

LAURENT DEBROUX
WILLY DELVINGT
Faculté Universitaire des Sciences
Agronomiques de Gembloux

MARIE MBOLO
AKOA AMOUGOU
Université de Yaoundé I

RÉGÉNÉRATION DU MOABI ET DU MUKULUNGU AU CAMEROUN

Perspectives pour l'aménagement



▲ Les feuilles épanouies d'une germination couronnée de succès : des plantules de moabi, cinq mois après le semis.

Spreading leaves resulting from successful germination : moabi seedlings, five months after sowing.

Moabi et mukulungu : deux espèces remarquables de la forêt tropicale humide. Ici, un moabi dans la Réserve du Dja.

Moabi and mukulungu : Two outstanding rain forest species. Here, a moabi in the Dja Reserve. ►



Des essais en pépinière permettent de comparer les taux de germination et la croissance des plantules de deux espèces botaniquement proches.

Les résultats obtenus peuvent-ils contribuer à la gestion des populations d'arbres en forêt naturelle ?

Le moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) et le mukulungu [*Autranella congolensis*, (De Wild.) A. Chev.] sont deux arbres dominants de la forêt dense humide d'Afrique Centrale, de la famille des Sapotacées. Ces essences fournissent un bois d'œuvre de qualité. Le moabi est d'ailleurs l'une des essences les plus exploitées du Cameroun. Dans les villages on extrait, à partir des graines de moabi, une huile alimentaire très appréciée qui fait l'objet d'un commerce vers les villes.

On connaît peu de choses sur l'écologie de ces deux essences. Par ailleurs, dans le cadre de la gestion durable des forêts naturelles, il est nécessaire de bien comprendre la reproduction et la dynamique de population des essences destinées au bois d'œuvre (HALL, 1996). Les résultats du test de germination présenté ici, couplés à nos observations en forêt, permettent d'aborder cette démarche à travers deux questions :

- Dans quelle mesure les différences physiologiques ou écologiques entre ces deux espèces botaniquement proches se répercutent-elles sur leur stratégie de régénération ?
- Les stratégies de régénération de ces espèces commerciales peuvent-elles être prises en compte dans l'aménagement forestier : dynamique de population d'arbres, groupes d'espèces d'affinité écologique, régénération artificielle de complément ?

Par « stratégie de régénération », on entend l'ensemble des processus biologiques sélectionnés, capables d'assurer la survie ou l'expansion de l'espèce au sein du peuplement : production des diaspores, dispersion, germination, tolérance à l'ombre, grégarité des plantules ou des semenciers, nombre d'individus nécessaires dans chaque classe d'âge pour assurer la réussite de toutes les étapes du cycle vital.

Des essais de germination ont été conduits à plusieurs reprises sur *Baillonella toxisperma* : en pépinière et en laboratoire (PANGOU, 1989 ; SCHMIDT, 1992), par le projet API/Dimako (FORNI, comm. pers.) et en pépinière seulement par le projet ECOFAC (ENYEGUE, 1996). PANGOU (*op.cit.*), dans le Mayombe congolais, a mis en évidence que le taux de germination est élevé (de 85 à 100 %) pour les graines fraîches. Par contre, ces graines fortement hydratées perdent rapidement leur pouvoir germinatif. La conservation à froid (4 °C) en stratification humide permet encore d'atteindre 53 % de germination en laboratoire, après 48 semaines.

PENDGE (1994), au Zaïre, a réalisé des essais de germination en pépinière sur *Autranella congolensis*. Cet auteur a mis en évidence la très longue maturation des fruits



A Djolimpoum, les femmes extraient l'huile des graines de moabi récoltées quelques mois auparavant.
Women in Djolimpoum extract oil from moabi seeds harvested some months earlier.

(10 à 12 mois) et la dormance tégumentaire des graines (12 mois). Le taux de germination varie de 0 à 40 % en fonction des conditions écolimologiques imposées.

POPULATIONS FRUITS ET GRAINES

DES POPULATIONS DE GÉANTS

En forêt, le mukulungu et le moabi sont représentés par des individus isolés de très grande taille, exceptionnellement par quelques pieds regroupés. En dépit d'une relative abondance d'arbres jeunes et dominés (classe de diamètre 10,0 à 39,9 cm), les sujets des classes immédiatement supérieures (40,0 à 129,9 cm) sont peu nombreux. La figure 1 illustre ce creux dans la structure diamétrique du moabi. Les plantules sont souvent rares, sous le semencier et à distance, même en présence de l'agent disperseur attiré : l'éléphant (LETOUZEY, 1985 ; DEBROUX, 1996).

Les aires de distribution des deux espèces se chevauchent largement. Néanmoins, la répartition du moabi au Cameroun (VIVIEN, FAURE, 1985) et son extrême rareté en République Centrafricaine laissent supposer qu'il requiert un optimum écologique plus océanique qu'*Autranella congolensis*, très fréquent quant à lui dans certaines régions de République Centrafricaine (MAITRE, comm. pers.).

FRUITS ET GRAINES

Les fleurs des deux espèces sont hermaphrodites. Le fruit de *Baillonella toxisperma* est une baie sphérique ($\varnothing = 9$ cm). Il contient jusqu'à 6 graines de forme ellipsoïde (1,6 graine/fruit, $n = 190$ fruits). Elles mesurent 4 à 7 cm et présentent un tégument lignifié mince (1 mm). L'endosperme est absent et les cotylédons volumineux contiennent les réserves lipidiques.

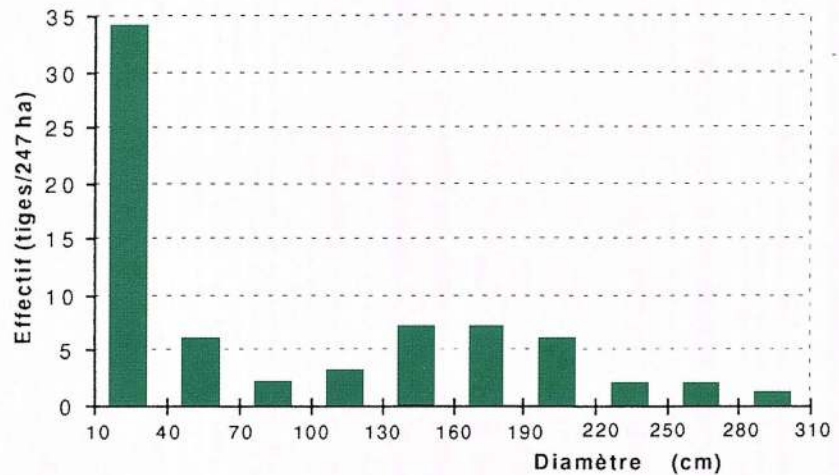
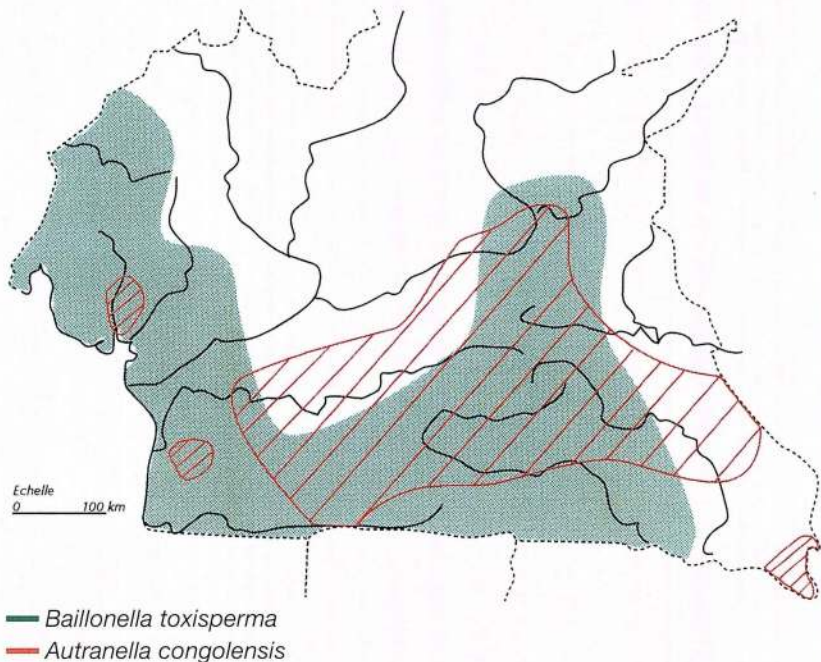


Figure 1. Structure diamétrique de *Baillonella toxisperma* sur une surface de 247 ha, dans la forêt du Dja (Cameroun).

Diametric structure of *Baillonella toxisperma* in a 247 ha area, in the Dja Forest (Cameroon).

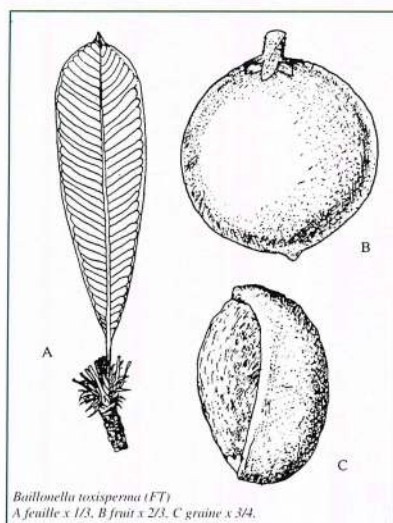
Le fruit d'*Autranella congolensis* (AUBREVILLE, 1964) est une baie ovoïde ($\varnothing = 5$ cm, $h = 7$ cm), vert jaunâtre à maturité, qui contient une seule graine (parfois 2 ou 3).

L'épicarpe est mince, le mésocarpe est charnu et l'endocarpe membraneux enveloppe étroitement la graine. Celle-ci, de forme obovée, mesure environ 5 x 3 x 2 cm. Le

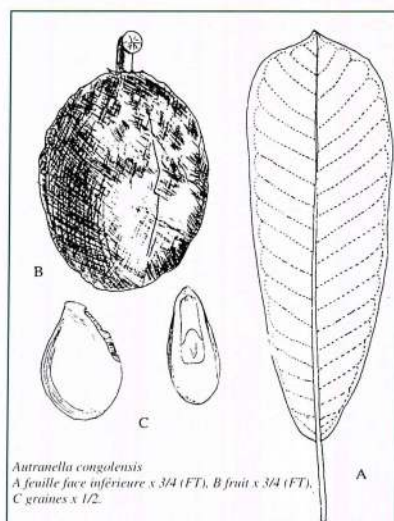


Distribution de *Baillonella toxisperma* et d'*Autranella congolensis* (d'après VIVIEN, FAURE, 1985).

Distribution of *Baillonella toxisperma* and *Autranella congolensis*.



Dessin 1. Feuille, fruit et graine de *Baillonella toxisperma* (d'après VIVIEN, FAURE, 1985).
Leaf, fruit and seed of *Baillonella toxisperma*.



Dessin 2. Feuille, fruit et graine d'*Autranella congolensis* (d'après VIVIEN, FAURE, 1985).
Leaf, fruit and seed of *Autranella congolensis*.

tégument lignifié épais (3 mm) protège l'embryon, ses cotylédons sont foliacés et l'albumen est oléagineux.

Les graines de moabi sont parasitées par les larves de *Carpophilus* sp. (Coléoptère Nitidulidae) et *Museidia* sp. (Lépidoptère Phycitidae). Les fruits sont attaqués dans l'arbre avant leur chute. En moyenne, 12,8 % des graines sont perforées (600 graines réparties sous 15 arbres). Ce taux de parasitisme est très variable d'un arbre à l'autre (de 0 à 53 %). L'attaque parasitaire ralentit fortement le développement de la plantule et compromet la germination si la larve atteint l'embryon. L'épaisseur du tégument d'*Autranella congolensis* n'exclut pas totalement le parasitisme, mais semble le maintenir à un niveau négligeable.

PHÉNOLOGIE

Le suivi phénologique des deux espèces est en cours depuis quatre ans. Le schéma phénologique de *Baillonella toxisperma* semble clair. La floraison, si elle a lieu, survient entre février et avril, lorsqu'on passe de la grande saison sèche à la petite saison des pluies. La fructification subséquente est massive et généralisée entre juin et août, juste avant la grande saison des pluies. Il existe toutefois des cas particuliers, telle la fructification de quelques pieds au cours de la saison sèche 97, qui obligent à nuancer l'apparente régularité de ce cycle.

Selon SCHNEEMAN (1994), les fructifications abondantes surviennent environ une année sur trois. Cette assertion s'est vérifiée au cours des cinq dernières années. Ce rythme serait donc intermédiaire entre les types épisodique et périodique de HEICKETSWEILER (1992).

On note une inversion phénologique selon les sites d'étude : dans l'est du Cameroun (SCHNEEMAN, op.cit.), à la Lopé (WHITE, comm. pers.), au Mayombe (PANGOU,

op.cit.). Cette inversion phénologique correspond vraisemblablement à l'inversion des saisons par rapport à l'équateur.

Pour *Autranella congolensis*, en concordance avec PENDGE (op.cit.), nous soulignons la complexité du cycle phénologique, due à une très longue maturation des fruits : 10 à 12, voire 14 mois (MBOLO, 1991), et à la chute de nombreux fruits avortés, notamment pendant la grande saison sèche.

SITES ET MÉTHODES

SITES

Les sites d'étude sont la Réserve de Faune du Dja (projet ECOFAC, station de Boa Mir, 3°10'N-12°50'E) et les alentours de Mbalmayo (3°20'N-11°30'E), dans la forêt dense humide du plateau sud-camerounais.

GERMINATION

Pour *Baillonella toxisperma*, le substrat de germination est de la terre de forêt. La pépinière est installée sous l'ombrage partiel de la végétation. Les fruits mûrs proviennent de 20 semenciers différents. Les graines dépulpées sont semées immédiatement (lot témoin Bt 1, n = 141). D'autres lots sont constitués :

- scarification manuelle (lot Bt 2, n = 40),
- graines prélevées dans des crotins d'éléphants (lot Bt 3, n = 22),
- séchage au soleil de 3 jours (lot Bt 4, n = 39),
- séchage au soleil de 7 jours (lot Bt 5, n = 38),
- graines récoltées dans les ultimes jours de la fructification (lot Bt 6, n = 60),
- essai de germination en serre, après 60 jours de conservation au sec (lot Bt 7, n = 150).

La pépinière d'*Autranelia congolensis* est placée sous ombrière. Les fruits entiers (graines non déulpées) sont déposés sur de la terre, afin de se rapprocher des conditions naturelles auxquelles les graines sont soumises *in situ* (lot témoin Ac 1, $n = 258$). D'autres lots sont constitués :

- graines déulpées semées dans de la terre (lot Ac 2, $n = 100$),
- graines déulpées semées dans du sable grossier (lot Ac 3, $n = 100$).

Le résultat de chaque essai de N graines au cours duquel G graines ont germé est exprimé par les paramètres suivants (DE LA MENSBRUGE, 1966) :

- durée de vie latente (délai de germination, D) : temps écoulé entre le semis (t_0) et la première germination (t_1),
- durée de germination (échelonnement, E) : délai entre la première (t_1) et la dernière germination (t_g),
- taux de germination : $T = G/N$.

PREMIERS STADES DE CROISSANCE

Après sept mois de pépinière, les plantules d'*Autranelia congolensis* sont repiquées. On mesure leur accroissement en hauteur à intervalle de trois mois sur une période de 29 mois. Les plantules de *Baillonella toxisperma* s'enracinent sur le lieu-même de la pépinière. On mesure la croissance en hauteur et le taux de survie des plantules en cours de germination pendant neuf semaines. On mesure encore leur croissance à 6 mois et 18 mois.

Par ailleurs, on teste la possibilité pour la plantule de moabi de se développer dans l'obscurité totale ($n = 4$), en cas d'ablation des cotylédons ($n = 17$) ou du bourgeon terminal ($n = 16$). On procède à cette opération afin de reproduire les conditions qui peuvent contrarier *in situ* la survie des plantules : obscurité du sous-bois, prédation des cotylédons ou du bourgeon terminal par les mammifères.



Une plantule de mukulungu poursuit sa lente croissance, sous serre, deux ans après le semis.

A mukulungu seedling growing slowly under glass, two years after sowing.

RÉSULTATS

GERMINATION

La figure 2 montre les courbes de germination et de survie obtenues

pour les sept lots de *Baillonella toxisperma*. Ces courbes expriment l'évolution du nombre de graines en cours de germination et de plantules vivantes en fonction du temps.

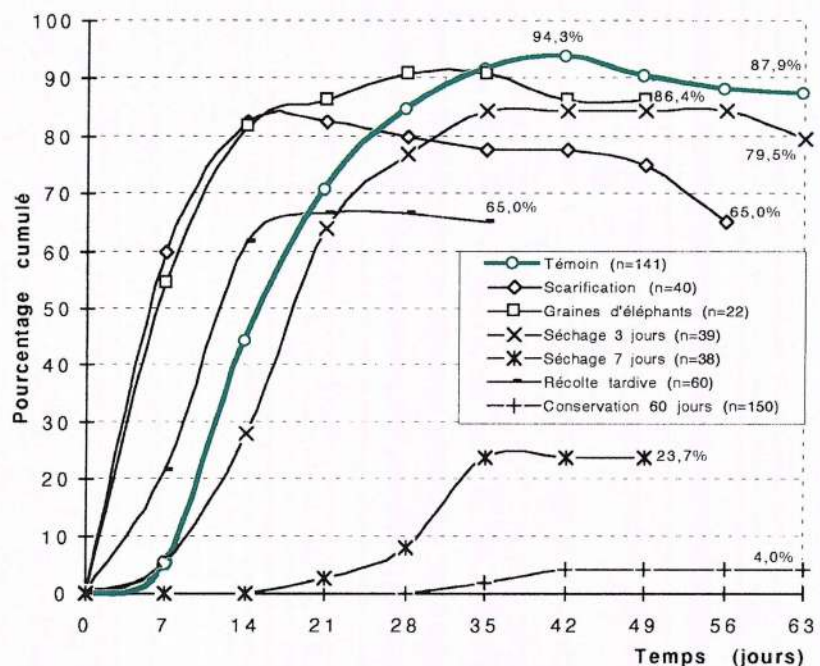


Figure 2. Courbe de germination et de survie pour 7 lots de *Baillonella toxisperma*, pendant 9 semaines après le semis.

Germination and survival graph for seven batches of Baillonella toxisperma, over a 9-week period after sowing.

Les courbes de germination et de survie pour cinq des sept lots, y compris le témoin, présentent la même allure :

- la durée de vie latente est très courte ($D_{\text{témoin}} = 7$ jours),
- l'échelonnement des germinations est réduit ($E_{\text{témoin}} = 35$ jours),
- le taux de germination est très élevé ($T_{\text{témoin}} = 87,9$ %).

Par ailleurs, ce test révèle que ni le passage dans l'intestin des éléphants ni le crottin comme milieu de germination ne sont strictement nécessaires à la germination de *Baillonella toxisperma*. Les taux de germination obtenus avec ou sans effet « éléphant » sont d'ailleurs presque égaux : $T_{\text{éléphant}} = 86,4$ %.

La scarification manuelle accélère la germination mais elle expose l'embryon et les cotylédons gorgés d'eau et de lipides aux attaques parasitaires. Il en résulte une plus forte mortalité des plantules dès le début de la germination et un résultat final médiocre $T_{\text{scarif}} = 65,0$ %.

Après 60 jours de conservation au sec et à l'ombre, on assiste à une réduction drastique du taux de germination ($T_{\text{conserv}} = 4,0$ %) et à un allongement de la durée de vie latente (1,5 mois). Il semble que c'est la réhydratation de la graine qui fait défaut, hypothèse corroborée par les résultats des lots de graines soumis à un séchage de trois jours et sept jours avant le semis : leur taux de germination est respectivement de 79,5 % et 23,7 %.

Les graines récoltées en fin de fructification donnent un taux de germination nettement plus faible ($T_{\text{tardive}} = 65,0$ %) que les graines récoltées au milieu de la fructification. A l'intérieur de la courte période de fructification, il y a peut-être un pic de maturité des graines.

En cours d'expérimentation, de nombreuses graines ont été prélevées par un cambrioleur nocturne in-

attendu : le rat d'Emin (*Cricetomys emini*), ce qui confirme ce rongeur dans le rôle de disperseur potentiel, en dépit de la grande taille des graines. Ce problème de la dispersion des graines du moabi et du mukulungu se pose aussi pour d'autres rongeurs : *Atherurus africanus* et *Epixerus ebii* (PENDGE, *op.cit.*).

Quant à *Autranella congolensis*, la figure 3 montre les courbes de germination et de survie pour les trois lots de cette espèce sur une période de 240 jours après le semis.

La courbe de germination du lot-témoin présente les paramètres suivants :

- la durée de vie latente est longue ($D_{\text{témoin}} = 74$ jours)
- l'échelonnement des germinations est élevé ($E_{\text{témoin}} = 150$ jours)
- le taux de germination est faible ($T_{\text{témoin}} = 29,9$ %).

Pour les graines dépulpées, les substrats terre et sable procurent des taux de germination nettement plus faibles ($T_{\text{terre}} = 9,0$ % et $T_{\text{sable}} = 5,0$ %), ce qui met en évidence l'effet bénéfique de la pulpe sur la germination.

On ne connaît pas le taux de germination après passage par l'intestin des éléphants. L'hypothèse selon laquelle le transit intestinal pourrait faciliter la fissuration du tégument et augmenter la vitesse et le taux de germination reste donc à vérifier pour cette espèce comme elle l'a été pour *Balanites wilsoniana* (CHAPMAN *et al.*, 1992). On peut seulement affirmer que la germination est possible sans cet effet « éléphant ».

Les graines de mukulungu n'ont pas été soumises au traitement par scarification. Le long délai de germination (2,5 mois) de ces graines est dû vraisemblablement à l'épaisseur du tégument lignifié. Cette dormance tégumentaire se prolonge parfois jusqu'à 5, voire 12 mois (PENDGE, *op. cit.*). Elle est la cause la plus fréquente de germination retardée parmi les arbres de forêt tropicale (VAZQUEZ-YANEZ, OROZCO-SEGOVIA, 1993). Remarquons que la graine du douka, *Thieghemella africana*, possède aussi un tégument lignifié épais, mais pas de dormance : cette espèce germe aussi aisément que le moabi.

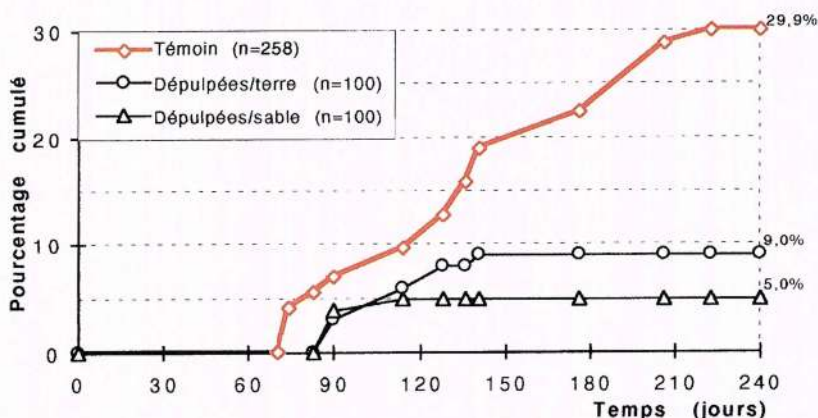


Figure 3. Courbe de germination et de survie pour trois lots d'*Autranella congolensis*, pendant 240 jours après le semis.
Germination and survival graph for three batches of *Autranella congolensis*, over a 240-day period after sowing.

PREMIERS STADES DE CROISSANCE

On qualifie généralement la germination d'épigée ou d'hypogée selon que l'hypocotyle est développé ou nul. BOKDAM (1977) et MIQUEL (1987) complètent cette terminologie par une description des plantules : phanérocotyles (cotylédons exposés) ou cryptocotyles (cotylédons enfermés dans les téguments), cotylédons charnus ou foliacés.

Dans ces deux classifications, *Baillonella toxisperma* appartient au groupe épigé, phanérocotyle et à cotylédons charnus, avec la particularité que l'hypocotyle est court (1 cm). Par contre, *Autranella congolensis* relève du type épigé, phanérocotyle également, mais à cotylédons foliacés et dont l'hypocotyle est d'environ 13 cm.

Le taux de survie des plantules des deux espèces est très élevé en pépinière : la mortalité n'atteint que 7,8 % en 18 mois pour *Baillonella*

toxisperma et elle est nulle pour *Autranella congolensis*.

La figure 4 montre les courbes de germination et de survie des lots-témoins des deux espèces pendant ces 18 mois.

L'enracinement des deux espèces est pivotant, comme c'est le cas général des Sapotacées. Pour *Baillonella toxisperma*, le rapport d'enracinement ($= L_{\text{racine}}/L_{\text{tige}}$) est en moyenne de 57 % ($n = 14$).

L'ablation du bourgeon terminal provoque souvent la mort de la plantule (88 %, $n = 16$) mais, parfois, une réitération d'un bourgeon adventif situé à l'aisselle des cotylédons fournit une nouvelle tige dont la croissance est vigoureuse. L'ablation des cotylédons a des effets variables : mort de la plantule (56 %, $n = 17$) ou croissance ralentie.

Placées dans l'obscurité totale, les graines ($n = 4$) germent aussi rapidement qu'en pépinière et croissent aussi vite sur la base des réserves

cotylédonaire. Elles donnent des plantules chlorosées qui verdissent si elles sont exposées à la lumière.

En conditions naturelles, les plantules n'affichent pas le même succès qu'en pépinière. La germination a lieu pendant la grande saison des pluies, ce qui offre normalement à la plantule les conditions optimales pour enfoncer profondément dans le sol sa racine pivotante, ceci afin de traverser la longue saison sèche qui survient trois mois plus tard. Mais le sol argileux, compact et imperméable, entrave souvent cet enracinement. De plus, les plantules sont souvent blessées par les prédateurs ou déracinées par le labour des potamochères. L'obscurité du sous-bois, par contre, n'est pas une cause de mortalité lors des premiers mois de la vie de la plantule.

La figure 5, p. 12, montre la croissance des plantules de *Baillonella toxisperma* pendant neuf semaines après le semis. Après une phase d'enracinement, l'élongation de la tige sur base des réserves cotylédonaire est spectaculaire : au maximum, on enregistre une croissance de 28 cm en une semaine. Les premières plantules germées (1^{ère} cohorte) atteignent 48 cm en six semaines et deviennent alors autotrophes. A ce moment, la hauteur moyenne du lot est de 36 cm. Environ trois mois après le semis, toutes les plantules ont formé leurs premières feuilles et la hauteur moyenne est de 43 cm.

En conditions naturelles, on observe que l'épuisement des cotylédons s'accompagne d'un ralentissement de la croissance sauf si les conditions de lumière sont favorables (éclairage direct mais pas de dessiccation, peu de concurrence). En pépinière, 18 mois après le semis, la hauteur moyenne des plantules est de 150 cm, ce qui représente une croissance moyenne de 7,1 cm/mois depuis la formation des premières feuilles. La figure 6

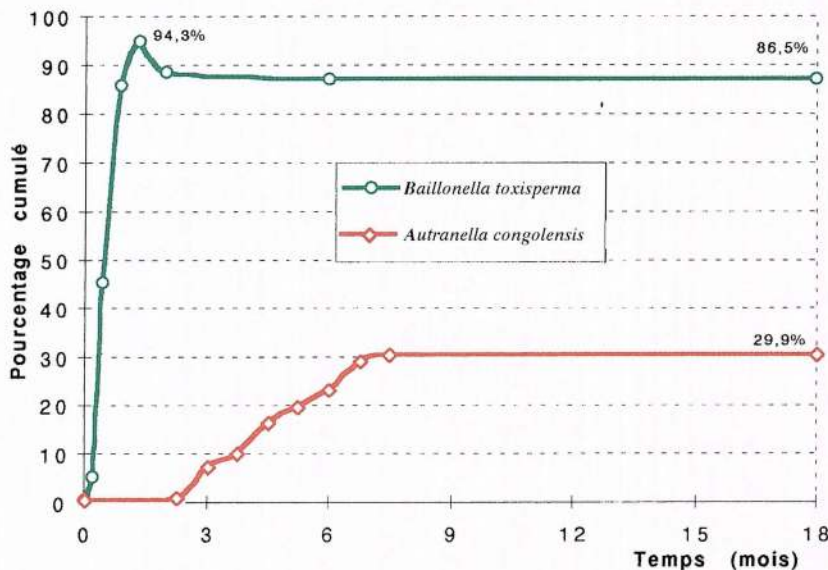


Figure 4. Courbe de germination et de survie pour les lots-témoins de *Baillonella toxisperma* et *Autranella congolensis*, pendant 18 mois après le semis.
Germination and survival graph for control batches of *Baillonella toxisperma* and *Autranella congolensis*, over an 18-month period after sowing.

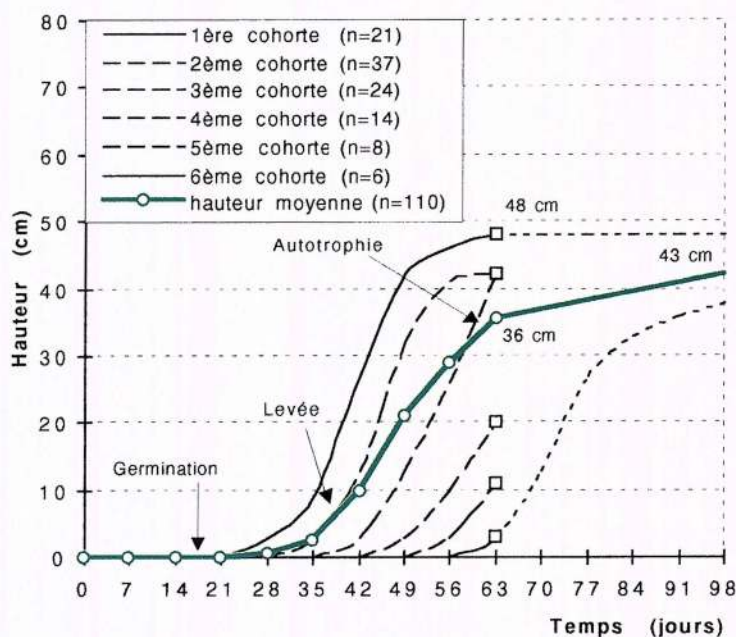


Figure 5. Croissance de *Baillonella toxisperma* pendant 9 semaines après le semis (levée échelonnée sur 6 semaines et hauteur moyenne des 6 cohortes).
Growth of *Baillonella toxisperma* over a 9-week period after sowing (sprouting staggered over six weeks and average height of the six groups).

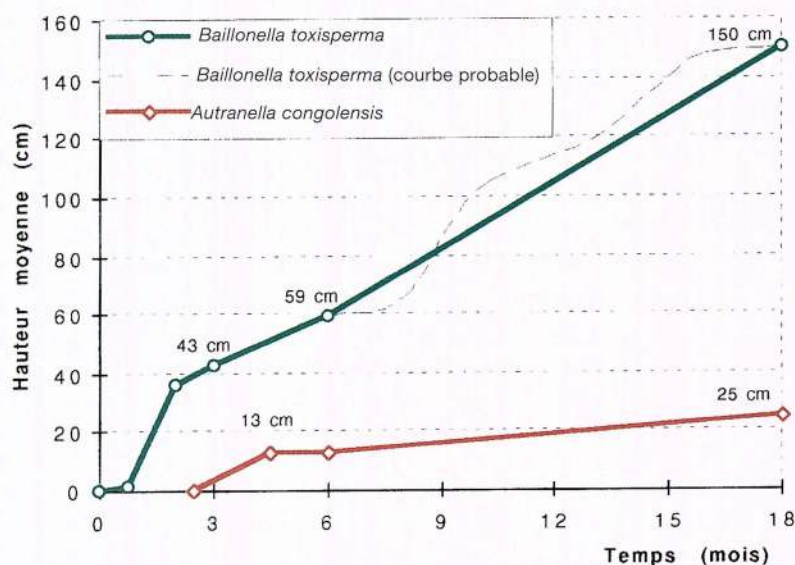


Figure 6. Croissance de *Baillonella toxisperma* et *Autranella congolensis* pendant 18 mois après le semis.
Growth of *Baillonella toxisperma* and *Autranella congolensis*, over an 18-month period after sowing.

suggère une courbe de croissance probable pendant cette période : elle est irrégulière en raison de la formation de nouvelles feuilles (entre-nœuds de taille différente) et de l'alternance saisonnière.

Cette figure 6 montre également la courbe de croissance d'*Autranella congolensis*. Les cotylédons foliacés s'épanouissent à 13 cm du sol. Après la levée, la croissance de l'axe aérien passe par une phase de latence qui dure environ deux mois. Par la suite, la croissance est lente et régulière : 1,0 cm/mois. Dix-huit mois après le semis, la hauteur moyenne des plantules atteint 25 cm. Elle est de 36 cm après 29 mois.

DISCUSSION

MOABI ET MUKULUNGU : DEUX STRATÉGIES DE RÉGÉNÉRATION DISTINCTES ?

Au sein des Sapotacées, *Baillonella toxisperma* et *Autranella congolensis* appartiennent à la même tribu des *Mimusopeae*. Les deux espèces sont caractéristiques de la forêt primaire (AUBREVILLE, 1964). Elles correspondent à la classe (ou « guild ») des espèces non pionnières de la forêt tropicale : au sens de WHITMORE (1989), en raison de leur tempérament et, au sens de FOSTER (1986), en raison de la taille de leurs graines. Fruits et graines sont typiquement adaptés à la zoochorie (GAUTHIER-HION *et al.*, 1985). Est-ce pour autant que ces deux espèces ont la même stratégie de régénération ?

Les courbes de germination et de survie des deux espèces (fig. 4) et leurs courbes de croissance (fig. 6) illustrent clairement qu'elles ont adopté des schémas de germination très différents. Elles n'ont en commun que la très faible mortalité des plantules en pépinière.

Les résultats de germination de *Baillonella toxisperma* confirment le profil d'espèce de forêt tropicale mature, au sens de VAZQUEZ-YANES et OROZCO-SEGOVIA (1984) : graine importante, forte teneur en eau, germination rapide, très abondante et non sensible à la lumière, conservation difficile. Les cotylédons charnus procurent une croissance remarquable au cours de la germination.

Par contre, *Autranella congolensis* diffère par sa dormance tégumentaire et un taux de germination très faible. La croissance pendant le stade cotylédonaire foliacé est très lente. En revanche, son tégument épais lui épargne sans doute le parasitisme que subit *Baillonella toxisperma*, et les cotylédons foliacés n'en font pas la cible de prédateurs aussi redoutables que les potamochères.

Les deux espèces adoptent donc des réponses physiologiques différentes (fissuration du tégument, taux de germination, mode de nutrition de la plantule) face aux pressions sélectives qui agissent sur la germination. Il est clair que ces différences affectent les premières étapes de leur démographie : nombre et croissance des plantules qui réussissent à s'installer en forêt, sous les semenciers et à distance. Par contre, il est encore difficile de préciser dans quelle mesure elles se répercutent sur les paramètres démographiques des stades ultérieurs : nombre et structure diamétrique des tiges d'avenir ($\varnothing > 10$ cm), répartition spatiale.

Par exemple, en forêt, la prédation qu'exercent les mammifères sur les graines et les plantules du moabi fait probablement converger sa courbe de survie (fig. 4) vers celle du mukulungu ; elle annule donc l'avantage que tirait le moabi de son taux de germination très élevé. Dès lors, les deux espèces sont remises sur un pied d'égalité quant au nombre de plantules qui aborderont les étapes ultérieures : croissance dans le sous-bois...

POPULATIONS D'ARBRES ET AMÉNAGEMENT FORESTIER

De plus en plus clairement, l'aménagement durable des forêts naturelles en Afrique Centrale se conçoit comme une gestion de type extensif qui consiste, pour la production de bois d'œuvre, à contrôler la dynamique de population des essences commerciales. Celle-ci est déterminée par les facteurs qui agissent sur la dispersion, la survie et la croissance, à tous les stades de la vie de la plante (LIEBERMAN, 1996). L'aménagement a alors pour but d'assurer que le prélèvement soit compatible avec le recrutement des tiges d'avenir, à son tour compensé par la croissance de la régénération acquise et l'installation des semis.

Les résultats présentés ici pourraient alimenter un modèle démographique probabiliste (FAVRICHON, 1996) mais appliqué à des espèces prises individuellement. En effet, ces informations sur la régénération et les tout premiers stades de la démographie d'une essence donnée contribuent à la maîtrise de la variable notée $R(t)$: les effectifs recrutés au cours du temps dans cette essence. Etablis sur des bases démographiques complètes, de tels modèles spécifiques et des scénarios d'aménagement (DURRIEU DE MADRON, 1993) permettraient de calculer le temps de reconstitution des effectifs après exploitation et de quantifier l'impact de mesures sylvicoles en faveur de la régénération de cette essence, ceci pour des périodes de temps très longues, égales à plusieurs fois la rotation. En effet, si l'on ne maîtrise pas la régénération naturelle et la démographie des espèces commerciales, les prévisions en matière d'aménagement ne dépassent pas une échéance correspondant au délai (fonction de la vitesse de croissance entre les deux bornes) qui sépare le diamètre minimal inventorié et le diamètre légal d'exploitation.

DES GROUPES D'ESPÈCES

« À STRATÉGIE DE RÉGÉNÉRATION SEMBLABLE »

A partir de nos observations qualitatives sur d'autres Sapotacées (*Tieghemella africana*, *Gambeya lacourtiana*), il se dessine un profil commun à ces quelques espèces. Ce sont des arbres dominants, présents à faible densité, tolérant l'ombre, à fruits bacciformes et à graines lignifiées, adaptés à la zoochorie. Les plantules sont rares, de même que les tiges de diamètres intermédiaires. Ces similitudes réunissent-elles un groupe d'espèces qui partagent suffisamment de caractères quant à leur reproduction et leur dynamique de population pour bénéficier d'un traitement sylvicole commun ? Un tel groupe dépasserait la simple dichotomie entre espèces pionnières et non pionnières, en se rapprochant à la fois de la réalité écologique et de l'efficacité sylvicole.

Nos résultats ne permettent pas de confirmer que les Sapotacées constituent un tel « groupe écologique ». D'une part, on a relevé que certains aspects plaident en faveur d'un groupe relativement homogène. En contrepartie, les résultats de germination réfutent cette hypothèse. Toutefois, il faut nuancer ces résultats car on a suggéré qu'en forêt naturelle, les différences de germination peuvent être atténuées rapidement et ne pas affecter la portion adulte de la population. La question reste donc ouverte.

D'une manière générale, les stratégies de régénération et les comportements démographiques des autres espèces commerciales convergent-ils vers quelques « groupes écologiques » utilisables en foresterie ? Dans l'affirmative, on pourrait imaginer un aménagement respectueux de la structure et de la composition botanique de la forêt initiale, qui permettrait à la fois une gestion simplifiée de cet écosystème complexe et le respect de sa biodiversité. Cette

approche poursuit l'objectif de gestion durable réclamée par les conventions internationales (Rio, 1992) et les gouvernements africains.

LA RÉGÉNÉRATION ARTIFICIELLE EN COMPLÉMENT ?

Cette approche est bien sûr compatible avec le recours à la régénération artificielle d'appoint, en cas de nécessité. La régénération naturelle du moabi et du mukulungu semble déficiente : on observe que les plantules sont rares, à la fois sous les semenciers et à distance de ceux-ci. La régénération artificielle est-elle un moyen efficace de combler des cas précis de régénération naturelle défailante ?

Autranelia congolensis présente des inconvénients (dormance tégumentaire, taux de germination très faible) qui rendent peu probable son

usage généralisé en régénération artificielle d'appoint.

Au contraire, le succès de *Baillonella toxisperma* en pépinière est encourageant si l'on veut éviter la forte mortalité qui sévit en conditions naturelles, due à la prédation et la sécheresse. Les plantules ont six mois d'âge au début de la petite saison des pluies : c'est le moment propice à la transplantation. Un inconvénient persiste : le rythme de fructification pluriannuel qui accentue le problème de la courte durée de vie des graines. Certes, la conservation à froid en stratification humide donne de bons résultats, mais est-elle généralisable pour des raisons de coût et de complexité technique ? On le voit, la perspective de produire des plants de moabi pour la régénération artificielle se trouve en partie compromise par une phénologie plutôt capricieuse et des méthodes de conservation encore mal maîtrisées. □

Remerciements : Nous exprimons toute notre gratitude envers nos guides et compagnons de forêt, l'équipe du projet ECOFAC-Cameroun (Union Européenne, DG VIII) et celle du projet Calao de l'Université de San Francisco, le personnel de la Société Pallisco et enfin nos collègues de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux et de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I.

► Laurent DEBROUX
Willy DELVINGT
Faculté Universitaire
des Sciences Agronomiques
5030 GEMBLoux
Belgique

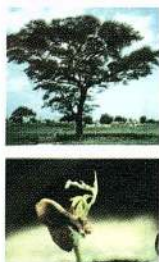
► Marie MBOLO
Akoa AMOUGOU
Université de Yaoundé I
Faculté des Sciences
B.P. 812 YAOUNDE
Cameroun

Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche

J. Roussel

Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche

Jean ROUSSEL



Prix : 150 FF

ISRA Institut scientifique pour le développement agricole
CIRAD Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

Ingénieurs et techniciens du reboisement cet ouvrage vous intéresse

Soixante-quinze espèces sont passées en revue dans ce manuel. Pour chacune d'elles, sont décrites :

- les procédés de levée de dormance des graines,
- les méthodes d'élevage des plants en pépinières,
- les techniques de plantation ainsi que le type de plant à utiliser,
- les entretiens à appliquer.

Une approche méthodologique de la sylviculture dans des zones où la reconstitution des formations végétales est indispensable à l'équilibre du milieu.

En vente chez : Lavoisier Tec et Doc - 14, rue de Provigny - 94236 CACHAN CEDEX
Tél. : 01 47 40 67 00 - Télécopie : 01 47 40 67 02 - E.mail : livres@Lavoisier.fr

Edité par l'ISRA et le CIRAD-Forêt

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUBREVILLE A., 1964.
Flore du Cameroun, vol. 2 (Sapotacées). Paris, France, Muséum National d'Histoire Naturelle, 142 p.
- BOKDAM J., 1977.
Seedling morphology of some African *Sapotaceae* and its taxonomical significance. *Mededeling Landbouwhogeschool Wageningen* 77 (20) : 1-84.
- CHAPMAN L. J., CHAPMAN C. A., WRANGHAM R. W., 1992.
Balanites wilsoniana : elephant dependent dispersal? *Journal of Tropical Ecology* 8 : 275-283.
- DEBROUX L., 1996.
La régénération naturelle et la gestion de populations d'arbres : l'étude du moabi (*Baillonella toxisperma*) dans la forêt du Dja, Cameroun. Belgique, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 20 p.
- DE LA MENSBRUGE G., 1966.
La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte-d'Ivoire. Nogent-sur-Marne, France, C.T.F.T., 382 p.
- DURRIEU DE MADRON L., 1993.
Mortalité, chablis et rôle des trouées dans la sylvigénèse avant et après exploitation sur le dispositif d'étude sylvicole de Paracou, Guyane française. Thèse de doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, Nancy, France, 203 p.
- ENYEGUE C., 1996.
Agroforesterie : une pépinière pour le moabi. Moabi 4, p. 13.
- FAVRICHON V., 1996.
Modélisation en forêt naturelle : les modèles à compartiments comme outils d'aide à l'aménagement forestier. Bois et Forêts des Tropiques 249 : 23-29.
- FOSTER S.A., 1986.
On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees : a review and synthesis. *The Botanical Review* 52 (3) : 260-299.
- GAUTIER-HION A. *et al.*, 1985.
Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. *Oecologia* 65 : 324-337.
- HALL J. B., 1996.
Seedling ecology and tropical forestry. In : The ecology of tropical forest tree seedlings, Swaine M. D. ed. MAB series, vol. 17. Paris, France, Unesco and the Parthenon Publishing Group, p. 139-159.
- HECKETSWEILER P., 1992.
Phénologie et saisonnalité en forêt gabonaise, l'exemple de quelques espèces ligneuses. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, France, 285 p.
- LETOUZEY R., 1985.
Carte phytogéographique du Cameroun et notice. Toulouse, France, Inst. Carte Int. Végétation, 240 p.
- LIEBERMAN D., 1996.
Demography of tropical tree seedlings : a review. In : The ecology of tropical forest tree seedlings, Swaine M. D. ed. MAB series vol. 17. Paris, France, Unesco and the Parthenon Publishing Group, p. 131-138.
- MBOLO M., 1991.
Germination et croissance des espèces forestières du Sud-Cameroun, exemple de quelques Légumineuses et *Sapotaceae*. Thèse de 3^e cycle, Université de Yaoundé I, Cameroun, 268 p.
- MIQUEL S., 1987.
Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. Paris, France, Muséum National d'Histoire Naturelle, Adansonia, 4^e sér. 9B, 1 : 101-121.
- PANGOU S. V., 1989.
Régénération naturelle sur 8 hectares de la forêt dense humide du Mayombe congolais, exemple de 5 espèces ligneuses pionnières, post-pionnières et forestières. Thèse de doctorat, Université de Nancy I, France, 146 p.
- PENDGE G., 1994.
Stratégie de régénération de neuf essences commerciales de forêt tropicale (Mayombe, Zaïre). Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 443 p.
- SCHMIDT K., 1992.
Rapport final du projet « Reboisement Bokoué ». Feldkirchen, Allemagne, Deutsche Forstservice, 240 p.
- SCHNEEMANN J., 1994.
Etude sur l'utilisation de l'arbre moabi dans l'Est-Cameroun, rapport final. Yaoundé, Cameroun, SNV, 44 p.
- VAZQUEZ-YANES C., OROZCO-SEGOVIA A., 1984.
Ecophysiology of seed germination in the tropical humid forests of the world : a review. In : Physiological ecology of plants of the wet tropics, Medina E., Money H. A., Vazquez-Yanes C. ed. La Haye, Pays-Bas, Dr. W. Junk Publishers, p. 37-50.
- VASQUEZ-YANES C., OROZCO-SEGOVIA A., 1993.
Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review Ecology Systematics* 24 : 69-87.
- VIVIEN J., FAURE J. J., 1985.
Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale. Paris, France, Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement, 565 p.
- WHITMORE T. C., 1989.
Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* 70 (3) : 536-538.

R É S U M É

RÉGÉNÉRATION DU MOABI ET DU MUKULUNGU AU CAMEROUN

Perspectives pour l'aménagement

Le moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) et le mukulungu [*Autranella congolensis* (De Wild.) A. Chev.] sont deux arbres dominants de la forêt dense humide du Cameroun, de la famille des Sapotacées. Cet article présente les résultats d'essais de germination en pépinière et du suivi de la croissance des plantules pendant 18 mois, au Cameroun. Ces résultats illustrent clairement que les deux espèces ont adopté des schémas de germination très différents. Pour le moabi, la durée de vie latente est courte, le taux de germination très élevé et la croissance des plantules rapide. Au contraire, le mukulungu présente une forte dormance tégumentaire, un faible taux de germination et une croissance lente. Dans l'optique d'un aménagement extensif, on envisage la contribution de ce type de données au fonctionnement d'un modèle démographique qui viserait à contrôler la dynamique de population des essences commerciales. Par ailleurs, on s'interroge sur la possibilité de constituer des groupes d'espèces d'affinité écologique, dans un but sylvicole. Enfin, on examine l'utilisation éventuelle de ces deux espèces en régénération artificielle de complément.

Mots-clés : *Baillonella toxisperma*. *Autranella congolensis*. Germination. Régénération naturelle. Aménagement forestier. Cameroun.

A B S T R A C T

MOABI AND MUKULUNGU REGENERATION IN CAMEROON

Management prospects

The moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) and the mukulungu [*Autranella congolensis* (De Wild.) A. Chev.] are two prevalent trees in Central Africa's tropical forests, belonging to the Sapotaceae family. This paper describes the results of nursery germination tests and seedling growth follow-up over an 18-month period, in Cameroon. These findings clearly show that these two species have adopted very different germination systems. For the moabi, the latent germination period is short, the germination rate is very high, and seedling growth is fast. The mukulungu, on the other hand, shows marked integumental dormancy, a low germination rate, and slow growth. With a view to extensive management, the contribution of this type of data to the operation of a demographic model, aimed at monitoring the populations dynamics of commercial species, is considered. Furthermore, questions are raised about the possibility of forming groups of species with ecological affinities, for silvicultural purposes. Last of all, the possible use of these two species in complementary artificial regeneration schemes is looked at.

Key words : *Baillonella toxisperma*. *Autranella congolensis*. Germination. Natural regeneration. Forest management. Cameroon.

R E S U M E N

REGENERACIÓN DEL MOABI Y DEL MUKULUNGU EN CAMERÚN

Perspectivas para la planificación

El moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) y el mukulungu [*Autranella congolensis* (De Wild.) A. Chev.] son dos árboles dominantes del bosque denso húmedo del Camerún, pertenecientes a la familia de los Sapotáceos. En este artículo se presentan los resultados de los ensayos de germinación en vivero y del seguimiento del crecimiento de los embriones durante 18 meses, en Camerún. Estos resultados vienen a ilustrar claramente que ambas especies han adoptado esquemas de germinación sumamente diferentes. Para el moabi, la duración de vida latente es corta, la tasa de germinación muy elevada y el crecimiento de los embriones rápido. Por el contrario, el mukulungu presenta una elevada dormición tegumentaria, una baja tasa de germinación y un crecimiento lento. Situándose en la óptica de una planificación extensiva, se contempla la contribución de este tipo de datos con el funcionamiento de un modelo demográfico que tendría por objeto controlar la dinámica de población de las especies comerciales. Por otra parte, cabe preguntarse respecto a la posibilidad de constituir grupos de especies de afinidad ecológica, con una meta silvícola. Finalmente, se examina la utilización eventual de estas dos especies en regeneración artificial de complemento.

Palabras clave : *Baillonella toxisperma*. *Autranella congolensis*. Germinación. Regeneración natural. Ordenación forestal. Camerún.

SYNOPSIS

MOABI AND MUKULUNGU REGENERATION IN CAMEROON :
MANAGEMENT PROSPECTS

L. DEBROUX, M. MBOLO, W. DELVINGT, A. AMOUGOU

The moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) and the mukulungu [*Autranella congolensis* (De Wild.) A. Chev.] are two prevalent trees in Central Africa's rain forests, belonging to the *Sapotaceae* family. Both species produce good quality timber.

They are zoochore species with fleshy fruit, whose large and very hydrated seeds are protected by a lignified integument. This integument is thin (1 mm) in the case of the moabi, and thick (3 mm) for the mukulungu. The moabi's cotyledons are fleshy, while those of the mukulungu are foliaceous. Both species are relatively rare with trunks of an intermediate diameter (40.0 to 129.9 cm), and their natural regeneration seems to be poor.

The experiment was conducted in Cameroon, in the Dja Wildlife Reserve (ECOFAC project, EU DG VIII) and around Mbalmayo. Nursery germination tests are followed up by seedling growth measurement over an 18-month period.

TWO DIFFERENT GERMINATION PATTERNS

For the moabi, germination starts quickly (latent period = 7 days) and is staggered over 6 weeks. The germination rate is very high ($T_{\text{control}} = 87.9\%$). The seeds also germinate in total darkness. Introduction into the digestive system of elephants is not necessary for germination to occur. The seeds swiftly lose their germinative power: $T = 4.0\%$ after 2 months dry conservation. The seedlings grow fast, first drawing on

the cotyledon's reserves ($h_{\text{moy}} = 43$ cm at 3 months) and then by photosynthesis ($h_{\text{moy}} = 150$ cm at 18 months).

The mukulungu shows marked integumental dormancy (latent period = 2.5 months) and a low germination rate for whole fruit (29.9%), which drops still further (to 9%) when the seeds have their pulp removed. The foliaceous cotyledons open out 13 cm from the ground. Subsequent growth is slow ($h_{\text{moy}} = 25$ cm at 18 months).

The mortality rate for both species is very low in nurseries: 7.8% for the moabi and 0.0% for the mukulungu in 18 months.

In natural conditions, moabi seeds are hosts to parasitic larvae of coleopterans and lepidopterans, and river hogs eat the fleshy cotyledons of young seedlings in large quantities. The mukulungu avoids this onslaught because of its thick integument and foliaceous cotyledons.

The germination and growth graphs of both species clearly show how they have adopted very different germination systems. These differences have repercussions on the early stages of their demographic structure: number, growth and location of seedlings, but not necessarily on later stages: diameter structure and spatial distribution of future trunks.

IMPLICATIONS FOR MANAGEMENT

In a natural forest management scheme consisting in monitoring the population

dynamics of commercial species, knowledge about the early demographic stages helps to establish the numbers recruited over time in loggable diameter classes. This is important for calculating the time needed to restore numbers after logging and quantify the impact of silvicultural steps taken to encourage regeneration, over a lapse of time equal to several times the rotation period.

Based on observations of other *Sapotaceae*, questions arise about the possibility of putting commercial species together in groups with ecological affinities. These are groups of species which have enough features in common in terms of their reproduction and population dynamics to react in the same way to silvicultural operations. Development and planning based on these "ecological groups", complying with the structure and botanical composition of the initial forest, would permit both simplified management and respect for biodiversity.

This approach does not rule out the use of complementary artificial regeneration, if this were deemed necessary. The germination test focuses on the difficulties of using the mukulungu for this purpose. For the moabi, on the other hand, seedling in nurseries helps to avoid causes of death in natural conditions, but it does involve two drawbacks: fruiting of seed-bearing trees over several years, and the problem of seed conservation.