

La durabilité des systèmes agroforestiers à *Acacia auriculiformis* en Afrique centrale

L'Afrique centrale, couverte du deuxième massif forestier tropical au monde, devient progressivement une référence majeure dans le domaine des forêts plantées. En effet, de vastes surfaces de savanes font depuis plusieurs décennies l'objet d'opérations de boisements et reboisements.

Dans les espaces périurbains, l'augmentation de la population s'accompagne d'une demande en produits ligneux et agricoles toujours plus élevée. Pour répondre à cette demande, des systèmes agroforestiers variés, dont celui de jachère enrichie à *Acacia auriculiformis*, ont été développés en République Démocratique du Congo sur le plateau Batéké.

Ce dernier système, introduit depuis une trentaine d'années au Centre Forestier de Kinzono, a été développé à large échelle à Mampu. Depuis une dizaine d'années, ce modèle sert de référence pour de nombreux projets intervenant dans le domaine de la sécurité alimentaire, de la production durable de bois énergie ou de la séquestration de carbone. Il est important, au vu des expériences passées et présentes et de l'engouement autour de la multiplication des boisements agroforestiers à *Acacia sp.*, de fournir des informations pertinentes, chiffrées et validées aux décideurs et acteurs impliqués dans l'élaboration et la mise en œuvre de nouveaux projets agroforestiers à *Acacia sp.*, en RDC et plus largement en Afrique centrale.

Itinéraire technique de référence

Parcelle type « Mampu »

Ce système de jachère arborée enrichie consiste en des rotations successives dont chacune voit se succéder un semis ou une plantation d'*Acacia auriculiformis*, son exploitation, une culture de maïs, de manioc ou d'autres cultures.

Cette technique inspirée de la pratique traditionnelle d'abattis brûlis permet une meilleure appropriation par les producteurs et assure à peu de frais une régénération naturelle assistée des peuplements.

Le premier cycle complet dure de 8 à 12 ans et se déroule comme suit :

- Plantation de jeunes plants d'*Acacia auriculiformis* sur un terrain préparé mécaniquement ou manuellement à la densité de 800 à 1200 plants/ha (par exemple à 2,5x4m d'écartement, ce qui correspond à 1000 plants/ha) Les plants d'*Acacia auriculiformis* peuvent être également intégrés dans un champ existant (manioc) suivant le modèle Taungya ce qui facilite l'entretien des plants forestiers lors du sarclage des cultures et protège la plantation des feux pendant la période culturale ;
- Entretien et protection des plants contre la concurrence herbacée, les incendies, le bétail, etc.... Il est également possible de cultiver des bandes, entre les lignes d'arbres, pendant une ou deux années, en utilisant des cultures qui ne soient pas trop concurrentielles pour les jeunes arbres, aux niveaux racinaires et aériens si les plants ont été installés sur un terrain nu (par exemple : arachide en premier cycle, maïs en second) ;
- Exploitation du bois entre 8 et 12 ans pour la production de charbon de bois ;
- Mise à feu contrôlée et superficielle des résidus d'exploitation forestière (après les premières pluies de la saison humide), pour lever la dormance des semences d'*Acacia auriculiformis* contenues dans le sol et renouveler le peuplement à moindre frais (sans passer par la phase de production de plants en pépinière). Ce brûlis permet aussi de faciliter le semis agricole, de relever le pH superficiel du sol et de libérer des éléments minéraux qui faciliteront le démarrage des cultures agricoles ;
- Mise en culture agricole de la bande située entre les lignes d'arbres (par ex. bande de 3m de large, si plantation initiale à 2,5 x 4m), via un assolement maïs, manioc, arachides ... en fonction des potentialités agricoles et des marchés locaux ;
- Gestion des semis naturels d'*Acacia auriculiformis* en mélange avec la culture agricole, sur l'inter-bande non cultivée d'environ 1m de large, par éclaircie ou regarnissage, pour arriver à la densité finale recherchée au bout de 2 ans (par ex. garder un semis tous les 2,5m, si bandes espacées de 4m, pour obtenir une densité de 1000 plants/ha) pour débiter la deuxième rotation arborée ;
- Pour les cycles suivants, on pourra installer le nouveau peuplement d'acacias, soit par semis naturel assisté, tel que décrit ci-dessus, soit par une nouvelle plantation, si le semis n'a pas bien réussi ou si l'on souhaite avoir une espèce ou une provenance plus productive. Cette dernière option n'est envisageable que s'il existe des sources de graines ou de clones et des pépinières.

Principaux enseignements et recommandations



Transport des plantules d'*Acacia auriculiformis* pour mise en terre



Culture de maïs après exploitation des Acacias et brûlis de la parcelle

• TECHNIQUES

Le respect des règles techniques et des calendriers de production sont des éléments majeurs de la réussite et de la conduite des plantations. Une qualité des plants défectueuse, des dates d'installation tardives, le défaut d'entretiens des parcelles et/ou des pare-feux et des ambitions trop fortes par rapport aux capacités d'action sont les principales causes techniques d'échecs observés. Il est donc important d'adapter les itinéraires sylvicoles proposés dans le cadre de boisement aux pratiques agricoles locales de manière à renforcer l'appropriation de la pratique.

• SOCIOLOGIQUES

A l'exception des plantations agroindustrielles, gérées par du personnel professionnel qualifié et sur un foncier approprié, les autres types de plantations sont gérées par des populations rurales formées et encadrées par des projets dans un premier temps, puis autonomes ou regroupées dans des structures associatives dans un deuxième temps. Il est important, dans le cadre d'un projet, de développer les capacités managériales des futures associations en charge de la gestion des futurs peuplements, de manière à renforcer l'autonomie de gestion de ces structures. Plus la dépendance au projet est forte, moins la pérennité et la gestion durable des plantations seront effectives. Dans le cadre d'une agroforesterie villageoise (petite superficie de plantation et nombreux planteurs), il est important de connaître les règles traditionnelles d'occupation foncière et d'utilisation des ressources naturelles au sein du terroir. Les modèles proposés se rapprocheront au plus près des pratiques locales, pour répondre au mieux au besoin des populations, tout en proposant des adaptations techniques aux systèmes existants.

• ECONOMIQUES

Une agroforesterie à acacias est une activité à finalité économique, faute de quoi il sera difficile de pérenniser des filières durables et rentables. La composante agricole d'un projet agroforestier est très importante puisque les revenus induits par cette activité représentent souvent plus de la moitié du chiffre d'affaire de l'exploitation. Maîtriser les coûts et rechercher une bonne rentabilité nécessitent de disposer de données fiables et réalistes. Certains éléments sont souvent difficiles à appréhender, comme par exemple comptabiliser les coûts de main d'œuvre familiale et les rendements agricoles sous *Acacia* sp. Mieux connaître ces différents éléments permet de quantifier les gains, d'améliorer la conduite du système et de rendre durable le système en maintenant des revenus élevés aux agriculteurs. La composante agricole n'est pas la seule source de revenu. Le miel peut également, comme à Mampu, contribuer aux revenus des fermiers avec une espèce mellifère comme l'*Acacia*.

• ECOLOGIQUES

Les effets bénéfiques des plantations agroforestières se déclinent à tous les niveaux d'agrégation spatiale, de la parcelle au massif, au terroir et aux espaces périphériques (territoire au sens large). Les bénéfiques, affichés par les porteurs de projet et les bailleurs de fonds, vont de l'augmentation des rendements agricoles par l'amélioration de la fertilité des sols, à la conservation des sols, au stockage de carbone et à l'augmentation de la biodiversité dans les peuplements. Ils conduisent à une augmentation des productivités et des revenus des populations mais sont minimisés si les itinéraires techniques ne sont pas respectés et adaptés aux conditions socio-environnementales des zones d'interventions. Il semble dorénavant indispensable d'identifier et de mesurer ces effets, de manière à optimiser les bénéfices issus de ces plantations agroforestières.

• INSTITUTIONNELLES

Le cadre institutionnel est un élément majeur à prendre en considération dans l'élaboration de projets agroforestiers. La sécurisation du foncier (différente de la délivrance de titres fonciers) est un préalable, que ce soit au niveau individuel, villageois ou agroindustriel pour la réussite d'un projet agroforestier. La reconnaissance par les autorités administratives des activités agroforestières doit permettre de renforcer la sécurisation des plantations, de rassurer les acteurs et de les conforter dans leurs décisions d'investir dans l'agroforesterie. Cette démarche a été initiée par le projet CapMakala avec la cellule juridique du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme pour élaborer un arrêté relatif à l'élaboration et à la validation du Plan Simple de Gestion (voir note de perspective n°4 du projet Makala) pour la production de bois énergie.

Cette reconnaissance juridique contribuera à la sécurisation du foncier et des produits agroforestiers. Il serait également nécessaire de passer d'une logique d'assistance et de subventions à une logique d'appui au développement des filières sous forme d'incitations économiques (prêts, taxes incitatives...).



Le système d'exploitation « Mampu », cultures vivrières et production de charbon

Productivité des plantations agroforestières

A L'ÉCHELLE DE L'ARBRE

Connaitre le volume aérien d'un arbre sans l'abattre nécessite l'élaboration préalable d'un tarif de cubage.

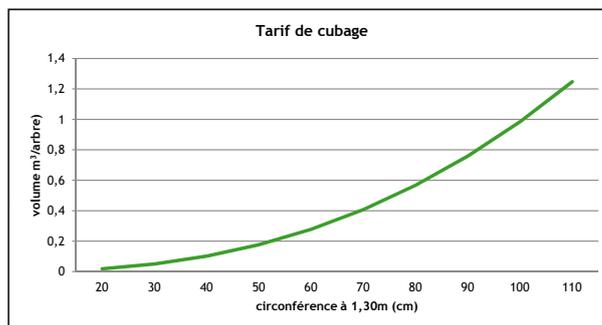
En 2012, le projet Makala a élaboré deux tarifs de cubage pour l'*Acacia auriculiformis*. 30 arbres ont été abattus et les volumes mesurés dans des plantations âgées de 8, 12 et 25 ans.

Deux équations, à une entrée (circonférence) et deux entrées (circonférence et hauteur) ont été validées avec des R² hautement significatifs.

Equations	R ²	Validité (Circonf.en cm)	Validité (Hauteur en m)
$V=0,000011(C^2)^{1,238}$	0,967	19 -110	8 - 28
$V=0,000083(C^2H)^{0,952}$	0,943	19 - 110	8 - 28

On trouvera ci-contre les chiffres validés correspondant au tarif de cubage à une entrée.

Par exemple, un arbre ayant une circonférence de 80 cm à 1,30 m du sol a un volume aérien de 0,567 m³.



Circonf. à 1,30m (cm)	Volume unitaire (m³)
20	0,018
30	0,050
40	0,102
50	0,177
60	0,278
70	0,407
80	0,567
90	0,759
100	0,985
110	1,247

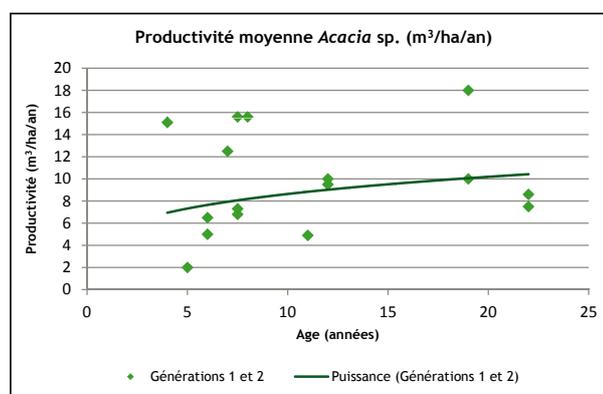


A L'ÉCHELLE DE LA PARCELLE

La fertilité potentielle de la station, la qualité de l'itinéraire technique et le degré d'intensification de la gestion influent largement sur la productivité au niveau de chaque parcelle.

De nombreuses mesures ont été effectuées par différents auteurs depuis une trentaine d'années et montrent une dispersion très forte des productivités observées sur les parcelles mesurées.

La courbe de régression donne des valeurs moyennes comprises entre 8 et 10 m³/ha/an entre 5 et 20 ans (mais variant de 2 à 18 m³/ha/an).



Quelques systèmes agroforestiers dérivés

Plusieurs projets ont montré la robustesse et la reproductibilité du système « Mampu ». De plus, les objectifs spécifiques des projets ont permis d'identifier et de tester à grande échelle des systèmes dérivés et adaptés aux conditions et enjeux locaux. Citons quelques exemples parmi ces systèmes foisonnants :

- **Parcelles paysannes** de 0,5 à quelques hectares répartis dans un terroir villageois et gérés directement par un ménage ou par un groupement local (Projet Gungu, province du Bandundu, Projet Makala dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa, en périphérie de la ville de Kisangani et de Mbuji Mayi, Centre d'Appui au Développement Intégré de Mbankana au plateau Batéké dans la province de Kinshasa, Projet Defiv-Dafoma, province du Bas Congo en périphérie de Boma) ;
- **Bocage** constitué d'une ou plusieurs rangées d'Acacia en plantations périmétrales autour des parcelles de culture. Cette variante est très utile quand les espaces pouvant être dédiés au boisement sont faibles (Projet Makala, province du Bas Congo en périphérie de la ville d'Inkisi) ;
- **Massif agroindustriel** à capitaux privés, de plusieurs centaines à milliers d'hectares, gérés de manière intensive et capitalistique (Projet Ibi Village, Novacel) ;
- **Plantations en mélange** d'acacias et d'essences locales à forte valeur ajoutée pour obtenir, en plus des produits agroforestiers classiques, une récolte de bois d'œuvre à moyen ou long terme (il faut noter que la majorité des espèces locales a une croissance plus lente que les acacias, ce qui oblige à une sylviculture intensive, pour ne pas laisser ces derniers étouffer les premiers) (Projet Makala, province du Bas Congo en périphérie de la ville d'Inkisi).

A L'ÉCHELLE DU MASSIF

La variabilité des résultats parcellaires traduit des différences très fortes de productivité sur un massif ayant bénéficié, au départ, de conditions d'implantation identiques.

L'impact des feux incontrôlés, le désintérêt des fermiers, la prolifération de plantes envahissantes (ex : le *Vernonia brazzavillensis* à Mampu), la faiblesse de la structure de gestion, le changement d'occupation des terres, etc... sont autant de causes mettant en péril la durabilité et la productivité globale d'un massif, surtout à partir de la deuxième rotation. Le pourcentage de parcelles affectées peut être important (entre 10 et 50% des parcelles peuvent être concernées).

Cette situation peut à terme obérer la rentabilité globale et la durabilité de l'opération car cela ne permet pas de maintenir le financement des structures de gestion ni de réussir à obtenir des financements liés à la performance globale, comme les crédits carbone par exemple.

Chiffres clés

Densité de plantation recommandée : Ecartement de 3m x 3m
soit une densité de 1111 plants à l'hectare

Productivité moyenne sur sol sableux du plateau Batéké en RDC
10m³ / ha / an

Age moyen d'exploitation recommandé : 8 ans

Pouvoir calorifique intrinsèque du bois d'*Acacia auriculiformis*
4800 à 4900 Kcal/kg bois sec

Densité à l'air de l'*Acacia auriculiformis* = 0,6 à 0,75
(Gnahoua et al., 2003)

Quelques éléments de durabilité des systèmes agroforestiers

La durabilité des systèmes agroforestiers à *Acacia sp.* dépend du maintien des revenus apportés aux populations qui en bénéficient. Ces revenus dépendent de la productivité ligneuse et agricole des cultures. En partant du principe que les itinéraires techniques seront respectés par l'agriculteur, la productivité dépendra de l'évolution de la fertilité du sol dans le système agroforestier et de la base génétique des acacias pour ce qui concerne la productivité en bois.

Base génétique

La base génétique des plantations est assez étroite et s'érode génération après génération par la pratique de la régénération par semis. L'installation d'un essai de provenance de différents lots d'*Acacia auriculiformis* (10) et d'*Acacia mangium* (13), provenant de leur aire géographique d'origine (Australie, Papouasie), comparés avec un lot de graines issues de Mampu (2) et de Kinzono (1), permet de comparer les productivités en volume de bois des différentes provenances. D'après les analyses, les médianes des volumes varient du simple au double, après deux ans, entre les différentes provenances d'*Acacia auriculiformis* et de l'*Acacia mangium*. La hauteur moyenne des *Acacia auriculiformis* est de 574 cm pour un taux de survie de 71% et celle des *Acacia mangium* est de 775 cm pour un taux de survie de 61%. Il apparaît dorénavant indispensable aux projets travaillant sur cette thématique de développer des vergers à graines avec les provenances les plus productives. Ces provenances seront ainsi diffusées dans les nouveaux peuplements mis en place pour maximiser la productivité en bois des nouvelles plantations.

Evolution de la fertilité des sols à Mampu

La fertilité chimique des sols est un autre facteur d'explication de l'évolution de la productivité. En 2012, à Mampu, la fertilité des sols a été étudiée dans des parcelles reboisées en 1988, l'une portant encore la futaie initiale (arbre de 24 ans) et les autres constitués d'un taillis de 1^{ère} génération (arbres de 2 ans, 4 ans, 8 ans et 12 ans) et de 2^{ème} génération (arbres âgés de 1 an). La fertilité de ces sols a été comparée avec celle de sols voisins restés sous savanes.

Chronoséquences et témoins	Granulométrie			pH eau	Teneur en carbone (%)	Teneur en azote (‰)	C/N	Phosphore disponible (ppm)	Al (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	CEC (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	S (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	TS (%)
	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)									
Chrono1	5 (1)	1 (0)	93 (1)	4,6 (0,2)	1,4 (0,3)	0,8 (0,1)	18 (1)	32 (9)	1,0 (0,1)	3,8 (0,4)	0,2 (0,0)	5 (1)
Témoin sav.2	4 (2)	1 (0)	95 (2)	5,3 (0,1)	1,2 (0,1)	0,6 (0,0)	21 (1)	28 (6)	0,5 (0,1)	2,8 (0,4)	0,7 (0,1)	26 (6)
Chrono2	8 (1)	1 (0)	90 (1)	4,6 (0,1)	1,5 (0,2)	0,8 (0,1)	18 (0)	37 (7)	1,1 (0,1)	3,9 (0,5)	0,2 (0,1)	6 (4)
Témoin sav.1	9 (1)	1 (0)	90 (1)	5,1 (0,1)	1,2 (0,1)	0,6 (0,0)	21 (1)	48 (13)	0,8 (0,2)	3,5 (0,3)	0,6 (0,2)	16 (5)

Caractéristiques moyennes des sols de surface après 23 ans d'application du système agroforestier de Mampu et comparées avec deux sols voisins restés en savane

Les principaux résultats (tableau ci-dessus) mettent en évidence un effet du système agroforestier sur les caractéristiques du sol par rapport à la savane. Cet effet induit (i) dans tous les cas, une augmentation sensible de l'acidité des sols et de la teneur en Al échangeable, pouvant conduire à terme à des problèmes de toxicité aluminique (ii) dans certains cas, une diminution de la somme des bases échangeables et du taux de saturation, et une légère augmentation de la teneur en C, N et CEC.

Avec un recul de 22 ans après son installation, ce système agroforestier ne semble donc pas durable d'un point de vue de la fertilité chimique des sols. Il semble aussi que l'essentiel de la fertilité acquise par ce système agroforestier au cours du temps soit stocké dans la végétation (*A. auriculiformis* et/ou cultures exportées) et non pas dans le sol.

Le système agroforestier Acacias tel qu'il a été développé à Mampu est un excellent système pour transformer des savanes autrefois improductives en savanes hautement productives en bois, manioc, maïs, etc... Son développement sur les savanes contribue à préserver les dernières formations forestières de vallées. Mais il faut bien être conscient du fait que ce système ne peut pas produire éternellement sans apport d'éléments minéraux, sans renouvellement génétique du matériel végétal et sans correction du Ph.

Des recommandations générales peuvent être données pour augmenter la durabilité économique et technique de la jachère enrichie à *Acacia auriculiformis*. Premièrement, le maintien ou l'amélioration de la fertilité chimique des sols sous *Acacia* contribuera à maintenir ou augmenter le rendement des cultures vivrières et ligneuses. Deuxièmement, l'utilisation de matériel végétal performant permettra d'améliorer la productivité ligneuse des peuplements.

Nous recommandons pour les sols, les propositions suivantes :

- Un amendement à la chaux pour relever le pH des sols au-dessus de 5 et limiter les risques de toxicité aluminique (900Kg de chaux pour relever le pH d'une unité). Une modification trop importante du pH pourrait causer des effets négatifs sur la microfaune du sol ;
- Au Brésil, un amendement avec du phosphate calcique a permis de doubler la production de manioc dans un système similaire de jachère améliorée à *Acacia sp.*
- Epandre les résidus de charbon de bois issus de la carbonisation dans l'ensemble de la parcelle pour restituer de manière homogène des éléments minéraux contenus dans le charbon de bois et améliorer la capacité d'échange cationique (CEC) et la capacité d'absorption (CA).

Nous recommandons pour les arbres, les propositions suivantes :

- Utiliser de nouvelles provenances pour renouveler la souche génétique des acacias et améliorer la productivité ligneuse des peuplements ;
- A partir de la troisième génération d'acacias issus de la régénération par semis naturel, renouveler le patrimoine génétique des acacias en repassant par une étape de plantation ;
- Elaguer les branches basses pour faciliter la redistribution d'éléments minéraux dans le sol au cours de la jachère ;
- L'écorçage des acacias avant carbonisation permettrait de laisser une quantité importante d'éléments minéraux dans le sol pouvant améliorer la fertilité de ce dernier.



Conception : Emilien Dubiez, Jean Noël Marien, Franck Bisiaux, Vincent Freycon, Adrien Peroches, Régis Peltier
Crédits photos : Emilien Dubiez, Laurent Gazull, Régis Peltier, Franck Bisiaux
Conception Graphique : Adélaïde Larzillière

