au Centre d'appui aux OPA de Kankan). Plus récemment, SalvaTerra a appuyé la FUCPIS pour identifier des itinéraires techniques améliorés (2015-2016, financement AMCC/UE) ;
- Institut de recherche agronomique de Guinée (IRAG), via le Centre de recherche agronomique de Bordo/Kankan (CRAB). Etablissement public à caractère scientifique, placé sous la tutelle du Ministère de l'agriculture mais doté de l'autonomie de gestion, il a mené plusieurs actions de recherche sur l'igname (incluant souvent de la recherche/action/formation) depuis 1995 avec les paysans, puis depuis 2001 avec la FUCPIS ;

Les deux ont été étroitement associées à la réflexion pour l'élaboration de cette proposition. Ils interviendront sur les activités A1.1, A2.1 et A2.2 (SalvaTerra) et A1.1, A1.2, A2.2 et A2.3 (CRAB).

→ Durabilité ?

La FUCPIS veillera à capitaliser les résultats de ce projet et, via ses Unions et Coopératives membres, étendre les innovations au-delà des sites pilotes. Le CRAB et sa tutelle, la Direction régionale de l'agriculture de Kankan, veilleront à assurer une diffusion encore plus large, au-delà des membres de la FUCPIS, en passant par les services préfectoraux de l'agriculture (où sont basés les agents de terrain).

→ Effets multiplicateurs ?

C'est l'objectif même: pouvoir multiplier à large échelle les résultats acquis sur des sites pilotes. Il est par contre difficile d'estimer à quelle vitesse et quelle ampleur se fera ce changement d'échelle.

Annexe 1 - Liste des paysans rencontrés lors des enquêtes de terrain

S/Préf	Village	NOM prénom	Age	Téléphone
Balandou	Gbenkörö	TRAORE Mamadi	42	620 09 79 38
		TRAORE Adama	45	620 99 81 48
Komodou	Balanko	KONATE Moussa	56	-
	Banenko	KONATE Adama	28	?
	Farabana	TRAORE Mouri	45	628 74 17 77
		TRAORE Ali	45	622 38 11 90
		KONATE Diaby	38	628 26 76 46
		DIOUBATE Mory	63	622 06 26 22
Koundian	Kanifara	SAKO Soumaïla	50	-
		CONDE Djala	56	621 54 14 34
	Koundian	CONDE Mamadi	40	-
	Tadibakourou	KEITA Makan	55	621 07 69 28
Missamana	Djê	KONATE Mama Fodou	40	620 87 33 05
		KEITA Fodé	67	620 43 74 41
	Douma Welia	KONATE Karamoko	50	623 51 08 35
		CONDE Sékou	40	?
	Missamana	CAMARA Mami	60	-
		KONATE Mamadi	61	622 53 57 71
	Noumoussaya	KEITA Adama	45	620 43 54 62
		KONATE Tidafa	52	620 95 10 52
Moribaya	Bankö	DOUMBOUYA Lansiné	50	-
		KEITA Soumaïla	55	623 95 23 01
	Moribaya Centre	CAMARA Nouhan	36	-
		CONDE Sékouba	45	?
Sabadou-Baranama	Djamona	KONATE Nouhan	30	-
		KONATE Lamine	41	622 64 41 45
	Kalan-Kalan	KONATE Mory	35	623 37 95 21
	Komouko	CAMARA Youssouf	63	624 89 62 70
		BAYO Sidiki	55	620 17 64 25
	Sabadou Centre	KOUROUMA Abdoulaye	35	624 53 35 51
		CONDE Mamadou	35	620 22 78 30
Tintioulén	Djené Marena	KOUROUMA Mamady	32	622 53 50 55
	Sanah	KONATE Mouri	40	-
		KONATE Brahim	45	620 97 08 12
	Sira Sérédou	CAMARA Sayon	55	620 55 22 11
		KONATE Adama	40	621 59 86 24
	Tintioulén Körö	KOUROUMA Adama	64	628 478 46 01
		DOUMBOUYA Kalilu	42	622 01 34 57
	Tintioulén Koura	KANTE Djanka Mouri	49	622 29 69 51
		KOUROUMA N'Famory	33	622 42 49 79

Annexe 2 - Données bibliographiques sur les sols de Haute-Guinée

→ Carte pédologique - SENASOL

Cette carte est ancienne (élaborée entre 1977 et 1986 par le Service national des sols – SENASOL) et de peu d'utilité : sa légende est peu compréhensible et la notice accompagnant la carte n'est plus disponible. Si l'on s'en tient à la légende, on peut citer ce qui suit :

- Beige : « Sols peu évolués d'érosion + squelettiques d'affl. de cuirasse + fer. ind. grav. » : la majorité de la zone étudiée est en effet constituée de sols peu évolués, sableux ou sablo-limoneux ;
- Pointillés : « Sols alluv. fluv. min. + fer sans taches mod. + ferral. grav. + hyd. min. et org » : on retrouve ici la « poche » de sols alluviaux autour du village de Tintioulén, à dominante argileuse (« Gbilin »)
- Blanc : « Sols alluv. fluv. min. + hyd. min. + fer. grav. sans taches + fer. g » : à l'extrême Ouest de la zone d'étude, dans la S/P de Moribaya, on retrouve également des sols alluviaux avec présence d'argile, ce qui - conjointement à la faible pression foncière - expliquerait que les paysans de la zone estiment ces sols très fertiles ;
- Vert : « Sols hyd. min. à hyd. temp. + fer sans taches + ferral. indurés grav. + squel. div » : ces sols se situent à l'extrême Nord-Est de la zone d'étude, dans la S/P de Koundian, et dans l'extrême Sud dans la S/P de Komodou. Il est difficile de rapprocher ces éléments des déclarations des paysans : ceux de la S/P de Koundian se plaignent de la pauvreté des sols, principalement due a priori à la pression foncière ; ceux de la S/P de Komodou n'ont pas de jugement particulier sur leurs sols.

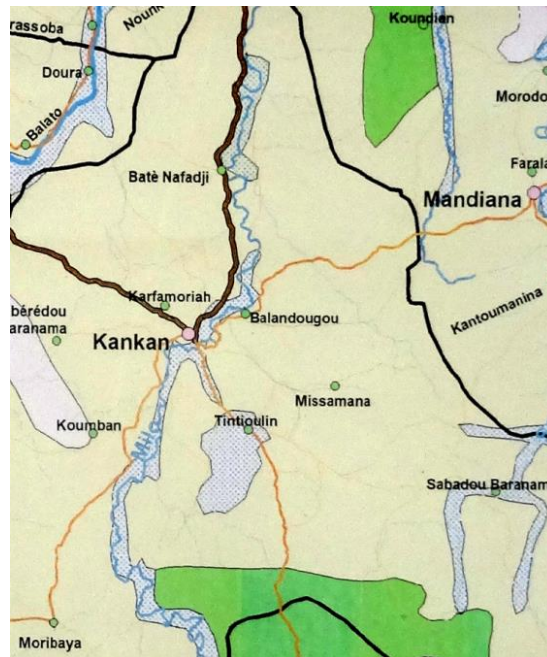


Figure 69 - Carte des sols aux environs de Kankan, échelle 1/1 000 000 (Source : SENASOL, 1986)

→ Carte morphopédologique interactive de Guinée - IRD

Cette carte, élaborée par BOULVERT (2005)¹⁸⁸ paraît plus intéressante, car sa légende est plus claire. On constate notamment que les sols de la zone d'étude sont en majorité ferralitiques, soit indurés (cuirasses / carapaces) en bas de plateaux ou interfluviaux indurés (couleur marron, code 20B), soit meubles, en haut des versants, avec nodules ferrugineux fréquents (couleur rose, code 16). Quelques taches éparses signalent des lithosols, bowés de glacis ou replats de versants (couleur grise, code 2B) ou des sols hydromorphes à induration de profondeur (couleur bleue, code 10B). L'igname se rencontre généralement dans les sols meubles, code 16 et couleur rose sur la carte ci-après :

¹⁸⁸ BOULVERT, Y. Carte morphopédologique interactive de la République de Guinée – Cartes et notices CD n°115. Montpellier – IRD, 2005.

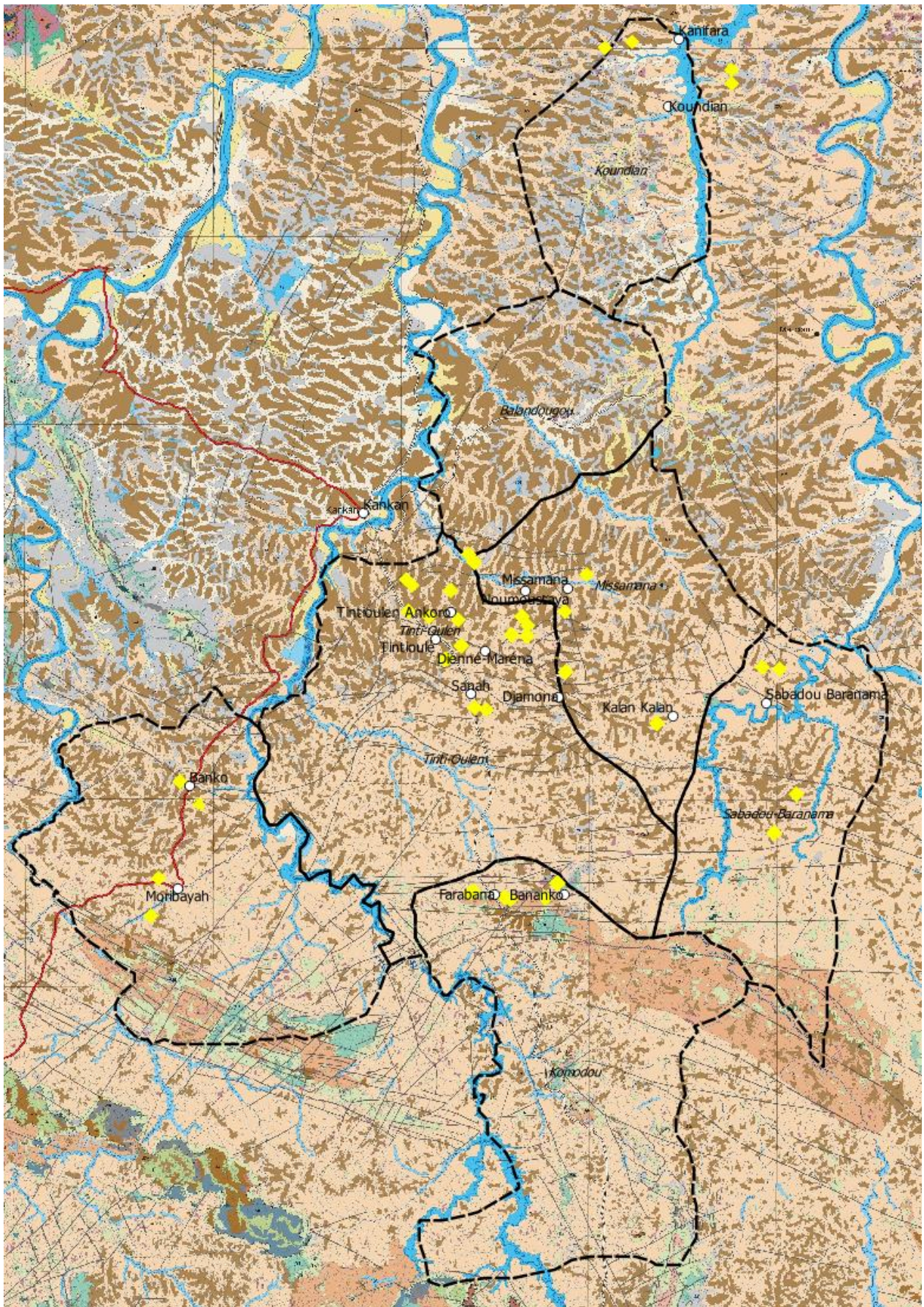


Figure 70 - Zoom sur la feuille « Kankan » extraite de la carte morphopédologique interactive de Guinée
(Source : BOULVERT, 2005)

➔ Analyses de sol - CRAB

Le CRAB n'a pu fournir que quatre analyses de sols, effectuées dans les années 2000 pour le compte du Projet Coton Kankan dans des localités comprises dans la zone d'étude (KOUROUMA, non daté)¹⁸⁹. Leur examen amène néanmoins quelques informations utiles :

Villages	Mandiana 1		Mandiana 2		Baranama		Bordo		Moyenne		
Profondeur (cm)	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-40
Granulométrie											
Argiles (0-2 µm)	19	21	25	33	12	15	23	29	20	24	22
Limons fins (2-20 µm)	15	14	9	10	6	5	12	11	10	10	10
Limons gros (20-50 µm)	11	10	10	10	5	6	14	12	10	9	10
Total Limons	25	24	19	19	11	11	26	23	20	19	20
Sables fins (50-200 µm)	22	21	27	26	26	21	26	23	25	22	24
Sables gros (200-2000 µm)	34	35	29	23	52	54	25	24	35	34	34
Total Sables	55	56	56	48	77	74	51	47	60	56	58
Matière organique											
Matière org	2,94	1,87	1,48	1,24	1,44	0,96	2,46	2,20	2,08	1,57	1,82
Carbone org	1,71	1,09	0,86	0,72	0,84	0,56	1,42	1,28	1,21	0,91	1,06
Azote tot	1,31	0,84	0,79	0,68	0,62	0,50	1,24	1,06	0,99	0,77	0,88
Phosphore (en P)											
OLSEN en PPM	22,91	16,06	8,05	9,26	27,80	19,50	124,30	99,60	45,77	36,11	40,94
Complexe absorbant (en meq/100)											
Ca ech	3,49	2,00	0,67	0,34	2,72	1,49	1,71	1,64	2,15	1,37	1,76
Mg ech	1,02	0,51	0,32	0,13	0,54	0,38	1,10	0,87	0,75	0,47	0,61
K ech	0,12	0,09	0,10	0,06	0,11	0,09	0,31	0,30	0,16	0,14	0,15
Na ech	0,07	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06
Mn ech	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,08	0,06	0,06	0,05	0,06
Al ech	-	0,03	0,46	0,91	-	0,01	0,07	0,18	0,13	0,28	0,21
H ech	0,01	0,03	0,08	0,10	-	0,01	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04
PH cobalt	5,25	4,87	4,39	4,31	3,44	2,02	4,65	4,55	4,43	3,94	4,19
CEC	4,83	2,83	1,90	1,98	3,32	2,00	3,48	3,20	3,38	2,50	2,94
S/CEC	97,33	93,71	61,37	30,18	100,00	100,00	91,86	89,53	87,64	78,36	83,00
PH EAU	6,00	5,75	4,95	4,90	6,10	5,70	5,32	5,30	5,59	5,41	5,50

Figure 71 - Analyses de sols faites sur quatre sites de Haute-Guinée (Source : KOUROUMA - CRAB, non daté)

Texture : Sauf pour l'échantillon de Baranama (peu d'argiles, beaucoup de sables), les teneurs en argiles / limons / sables sont assez proches. Entre 0 et 40 cm, tous échantillons confondus, il y a en moyenne 58% de sables, 22% d'argiles et 20% de limons, ce qui permet de classer ces sols dans la catégorie AS « texture argilo-sableuse » en utilisant le Diagramme de texture simplifié du Laboratoire des sols de Versailles - oct. 1963, cité dans la 4^{ème} édition du Mémento de l'agronome (CIRAD, 1993).

La MO « enrobe » les particules du sol (films bactériens et filaments des champignons du sol) et participe à la stabilité structurale (physique) du sol, en fonction de la teneur en particules fines : argile (Ag) et limons (L). On peut estimer la stabilité structurale du sol, en faisant un calcul simple (BOZZA, 2009) :

$$St = \frac{MO \% \times 100}{(Ag + L) \%}$$

Valeur de St	Etat du sol
St > 9	Stable
7 < St < 9	Risque faible
5 < St < 7	Risque élevé
St < 5	Dégradé

Figure 72 - Relation entre teneurs en MO, Ag et L et stabilité structurale du sol (Source : BOZZA, 2009)

Dans notre cas, on a $St = 1,82 / (22+20) \times 100 = 4,3$, ce qui indique une dégradation de la structure du sol.

Matière organique : Le taux de matière organique fluctue beaucoup, avec des teneurs faibles pour l'échantillon de Baranama. Entre 0 et 40 cm, tous échantillons confondus, le taux de matière organique

¹⁸⁹ KOUROUMA, M. Analyse de sols sur 4 sites (Mandiana, Bordo/Kankan, Baranama) : granulométrie, matière organique, phosphore, complexe absorbant. Kankan – CRAB, non daté (tableau Excel)

moyen est de 1,82%, ce qui est moyen. Comme le soulignent CRETENET et al. (2008)¹⁹⁰, l'entretien de la fertilité des sols de savanes est possible à la seule condition d'intensifier le cycle du carbone (minéralisation) à l'échelle de la parcelle. En agriculture biologique durable, cette condition implique des solutions techniques qui remplacent les apports minéraux de synthèse. La Capacité d'échanges cationiques (CEC) des fractions fines du carbone de la matière organique du sol peut représenter jusqu'à 80% de la CEC du sol.

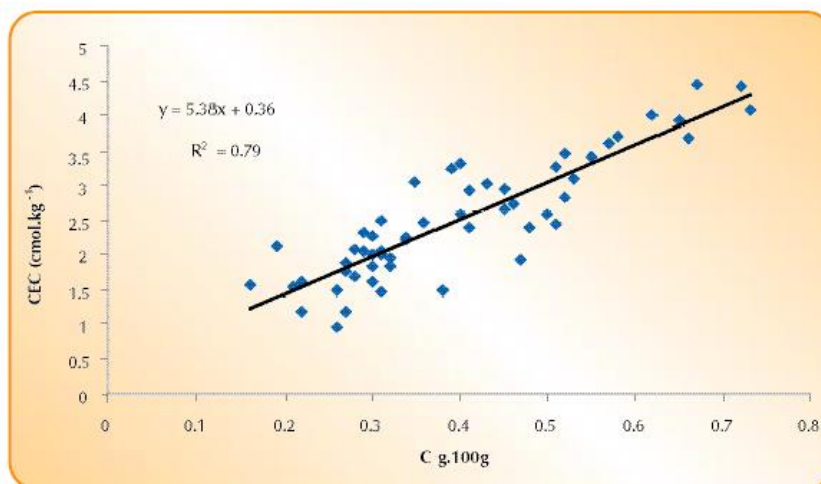


Figure 73 - Relation linéaire croissante entre MOS, C et CEC (Source : GUIBERT, 1999)¹⁹¹

La CEC est le facteur clé de la nutrition minérale (K, Ca, Mg). Le pH est un indicateur du degré de saturation de la CEC par les bases échangeables : plus le pH est élevé, plus la CEC est saturée et plus le rendement augmente, comme l'illustre la figure ci-dessous :

	Somme des bases échangeables K+, Ca++, Mg++ (S, meq/100 g)					
	0,8 < S < 2,0		2,1 < S < 2,7		2,8 < S < 10	
CEC (meq/100 g)	1,7		2,3		4,0	
Rendement coton graine (kg/ha)	1 299		1 736		1 857	
pH	4,9	5,6	5,4	5,8	5,6	6,3
Rendement coton graine (kg/ha)	1 186	1 373	1 731	1 740	1 810	1 935

Figure 74 - Augmentation du rendement en coton avec la somme des bases échangeables, la CEC et le pH (Source : SUZOR, 1990)¹⁹²

Bases échangeables (en meq/100g) : Si l'on se fie aux grilles d'analyses du Mémento de l'agronome (CIRAD, 1993) et si l'on considère les valeurs moyennes des analyses de sol, tous échantillons confondus entre 0 et 40 cm, le $K_{éch}$ est faible, le $Ca_{éch}$ est moyen, le $Mg_{éch}$ est fort ; les rapports $Ca_{éch}/Mg_{éch}$, $Mg_{éch}/K_{éch}$, $(Ca_{éch}+Mg_{éch})/K_{éch}$ sont normaux ; la somme des bases échangeables est faible (2,88 me/100g).

Il convient de souligner que le seuil de carence du $K_{éch}$ peut cependant descendre à 0,05-0,06 me/100g pour les sols très sableux, ce qui est le cas ici (58% de sables en moyenne, tous échantillons confondus entre 0 et 40 cm) : il n'y a donc pas a priori de carences en bases échangeables, $K_{éch}$ inclus. En particulier, en l'absence de carence en $Mg_{éch}$, il est inutile d'apporter du calcaire dolomitique ou de la chaux magnésienne comme cela a été conseillé par le CNRA pour la culture de l'igname (KOUAKOU et al., 2005).

Phospore : Tous échantillons confondus entre 0 et 40 cm, la teneur en phosphore est en moyenne de 40,94 ppm (P-OLSEN). Sachant que la teneur en azote total est en moyenne de 0,88‰, tous échantillons confondus entre 0 et 40 cm, on peut estimer que la teneur en P_2O_5 est caractéristique de sols faiblement

¹⁹⁰ CRETENET, M., GUIBERT, H., VAISSYRE, M. *Agriculture biologique durable dans les savanes d'Afrique - Conditions de réussite*. Montpellier – CIRAD UPR systèmes de culture annuels, 2008. 1p

¹⁹¹ GUIBERT, H. *Evolution de la matière organique et de la capacité d'échange cationique des alfisols tropicaux cultivés au Tchad*. Thèse de doctorat. Nancy – Institut national polytechnique de Lorraine (INPL), 1999. 203p

¹⁹² SUZOR, H. *Evaluation et diagnostic de la fertilité. Projet Garoua (Cameroun). Phase I : campagne agricole 90/91*. Montpellier - CIRAD-IRCT, 1991. 44p

ferralitiques : le point correspondant à ces coordonnées P / N tombe en effet sur la courbe d'équilibre établie empiriquement par DABIN (1961)¹⁹³, cité dans CIRAD (1993), à partir de multiples analyses de sols.

Sachant que les sols sont bien fournis en N (moyenne de 0,88‰) et que le pouvoir fixateur du sol en phosphore peut être considéré comme moyen, le seuil de déficience en P₂O₅ (seuil au-delà duquel l'apport d'élément est inutile pour accroître la production) peut être estimé entre 50 et 100 ppm (CIRAD, 1993). Un apport modéré de P₂O₅ peut être utile pour des cultures exigeantes en phosphore, ce qui n'est pas le cas de l'igname (Cf. **Partie 3.2.1 supra**)

pH : Tous échantillons confondus entre 0 et 40 cm, le pH est en moyenne de 5,5, ce qui est considéré comme fortement acide (CIRAD, 1993). Mis en relation avec la teneur totale en azote, la fertilité peut être considérée comme moyenne (DABIN, 1961, cité dans CIRAD, 1993). Néanmoins, quoique basse, cette valeur de pH peut être considérée comme favorable à l'activité biologique et il n'y a, a priori, pas de risque de toxicité aluminique (ETTIEN et al., 2000)¹⁹⁴. Si l'on s'en tient à la moyenne de CEC pour les quatre analyses de sol, les ions H ou Al, générateurs d'acidité, n'occuperaient « que » 17% de la CEC moyenne.

¹⁹³ DABIN. *Les facteurs de la fertilité des sols des régions tropicales en culture irriguée – Bulletin spécial de l'Association française pour l'étude des sols*. Orléans – AFES, 1961. pp108-130

¹⁹⁴ ETTIEN, D.J.B, GIRARDIN, O., ASSA, A.D. *La sécurité alimentaire à la périphérie du Parc National de Taï - Amélioration des systèmes de production à base d'igname : Essai de fertilisation à Walebo*. Université de Cococyc – Abidjan. 2000. Pp168-177

Annexe 3 - Focus sur la génétique de l'igname

→ Espèce et variété : des notions complexes chez l'igname

Toutes les ignames sont du genre *Dioscorea*. Ce genre comprend plus de 600 espèces, dont une dizaine est cultivée pour l'alimentation. Les deux principales, représentant plus de 95% de la production mondiale, sont *D. alata* et *D. cayensis-rotundata* (*Dcr*) (DEGRAS, 1986).

Le Mémento de l'agronome (CIRAD, 2002) qualifie la génétique de l'igname de « complexe et mal connue ». En effet, si l'on retient la définition donnée par MAYR (1942)¹⁹⁵, l'espèce est « un groupe de populations naturelles au sein duquel les individus peuvent, réellement ou potentiellement, échanger du matériel génétique ; toute espèce est séparée des autres par des mécanismes d'isolement reproductif ». Or ces mécanismes d'isolement peuvent parfois être levés chez l'igname et les espèces s'hybrider, la notion d'espèce devient alors floue. Deux exemples illustrent ceci :

- Il est communément admis que l'espèce cultivée *D. rotundata* dérive des espèces sauvages *D. praehensilis* et *D. abyssinica* (les paysans béninois ajoutent *D. burkilliana*). Pour DUMONT et al. (2010)¹⁹⁶, les trois espèces sont construites à partir d'un ensemble génétique commun et l'espèce *D. rotundata* évolue au gré des échanges génétiques avec les deux autres espèces ;
- *D. rotundata* et *D. cayensis* sont successivement présentées dans différentes publications comme des espèces distinctes ou comme une même espèce, parfois par les mêmes auteurs, ceux-ci révisant leur point de vue. La distinction est justifiée par des caractères morphologiques différents, en particulier mais pas seulement la couleur de la chair, alors que le regroupement est justifié par l'interfécondité et la difficulté à classer certaines ignames dans l'une ou l'autre des espèces. Ainsi, on parle généralement de « complexe spécifique » *Dcr*.

La variété est un rang de classification inférieur à l'espèce, différentes variétés se distinguent généralement par des différences morphologiques, chimiques, organoleptiques ou écologiques. Le cultivar est quant à lui l'appellation dédiée désignant une variété cultivée.

Il s'agit d'une classification pratiquée intuitivement par les paysans. Des analyses génétiques sur les quatre variétés de *Dcr* les plus commercialisées en Haute-Guinée (*Kougbè*, *Wakourouni*, *Sofèrèn* et *Tenkèrèn*) montrent (CAMARA, 2014a)¹⁹⁷ :

- Une cohérence à l'échelle du village et de la région : des individus proches morphologiquement et génétiquement sont généralement classés dans la même variété ;
- Une hétérogénéité génétique (polymorphisme) dans certaines variétés ;
- Des erreurs de classement existantes de la part des paysans ;
- L'existence de certains chevauchements entre variétés, entre *Tenkèrèn* et *Sofèrèn* notamment (il peut y avoir plus de différences génétiques entre deux individus d'une même variété qu'entre deux individus de variétés différentes).

Plus généralement, la caractérisation des cultivars de *Dcr* est une tâche complexe, les études sur les ignames ouest-africaines ayant montré que les espèces et variétés s'obtiennent, se maintiennent et évoluent au cours de différents processus :

- Reproduction sexuée : elle permet de brasser les génomes de deux individus, parfois d'espèces différentes (hybridation), c'est le cas pour *D. rotundata* issue de *D. praehensilis* et *abyssinica* avec lesquelles des échanges de gènes sont toujours en cours (DUMONT et al., 2010) ;
- Domestication (DUMONT et al., 2010 et CAMARA, 2014a) : elle isole des individus d'ignames sauvages sur la base de leurs caractéristiques morphologiques ou physiologiques et peut mener à l'obtention d'une nouvelle variété ;
- Mutations génétiques : elle conduit à la création d'un nouveau plant à partir d'une plante mère ;

¹⁹⁵ MAYR, E. *Systematics and the origin of species*. Columbia University Press, New York. 1942

¹⁹⁶ DUMONT, R., ZOUNDJIHEKPON, J. VERNIER, P. *Origine et diversité des ignames Dioscorea rotundata Poir.* Cah Agric, vol. 19, N° 4, juillet-août 2010. 7p.

¹⁹⁷ CAMARA, F. *Analyse de la variabilité intra variétale des cultivars d'igname Dioscorea rotundata de la Haute-Guinée par cytométrie en Flux et par AFLP*. Kankan - CRAB, 2014 (a). 24p

- **Sénescence** : DUMONT et al. (2010) suggèrent que la sénescence d'un ou plusieurs individus d'une variété pourrait donner lieu à l'émergence d'une nouvelle variété par modification du comportement en culture. Ainsi, il émet l'hypothèse que la sénescence de variétés précoces donnant deux récoltes peut donner des variétés intermédiaires, voire tardives à une seule récolte.

De plus, DUMONT et al. (2010) notent que la diversité génétique du cultivar peut se modifier profondément dans le temps alors que son nom reste invariable. Ainsi, en plus des caractéristiques de chaque variété d'igname et de l'expression de ces caractéristiques en fonction de l'environnement, la dimension dynamique et évolutive des variétés doit être prise en compte.

En Afrique de l'Ouest, les variétés locales du complexe *Dcr* souffrent d'érosion génétique. Ainsi, au Bénin, cette érosion serait causée par (DANSI, 2003) :

- Des attaques parasitaires (surtout nématodes, mais aussi viroses et champignons pathogènes du sol) qui entraînent une raréfaction du matériel de reproduction végétative et une extinction des variétés les plus sensibles ;
- L'abandon progressif des variétés peu aptes à la transformation en foutou (igname pilée) ;
- La substitution de l'igname par certaines cultures de rente (coton, maïs, etc.), qui entraîne là encore une raréfaction du matériel de reproduction végétative ;
- L'appauvrissement progressif des sols incitant les paysans à abandonner les variétés les plus exigeantes en fertilité.

Pour contrebalancer cette érosion génétique, trois approches sont mises en œuvre par les paysans : échanges de matériel entre pays voisins (cas de 56 variétés sur les 313 recensées au Bénin, soit 18%), échanges de matériel entre villages du même pays (difficilement quantifiables, très localisés, avec valeur ajoutée faible en terme d'enrichissement génétique) et domestication d'espèces d'igname sauvages : trois espèces sauvages - *D. abyssinica*, *D. parehensis* et *D. burkilliana* – seraient à l'origine de 38 variétés sur les 313 recensées au Bénin, soit 12% (DANSI, 2003).

La génétique complexe et encore mal connue des ignames n'a pas encore permis une diffusion significative de variétés améliorées. Le seul exemple de matériel diffusé à grande échelle par la recherche est le cultivar *Florida* (*D. alata*), sélection clonale faite à Porto Rico, introduite en 1975 en Côte d'Ivoire et maintenant largement adoptée et diffusée dans la sous-région (CIRAD, 2002).

→ Caractéristiques liées à l'espèce

On ne traite ici que de *D. rotundata*, *D. cayenensis* et *D. alata*, les autres espèces n'étant pas ou très peu cultivées en Afrique de l'Ouest. Il est à noter que le Mémento de l'agronome (CIRAD, 2002) présente toutes les *D. rotundata* comme précoces alors que DUMONT et al. (2010) identifient 3 groupes : précoces, intermédiaires (aussi mentionnées par NGUE BISSA et al., 2007) et tardives, les deux dernières catégories pouvant dériver de la première. Le tableau suivant résume les caractéristiques de ces trois espèces :

	<i>D. rotundata</i>			<i>D. cayenensis</i>	<i>D. alata</i>
	Précoces	Intermédiaires	Tardives		
Forme du tubercule	Longs ^{1;2} , volumineux ²	Longueur réduite à 30 cm ²	Volumineux ²	Courts ¹	Formes variées ⁵ , souvent très gros ³
Nombre de tubercules	Peu ¹ ; 1 à 2 ²	1 à 3 ²	2-4 ²	Assez nombreux ¹	1 ¹
Couleur chair	Blanche ⁵			Jaune ⁵	Blanc à rouge ou bleu pourpre ⁵
Cycle végétatif	200j ¹ ; 8 mois ²			350j ¹ ; 12 mois ¹	8-10 mois ³
Nombre de récoltes	2 ^{1;2}	1 ou 2, en fonction de l'environnement et du paysan ²	1 ^{1;2}	1 tardive ¹	1 ⁶
Rendement	Meilleur que pour les tardives ²		Meilleur que pour les précoces ⁴		
Type de sols	Sols légers et bien drainés, pH 6-7. A planter en buttes hautes si zone hydromorphe ⁵				Craint la toxicité de l'aluminium, tolère des sols temporairement trempés ³

Exigence en fertilité	Forte (potasse surtout et matière organique) ¹		Moins d'exigences que les variétés précoces ¹		Faible ⁵ . Parfois Invasive : La plus rustique des ignames ³ .
Besoins en eau	> 1 000 mm, optimum de 1 500 mm besoin de 400 mm entre 14 ^{ème} et 20 ^{ème} semaine, sur 1,5 mois ⁵ .				1 000 à 1 500 mm sur au moins 6-7 mois ³
	Adaptée aux zones sèches ¹			Adaptée aux zones humides ¹	
Température	Besoin en chaleur				15-35°C ³
Aptitude à la conservation	1-2 mois ²	Proche de celle des tardives ²	5-6 mois ²	Mauvaise ⁷	Bonne ¹
Ombrage					Ombrage partiel à total ³
Gel					Non toléré ³
Floraison/fertilité	Floraisons mâles et femelles, bonne fertilité, mais - de floraison si récolte précoce ²	Sujette à l'instabilité sporadique ²	Floraison mâle, pas interfécond avec <i>D. rotundata</i> précoces ou sauvages ²		

1 : CIRAD, 1993 2 : DUMONT et al., 2010 3 : CABI.org, 2013¹⁹⁸ 4 : DANSI, 2003 5 : CIRAD, 2002 6 : Enquêtes 7 : NGUE BISSA et al., 2007

Figure 75 - Caractéristiques des ignames ouest-africaines cultivées (Sources : CIRAD, 1993 ; DUMONT et al., 2010 ; CABI.org, 2013 ; DANSI, 2003 ; CIRAD, 2002 ; Auteurs, 2016)

En Haute-Guinée, les populations commencent à intégrer les ignames *D. alata* dans leurs habitudes alimentaires, mais ces variétés restent peu appréciées (CAMARA, 2005), en raison d'un goût piquant (résultats d'enquêtes, 2016). Nos enquêtes ont montré que *D. alata* (*Gbara*) reste marginale, mise à part la zone de Koundian : 14% des buttes. Un tubercule de *Gbara* se vendra au même prix qu'un tubercule de *Dcr* (*Kougbe*), malgré un poids double et ne se vendra qu'en cas de pénurie de *Kougbe* sur les marchés. Elles ont en effet l'intérêt de se conserver plus longtemps que les *Kougbe*.

➔ Caractéristiques liées au niveau de ploïdie

La ploïdie est le nombre d'exemplaires, dans les cellules d'un organisme, de jeux complets de chromosomes du génome¹⁹⁹. Par exemple, un organisme diploïde possède deux jeux complets de chromosomes.

Chez *D. alata*, le niveau de ploïdie a été corrélé avec le développement de la plante, une plus grande tolérance aux stress abiotiques et biotiques et un rendement supérieur du tubercule (MALAPA et al., 2005²⁰⁰, ABRAHAM et ARNAU, 2007²⁰¹, LEBOT et al., 2009²⁰², cités dans RAJAONAH et al., non daté²⁰³).

En Haute-Guinée, le niveau de ploïdie a été mesuré sur trente-trois individus dont 25 individus de *Dcr* (cultivée), un individu de *D. alata* (cultivée) et sept individus de *D. abyssinica* (sauvage). 24 de ces individus sont tétraploïdes et deux individus sont hexaploïdes (CAMARA, 2014a).

➔ Caractéristiques liées à la durée du cycle végétatif

Le nombre de récoltes est de première importance pour les paysans : une seule récolte donnera des tubercules à maturité physiologique se conservant bien. Dans un système à deux récoltes, la première

¹⁹⁸ CABI.org. *Dioscorea alata* (white yam). 2013. En ligne à l'URL : <http://www.cabi.org/isc/datasheet/19293> (visitée le 12/02/2016).

¹⁹⁹ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Plo%C3%AFdie>, visité le 23/02/2016.

²⁰⁰ MALAPA, R., ARNAU, G., NOYER, J. L., LEBOT, V. Genetic diversity of the greater yam (*Dioscorea alata* L.) and relatedness to *D. nummularia* Lam. and *D. transversa* Br. as revealed with AFLP markers. Genetic Resources and Crop Evolution, 52: 919–929. 2005.

²⁰¹ ABRAHAM, K., ARNAU, G. Use of DNA Markers for Genetically Improving the Productivity, Palatability, Storability and Dry Matter Content of Tubers of Greater Yam. In: Mi-term report of IFCPAR Project Number 3000-B1. IFCPAR eds, New Delhi, India, 26. 2007.

²⁰² LEBOT, V., CHAMPAGNE, A., MALAPA, R., SHILEY, D. Journal of agricultural and food chemistry, 57 (22) : 10539-10547. 2009.

²⁰³ RAJAONAH, M.T., RODIER, M., JEANNODA, V., CHAÏR, H., non daté. Caractérisation cytologique et génétique des ignames cultivées (*Dioscorea alata*) de Madagascar. 12p.

donnera des tubercules non matures, difficiles à conserver mais appréciés pour la consommation et la seconde des agrégats de tubercules appréciés comme semenceaux.

Les paysans de Haute-Guinée traitent souvent les mêmes variétés à la fois en simple et double récolte, en fonction de leurs besoins en tubercules consommables, commercialisables et en semenceaux au cours de l'année. Les 14 variétés de *Dcr* identifiées au cours de nos enquêtes peuvent être traitées en double récolte.

Outre leur disponibilité dans le temps, les ignames *Dcr* précoces et *Dcr* tardives pourraient présenter des caractéristiques distinctes.

Ainsi, d'après DANSI (2003), les ignames *Dcr* tardives (*Kokoro*, qui est à la fois un nom de variété et le nom générique des ignames tardives) sont choisies dans le Nord du Bénin pour leur haut rendement, de meilleures qualités pour la préparation de la pâte d'igname (*amala*), de meilleures aptitudes à la fabrication de cossettes et une faible sensibilité aux attaques parasitaires.

Ces ignames n'exigent pas systématiquement de jachère longue et s'insèrent plus facilement dans des systèmes de culture stabilisés. Elles peuvent ainsi être cultivées plusieurs années de suite, en alternance avec des céréales par exemple, sur des parcelles ayant déjà subi deux ou trois assolements. De plus, les buttes peuvent être moins grandes, ce qui réduit le travail préparatoire. Enfin, chaque plant donne cinq à 10 petits tubercules, sur lesquels peut être prélevé seulement un tubercule pour la replantation, contre un tubercule sur deux ou trois pour la majorité des autres variétés (Réseau TPA, 2000).

DANSI (2003) rapporte également des observations de meilleure tolérance à la sécheresse chez les *Dcr* tardives mais estime que des investigations supplémentaires sont nécessaires. Par contre, toujours dans le Nord du Bénin, les ignames *Dcr* précoces sont préférées pour le volume de leurs tubercules et leur goût.

Cependant, certains réfutent ces différences entre *Dcr* précoces et *Dcr* tardives. Ainsi, DUMONT (1997)²⁰⁴, qui a caractérisé 36 variétés d'ignames précoces et tardives dans un village de l'ethnie *Bariba* du Bénin septentrional, ne relève aucune hiérarchie entre les deux groupes en termes de sensibilité à *Hétéroligus* (coléoptère parasite), de possibilités d'utilisation culinaire ou de possibilité de transformation en cossettes.

Celan étant, comme illustré dans la figure ci-dessus, les variétés tardives sont généralement considérées comme moins exigeantes en fertilité que les précoces. Les paysans s'adaptent ainsi à la réduction des temps de jachère en changeant de matériel végétal, en passant par exemple de *Dcr* précoces à *D. alata* (cas de la Côte d'Ivoire) ou *Dcr* tardifs (cas du Bénin et de l'Ouest du Nigéria) (CIRAD, 2002).

Les variétés de *D. alata* (*Gbara*) partagent des qualités avec les *Kokoro* du Nord Bénin : bon rendement en sols pauvres, bonne conservation, taux de multiplication important. La transformation en farine étant anecdotique en Haute Guinée (Cf **Partie 3.4.2. supra**), les qualités des *Kokoro* pour la transformation ne sont pas d'un intérêt majeur pour la zone. Le critère de taille, en faveur de *Gbara*, est plus important pour les paysans et commerçants de Haute-Guinée (données d'enquêtes, 2016).

²⁰⁴ DUMONT, R., 1997. *La production d'ignames dans un village Bariba du Bénin Septentrional*. Les Cahiers de la Recherche Développement, N°43 -1997. 17p.

Annexe 4 - Aperçu des techniques de production de semenceaux

→ Utilisation des petits tubercules

Dans un système à une récolte, les petits tubercules peuvent être utilisés comme semenceaux. L'utilisation d'un tubercule entier limite le risque d'infection encouru avec l'utilisation d'un morceau de tubercule dont le parenchyme est exposé (AIGHEWI et al., 2015). Au Nigéria, en régime de pluies bimodal, il est possible de planter ces tubercules en début de saison sèche (*Ibid*).

Pour AIGHEWI et al., (2015), ces avantages font de cette méthode la meilleure des méthodes traditionnelles, pour peu que l'on s'assure que la petite taille des tubercules n'est pas due à une infestation virale. Ceci implique que l'état sanitaire des plants soit suivi au cours de la phase de végétation : on ne peut identifier à l'œil un tubercule porteur de virus (FILLOUX et al., 2011b). Les plants infectés doivent être éliminés, ce que rechignent souvent à faire les paysans (AIGHEWI et al., 2015).

→ Sevrage de la plante en végétation

Cette méthode ne s'applique qu'aux variétés précoces, qui atteignent rapidement, soit quatre à six mois après germination, une maturité suffisante (mais pas totale, Cf. **Partie 3.4.1. supra**) pour être déterrées et commercialisées (NGUE BISSA et al., 2007). La période restante avant sénescence de la partie aérienne (un à trois mois d'après AIGHEWI et al., 2015 ; quatre à cinq mois d'après NGUE BISSA et al., 2007 ; deux à sept mois d'après nos enquêtes) permet la production de nouveaux tubercules plus petits, avec de nombreuses protubérances et digitations, qui auront un pouvoir germinatif important (AIGHEWI et al., 2015). Cette pratique est répandue en Haute-Guinée (Cf. **Partie 2.2.3. supra**).

Le choix de la date de première récolte est critique : les tubercules récoltés doivent être suffisamment gros pour être commercialisés mais la période laissée à la croissance des seconds tubercules doit être suffisamment longue (AIGHEWI et al., 2015). Ceci est d'autant plus critique qu'une étude (CORAF, 2012b)²⁰⁵ met en évidence le fait que l'augmentation du calibre du semenceau utilisé (calibres étudiés entre 200 et 1000g) améliore le taux de levée, réduit l'incidence et la sévérité des maladies virales, augmente le poids (mais non significativement) et le nombre des tubercules obtenus.

Les tubercules de seconde récolte ne seront pas, ou faiblement, infestés de nématodes, même si les tubercules de première récolte l'étaient (DEGRAS, 1986). La méthode permet de disposer de tubercules à vendre très tôt, à un moment où les prix sont élevés (AIGHEWI et al., 2015, NGUE BISSA et al., 2007). Par contre, la première récolte impose de reformer les buttes, ce qui est chronophage (AIGHEWI et al., 2015).

→ Utilisation de morceaux de tubercules (*setts*)

Les techniques basées sur des morceaux reposent sur l'existence d'une couche de cellules méristématiques sous la peau, lesquelles permettent la germination après la levée de dormance. Ainsi, n'importe quel morceau ayant une partie de périoderme peut germer (ONWUEME, 1973²⁰⁶, cité dans AIGHEWI et al., 2015). Les tubercules doivent être fragmentés en début de germination (NGUE BISSA et al., 2007).

Méthode directe

Elle consiste à utiliser des morceaux de tubercules pour produire en un cycle des tubercules consommés ou commercialisés. La méthode est largement pratiquée dans la sous-région, notamment en Haute-Guinée (Cf **Partie 2.2.1 supra**) ou au Nigéria (AIGHEWI et al., 2015). Les tubercules sont découpés en trois (*Dcr*) à dix morceaux (*D. alata*) morceaux de 200 à 500 g (AIGHEWI et al., 2015 ; Auteurs, 2016).

Au Nigéria, les surfaces coupées sont séchées pendant un à deux jours, puis les morceaux sont plantés (AIGHEWI et al., 2015). Les têtes (partie proximale, où apparaissent les germes sur un tubercule entier) germent plus rapidement, mais sont plus facilement infestées par les nématodes car les tissus y sont plus vieux que dans les autres zones du tubercule, le tubercule s'allongeant par la queue (DEGRAS, 1993²⁰⁷, cité dans AIGHEWI et al., 2015).

²⁰⁵ CORAF. *L'équipe togolaise calibre les semenceaux et taille les tubercules*. In CORAF Action n°65, 4ème trimestre 2012.

²⁰⁶ ONWUEME, I. C. *The tropical tuber crop: Yams, cassava, sweet potato, cocoyam*. English language book society and John. Chichester: Wiley & Sons. 1973

²⁰⁷ DEGRAS, L. In C. René (Ed.), *The yam: A tropical crop*. London: Macmillan Press Ltd. 1993. 409 p.

Les autres parties ne disposant pas de germes différenciés au moment de la plantation, ils germent plus lentement (AIGHEWI et al., 2015). Il est donc recommandé de semer les têtes, corps et queues des tubercules séparément pour assurer l'homogénéité de la levée (CNRA, 2013)²⁰⁸.

Afin de limiter la pourriture due aux champignons qui se développent sur les tubercules fraîchement coupés, certains paysans choisissent de les couper longtemps avant plantation et de favoriser la subérisation des morceaux. Ainsi, il arrive que des tubercules de première récolte soient découpés et remis en terre (dans la butte ou en fosse). Récoltés en seconde récolte, les morceaux ont reconstitué un suber important (AIGHEWI, 1998, cité dans AIGHEWI et al., 2015).

Méthode directe

En réduisant la taille des morceaux plantés, on produit des tubercules plus petits. Il s'agit donc d'une culture spécialisée pour la production de semenceaux, de 200 g à 1 kg (NGUE BISSA et al., 2007). On peut distinguer trois méthodes indirectes : Anambra, minisetts et microsetts.

La méthode dite Anambra est pratiquée au Nigéria, dans les états d'Anambra, Edo et du Delta. Il s'agit de la seule zone où des paysans se spécialisent dans la production de semenceaux, et ceux-ci y sont de meilleure qualité qu'ailleurs (AIGHEWI et al., 2015). Un tubercule de 500 g à 1 kg est découpé, après levée de dormance, en morceaux de 80 à 100g (OKINMAH, 1980²⁰⁹, cité dans AIGHEWI et al., 2015). Les morceaux sont plantés au champ, généralement en association (maïs, manioc, taro, légumes) et donnent des semenceaux qui seront replantés entiers (AIGHEWI et al., 2015).

En réduisant encore la taille des morceaux, on obtient des minisetts. L'IITA a d'abord recommandé des morceaux de 25 g, permettant à la fois de réduire drastiquement le nombre de tubercule mère utilisés et permettant d'obtenir un nombre satisfaisant de semenceaux après culture (KALU et al., 1989²¹⁰, cités dans AIGHEWI et al., 2015), les petits morceaux étant plus vulnérables une fois plantés (IITA et EIARD, 2013)²¹¹.

NGUE BISSA et al. (2007) recommandent des morceaux de 15 à 30 g, le CNRA de Côte d'Ivoire (N'GORAN et al., 2013) des morceaux de 30 à 50 g, le CRAB recommande 50 g (CAMARA, 2014b)²¹², l'IITA recommande désormais 80 g (IITA et EIARD, 2013).

Ces poids sont discutés, certains recommandant de l'augmenter pour assurer la germination (AYANKANMI et al., 2005²¹³, cité dans AIGHEWI et al., 2015), d'autre de le réduire (jusqu'à 5g pour l'obtention de semenceaux de 200 g d'après AKORODA (1985)²¹⁴ et ONWUEME et CHARLES (1994)²¹⁵ (cités dans AIGHEWI et al., 2015) pour réduire au maximum le nombre de tubercules utilisés. Au Ghana, des setts de 125 à 150 g avec hormone de croissance (Seradix) ont donné les meilleurs résultats (LAWRATU, 2008)²¹⁶.

En deçà de 10 g, on parle de microsetts et les principes de production restent les mêmes (AIGHEWI et al., 2015). L'IITA (1986)²¹⁷, cité dans AIGHEWI et al., 2015) et NGUE BISSA et al. (2007) recommandent un séchage des morceaux d'un à deux jours à l'ombre, limité à une nuit dans les recommandations du CRAB (CAMARA, 2014b) et une heure dans celles du CNRA (N'GORAN et al., 2013).

Les minisetts peuvent être plantés directement au champ, dans des billons, à une densité de 40 000 morceaux/ha, une fois les pluies bien établies. Les résultats sont très dépendants de la variété et des

²⁰⁸ N'GORAN, K.E., KOUAKOU, A.M., ZOHOURI, G.P., DIBI, K.E.B., KASSIN, K.E. *Bien produire des semenceaux d'igname en Côte d'Ivoire*. Abidjan – CNRA, 2013. 2p.

²⁰⁹ OKINMAH, L. U. *Rapid multiplication of yams* (Manual Series No. 5). Ibadan – IITA, 1980.

²¹⁰ KALU, B. A., NORMAN, J. C., PAL, V. R. ADEDZWA, D. K. Seed yam multiplication by the mini-sett technique in three yam species in a tropical guinea savanna location. *Experimental Agriculture*, 25, 181–188. 1989. 8p.

²¹¹ IITA et EIARD. *Healthy yam seed production*. 2013. 6p.

²¹² CAMARA, F. *Production rapide de semences améliorées d'igname*. 2014 (b). 5p.

²¹³ AYANKANMI, T., SHIWACHI, H., ASIEDU, R. *Sprouting and yield of yam (Dioscorea spp.) minisetts in relation to sett size, soil moisture and agro-ecology*. *Tropical Science*, 45, 23–27. 2005. 5p.

²¹⁴ AKORODA, M. O. *Sexual seed production in white yam*. *Seed Science and Technology*, 13, 571–581. 1985. 11p.

²¹⁵ ONWUEME, I.C., CHARLES, W.B. *Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects*. FAO Plant Production and Protection Paper 126. Rome – FAO, 1994.

²¹⁶ LAWRATU, M. *The effect of sett-size and hormone on the sprouting and growth of yam*. 2008.

²¹⁷ IITA. *Annual report of the root and tuber improvement program*. Ibadan – IITA, 1986.

conditions au moment de la plantation (AIGHEWI et al., 2015). Pour les microsetts, la densité peut atteindre 3,4 millions de morceaux/ha (OTOO, 1992²¹⁸, cité dans AIGHEWI et al., 2015).

Minisetts et microsetts peuvent être prégermés en pépinière 15-30 jours avant les pluies (CAMARA, 2014b, NGUE BISSA et al., 2007), sur terre végétale, sciure, fibre de noix de coco, balle de riz carbonisée (AIGHEWI et al., 2015), sable ou paille (CAMARA, 2014b), ce qui a plusieurs avantages : réduction du risque de maladies et parasites, sélection des semenceaux en fonction de leur comportement en pépinière, transplantation quand les conditions s'avèrent favorable (AIGHEWI et al., 2015). Les fragments germent en deux à quatre semaines (NGUE BISSA et al., 2007).

L'IITA, le CRAB et le CNRA recommandent que les morceaux soient traités avec des fongicides (type Manèbe ou Benlate pour NGUE BISSA et al., 2007) et insecticides (AIGHEWI et al., 2015 ; CAMARA, 2014b ; N'GORAN et al., 2013). Quand la technique est utilisée par les paysans (Anambra surtout), le traitement se limite généralement à l'usage de cendres dont l'efficacité comme insecticide et fongicide est variable (OTOO, 1992, cité dans AIGHEWI et al., 2015). Les infections par les champignons restent fortes (AIGHEWI, 1998, cité dans AIGHEWI et al., 2015). Néanmoins, NGUE BISSA et al. (2007) recommandent un trempage de 10 minutes dans huit L d'eau contenant 150 g de cendres. Dans le cas des microsetts, l'utilisation de fongicides, insecticides, d'un mulch et de l'irrigation est indispensable (AIGHEWI et al., 2015).

Par rapport à la méthode directe, les temps de travaux et le délai d'obtention de tubercules de consommation sont augmentés (OKOLI et AKORODA, 1995²¹⁹, cités dans AIGHEWI et al., 2015). Les taux de germination en sols pauvres peuvent être faibles (MALIKI et KODJO, 2003)²²⁰. AIGHEWI et al. (2015) recommandent que cette technique cible les variétés tardives à une seule récolte, sans en donner la raison.

L'IITA et EIARD (2013) estiment que leur technique améliorée basée sur des minisetts (80 g et traitements fongicides/insecticides) permet de produire des semenceaux dont le rendement sera deux à six fois supérieur aux semenceaux issus des pratiques traditionnelles. Les rôles respectifs de l'usage d'insecticide/fongicide et de la taille des morceaux ne sont cependant pas évalués. Ils estiment par ailleurs que la spécialisation dans la production et la vente de semenceaux plutôt que dans la production de tubercules de consommation permettrait également de multiplier la marge brute par deux.

Ces analyses positives sont cependant à relativiser. Ainsi, toutes les variétés ne répondent pas aux méthodes minisetts et microsetts (ETTIEN et TSCHANNEN, 2002). S'interrogeant sur le faible taux d'adoption de la méthode minisetts au Cameroun (10% en moyenne dans les zones étudiées), NCHINDA et al. (2007)²²¹ ont mené une enquête qui en donne les causes : méconnaissance (31,8%), contraintes de temps (29,5%), demande en capital trop importante (26,8%), faible taux de réussite (22,7%), coût élevé des intrants et produits phytosanitaires (11,4%) et demande en main d'œuvre trop importante (2,3%).

30 ans après son introduction au Nigéria, le taux d'adoption est inférieur à 40% (IKEORGU et al., 2007)²²². Au Togo enfin, l'équipe du Projet « Promotion de la production de semenceaux d'igname au Nigeria, Ghana, Bénin et Togo par la technique de multiplication rapide » déplore également un faible taux d'adoption dans neuf préfectures des trois régions économiques de l'étude (CORAF, 2012a)²²³.

La pratique des minisetts existe en Haute Guinée (Comm. pers. S. KOUROUMA – Président FUCPIS, 2016), où elle est recommandée par le CRAB (CAMARA, 2014b), mais elle reste peu répandue.

²¹⁸ OTOO, J. A. *Substitutes for chemicals, sawdust and plastic mulch in improved seed yam production*. In M. O. Akoroda & O.B. Arene (Eds.), *Promotion of root crop-based industries: An incentive for research and development* (pp. 281–284). Kinshasa: Proc. 4th Triennial Symp. of ISTRC-AB. 1992.

²¹⁹ OKOLI, O. O., AKORODA, M. O. *Providing seed tubers for the production of food yams*. *Africa Journal of Root and Tuber Crops*, 1(1), 1–6. 1995. 6p.

²²⁰ MALIKI, R., KODJO, S. *Biotechnology for yam seed beets production in center of Benin (West Africa)*. Cotonou - CIRAD/INRAB, 2003. 1p.

²²¹ NCHINDA, V.P., NJUALEM, D.K., NGASSAM, N.B., CHE, M.A., NKWATE, S.P. *Adoption of minisett technology in the agroecological zones of High Guinea Savanna and Western Highlands of Cameroon*. 2007, 10p. In: B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

²²² IKEORGU, J.G., EKWE, K.C., TOKULA, M.H. *Promotion of the yam minisett technique in the yam belt of Nigeria*. 3p. In: B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

²²³ CORAF. *Togo, Bénin, Ghana et Nigeria - La culture de l'igname, à la porte de toute alimentation*. In CORAF Action n°65, 4e trimestre 2012. 2012(a)

→ Bouturage

L'IITA a obtenu un taux de multiplication de 1:30 par bouturage de sections de tige (~20 cm, un à trois nœuds d'après ACHA et al., 2004²²⁴, cité dans AIGHEWI et al., 2015) dans des sacs de terre suspendus.

La terre est irriguée par des tuyaux d'irrigation ou réservoirs d'eau et de mini-tubercules sont récoltés après sénescence. Les boutures peuvent également être cultivées en chambre à haute humidité ou sur un substrat de balles de riz carbonisées, puis repiquées en terre ou terreau (AIGHEWI et al., 2015). En fonction de la date de prélèvement des boutures, on peut obtenir un grand nombre de petits tubercules (l'idéal pour des échanges internationaux) ou un nombre réduit de tubercules normaux pour l'utilisation au champ (*Ibid*).

Cette pratique a comme avantage de ne consommer aucun tubercule pour la production de semenceaux et de produire des semenceaux sans nématode ou pathogènes du sol, pour peu que le substrat soit sain. Aucune méthode à faible coût n'a cependant encore été développée pour la production à grande échelle de semenceaux de *Dcr* (AIGHEWI et al., 2015).

→ Culture de tissus et organes en laboratoire

Des plantules peuvent être obtenues par la culture en laboratoire (en tubes à essais par exemple) de tissus ou organes d'un plant d'igname : fragment de tige, bourgeon axillaire, méristème, morceau de tubercule, graine, etc. (AIGHEWI et al., 2015).

Le méristème (amas de cellules non différenciées ayant la capacité de se multiplier et se différencier et permettant la croissance de la plante) d'une plante infectée par un virus est indemne de ce virus²²⁵. Associée à un traitement par thérapie thermique ou chimiothérapie (FILLOUX et al., 2009)²²⁶, cette culture est la seule méthode permettant d'obtenir des plants sans virus à partir de matériel infecté (AIGHEWI et al., 2015). L'IITA signalait en 1988 la disponibilité de 300 clones d'ignames débarrassés de virus par thérapie suivie d'un clonage d'apex (HOUEJISSIN et KOUANDE, 2010).

Les plantules sont repiquées en pots pour donner des semenceaux de très bonne qualité en cinq à six mois. La durée d'obtention des semenceaux est longue et le risque de pertes après repiquage est important. Ce risque de perte est réduit par la production in vitro de tubercules, dont le succès cependant dépend de nombreux paramètres (BALOGUN et al., 2004²²⁷, cité dans AIGHEWI et al., 2015).

L'IITA teste également :

- La production à base de nœuds et bourgeons par l'usage de bioréacteurs (environnement clos, stérile, utilisant un substrat liquide contenant des nutriments et équipé de flux d'air entrants et sortants sous pression). Les racines ne sont immergées que temporairement et la croissance est plus rapide qu'en tube à essai (AIGHEWI et al., 2015). Les plants produits supportent mieux la transplantation (*Ibid*).
- La culture aéroponique sans substrat à partir de fragments de tiges, où la plantule est maintenue pas la tige, les racines étant à l'air libre et alimentées en eau et nutriments par brumisation (AIGHEWI et al., 2015). La technique produit des micro ou mini-tubercules et les plants qui en sont issus ont été estimés comme particulièrement sains (MAROYA et al. 2014²²⁸, cités dans AIGHEWI et al., 2015). La pratique présente l'avantage d'allonger la période de croissance jusqu'à 14 mois et permet plusieurs récoltes sur la même plante (AIGHEWI et al., 2015).

²²⁴ ACHA, I.A., SHIWACHI, H., ASIEDU, R., AKORODA, M.O. *Effect of auxins on root development in yam (Dioscorea rotundata) vine*. Tropical Science, 44, 80–84. 2004. 5p.

²²⁵ <http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Biotechnologies/Tous-les-dossiers/biotechnologies-vertes/techniques-de-culture-in-vitro/%28key%29/7>

²²⁶ FILLOUX, D., GALZI, S., PEREIRA DE ANDRADE, G., PIO RIBERO, G., GALLET, S., UMBER, M., GAMINETTE, F. *Efforts récents pour la détection et la caractérisation des virus infectant les ignames (Dioscorea spp.) pour garantir l'état sanitaire du germoplasme*. 2009. 1p.

²²⁷ BALOGUN, M. O., SHIWACHI, H., FAWOLE, I. *Comparative effects of genotypes and explant source on microtuberization in yams (Dioscorea spp.)*. Tropical Science, 44, 196–200. 2004.

²²⁸ MAROYA, N., BALOGUN, M., ASIEDU, R. *Seed Yam production in aeroponics system: a novel technology*. YIIFSWA Working Paper No 2. Ibadan – IITA, 2014. 9 p.

Les avantages de ces méthodes sont une maîtrise des conditions climatiques et des apports en nutriments, dans un milieu aseptisé (YAM et ARDITTI, 2009²²⁹, cité dans AIGHEWI et al., 2015). Les plantes obtenues à partir de la multiplication par bourgeonnement axillaire in vitro offrent une plus grande garantie de conformité et de maintien des caractères au cours des repiquages successifs (HOUEDJISSIN et KOUANDE, 2010).

Ces techniques sont cependant contraignantes par leur coût, les besoins en personnel qualifié, en équipement et du fait que plusieurs cycles sont nécessaires pour l'obtention de semenceaux de taille suffisante pour permettre la production de tubercules de consommation (AIGHEWI et al., 2015).

➔ Utilisation des graines

Chez *D. rotundata*, la culture de plants issus de graines est rendue difficile par une floraison faible et irrégulière, un manque de synchronisation dans les floraisons, de petites fleurs peu accessibles, une faible fructification et parfois une faible germination des graines (ONWUEME, 1973 et AKORODA, 1985, cités dans AIGHEWI et al., 2015).

Elle est cependant la méthode qui permettrait d'obtenir les rendements à l'hectare les plus importants (ALVAREZ et HAHN, 1984²³⁰, cités dans AIGHEWI et al., 2015). Elle a aussi comme avantages de ne pas transmettre les maladies portées par les tubercules, de ne consommer aucun tubercule comme semenceau, de faciliter grandement le stockage et de permettre l'hybridation.

Cependant, des hybridations incontrôlées donneront des tubercules hétérogènes sans conserver les caractéristiques des cultivars sélectionnés. De plus, elles nécessitent une grande expertise, les traitements en pépinière sont peu documentés et la technique augmente les temps de travaux ainsi que la durée de culture pour l'obtention de gros tubercules (AIGHEWI et al., 2015).

²²⁹ YAM, T. W., ARDITTI, J. *History of orchid propagation: a mirror of the history of biotechnology*. Plant Biotechnology Reports, 3, 1–56. 2009. 56p.

²³⁰ ALVAREZ, M. N., HAHN, S. K. *Seed yam production*. 1984.

Annexe 5 - Revue des essais de plantes de couverture en Afrique de l'Ouest

→ Côte d'Ivoire - CIRAD

N'GORAN et al. (2007)²³¹ ont réalisé une revue des essais de fertilisation organique et minérale sur l'igname entre 1972 et 2014 et indiquent que « *l'agroforesterie et les légumineuses de couverture sont d'utilisation récente en Côte d'Ivoire, par conséquent, pas suffisamment rapporté dans la littérature* ».

Entre 1989 et la fin des années 1990, le CIRAD et l'Institut des savanes (IDESSA, devenu CNRA depuis) ont mené des essais en zone de forêt (Oumé), de mosaïque savane-forêt (vers Bouaké, à Brobo) et de savane (vers Korhogo, à Tcholélévogo) (CHARPENTIER et al., 1999 ; AUTFRAY, 1994²³², AUTFRAY, 1997²³³ et GBAKA TCHETCHE, 1999²³⁴, cités dans DOUNIAS, 2001).

En zone de forêt (Oumé), marqué par un régime de pluies bimodal et où prédomine le cacao (10% des terres en vivrier environ), des essais d'association entre plantes vivrières (maïs, riz) et plante de couverture (*Chromolaena odorata*, ou herbe du Laos) ont été menés, puis abandonnés (fauchage très pénible de *C. odorata* qui est ligneuse, couverture trop courte pour lutter contre les adventices).

Pueraria phaseoloides a ensuite été testé en remplacement de *C. odorata*. Quoique plus prometteurs, les systèmes à base de *P. phaseoloides* ne bénéficient pas d'une coïncidence entre la période d'arrêt de végétation de la plante de couverture, et le début de la croissance de la culture principale. En effet, la culture de céréale est conduite pendant la première et la principale saison des pluies (mars à juin), la seconde (septembre à octobre) paraissant trop aléatoire. Plante de couverture et culture principale sont donc en croissance pendant la même période, lors de cette première saison (DOUNIAS, 2001).

En conséquence, la conduite de l'association est complexe : une fois *P. phaseoloides* installé, son développement doit être finement contrôlé (herbicides et/ou fauchage) : rabattage afin d'éviter que *P. phaseoloides* ne concurrence la culture principale...mais rabattage dosé, afin que *P. phaseoloides* ne soit pas elle-même en concurrence avec des adventices (*Ibid*) ! Les paysans sont donc peu intéressés par ces systèmes complexes et peu compétitifs, pour peu qu'ils disposent encore de jachères pour l'abattis-brûlis (BOUCHEZ, 1998²³⁵ et ERHET, 1999²³⁶, cités dans DOUNIAS, 2001).

En zones de mosaïque savane-forêt (Brobo) et savane (Tcholélévogo), plus de 45 légumineuses de couverture ont été testés. Celles qui se sont le mieux comportées sont *P. phaseoloides*, *Cassia rotundifolia*, et *Stylosanthes guianensis*. D'autres se sont bien comportées uniquement au Centre : *Calopogonium mucunoides* et *Arachis pintoi* (CHARPENTIER et al., 1999).

En savane, pour que la plante de couverture fournisse suffisamment de biomasse en une seule saison pluviale, elle doit être implantée au même moment que la culture. Partant de ce principe, deux options ont été mises au point (DOUNIAS, 2001, citant CHARPENTIER et al., 1999) :

- Semis simultanée de la plante de couverture et de la culture principale :

²³¹ N'GORAN, K.E., ZOHOURI, P.G., YORO, R.G., KOUAKOU, M.A., ASSA, A., ASIEDU, R. *Revue bibliographique sur la gestion de la fertilité des sols cultivés en igname en Côte d'Ivoire*. In : Agronomie Africaine 19. Abidjan – CNRA, 2007. pp281-288

²³² AUTFRAY, P. *Fixation de l'agriculture en zone de forêt de Côte d'Ivoire. Synthèse de quatre années d'expérimentation sur des parcelles gérées par des paysans*. P.E.S. de Guemenedou-Gagnoa. Bouaké, Côte d'Ivoire – CIRAD/IDESSA. 1994. 15p.

²³³ AUTFRAY, P. *Fixation de l'agriculture à base de vivrier en zone forestière de Côte d'Ivoire. Création de systèmes de culture avec des légumineuses de couverture sur les dispositifs d'Oumé de 1994 à 96*. Bouaké, Côte d'Ivoire, CIRAD/IDESSA. 1994. 100p.

²³⁴ AUTFRAY P., GBAKA TCHETCHE, H. *Semis de cultures vivrières dans des couvertures végétales en zone forestière de Côte d'Ivoire*. In *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture, Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998*. Montpellier - CIRAD, collection colloques. 1999. pp. 563-570.

²³⁵ BOUCHEZ, C. *Mise en place de tests agronomiques sur maïs en zone forestière de Côte d'Ivoire (village de Gabia, région d'Oumé)*. Mémoire de fin d'études. Bordeaux - École nationale d'ingénieurs des travaux agricoles (ENITA), 2008. 46p

²³⁶ EHRET, P. *Création et diffusion de techniques agrobiologiques : discussion sur leurs intérêts pour les petits agriculteurs des tropiques humides à partir de l'étude de quelques cas*. Montpellier - CIRAD-TERA, 1999. 49p

- C'est possible pour les plantes de couverture à petites graines qui démarrent lentement. Leur développement est ensuite contrôlé les premières semaines, si nécessaire, avec un herbicide de post-levée à faible dose, sélectif de la culture. Une fois la culture principale développée, la plante de couverture ne fait que végéter par manque de lumière et ne colonise la parcelle qu'après la récolte. Après la saison sèche, les plantes de couverture forment un mulch mort au travers duquel on implante la culture ;
- Si la plante de couverture est annuelle, il est alors nécessaire de détruire les plantules issues des graines qui germent dès les premières pluies. Si elle est vivace, la reprise se fait avec les organes de réserve. Dans ce cas, on la détruit ou on contrôle son développement avec un herbicide à faible dose jusqu'à ce que la culture forme un ombrage suffisant. Le système se pérennise alors sans autre intervention. Pour limiter les doses d'herbicide, un rabattage est nécessaire, soit à la machette, soit avec un petit rouleau de type Landais en traction animale.
- Semis décalé de la plante de couverture, au moment du premier sarclage manuel de la culture (qui permet d'enfouir les graines). Il est alors nécessaire de laisser la plante de couverture en place seule l'année suivante. Cette option ne peut concerner que les plantes vivaces, les plantes annuelles ne pouvant fructifier suffisamment pour assurer leur reprise l'année suivante. Après cette jachère améliorée d'environ 16 mois, la plante de couverture est détruite ou son développement contrôlé pour pérenniser le système, comme nous l'avons vu dans l'option précédente.

De façon spécifique sur l'igname, la culture sur mulch de *P. phaseoloides* a donné de bons résultats avec le cultivar *D. alata Florido* (CHARPENTIER et al., 1999) :

- Doublement des rendements pour le semis direct et sans butte de l'itinéraire « mulch » par rapport à l'itinéraire « classique » (17 t/ha vs 8,9 t/ha en 1996). Il est noté que la croissance de *P. phaseoloides*, et donc l'augmentation de rendement, est grandement accrue avec un amendement de 1,5 t/ha de phosphate tricalcique ;
- Récolte assurée, même en cas de déficit hydrique spectaculaire comme en 1997 (quasi-absence de seconde saison des pluies) : 3,5 t/ha en itinéraire « mulch » vs 0 en itinéraire « classique » ;
- Amélioration de la structure et texture du sol : doublement des infiltrations d'eau après un an de jachère de *P. phaseoloides* et baisse de la densité du sol de 13% après 18 mois de *P. phaseoloides* ;
- Réduction du temps de travail en itinéraire « mulch » par rapport à l'itinéraire « classique » : pas de buttage et pas de sarclage (contrôle de quasiment toutes les adventices, sauf *Rottbellia exaltata* et *Euphorbia heterophylla*), même s'il faut prévoir un désherbage de *P. phaseoloides* (herbicides à action foliaire et action racinaire : Diuron à 800 g/ha et 2,4-D sel d'amine à 720 g/ha) et un léger allongement du temps de récolte lié à l'absence de butte.

Malheureusement, CHARPENTIER et al. (1999) n'ont pas évalué les temps de travaux, ni valorisé l'heure de travail afin de pouvoir faire des comparaisons des marges nettes entre ces itinéraires.

→ Côte d'Ivoire – Autres essais

N'GORAN (2012)²³⁷ a mené des essais en 2000 et 2001 de jachère améliorée à base de *P. phaseoloides* et de *C. odorata* à Tanda, au Nord-Est. Les essais étaient menés en split-plot avec un facteur principal, précédent cultural (PP = jachère de *P. phaseoloides*, CO = jachère de *C. odorata*, CC = culture continue) et un facteur secondaire, variété (deux *D. alata* et un *D. cayenensis*). Les placeaux faisaient 20 m², soit 20 plants avec une densité de 10 000 plants/ha.

Le *P. phaseoloides* a été semé à la volée en 1998, deux ans avant l'essai sur des parcelles abandonnées après un cycle de culture (baisse des rendements, enherbement). *C. odorata* a été pris en condition naturelle. Les semenceaux ont été plantés en mars, au début de la saison des pluies, les plants tuteurés 1,5 mois après, sarclés trois fois en cours de campagne et récoltés en décembre.

Les observations se sont basées sur des analyses de sol (granulométrie, C organique, N total, C/N, phosphore assimilable, complexe adsorbant, etc.), le calcul du taux de mortalité (plants non récoltés/plants levés) et le calcul du rendement.

²³⁷ N'GORAN, K.E. Gestion améliorée de la jachère dans le système de culture à base d'igname par l'utilisation de légumineuse de couverture. Journal of Applied Biosciences 52, 2012. pp3716-3724

Croisés aux analyses de sol, ceci permet de conclure que *P. phaseoloides* améliore le statut organique du sol car il contient moins de lignine que *C. odorata* et a un rapport C/N très bas, ce qui corrobore les résultats de TIAN et al. (1999). Par contre, *C. odorata* améliore le taux de phosphore assimilable et en cations échangeables, ce qui corroborent les résultats de OBATOLU et AGBOOLA (1993)²³⁸ et pourrait s'expliquer par le fait que *P. phaseoloides* puise d'avantage d'éléments nécessaires à sa croissance (BADO, 2002)²³⁹.

L'augmentation du rendement pour les deux jachères n'a pas été significativement différente après deux ans, mais le rendement a doublé après trois ans pour celle à *P. phaseoloides* : les rendements ont été respectivement de 10,2, 8,8 et 2,2 t/ha pour PP, CO et CC en 2000 et 13,4, 5,8 et 2,3 t/ha pour PP, CO et CC en 2001.

Enfin, pour terminer le tour d'horizon des essais de culture d'igname sur jachères améliorées en Côte d'Ivoire, il faut noter que l'association avec *Gliricidia sepium*, promue par l'Agence nationale pour le développement rural (ANADER), a été abandonnée au bout de deux ans par les paysans. Ces derniers n'en voyaient pas l'intérêt (OUATTARA et KOUADIO, 2010²⁴⁰ ; Comm. pers. Cadre ANADER, 2012).

➔ Bénin - IITA

Des essais de culture de maïs sur jachères améliorées ont été menés à partir de 1986 au Sud (Province de Mono) par le Ministère du développement rural, en coopération avec l'IITA et l'Institut tropical royal des Pays-Bas. A l'instar de la région d'Oumé en Côte d'Ivoire, le régime des pluies est bimodal, ce qui pose des difficultés de calage des semis des plantes de couverture et principale (VISSOH et al., 1998²⁴¹, ERHET, 1999, cités dans DOUNIAS, 2001)

Comme à Oumé, le système proposé était un semis de maïs en début de petite saison des pluies, suivi six semaines après du semis de la plante de couverture, *Mucuna pruriens*, son rabattage précoce, récolte du maïs et développement de *M. pruriens* qui dépérit en fin de grande saison des pluies et dont les graines tombées au sol peuvent germer au début de la prochaine petite saison des pluies. L'adoption de ce système a été meilleure que celui développé à Oumé, les paysans voyant son intérêt pour se débarrasser de *Imperata cylindrica*, très envahissante dans la zone (GALIBA et al., 1998²⁴², HOUNDEKON et al., 1998²⁴³, cités dans DOUNIAS, 2001).

Néanmoins, comme dans le cas d'Oumé, le fait que ces essais aient porté sur un système de jachère améliorée pour les céréales en zone de forêt (régime bimodal) est de peu d'utilité pour réfléchir à un système de jachère améliorée sur l'igname en zone de savane (régime monomodal). DOUNIAS (2001) conclut d'ailleurs l'analyse des essais d'Oumé et Mono sur le fait que de tels systèmes doivent être adaptés dans les zones à régime monomodal, en (i) identifiant des plantes de couverture plus adaptées à ces zones (BECKER, 1998)²⁴⁴, voire en intégrant des plantes arbustives (du type *Cajanus cajan*) dans des jachères courtes remises en culture après brûlis (EHRET, 1999).

²³⁸ OBATOLU C.R., et AGBOOLA, A.A. *The potential of Siam weed (Chromolaena odorata) as a source of organic matter for soils in humid tropics*. In Soil organic matter dynamics and sustainability of Tropical Agriculture, Mulongoy K, Merck P (ed). 1993. pp89-99

²³⁹ BADO, B.V. *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudanienne du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat. Québec - Université de Laval, 2002. 146p

²⁴⁰ OUATTARA, Y. et KOUADIO, K., E. *Strengthening Capacity for Yam Research for Development in Central and Western Africa (SCYReC) - Baseline Study. Etat de la recherche sur l'igname en Côte d'Ivoire*. Ibadan - IITA. 2010. 18p

²⁴¹ VISSOH, P., MANYONG, V.M., CARSKY, J.R., OSEI-BONSU, P., GALIBA, M. *Experiences with Mucuna in West Africa*. In *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest – Une contribution à l'agriculture durable*. Ed. D. BUCKLES, A. ETEKA, O. OSINAME, M. GALIBA, G. GALIANO. Ottawa - Centre de recherches pour le développement international (CRDI), 1998. pp1-32

²⁴² GALIBA, M., VISSOH, P., DAGBENONBAKIN, G., FAGBOHOUN, F. *Réactions et appréhensions paysannes liées à l'utilisation du pois macate (Mucuna pruriens var. utilis)*. In *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest – Une contribution à l'agriculture durable*. Ed. D. BUCKLES, A. ETEKA, O. OSINAME, M. GALIBA, G. GALIANO. Ottawa - CRDI, 1998. pp55-66

²⁴³ HOUNDEKON, V., MANYONG, V.A., GOGAN, C.A., VERSTEEG, M.N. *Déterminants de l'adoption de Mucuna dans le département de Mono au Bénin*. In *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest – Une contribution à l'agriculture durable*. Ed. D. BUCKLES, A. ETEKA, O. OSINAME, M. GALIBA, G. GALIANO. Ottawa - CRDI, 1998. pp45-54

²⁴⁴ BECKER, M., JOHNSON, D.E., SEGDA, Z.J. *The role of legume fallows in intensified upland rice-based systems of West Africa*. In *Plantes de couverture en Afrique de l'Ouest – Une contribution à l'agriculture durable*. Ed. D. BUCKLES, A. ETEKA, O. OSINAME, M. GALIBA, G. GALIANO. Ottawa - CRDI, 1998. pp85-106

FLOQUET et al. (2011)²⁴⁵ indique par ailleurs que des essais d'association entre légumineuses arbustives, telles que *Gliricidia sepium*, et igname, ont été menés dans 26 champs paysans à partir de 1995 dans la Région des Collines. Supposée assurer les fonctions de tuteurage et paillage du sol, *G. sepium* aurait eu un effet très positif : 25 t/ha contre 7 t/ha sur les champs témoins (DOPPLER et al., 2000²⁴⁶, cité dans FLOQUET et al., 2011).

Les essais se sont poursuivis, en associant diverses plantes de couverture (*M. pruriens* var *utilis*, *Aeschynomene histrix* et *Stylosanthes guianensis*) associées à *G. sepium* à plus faible densité. En 2007, il en ressortait que ces systèmes produisaient plus que les systèmes témoin (+50%) mais étaient aussi plus demandeurs en main d'œuvre (+50% également) : les chercheurs observaient une adoption encore timide des technologies les plus simples et les moins exigeantes en main d'œuvre additionnelle (DOUMBIA, 2007²⁴⁷, cité dans FLOQUET et al., 2011).

➔ Bénin – CIRAD/ITRA/INRAB/INERA/UAC/IITA

Ces recherches sont présentées dans différents documents (CORNET et al., 2007²⁴⁸ ; CORNET et MESTRE, 2009²⁴⁹ ; CORNET, 2009²⁵⁰ ; CORNET et al., 2010²⁵¹) : menées pendant 10 ans (années 2000) à travers quatre projets, via la collaboration de six instituts de recherche - CIRAD, Institut togolais de recherche agronomique (ITRA), INRAB, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC) et IITA), elles auraient permis d'élaborer trois systèmes de culture à base d'igname avec un « réel potentiel agronomique » : jachère améliorée avec *M. pruriens* ou *Aeschynomene histrix*, *P. phaseoloides* en plante de couverture, tuteurage vivant avec *G. sepium*.

En termes pratique, des essais ont été menés en 2004 à 2005 au Nord du Bénin (Fo Boure, régime monomodal, moins de pluies qu'à Kankan : 1 176 mm en 2004 et 980 mm en 2005) et au Centre du Bénin (Kpakpazoumé, régime bimodal) sur trois variétés (une précoce et une tardive de *D. rotundata*, une de *D. alata*) et trois systèmes : traditionnel, avec buttage sur défriche brûlis de jachère longue (T), semis direct sur mulch mort de *P. phaseoloides* (MM) et semis direct sur mulch vivant de *P. phaseoloides* (MV)

Il est difficile de bien identifier le dispositif expérimental : il est dit que les essais étaient au nombre de deux ou trois par site (Nord / Centre), avec quatre blocs complètement randomisés par essai. Les blocs étaient localisés sur des parcelles abandonnées après un cycle de culture (baisse des rendements, enherbement) et les placeaux comptaient 25 plants.

Des billons (60-80 cm d'écartement) ont été confectionnés afin de faciliter l'implantation initiale de maïs et *P. phaseoloides*. Ce dernier a été semé deux ans avant l'essai, en poquet (8 kg/ha) entre les billons. Après récolte du maïs, on l'a laissé se développer pendant un an.

Près de deux ans après son implantation, il a été machetté au début de la saison des pluies, puis traité une semaine après avec (i) soit une faible dose d'herbicide total (Diuron 400 g/ha + 2,4-D 720 g/ha) pour MV, (ii) soit une forte dose d'herbicide total (Glyphosate 1 130 g/ha) pour MM.

²⁴⁵ FLOQUET, A., BARBIER, A., MALIKI, R., DOSSOUHOUI, F., SIAKA, K. *L'igname peut-elle être sédentarisée – étude empirique et prospective grâce à un modèle bioéconomique*. Cotonou – CIRAD / INRAB / Université d'Abomey Calavi, 2011. 11p

²⁴⁶ DOPPLER, W., FLOQUET, A. et BIERSCHEK, T. *Adoption of soil improving and agroforestry innovations in family farms in southern Benin*. In: *University of Hohenheim, 1999. "Report of Results 1997-1999"*. Standortgemässe Landwirtschaft in Westafrika (SFB 308). 2000.

²⁴⁷ DOUMBIA, S. *Appui à la production durable d'ignames adaptées aux marchés - Rapport d'achèvement du projet TCP/BEN/3002 (A)*. Cotonou – FAO, 2007. 29p

²⁴⁸ CORNET, D., VERNIER, P., AMADJI, F., ASIEDU, R. *Integration of yam in cover crop-based cropping system: constraints and potential*. Montpellier – CIRAD / INRAB / IITA, 2007. 11p

²⁴⁹ CORNET, D., et MESTRES, C. *Développer une production durable d'igname de qualité. La culture d'igname sur couverture végétale de Pueraria*. Montpellier – CIRAD, 2009. 2p

²⁵⁰ CORNET, D. *L'igname en Afrique de l'Ouest : quelles solutions pour une production durable ?* Montpellier – CIRAD, 2010. 1p

²⁵¹ CORNET, D. et al. *Production durable d'igname dans un système de culture de semis direct sur couverture végétale (SCV) de Pueraria. Référentiel technicoéconomique multilingue. Série Nouvelles Techniques*. Cotonou - INRAB-CIRAD, 2010. 54p.

Deux à trois semaines après, le *P. phaseoloides* a été de nouveau machetté et les semenceaux ont été plantés dans des trous de 30x30x30 (sans nouveau billonnage et sans buttage, donc). L'igname a été récoltée entre mi-novembre et début janvier, sauf pour le *D. rotundata* précoce.

Les trois systèmes présentaient des différences notables : densité (5 600 semenceaux/ha pour T, 10 000 en 2004, puis 6 500 semenceaux/ha en 2005 pour MM/MV), tuteurage (absent pour T/MM, piquets de 1,5 m pour MV), désherbage (deux manuels pour T/MM/MV, un à trois machettage + applications localisées d'herbicide (Paraquat 200 g/ha) pour MV, suivant les pluies, récolte (sept/oct pour le *D. Rotundata* précoce).

Les observations se sont concentrées sur : densité de MS en saison sèche (un à deux cadres de 1 m² par plateau), quantité de main-d'œuvre, 1^{ère} date de germination, maladies et ravageurs visibles, quantité et poids des tubercules (total et marchand).

La croissance du *P. phaseoloides* est bonne : 5,5 à 7,1 t/ha de MS au bout de 18 mois, comparable au 7,6 t/ha enregistré par TIAN et al. (1998)²⁵² et le semis sous mulch de *P. phaseoloides* a un effet positif pour tous les cultivars, les meilleurs rendements étant atteints avec le mulch vivant, sans que les différences de rendement soient significatives entre mulch mort et mulch vivant : les rendements ont été respectivement de 5,3, 5,1 et 2,9 t/ha pour MV, MM et T en 2004 et 13,3, 11,9 et 6,8 t/ha pour MV, MM et T en 2005 (les faibles rendements 2004 s'expliquent par une plantation très tardive).

Sur ces bases, CORNET et al. (2010) conclut que le semis direct d'igname sur mulch de *P. phaseoloides* donne de bons résultats en termes de rendement, le *P. phaseoloides* contribuant à la restauration de la fertilité du sol, à l'amélioration du bilan hydrique et à la rupture du cycle des adventices et des ravageurs. Cela étant dit, CORNET (2010) indique que les « résultats [sont] encourageants, mais souvent lacunaires et parfois contradictoires [...] En l'absence d'éléments de compréhension du fonctionnement de la plante, la diversité des espèces et des systèmes de culture à base d'igname ne permet pas d'uniformiser les recommandations ».

Il note aussi que les systèmes proposés, plus complexes et parfois plus exigeants en travail que les systèmes traditionnels, sont d'un attrait limité tant qu'il restera des zones à défricher et que la divagation des animaux et les feux de brousse sont deux contraintes fortes. Le tableau ci-dessous illustre ces propos sur le rapport rendement/travail : on voit par exemple qu'une augmentation de 20% du rendement entre la pratique traditionnelle et le système mulch vivant se fait au prix d'une augmentation de 53% du temps de travail.

Opérations	Fo Bouré (Nord Bénin)			Glazoué (Centre Bénin)		
	MM	MV	R	MM	MV	R
Préparation du sol			59			57
Contrôle de la végétation	41	36	13	58	28	22
Plantation	53	52	15	26	29	18
Tuteurage		36			19	
Récoltes	20	20	7	73	78	21
TOTAL	114	144	94	158	154	118
Rendements de Kpouna (<i>D. rotundata</i>) en t/ha	4,86	6,95	5,77	7,48	5,14	5,88

Figure 76 - Besoins en main d'œuvre (hj/ha) de différents systèmes de culture à base d'igname (Source : CORNET, 2004)

Enfin, CORNET (2010) a estimé les charges et recettes sur cinq ans de l'application du système de culture à base d'igname sur couverture végétale de *P. phaseoloides* au Nord Bénin : il en a conclu que le système était peu rentable les trois premières années (16% de marge en moyenne, mais perte très élevée en 1^{ère} année et élevée en 2^{ème} année), avant de devenir très rentable les deux années suivantes (70% de marge en moyenne).

→ Cameroun

Le guide produit par le PNDRT préconise une jachère d'au moins cinq ans avant plantation d'ignames, période qui pourrait être ramenée à trois avec une jachère améliorée à *Mucuna sp.* Il est aussi préconisé

²⁵² TIAN, G., KOLAWOLE, G.O., CARSKY, R.J., FADAYOMI, R.O., IWUAFOR, E.N.O., TANKO, R.J., AKOBUNDU, I.O., KANG, B.T., AJAYI, A.S., EKELEME, F., ODUNZE, A.C., ADEOYE, K.B., ABAYOMI, Y.A., BABATOLA, J.O., ONU, I. Data report of 4-year IITA-NARS collaborative research in legume cover crop characterization in the moist savannah zones of West Africa. Ibadan – IITA, 1998.

deux types de fertilisation alternative, en complément de la jachère améliorée avec *Mucuna sp* : (i) Organique : 0,5 à 1 kg/pied, soit 10 à 15 t/ha de fientes ou de compost, (ii) Minérale : déjà présentée précédemment (NGUE BISSA, 2007). Que ce soit la fertilisation organique ou minérale, celles-ci apparaissent hors de portée pour les paysans (coût, disponibilité, mise en œuvre pratique de l'épandage pour une telle quantité d'engrais organique).

➔ Nigéria – IITA

MALIKI et CORNET (2009)²⁵³ rappellent que l'IITA a consacré beaucoup d'efforts dans les années 1980 pour développer les systèmes de cultures en couloirs (*alley cropping systems*), avec juxtaposition simultanée de bande de jachère plantée et de cultures. Ce système était dérivé d'un système de culture autochtone nigérian, développé par des producteurs d'igname : ceux-ci défrichent de façon sélective et laissent dans leurs champs cultivés des plants d'*Acioa barteri* qui assurent une double fonction de tuteurs et de producteurs de biomasse (FLOQUET et al., 2001²⁵⁴, cités dans MALIKI et CORNET (2009).

L'IITA a notamment testé le système de culture en couloirs avec *G. sepium* pour tenter de sédentariser les producteurs d'igname. Il a ainsi été testé en Côte d'Ivoire (BUDELMAN, 1991, cité dans MALIKI et CORNET, 2009), puis dans les savanes du Bénin (AKAKPO et al., 1998²⁵⁵ ; FLOQUET et al., 1998²⁵⁶, cités dans MALIKI et CORNET, 2009). Les résultats insatisfaisants, pour ne pas dire l'échec de ces tests, seraient dus à des erreurs de conception : les chercheurs se seraient concentrés sur le rendement, sans tenir compte des concurrences racinaires (ADEGBOLA et VLAAR, 1998²⁵⁷, cités dans MALIKI et CORNET, 2009).

La recherche agronomique nigériane semble avoir beaucoup misé sur l'utilisation d'engrais minéraux. En témoigne ce récent article de KOLAWOLE (2012)²⁵⁸ qui analyse des essais menés au Sud-Ouest du Nigéria afin de comparer différents niveaux de fertilisation, avec engrais organique (résidus de légumineuses) et/ou chimiques : il conclut que l'apport de la moitié des quantités d'engrais minéraux recommandées dans la zone (soit 45-25-37,5 kg/ha de N-P-K) serait suffisant en cas de culture de légumineuse l'année précédente, sans entrer d'avantage dans le détail sur le volet légumineuses.

Cependant, on peut relever les travaux d'IKEORGU et al (2007)²⁵⁹ : évaluation entre 2003 et 2006 au Sud-Est du Nigeria de dix espèces des plantes de couvertures (*Mucuna georgia*, *Mucuna pruriens utilis*, *Mucuna pruriens IRZ*, *Mucuna veracruz*, *Pueraria phaseoloides*, *Styloanthus capitata*, *Aeschynomene histrix*, *Chamaecrista rotundifolia*, *Centrosema pubescens* et *Crotalaria ochroleuca*) en comparaison de la jachère naturelle et de la jachère naturelle avec engrais minéral. On peut retenir de ces essais que quatre plantes (*A. histrix*, *P. phaseoloides*, *C. ochroleuca* et *M. pruriens IRZ*) ont permis d'augmenter significativement les rendements en igname par rapport aux témoins (jachère naturelle sans/avec engrais).

²⁵³ MALIKI, R. et CORNET, D. *Rapport scientifique du projet CORUS n°6071 : Evaluation de la durabilité écologique et socioéconomique des systèmes de culture sédentarisés à base d'igname au Bénin*. Cotonou – INRAB/CIRAD/IITA, 2009. 206p

²⁵⁴ FLOQUET, A., AMADJI, G., IGUE, M., MONGBO, R. et DAH-DOVONON, J. *Le point sur les contraintes socio-économiques et agro-techniques à l'adoption des innovations de gestion de la fertilité des sols sur terre de barre: synthèse des travaux réalisés par un groupe de travail de l'initiative ERICA*. Key Note Paper. Actes de l'atelier scientifique de la recherche agricole pour le développement, Programme Régional Sud-Centre du Bénin. 2002.

²⁵⁵ AKAKPO, C., AMADJI F., SACCA, S. et ADJE I. *Comparative trials of agroforestry with maize and yam based systems*. in Experience of alley cropping systems in South Benin, Comm. INRAB, 2-3 feb. 1998, Benin - NRAB/MAEP, Cotonou. 1998

²⁵⁶ FLOQUET, A. *Evaluation socio-économique en collaboration avec des paysans du Bas Bénin d'une gamme de technologie visant à stabiliser le niveau de productivité des sols*. In : Renard G., Neef A., Becker K. et von Oppen M. (Eds.) : *Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes d'exploitation d'Afrique de l'Ouest*. pp525-530. Proceed. Reg. Workshop, Univ. Hohenheim, ICRISAT and INRAN, Niamey, Niger, 4-8 march 1997. Margraf Verlag. 1998

²⁵⁷ ADEGBOLA, P., et VLAAR, J. *Experiences of alley cropping and agroforestry in South of Benin*. Communication at the national scientific workshop, Cotonou, 2 et 3 février 1998. Cotonou - INRAB/MAEP, 1998

²⁵⁸ KOLAWOLE, G. O. *Archives of Agronomy and Soil Science: Effects of leguminous plant residues and NPK fertilizer application on the performance of yam (D. rotundata cv ewuru) in South Western Nigeria*. Department of Crop Production and Soil Science, Ladoke Akintola University of Technology (LAUTECH). 2012. 12p

²⁵⁹ IKEORGU, G., OKPARA, D.A., OGBONNA, M.C. *Evaluation of Legume Cover crops for Imperata Weed Suppression, Soil Fertility Improvement, and Yam Production in Southeastern Nigeria*. Umudike, Abia State, Nigeria - National Root Crops Research Institute. In: *Securing livelihoods through yams*. 2009. Proceedings of a technical workshop on progress in ram research for development in West and Central Africa held in Accra, 11–13 September 2007, edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Nigeria- IITA. 329p

→ Tchad

BOZZA (2009)²⁶⁰ fait d'abord le constat des échecs des approches passées en termes de maintien de la fertilité des sols en zone soudanienne du Tchad :

- Années 1950 : renforcement de l'intégration agriculture/élevage dans les zones cotonnières, afin de faciliter les transferts de fertilité...mais adoption très limitée de ces technologies, par manque de ressources fourragères et après l'arrêt des crédits d'équipement de la Cotontchad ;
- Années 1990 : jachères améliorées avec des légumineuses telles que *M. pruriens*...Bons résultats en station, mais pas d'appropriation par les paysans (*M. pruriens* pas adaptée à une longue saison sèche, graines difficilement valorisables, vaine pâture) ;
- Années 2000 : systèmes de culture sur couvertures végétales, avec plusieurs missions d'agents du CIRAD (P. LIENHARD, J. ARRIVETS, D. ROLLIN, D. HAUSWIRTH), sans succès apparent aux dires des utilisateurs (Com. pers AFDI/ATADER Doba, cité dans BOZZA, 2009).

Se pose en fait toujours la question de la vaine pâture : Comment empêcher les bovins de consommer le couvert végétal en saison sèche ? Propos qu'illustre ce qui suit : « A l'issue de la campagne 2008, il a été constaté que la conservation de la biomasse sur les surfaces SCV est déplorable : 80% de perte » (BOZZA et FEAU, 2009²⁶¹, cités dans BOZZA, 2009).

Sur la base de ces constats, BOZZA (2009) propose un projet de recherche avec deux objectifs : (i) la restauration de la fertilité des sols, (ii) la résolution des conflits entre sédentaires et transhumants par l'affouragement des animaux d'élevage (NB : l'élevage itinérant occupe 40% de la population tchadienne) en promouvant la jachère améliorées à base d'*Andropogon sp.*

Le projet vise à raccourcir la jachère naturelle, qui dure généralement cinq ans, soit trois ans pour la réimplantation naturelle de l'*Andropogon sp.*, puis deux ans pour son développement (MOREL et QUANTIN, 1964)²⁶². Une réimplantation par semis (jachère artificielle) permet donc de gagner trois ans sur le temps de régénération naturelle et de profiter d'apports de matière organique, équivalent à près de 20 t de poudrette de parc à bovins tous les deux ans (SOME et al. 2007)²⁶³.

L'*Andropogon sp.* étant une graminée, sans pouvoir de fixation de l'azote atmosphérique, elle n'a a priori que peu d'intérêt pour une jachère améliorée de systèmes de culture à base d'igname, cette dernière étant fortement consommatrice d'azote.

Néanmoins, le raisonnement suivi par BOZZA (2009) pour estimer la faisabilité / efficacité de l'innovation est intéressant : il assimile le système de culture (à l'échelle de la parcelle, sur plusieurs années) à un système ouvert, où les sorties doivent équilibrer les entrées. Les principaux éléments du système sont les éléments minéraux (bilan minéral), la matière organique du sol (bilan organique) et l'eau (bilan hydrique). Nous avons suivi ce raisonnement dans notre étude (Cf. **Partie 3.3 supra**).

²⁶⁰ BOZZA, J.-L. *Remontée et maintien de la fertilité des sols en zone de savanes par l'utilisation de la jachère améliorée : mise en place d'essais sur la station de recherche de l'Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement (ITRAD) de Bébédjia – Programme de gestion des ressources naturelles et système de production.* Bébédjia - ITRAD, 2009. 21p

²⁶¹ BOZZA, J.-L., et FEAU, C. *Rapport de mission sur le projet Eau, sol, arbre (ESA) au Cameroun en juin 2009 in Stratégie de gestion de la biomasse et des feux de brousse - Projet ESA2 et SODECOTON.* 2009

²⁶² MOREL, R., et QUANTIN, P. *Les jachères et la régénération du sol en climat soudano-guinéen d'Afrique centrale - Agronomie tropicale.* 1964. pp105-136

²⁶³ SOME, N., TRAORE, K., TRAORE, O., TASSEMBEDO, M. *Potentiel des jachères artificielles à Andropogon dans l'amélioration chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso) in : Biotechnol. Agron.Soc.Environ.* 2007 11 245-252

Annexe 6 - Systèmes et pratiques de conservation de l'igname

→ Systèmes traditionnels de stockage

En butte : Le tubercule est détaché ou pas de l'appareil aérien. Ce système n'apporte aucune protection contre les attaques et maladies, et bloque la parcelle (OFOR et al., 2010). Il est parfois utilisé pour assurer la subérisation de morceaux destinés à être utilisés comme semenceaux (Cf. **Partie 3.1.2. supra**) ;

En fosse : Elle est recouverte de terre (ANTHONIO, 1967²⁶⁴, cité dans DEGRAS, 1986 ; Résultats d'enquêtes, 2015), l'intérieur est généralement tapissé de brindilles (OFOR et al., 2010) et elle peut accueillir des aérations latérales et des cheminées (OSUNDE, 2008). Elle permet de maintenir une température basse, surtout avec une cheminée, mais le taux d'humidité est plus élevé qu'en hangar (OSUNDE, 2008).

Pour NGUE BISSA et al., (2007), le stockage en fosse présente plus d'inconvénients que d'avantages, du fait notamment du risque de pourriture élevé et de l'impossibilité d'inspecter les tubercules. Pour SAUPHANOR (1986²⁶⁵, cité dans TSCHANNEN, 2003), le stockage en fosse favoriserait les attaques de cochenilles. Pour NWAKONOBİ et al. (2012)²⁶⁶, l'amélioration du système avec une double aération est prometteuse car elle limite la perte de poids et la germination. Pour OFOR et al. (2010), des fosses ventilées permettent d'atteindre des températures et des taux d'humidité optimaux pour le stockage, mais ces systèmes améliorés sont toujours plus coûteux que les systèmes traditionnels ;

Sur le sol, sous abri sommaire : Il peut s'agir d'une couverture de feuilles, de paille ou de branchages (DEGRAS, 1986 ; NGUE BISSA et al., 2007). Le stock est peu aéré, l'inspection est difficile et les ignames pourrissent (NGUE BISSA et al., 2007) ;

Sur le sol, sous abri plus élaboré : L'abri, dénommé tente, grange ou hutte, est fait en tiges de maïs, de mil ou de sorgho (OFOR et al., 2010 ; NGUE BISSA et al., 2007). Cet abris est souvent confectionné sous un arbre pour l'ombrage (OFOR et al., 2010). Si l'aération est meilleure que pour la méthode précédente, l'inspection n'est pas facile. De plus, l'abri offre des cachettes pour les insectes et rongeurs (OFOR et al., 2010 ; NGUE BISSA et al., 2007) ;

Sur claies verticales, dans un enclos fermé : Les claies sont disposées verticalement, entre des d'arbres qui apportent de l'ombrage, et l'enclos interdit l'accès au bétail (WILSON, 1980, cité dans DEGRAS, 1986). Ce stockage est efficace en période de saison sèche mais maintient une humidité élevée dès les premières pluies (OFOR et al., 2010). L'aération des tubercules est très bonne, l'inspection aisée, mais la méthode est coûteuse en temps et ne protège pas des insectes et rongeurs (NGUE BISSA et al., 2007) ;

En suspension, sur tresses : Il assure une ventilation maximale et limite les risques d'écrasement. Ce mode de stockage sert surtout à sécher les ignames, au Nigéria notamment (OFOR et al., 2010) ;

Dans une construction permanente au champ : Il s'agit généralement d'un silo en paille tressée (« secco ») sur pilotis. Cela éloigne les tubercules du sol, limite l'accès aux ravageurs et facilite les inspections ;

Dans une construction permanente au village : Le stockage peut se faire dans une case d'habitation en argile (au sol, sous les lits ou en hauteur) (DEGRAS, 1986) ou dans un grenier en argile (NGUE BISSA et al., 2007). Les écarts de température sont atténués et les tubercules sont protégés des pluies et du soleil, mais l'inspection est difficile s'ils sont stockés en tas (NGUE BISSA et al., 2007). S'ils sont stockés sur claies horizontales, la ventilation est meilleure et l'inspection est facilitée (WILSON, 1987 ; OFOR et al., 2010). L'intrusion des rats peut être limitée en fixant de la tôle en bas des magasins ou sur les poteaux des claies horizontales (WILSON, 1987 ; WILSON, 1980, cité dans DEGRAS, 1986 ; KOUAKOU et al., 2005)

→ Techniques de conservation

• *Curing ou cicatrisation des plaies*

La pratique du *curing* vise à favoriser la cicatrisation et renforcer l'épiderme grâce à une température et un taux d'humidité élevés (WILSON, 1987). Ces conditions peuvent être obtenues en mettant les ignames en

²⁶⁴ ANTHONIO, Q.B.O. *The supply and distribution of yams in Ibadan markets*. Nigerian J. Econ. Social Studies, 9 (1), 1967. pp. 33-49.

²⁶⁵ SAUPHANOR, B. *Influence du mode de stockage sur le parasitisme des stocks d'ignames*. In: IV^e congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical, Marseille 2-4 juillet 1986.

²⁶⁶ NWAKONOBİ, T.U., OBETTA, S.E., IORWTSAV, H., *Evaluation of Ventilated Underground Pit Structures for Yam (Dioscorea Spp) Storage*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4(5): 2012. pp. 393-397.

tas sous une couche de terre humide ou sous de l'herbe recouverte d'une toile. Il faut éviter les bâches en plastique qui augmentent trop la température. Ce traitement dure un à quatre jours et place les tubercules à 35-40°C et plus de 90% d'humidité (WILSON, 1987 ; DEGRAS, 1986 ; NGUE BISSA et al., 2007). La perte de poids due au *curing* est négligeable (1% d'après NGUE BISSA et al., 2007).



Figure 77 - Pratique du curing au sol (Source : WILSON, 1987)

Le *curing* peut également s'effectuer en fosse recouverte d'une fine couche de terre (OFOR et al., 2010). Les températures étant inférieures (autour de 26°C), le traitement est appelé *cool curing* et dure deux semaines (NNODI, 1987²⁶⁷, cité dans TSCHANNEN, 2003 ; NGUE BISSA et al., 2007).

Le *curing* pourrait cependant ne pas être efficace avec les tubercules de 1^{ère} récolte (ONAYEMI et IDOWU, 1988²⁶⁸, cités dans TSCHANNEN, 2003) et pourrait favoriser la germination (BEEN et al., 1977²⁶⁹, cités dans TSCHANNEN, 2003).

Cela étant dit, d'autres techniques, plus ou moins compliquées, permettent de favoriser la cicatrisation : (i) Exposition au soleil : la cicatrisation de blessures dues aux champignons se fait en un à deux jours, s'il n'y a pas de contusion (DEGRAS, 1986), (ii) Application de cendres, notamment d'écorce de neem, sur les blessures (DEGRAS, 1986 ; NGUE BISSA et al., 2007 ; OSUNDE, 2008), (iii) Application d'auxine (acide indol acétique, acide naphthalène acétique, ou 2,4-D) pendant 24h (DEGRAS, 1986). Dans tous les cas, les parties non cicatrisables doivent être coupées au couteau (NGUE BISSA et al., 2007).

• Stimulation de la dormance / inhibition de la germination

De nombreux traitements ont été testés pour rallonger la dormance des tubercules. Le plus répandu est la gibbérelline. Elle permettrait d'augmenter la dormance de *D. rotundata* de neuf à 11 semaines et celle de *D. alata* de 13 semaines (OSUNDE, 2008 ; GIRARDIN, 1996). Un comprimé de Berelex permettrait de traiter 500 kg d'ignames, pour un coût de 2 000 FCFA en 1997 (STRESSENS et GIRADIN, 1997)²⁷⁰. Pour *Bètè-Bètè* et *Krenglè*, une application dans les quatre semaines après la récolte est optimale (TSCHANNEN, 2003). La gibbérelline peut également être appliquée en culture et n'est pas toxique (TSCHANNEN, 2003).

D'autres substances seraient également efficaces, comme l'ester méthylique, l'acide α naphthalène acétique ou le 2-4D pour *D. alata* (DEGRAS, 1986). L'hydrazide maléique a un impact incertain sur le taux de germination, de nul à inhibiteur (OSUNDE, 2008). Enfin, le neem permettrait d'inhiber la germination et la pourriture (OSUNDE, 2008), sous forme de suspension d'écorce ou de feuille ou d'infusion d'écorce. La cire réduit la germination mais son coût est trop élevé pour un avantage faible. (TSCHANNEN, 2003).

• Traitements fongicides

Pour DEGRAS (1986), les fongicides sont efficaces et à appliquer le plus précocement possible. Pour d'autres, les fongicides ont des résultats variables à température ambiante (THOMPSON et al., 1977²⁷¹ ; FOUA-BI et al., 1979²⁷² ; DEMAUX et al. 1982²⁷³ ; FIAGAN 1991²⁷⁴, cité dans TSCHANNEN, 2003).

²⁶⁷ NNODI, E.C. *Pit-curing technique for prolonging the shelf life of yam tubers*, In: Tropical root crops: root crops and the African food crisis: proceedings of the Third Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops Africa Branch, Owerri (ed. TERRY, E.R., AKORODA, M.O., and ARENE, O.B.), IDRC: Ottawa, Canada, 1987. pp140-142.

²⁶⁸ ONAYEMI, O., IDOWU, A. *Physical and chemical changes in traditionally stored yam tubers (Dioscorea rotundata Poir and Dioscorea cayenensis Lam)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 36(3), 1988. pp588-591.

²⁶⁹ BEEN, B.O., PERKINS, C., THOMPSON, A.K. *Yam curing for storage*. Acta horticulturae 62, 1977. pp311-316.

²⁷⁰ STRESSENS, J., GIRARDIN, O. *Amélioration du stockage de l'igname au Nord de la Côte d'Ivoire*. Document de travail N° 11. Abidjan - Institut des savanes / Katholieke Universiteit Leuven, 1977. 22p.

²⁷¹ THOMPSON, A.K., BEEN, B.O., PERKINS, C. *Fungicidal treatments of stored yams*. Tropical Agriculture 54(2), 1977. pp179-183

OSUNDE (2008) cite le captane et le benlate, DEGRAS (1986) cite le benomyl et le thiabendazole (ce dernier sans toxicité d'après AKINNUSI et al., 1987²⁷⁵ et OGALI et al., 1991²⁷⁶, cités dans AMUSA et al., 2003²⁷⁷), permettant d'obtenir des semences qui donneront des tubercules moins atteints. Dans tous les cas, le traitement doit être ou préventif ou très rapide en curatif (moins de 36h après apparition du champignon). Il demande de fortes concentrations (>1000mg/kg), coûte cher et demande des temps de trempage supérieurs à 10 minutes. Tout ceci fait que ces fongicides sont peu utilisés (TSCHANNEN, 2003).

Des solutions de lutte biologique ont été testées mais ne seraient pas opérationnelles au champ. Il s'agit de l'utilisation du Trichome vert (*Trichoderma viride*, un champignon biofongicide) et d'*Acalypha hispida*, une euphorbiacée (TSCHANNEN, 2003).

Le vin de palme fermenté aurait inhibé totalement la croissance mycélienne de tous les champignons observés, à l'exception de *Penicillium oxalicum* et d'*Aspergillus niger*, au cours d'un test mené sur Bètè-Bètè et Krenglè en Côte d'Ivoire (KOUAME et al., 2009²⁷⁸ ; ASSIRI et al., 2007²⁷⁹). L'eau-de-vie en général aurait des propriétés antifongiques (AKINNUSI et al., 1987 et OGALI et al., 1991, cités dans AMUSA et al., 2003).

La chaux et les cendres d'inflorescence de palmier à huile seraient efficaces chez *Dcr* (DEGRAS, 1986). Le citron est également utilisé (OSUNDE, 2008) et serait plus efficace que les cendres de neem (CORNELUIS, 1998²⁸⁰).

Au Bénin, le stockage de la variété locale précoce *Morokorou* avec des feuilles de *Nauclea latifolia* a permis de diviser les pertes par 2,4 sur 150 jours. La plante a des vertus antibactériennes, antivirales, fongicides, anti-infectieuses, antiseptiques et antiprotazoaires et favorise la régénération des tissus superficiellement blessés ou brûlés (HOUEJISSIN et KOUANDE, 2010).

D'après une étude menée au Togo (KPEMOUA, 2007²⁸¹), les extraits aqueux de grains de neem, feuilles de papayer et gousses de néré préservent les tubercules de la pourriture.

On mentionnera pour mémoire uniquement que la germination est inhibée par la gamma radiation. Cependant, des variabilités en fonction de la variété et des augmentations de pourrissement chez les ignames irradiées ont été rapportées (OSUNDE, 2008). Les coûts seraient bien inférieurs à ceux de la réfrigération mais l'équipement nécessaire est important (TSCHANNEN, 2003).

²⁷² FOUA-BI, K., BABACAUH, K.D., DEMAUX, M. Pertes sur les ignames au cours du stockage : causes et méthodes de lutte. In : La conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide - Actes du premier colloque international de technologie, Yaoundé 5-10 novembre 1979. Paris - Association des universités partiellement ou entièrement de langue française (AUPELF), 1979. pp395-412.

²⁷³ DEMAUX, M., BABACAUH, K.D., VIVIER, P. Problèmes posés par la conservation des ignames en Côte d'Ivoire et essais de techniques pour les résoudre, In : Yams Ignames (ed. MIEGE, J., and LYONGA, S.N.), Oxford: Clarendon Press, 1992. pp320-328.

²⁷⁴ FIAGAN, Y.S. Développement des systèmes post-récolte de l'igname et de la banane plantain : Synthèse des rapports techniques des expérimentations (IVC/87/ 003). Bouaké - IDESSA, 1991. 76p.

²⁷⁵ AKINNUSI, O.A., OUNIRAN, J.O., SONWUNMI, O. Effect of chemical treatment of yam stored in an improved yam barn. Report of the Nigerian Stored Product Research. Institute Technical Report 17. 1987.

²⁷⁶ OGALI, E.L., OPADOKUN, J.S., OKOBI, A.O. Effect of lime and local gin on post-harvest rot of yams. Trop. Agric. 31. 1991. pp365-370.

²⁷⁷ AMUSA, N. A., ADEGBITE, A. A., MUHAMMED, S., BAIYEWU, R. A. Yam diseases and its management in Nigeria. African Journal of Biotechnology Vol. 2 (12), 2003. pp497-502.

²⁷⁸ KOUAME, P., DIALLO, A.H., TSCHANNEN, A., AKE, S. Réaction de deux espèces d'igname (*Dioscorea* spp.) traitées avec du vin de palme (*Elaeis guineensis* Jacq.), aux champignons responsables des pourritures d'igname. Afrika focus - Volume 22, Nr. 2, 2009. pp11-26.

²⁷⁹ ASSIRI, K., DIALLO, A.H., TSCHANNEN, A., AKE, S. Efficacité du vin de palme sur les champignons responsables de pourritures d'igname (*Dioscorea* Spp.) en Côte d'Ivoire. Edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

²⁸⁰ CORNELUIS, E.W. Causes and control of tuber rots of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir varieties Araba, Asana and Puna). 1998.

²⁸¹ KPEMOUA. Utilisation d'extraits de plantes à effet pesticide pour améliorer la qualité des tubercules d'igname en stockage. 8p. Edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

- **Traitements antiparasites**

L'oxamyl est un nématocide efficace mais très coûteux. Il est toxique et à proscrire pour les ignames de consommation (TSCHANNEN, 2003). Le diazinon, le nemacur et le phénamiphos sont également cités (DEGRAS, 1986). Une thermothérapie par voie humide, sous forme de bains à 45-55°C pendant 15 à 60 minutes, est également efficace contre les nématodes, sans mettre en péril la germination (DEGRAS, 1986 ; TSCHANNEN, 2003).

Les traitements contre les cochenilles sont le parathion, le malathion, l'aldrine (seulement pour les semenceaux) (DEGRAS, 1986) et la deltaméthrine (GIRARDIN, 1996). Des phéromones et l'introduction de parasites ou prédateurs ont été testées contre les cochenilles, sans que les résultats ne mènent à la diffusion de ces techniques (DEGRAS, 1986).

Les insecticides recommandés sont le koufla, la perméthrine, le malathion (TSCHANNEN, 2003), la deltaméthrine (KOUAKOU et al., 2005), ainsi que la fumigation de disulphite de carbone (DEGRAS, 1986).

Les extraits aqueux de grains de neem, feuilles de papayer et gousses de néré mentionnés plus haut pour la réduction des pourritures réduisent également les attaques de cochenilles (KPEMOUA, 2007).

Annexe 7 - Procédés de transformation de l'igname dans la sous-région

→ Variétés

Au Bénin et Nigeria, les variétés *Dcr* du groupe *Kokoro* (ignames tardives donnant de multiples petits tubercules) sont préférées pour la production de farine (Réseau TPA, 2000 ; ATTAIE et al., 1997 ; HOUEDJISSIN et KOUANDE, 2010). Elles ont des besoins en fertilité plus faibles que la plupart des autres variétés, demandent des buttes moins grandes, s'intègrent facilement dans des systèmes sédentarisés et le grand nombre de tubercule par plant réduit la proportion à garder comme semenceaux (Réseau TPA, 2000).

De même, les variétés de *D. alata*, à rendement élevé mais peu appréciées en frais, se prêtent bien à cette transformation. Le développement de la transformation en cosettes et farine a permis de valoriser ces variétés, autrefois peu utilisées (*Ibid*).

En Haute-Guinée, à Sanah, il semble que la variété *Nigéria (Dcr)* soit appréciée pour la transformation en raison de sa taille importante facilitant l'épluchage (Comm. pers. Brahma KONATE – Secrétaire FUCPIS, 2016). A Tintioulén, toutes les variétés de *Dcr* sont utilisés, mais uniquement les tubercules de plus d'un kg.

→ Epluchage

L'épluchage est la plupart de temps pratiqué avant pré-cuisson. Elle représente un temps de travail important (Réseau TPA, 2000), au rythme de six kg/heure/personne d'après l'entretien mené à Sanah et 2,5 kg/heure/personne d'après HOUNHOUIGAN et al., 1997. ATTAIE et al., (1997) mentionnent la possibilité de pratiquer un épluchage chimique par de la soude à 10%. La FUCPIS a quant à elle testé la production de cosettes en épluchant les ignames après cuisson. La technique aurait l'avantage de faciliter l'épluchage, la peau étant alors moins gluante (Comm. pers. Souleymane KEITA – technicien FUCPIS, 2016).

→ Pré-cuisson

La pré-cuisson des cosettes est généralement faite à 65-80°C pendant 15 à 50 min (Réseau TPA, 2000 ; NGUE BISSA et al., 2007 ; CAMARA, 2014c²⁸²). Au Nord de la Côte d'Ivoire, les cosettes seraient précuites quelques minutes avec des feuilles de teck (MONNEY et al., 2007²⁸³). Pour HOUNHOUIGAN et al. (1997), la pré-cuisson favorise la dureté de la cossette, son attrait, son séchage rapide et l'absence de pourriture. Pour MEOT et al., (2007)²⁸⁴, cette pré-cuisson n'a pas d'effet significatif sur le séchage, mais réduit le brunissement de la pâte qui sera issue de la farine de cossette humidifiée (*amala*, *wassa-wassa*). De façon synthétique, il semble que la pré-cuisson a deux objectifs principaux :

- Réduction des attaques d'insectes au cours du stockage : L'incorporation de plantes locales lors de la cuisson confère un pouvoir insecticide (ATTAIE et al., 1997 ; HOUNHOUIGAN et al., 1997 ; DANSI, 2003). Les paysans de Tintioulén attribuent ces vertus aux faux-karité (*Lophira lanceolata*) ;
- Réduction du noircissement : Des produits végétaux éviteraient le noircissement et donneraient une couleur rouge aux cosettes et rose-brun à la farine (ATTAIE et al., 1997) ; Plusieurs antioxydants ont été testés en cuisson : l'acide citrique permet d'éclaircir les pâtes à base de farine, mais modifie leur goût (Réseau TPA, 2000). Pour les paysans burkinabés et béninois, les feuilles de teck (*Tectona grandis*) et faux-karité (*Lophira lanceolata*) empêcheraient le brunissement et l'amertume des produits (*Ibid*). En Guinée, CAMARA (2014a) recommande aussi les feuilles de teck et faux karité. Il faut cependant noter que certains béninois recherchent des pâtes de farine de couleur brune (preuve qu'il n'y a pas de mélange) et avec de l'amertume (signe supposé de qualité diététique) (Réseau TPA, 2000).

Il faut souligner certaines particularités de cette étape de pré-cuisson :

- Nature et durée des trempages : Un schéma de production des cosettes présenté dans Réseau TPA, 2000, fait apparaître deux trempages : (i) un premier de quelques heures maximum dans l'eau froide en attente de la pré-cuisson, (ii) un second pendant une nuit dans l'eau de pré-cuisson. Le rôle de ces

²⁸² CAMARA, F. *Préparation des cosettes d'igname*. Kankan – CRAB, 2014 (c). 4p.

²⁸³ MONNEY, R.F., COULIBALY, S., SYLLA, K., DIALLO, S., N'KAMLEU, B. *Déterminants de l'adoption des technologies de transformation de L'igname: Cas de la transformation en cosettes et en farine au Nord de la Côte d'Ivoire*. 15p. Edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

²⁸⁴ MEOT, J.M., GIBERT, O., METOWANOU, K. *Optimisation du séchage des cosettes d'igname par modélisation couplée transfert-réaction*. 2007. 6p.

trempages n'est pas expliqué dans (Réseau TPA, 2000), mais CAMARA (2014a) indique le premier permet de conserver l'igname entre l'épluchage et la pré-cuisson ;

- Ajout d'une phase d'ébullition : WONFACK (2006) indique que les enzymes responsables des réactions de dégradation peuvent être inactivés si les tubercules sont plongés dans de l'eau bouillante ou traversés par de la vapeur d'eau pendant une durée inférieure à 5 min ;
- Utilisation de feuilles : D'après (HOUNHOUGAN et al., 1997), le tapissage de la paroi intérieure de la marmite par des feuilles permet d'éviter de faire trop cuire les tubercules lors de la pré-cuisson. La FUCPIS a initialement utilisé cette technique, mais la cuisson sans épluchage et sans feuille serait tout aussi satisfaisante (Comm. pers. Souleymane KEITA – Technicien FUCPIS, 2016).

→ Séchage

Les cossettes précuites sont la plupart du temps séchées au soleil, de quatre jours à une semaine, sur des claies métalliques, des terrasses en ciment, des bâches ou sacs au sol, des toits en paille (Réseau TPA, 2000 ; Comm. pers. S. KEITA - FUCPIS, 2016 ; CAMARA 2014a ; Entretiens à Sanah). Le séchage sur bâche maintient l'humidité proche des cossettes et favorise les moisissures (HOUNHOUGAN et al., 1997).

Le séchage au soleil pose des difficultés en saison humide et les périodes d'harmattan sont plus favorables (Réseau TPA, 2000). De plus, les cossettes prennent la poussière (entretiens à Sanah). Le CRAB recommande la construction de miradors (pailles sur pilotis) (Comm. pers. F. CAMARA - CRAB, 2016).

Les techniques plus lourdes en investissement ou expertise incluent le four, le séchoir, l'étuve à ventilation et la lyophilisation (ASIEDU, 1986²⁸⁵ ; COURSEY et FERBER, 1979²⁸⁶, cités dans ATTAIE, 1997). Le séchoir peut être un simple caisson en bois aéré avec une vitre ou un film plastique (WONFACK, 2006). Le séchage à l'étuve modifierait légèrement les qualités organoleptiques et la texture de l'aliment (*Ibid*).

Pour limiter le brunissement de la pâte issue de farine de cossettes, l'idéal est un séchage rapide. Cependant, des températures élevées accélèrent le brunissement. Il faudrait donc idéalement sécher des petits morceaux à basse température (MEOT et al., 2007). Des cossettes de petite tailles permettraient non seulement d'améliorer le séchage, mais aussi de réduire le temps de pré-cuisson (économie en bois), d'obtenir une couleur plus blanche et de réduire les attaques d'insectes foreurs (Réseau TPA, 2000).

Ainsi au Bénin, le Centre régional de nutrition et d'alimentation appliquées (CERNA) a pour ce faire modifier des équipements manuels de tranchage par disques rotatifs initialement développés par l'IITA pour le manioc. Cependant, des cossettes de trop petite taille seraient plus difficiles à ramasser sur l'aire de séchage et risqueraient de s'écraser dans les sacs (Réseau TPA, 2000).

D'après les écrits sur la préparation traditionnelle des cossettes au Bénin, (Réseau TPA, 2000 ; HOUNHOUGAN et al., 1997 ; ATTAIE et al., 1997), il semble que les tubercules ne sont pas découpés.

→ Mouture des cossettes en farine

Les cossettes préparées traditionnellement au Nigéria, au Bénin et au Togo sont très dures et doivent être concassées avant passage au moulin et tamisage. Au Bénin, des broyeurs à marteaux mobiles montés sur un axe rotatif et placés dans une cage en tôle perforée sont utilisés (Réseau TPA, 2000). Les femmes de Sanah pilent manuellement les cossettes dans un mortier avant mouture, à raison de 10 kg d'équivalent frais par jour, ce qui est un travail pénible (résultats d'enquêtes, 2015).

Trois innovations intéressantes sont à souligner : (i) La pré-cuisson avec la peau testée par la FUCPIS, déjà présentée (Cf. **Partie 3.4.2 supra**), (ii) La suppression de la pré-cuisson avec fabrication de petites cossettes au Bénin. Le séchage s'en trouverait amélioré (possible hors harmattan) et les cossettes obtenues pourraient être moulues sans concassage (HOUNHOUGAN et al., 1997), (iii) La fabrication de concasseurs ad hoc : par exemple, un équipementier du Togo formé à Cotonou en 2000 en aurait commercialisé 11 en six ans et tous les utilisateurs de ces équipements jugeraient l'activité rentable (DJAKE et al., 2007²⁸⁷).

²⁸⁵ ASIEDU, J.J. Yams. In: Processing and Physical / Chemical Properties of Tropical Products. Centaurus-Verlagsgesellschaft, Pfaffenweiler, Germany. 1986. pp379-398.

²⁸⁶ COURSEY, D.G., FERBER, C.E.M. *The processing of yams*. In: Small-scale Processing and Storage of Tropical Root Crops, PLUCKNETT (Ed.). Westview Press, Colorado, USA. 1979. pp15-25.

²⁸⁷ DJAKE, K.A., ZOUKPOYA, K., KOUDJEGA, K. *Analyse de l'adoption des nouvelles technologies de production de cossettes et farine d'igname préconisées par le projet*. Edited by B. NKAMLEU, D. ANNANG, and N.M. BACCO. IFAD TAG 704, Ibadan – IITA, 2007. 329p

Annexe 8 - MRV des forêts : Décisions CCNUCC et recommandations GIEC

→ Décisions de la CCNUCC

- **Définition de la forêt**

L'annexe de la Décision 16/CMP.1 de la CCNUCC donne pour les forêts la définition suivante : « *une terre d'une superficie minimale comprise entre 0,05 et 1 ha portant des arbres dont le houppier couvre plus de 10 à 30% de la surface et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de deux à cinq mètres [...] Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations composées d'arbres dont le houppier ne couvre pas encore 10 à 30% de la superficie ou qui n'atteignent pas encore une hauteur de deux à cinq mètres sont classés dans la catégorie des forêts, de même que les espaces faisant normalement partie des terres forestières qui sont temporairement déboisés par suite d'une intervention humaine* ».

Cette définition s'applique au Protocole de Kyoto et pourrait être utilisée pour le mécanisme REDD+ (ACHARD et al., 2015). La déforestation est la conversion d'une forêt en une autre des six utilisations du sol définies par le GIEC, à savoir « prairie » ou « culture » ou « infrastructure » ou « zone humide » ou « autre ». La dégradation est la réduction des stocks de carbone dans une forêt restant forêt.

- **Scénario de référence**

D'après la Décision 4/CP.15, les scénarios de référence doivent tenir compte de données multitudes (il faut connaître l'évolution passée du couvert forestier et des stocks de biomasse) et des circonstances nationales (il faut tenir compte des raisons qui pourraient faire augmenter ou diminuer les émissions à l'avenir).

Leur élaboration doit suivre les lignes directrices du GIEC les plus récentes (PENMAN et al., 2003 et EGGLESTON et al., 2006) et ces scénarios doivent être cohérents avec les inventaires nationaux de GES.

La décision 12/CP.17 prévoit que chaque pays communique l'ensemble des informations (données, méthodologies, modèles, hypothèses, etc.) ayant permis de développer un scénario de référence. Cela inclut la définition de forêt retenue pour les calculs. La Décision 14/CP.19 précise que les données, méthodes et procédures doivent être fiables, transparentes et cohérentes.

- **Mesure, rapportage et vérification (MRV)**

D'après la Décision 4/CP.15 de la CCNUCC (faisant référence à PENMAN et al., 2003), les systèmes de surveillance des forêts recourent à la télédétection pour le suivi des surfaces de forêts et à des mesures au sol pour le suivi de leurs stocks de carbone.

Les estimations sur les surfaces et les stocks doivent être transparentes, cohérentes, les plus exactes possible et réduire les facteurs d'incertitude. Comme pour le scénario de référence, la Décision 14/CP.19 rappelle que les données, méthodes et procédures doivent être fiables, transparentes et cohérentes.

La Décision 1/CP.16 mentionne les « fuites » quand on travaille à échelle sous-nationale : le système de MRV doit s'assurer que les émissions de GES ne sont pas déplacées en dehors du territoire considéré.

Si les grands principes en matière de définition de la forêt et de suivi des forêts sont énoncés dans différentes décisions de la CCNUCC, celles-ci font systématiquement référence aux méthodologies du GIEC pour ce qui a trait à leur fondement technique. Le GOFC-GOLD reprend ces méthodologies et les complète de recommandations pratiques dans son *REDD+ Sourcebook* (ACHARD et al., 2015).

→ Bonnes pratiques du GIEC et du GOFC-GOLD

- **Etablissement du scénario de référence**

Le scénario de référence se base sur l'évaluation des émissions passées et leur évolution. Les émissions annuelles dues à la déforestation et la dégradation des forêts doivent donc être estimées pour au moins deux périodes dans le passé, ce qui implique d'estimer les superficies forestières pour trois dates.

De multiples facteurs (« circonstances nationales » : politiques nationales, accroissement démographique, raréfaction des forêts, changements de politiques agricoles, etc.) peuvent faire varier les émissions à l'avenir. Ainsi, le scénario de référence peut intégrer des facteurs justifiant de revoir à la hausse ou à la baisse les taux de déforestation et dégradation observés par le passé.

- **Concepts et démarche pour estimer les émissions/absorptions de GES du secteur LULUCF**

L'estimation des émissions et absorptions de GES dans le secteur dit « Land Use, Land Use Change, and Forestry » (LULUCF) repose sur le suivi, pendant une période donnée (entre T_0 et T_1) de :

- **Variable d'activité :** Surface du sol ayant conservé la même utilisation entre T_0 et T_1 (par ex, forêt restant forêt) ou ayant changé d'utilisation entre T_0 et T_1 (par ex, forêt devenant culture). Une variable d'activité se mesure donc en $\Delta\text{ha/an}$. Il existe trois niveaux d'ambition pour ce suivi, dénommés « approche » :
 - **Approche 1 :** On connaît seulement les surfaces des différentes utilisations du sol. On ne connaît pas les localisations des utilisations du sol, ni les surfaces et localisations des changements d'utilisation ;
 - **Approche 2 :** On connaît les surfaces des utilisations du sol et des changements d'utilisations du sol, mais pas les localisations de ces utilisations du sol et changements d'utilisation du sol ;
 - **Approche 3 :** On connaît les surfaces et les localisations des utilisations du sol et des changements d'utilisations du sol. Ceci requiert l'utilisation de méthodes cartographiques basées sur la télédétection en plein (« wall-to-wall ») ou par échantillonnage statistique (« sampling »).
- **Facteur d'émissions :** Emissions ou absorptions de GES annuelles dues à une utilisation du sol ou à un changement d'utilisation du sol (par ex, émissions de GES dues au changement de forêt en culture). Cinq réservoirs de carbone sont considérés : biomasse aérienne, biomasse souterraine, litière, bois mort et sol. Les émissions et absorptions de GES non- CO_2 (dus à la fixation d'azote atmosphérique, au brûlage de la biomasse, à la fermentation des tourbières, etc.) sont prises en compte avec des méthodologies spécifiques. Un facteur d'émissions se mesure donc en $\Delta t_e \text{CO}_2/\text{ha/an}$ (NB : on exprime les Potentiels de réchauffement global (PRG) des GES en fonction de celui du CO_2 . Par ex, $1 \text{ t CH}_4 = 28 \text{ teCO}_2$). Il existe trois niveaux d'ambition pour ce suivi, dénommés « tier »
 - **Tier 1 :** On utilise des facteurs d'émission « par défaut » fournis par le GIEC ;
 - **Tier 2 :** On utilise des facteurs d'émission spécifiques au pays, provenant en général d'inventaires de stocks de carbone sur le terrain ;
 - **Tier 3 :** On utilise là encore des facteurs d'émission spécifiques au pays, provenant d'inventaires de stocks de carbone sur le terrain, répétés de manière périodique et désagrégés suivant les différents réservoirs de carbone considérés. Ceci implique généralement des travaux de modélisation.

Dans les deux cas, l'évaluation des incertitudes est un élément clé de l'inventaire de GES. Connaître les incertitudes sur les paramètres à estimer et sur les résultats permet d'améliorer par la suite les méthodes d'analyse. Cela permet également d'identifier les données qui contribuent le plus à l'incertitude générale.

→ Suivre des variables d'activités (surfaces de forêts)

Il existe deux grandes méthodes :

- **Inventaire sur un échantillon statistique (« sampling ») :** Cette méthode est adaptée lorsque la déforestation se concentre dans des points chauds (« hotspots ») ou quand les ressources sont insuffisantes pour faire un inventaire en plein (Cf. **infra**). On identifie l'utilisation du sol sur des placettes, par visite de terrain ou télédétection. Le nombre et la localisation des placettes sont choisis de manière à réduire les incertitudes et maîtriser les coûts. On recommande de procéder à un échantillonnage aléatoire pour limiter le risque de biais et évaluer objectivement l'incertitude sur les grandeurs estimées.

Différents facteurs (climat, nature des sols, pratiques forestières ou agricoles, etc.) influencent les stocks de carbone des différentes utilisations du sol. On peut donc diviser ces utilisations en sous-utilisations plus homogènes et chercher l'information sur chacune de ces sous-utilisations, ce qui réduit l'incertitude. On appelle ce découpage la stratification.
- **Inventaire en plein ou exhaustif (« wall-to-wall ») :** Cette méthode est adaptée lorsque la déforestation est diffuse (mosaïquage) et quand les ressources sont suffisantes. Elle nécessite nécessairement des données de télédétection. Des images de différentes résolutions peuvent être utilisées (par exemple : faible résolution pour la stratification, haute résolution sur les hotspots de déforestation).

Dans les deux cas, le choix de l'unité minimale de cartographie (surface minimale représentée sur la carte) a un impact fort sur les coûts et les risques d'erreur : plus elle est petite, plus les coûts et les risques d'erreurs sont a priori importants. Parmi les données de télédétection, les images satellite offrent actuellement le meilleur compromis disponibilité/coût de traitement des images.

Les images subissent tout d'abord des corrections géométriques (déformation des images pour qu'elles se superposent correctement) et radiométriques (manipulation des couleurs pour faciliter l'analyse). Les nuages et leurs ombres sont supprimés autant que possible. Ensuite, les utilisations du sol sont identifiées visuellement ou automatiquement. La classification de l'utilisation du sol est vérifiée sur quelques points, soit en se rendant sur le terrain, soit depuis le bureau en recourant à des images de très haute résolution.

→ Suivre des facteurs d'émission (biomasse en forêt)

Les estimations de stocks de carbone forestiers sont extrapolées de mesures dendrométriques - diamètre des arbres et parfois hauteur - que l'on récolte par des inventaires forestiers « classiques » (c'est-à-dire des inventaires utilisés classiquement pour estimer le volume commercialisable des arbres)

Avec les données de diamètre et parfois hauteur, on estime d'abord la biomasse aérienne (en tMS), soit (i) indirectement, en estimant le volume commercial ou « bois fort » (en m³) grâce à un tarif de cubage, puis en multipliant cette valeur par un facteur d'expansion de biomasse (rapport de la biomasse aérienne totale sur la biomasse du tronc, sans unité) et par la densité du bois (en tMS/m³), soit (ii) directement, en utilisant une équation allométrique.

On peut ensuite estimer la biomasse racinaire (en tMS) grâce à un facteur d'expansion racinaire (rapport de la biomasse souterraine sur la biomasse aérienne, sans unité). Les quantités de carbone (en tC) de la biomasse aérienne et racinaire sont ensuite estimées en multipliant les estimations de MS par la fraction carbone (rapport de la quantité de carbone sur la quantité de matière sèche, en tC/tMS).

Les stocks de carbone dans les autres réservoirs (bois mort, litière, sol) sont soit ignorés de façon conservatrice (pour peu qu'on arrive à démontrer qu'ils ne sont pas sources d'émissions), soit estimés le plus généralement via des données par défaut, les données spécifiques au niveau national ou local étant rares.

Sur des surfaces importantes, on pratique l'échantillonnage et les stocks de carbone sont mesurés sur une partie de la zone d'intérêt (dans des placettes), pas sur l'ensemble, afin de réduire le nombre d'arbres à mesurer. Le stock de carbone total est estimé sur la base de ces mesures (Stock total = Surface x Stock moyen à l'hectare). Un plan d'échantillonnage fixe les caractéristiques des placettes :

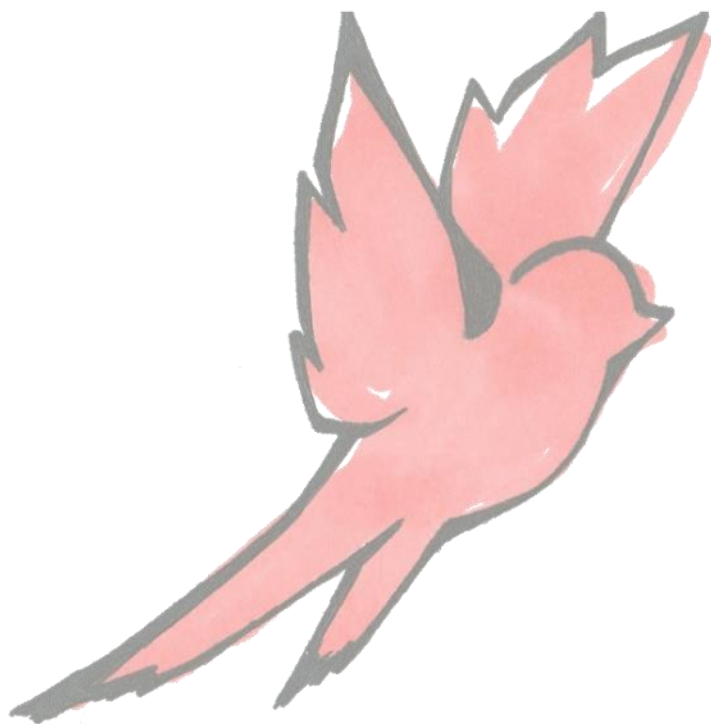
- Temporaires ou permanentes : Localisation différente ou pas à chaque campagne de suivi. Le suivi des placettes permanentes est a priori plus coûteux, mais il permet de suivre des accroissements ;
- Forme : Circulaire ou rectangulaire ;
- Taille : Il faut suffisamment d'arbres pour estimer le stock moyen de manière fiable, environ 20 arbres par placettes, soit entre 100 et 1 000 m² ;
- Nombre : Il est fonction de la stratification (nombre de strates et surfaces), de l'hétérogénéité des stocks de carbone dans ces strates, caractérisée par l'écart-type ou le coefficient de variation (des mesures préliminaires sont donc nécessaires), du degré de précision ciblé (erreur et intervalle de confiance) ;
- Localisation : Aléatoire ou systématique (avec point de départ aléatoire ou non).

Annexe 9 - Parcelles d'igname sur images satellite de très haute résolution





Figure 78 - Identification des buttes d'igname aux environs de Kankan sur images satellite THR (Source : Auteurs, 2016, sur la base d'images Digitalglobe, 2015)



Avril 2016

SAS SalvaTerra
6 rue de Panama
75018 Paris I France
Tel : +33 (0)6 66 49 95 31
Email : info@salvaterra.fr
Skype : o.bouyer.salvaterra

Web : www.salvaterra.fr

<https://www.youtube.com/watch?v=I5yTiMwKYDw>

