

Dominique JACQUES¹
Guibien Cléophas ZERBO²
Pierre SOLOVIEV^{2,3}
Djingdia LOMPO²

¹ Direction générale Agriculture,
Ressources naturelles
et Environnement
Avenue Prince de Liège, 15
5100 Jambes
Belgique

² Centre national de semences
forestières
01 BP 2682
Ouagadougou 01
Burkina Faso

³ Association pour la promotion
de l'éducation et de la formation
à l'étranger
01 BP 6625
Ouagadougou 01
Burkina Faso

***Acacia senegal* au Burkina Faso : stratégie d'amélioration génétique**



Photo 1.
Peuplement naturel d'*Acacia senegal* à Pacodé (province du Sanmatenga, Burkina Faso).
Photo P. Soloviev.

RÉSUMÉ

ACACIA SENEGAL AU BURKINA FASO : STRATÉGIE D'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE

Depuis près de dix ans, le Centre national de semences forestières développe un programme d'amélioration génétique d'*Acacia senegal* en vue d'accroître la production de gomme arabique au Burkina Faso. Différentes mesures pratiquées dans huit peuplements naturels ainsi que dans trois tests de provenances suivis pendant un à trois ans ont permis d'évaluer différents paramètres génétiques. Les résultats obtenus montrent une grande variabilité de la production au sein des provenances, qui se traduit par une héritabilité génotypique significative. La variabilité au niveau individuel apparaît encore plus élevée, la production des arbres les plus performants atteignant plus d'un kilo de gomme par an. Un effet « année » sur la production est également observé. Sur la base de ces résultats, les gains potentiels par sélection génétique sont estimés à partir de différents scénarios en prenant en compte la sélection au niveau des populations ainsi qu'au niveau individuel. La sélection individuelle semble être la plus efficace même si un gain significatif est aussi attendu par la sélection de peuplements à graines. Les dispositifs existants et en cours d'installation devraient permettre de poursuivre ce travail d'amélioration génétique aboutissant à la création de variétés améliorées. Enfin, le bon comportement de plusieurs provenances étrangères permet également d'entrevoir la possibilité d'élaborer un programme d'amélioration génétique à l'échelle régionale, couvrant une grande partie de l'Afrique sahélienne.

Mots-clés : *Acacia senegal*, amélioration génétique, gain génétique, héritabilité, gomme, Burkina Faso.

ABSTRACT

ACACIA SENEGAL IN BURKINA FASO: A GENETIC IMPROVEMENT STRATEGY

For almost ten years, The National Forest Seeds Centre has been developing a genetic improvement programme for *Acacia senegal* with a view to increasing Burkina Faso's gum arabic production. Different measurements in 8 natural stands and 3 provenance trials monitored over one to three years were used to assess various genetic parameters. The results show wide variability in production by provenance, reflected in significant genotype heritability. Individual variability is even higher, with the best trees producing over 1 kilogram of gum per year. A "year" effect on production was also observed. Based on these results, potential gains through genetic selection were estimated for different selection scenarios both at population and individual scale. Individual selection seems to be the most effective, but significant gains are also expected from selection of seed-tree populations. Work on genetic improvement to create improved varieties will continue through trials already under way or now becoming established. Finally, the promising behaviour of several foreign provenances suggests possibilities for a genetic improvement programme at regional scale covering large areas of the Sahel.

Keywords: *Acacia senegal*, genetic improvement, genetic gain, heritability, gum, Burkina Faso.

RESUMEN

ACACIA SENEGAL EN BURKINA FASO: ESTRATEGIA DE MEJORA GENÉTICA

Desde hace casi diez años, el Centre national de semences forestières desarrolla un programa de mejora genética de *Acacia senegal* para incrementar la producción de goma arábica en Burkina Faso. Las diferentes mediciones efectuadas en ocho rodales naturales, así como en tres ensayos de procedencias monitoreados durante uno a tres años, permitieron evaluar distintos parámetros genéticos. Los resultados logrados muestran una gran variabilidad de la producción entre las procedencias, que se refleja en una heredabilidad genotípica significativa. La variabilidad individual es aún más elevada, la producción de los árboles con mayor desempeño superó el kilo de goma anual. También se observó un efecto "año" sobre la producción. Basándose en estos resultados, se estiman las potenciales ganancias de la selección genética a partir de distintos escenarios, teniendo en cuenta tanto la selección en poblaciones como a nivel individual. La selección individual parece ser la más eficaz, aunque también se espere una ganancia significativa mediante la selección de rodales semilleros. Los ensayos ya existentes o en proceso de instalación deberían permitir proseguir este trabajo de mejora genética y desembocar en la creación de variedades mejoradas. Por último, el buen comportamiento de varias procedencias extranjeras permite también vislumbrar la posibilidad de elaborar un programa de mejoramiento genético a escala regional que abarque un amplio sector del África saheliana.

Palabras clave: *Acacia senegal*, mejora genética, ganancia genética, heredabilidad, goma, Burkina Faso.

Introduction

Acacia senegal (L.) Willd. est un petit arbre connu mondialement pour ses nombreuses qualités, dont notamment son aptitude à produire de la gomme arabique (DEANS *et al.*, 1999 ; ICKOWICZ *et al.*, 2005 ; ARBONNIER, 2009). Depuis près de 10 ans, un effort soutenu a été produit par le Cnsf¹ au Burkina Faso pour mener un programme d'amélioration génétique appliqué à cette espèce, axé principalement sur la production de graines améliorées par la sélection de peuplements et la création de vergers (SOLOVIEV *et al.*, 2010). Au cours de cette période, un grand nombre de données portant sur la répartition spécifique et l'importance des ressources en *Acacia* gommiers, ainsi que sur le potentiel de production de gomme à l'échelle du pays, ont été collectées. SOLOVIEV *et al.* (2009) ont montré que les ressources disponibles en peuplements naturels d'*A. senegal* au Burkina Faso sont limitées et que l'espèce se rencontre essentiellement en peuplements mélangés avec d'autres espèces du genre *Acacia* comme *A. laeta* R. Br. ex-Benth. ou *A. dudgeoni* Craib ex-Holland (photo 1). Ces mêmes auteurs ont également mis en évidence le faible nombre de peuplements artificiels d'*A. senegal*, conduisant à constater que les ressources actuellement exploitables sont largement insuffisantes pour assurer le développement d'une filière de production de gomme arabique à large échelle (photo 2).

S'agissant de la production individuelle de gomme arabique, le potentiel observé au Burkina Faso apparaît également assez faible par rapport aux attentes des producteurs. BALIMA (2000) observe une faible productivité pour certains peuplements naturels, avoisinant une production annuelle de 35 grammes (g) de gomme par arbre pour les moins productifs. Plus récemment, SOLOVIEV *et al.* (2010) ont obtenu, pour un ensemble de huit peuplements naturels, une production annuelle moyenne par arbre de 117 g, variant de 45 g à 225 g selon le peuplement (photo 3).

Le développement d'une filière de production de gomme arabique viable ne peut donc se concevoir, au Burkina Faso, qu'en optant pour un programme de plantations à grande échelle, établies à partir d'un matériel génétique amélioré quant à son potentiel de production de gomme.

Actuellement, il faut constater que peu d'informations sont disponibles au sein de la littérature internationale sur les paramètres génétiques caractérisant cette production. D'après les ressources documentaires consultées, seul OUEDRAOGO (2001) a établi à ce jour une estimation de paramètres génétiques à l'échelle des provenances pour la production de gomme d'*A. senegal* et ce sur la base d'un essai faiblement productif. Il y fait état d'une héritabilité génotypique de l'ordre de 0,56 et d'un gain génotypique conventionnel de 26,6 % correspondant à une intensité de sélection de 38 %. Pour les descendances, KANANJI (1993) obtient une héritabilité sur les moyennes très élevée atteignant 0,87, mais dont l'estimation est très probablement imprécise étant donné qu'elle est calculée sur la base d'un essai ne comportant que six éléments génétiques originaires de différentes localités du Kordofan, au Soudan. Enfin, RADDAD et LUUKKANEN (2006), évaluant un test établi sur terrain argileux et comparant des provenances issues de régions sableuses et de régions argileuses, mettent en évidence une aptitude plus grande à la production de gomme arabique des provenances issues des régions à sols argileux, traduisant une potentielle variation génétique des populations étudiées en fonction des types de sols sur lesquels elles se développent.



Photo 2.
Peuplement artificiel d'*Acacia senegal* à Bogandé
(province de la Gnagna, Burkina Faso).
Photo P. Soloviev.

¹ Centre national de semences forestières.



Photo 3.
Production de gomme suite à la saignée d'un arbre d'*Acacia senegal* (Burkina Faso).
Photo D. Jacques.

Les données de la littérature concernant la variabilité inter-peuplements de la production de gomme montrent l'existence d'une assez forte variabilité. Au Burkina Faso, les données fournies par ZERBO (2005), étudiant la production de gomme dans quatre peuplements naturels, permettent d'estimer le coefficient de variation inter-peuplements à environ 25 %. Au Soudan, les estimations varient de 25 à 44 % (BALLAL *et al.*, 2005 ; RADDAD, LUUKKANEN, 2006).

La variabilité intra-peuplement apparaît tout aussi élevée (BALIMA, 2000 ; OUEDRAOGO, 2001; RADDAD, LUUKKANEN, 2006).

Plusieurs auteurs (DIATTA, DIONE, 1981 *in* VASSAL, 1991 ; OUEDRAOGO, 2001 ; RADDAD, LUUKKANEN, 2006) émettent également l'hypothèse que le taux d'exsudation pourrait être lié positivement aux paramètres de croissance, mais des résultats contradictoires sont présentés par VASSAL *et al.* (1992). Par ailleurs, KANANJI (1993) ainsi que BALLAL *et al.* (2005) ont pu mettre en évidence un effet marqué du facteur « année » sur la production de gomme.

Un autre élément important nécessaire à la définition d'une stratégie d'amélioration génétique d'une espèce est sa capacité à être reproduite tant par voie générative que par voie végétative. *A. senegal* apparaît comme une espèce produisant régulièrement des semences et qui présente une bonne aptitude à la multiplication végétative, aussi bien par greffage au stade de jeune plant (DANTHU *et al.*, 1998) ou au stade adulte (ZERBO, 2005) que par bouturage (BADJI *et al.*, 1991 ; N'DIAYE *et al.*, 1991 ; DANTHU *et al.*, 1992).

Cet article vise principalement, dans le cadre du programme d'amélioration génétique d'*A. senegal* conduit au Burkina Faso, à estimer l'importance de la variabilité de la production de gomme aux niveaux inter-peuplements et intra-peuplement, à évaluer les gains génotypiques possibles par sélection et à proposer des pistes menant à affiner la stratégie générale d'amélioration génétique axée actuellement sur la sélection de peuplements et la création de vergers constitués d'arbres sélectionnés pour leur production élevée en gomme.

Tableau I.
Localisation et caractéristiques des huit peuplements naturels.

Site	Région de provenance	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Pluviométrie annuelle moyenne* (mm)	Superficie (ha)
Bissiga	Nord-soudanienne	N 12°40'59"	W 01°09'52"	275	710	124,8
Doussoula	Vallée du Sourou	N 13°02'34"	W 03°14'37"	260	665	13,7
Fènèguènè	Subsahélienne	N 13°16'16"	W 01°20'37"	310	605	7,9
Guitalé	Vallée du Sourou	N 13°18'07"	W 02°41'36"	301	620	5,8
Konladé	Subsahélienne	N 13°32'09"	W 00°00'14"	284	570	8,3
Pacodé	Subsahélienne	N 13°36'51"	W 00°49'31"	305	565	39,8
Soumdiguidi	Subsahélienne	N 13°18'07"	W 02°24'30"	321	615	7,3
Yeimzuro	Subsahélienne	N 13°36'25"	W 02°09'04"	318	565	15,0

* Données de la Direction de la météorologie, Burkina Faso (moyennes pluviométriques 1971-2000).

Matériel et méthodes

Les données utilisées proviennent d'essais de production de gomme réalisés dans huit peuplements naturels (tableau I) et trois essais de provenances (tableau II).

Au sein de chacun des huit peuplements naturels, répartis dans les trois régions de provenance couvrant l'aire de distribution de l'espèce au Burkina Faso, une sélection de 50 sujets adultes possédant un houppier équilibré et ne présentant pas de signes visibles de dépérissement ou d'attaques parasitaires et cryptogamiques a été opérée en veillant à leur répartition uniforme au sein du peuplement. Ces arbres ont ensuite été soumis durant deux ou trois années consécutives à des essais de production de gomme.

Parmi les essais de provenances, deux sont constitués de provenances locales ou étrangères parmi lesquelles sept à dix arbres ont été saignés au cours d'une ou de deux années. Ces arbres ont été sélectionnés sur la base des mêmes critères que ceux appliqués dans les peuplements naturels. Dans le troisième essai ne comportant qu'une seule provenance issue du Tchad, une saignée a été pratiquée sur 30 arbres choisis de manière aléatoire afin d'évaluer la production annuelle

moyenne par arbre ainsi que la variabilité de cette caractéristique. Plus de détails sur ces différents essais et sur le mode opératoire sont fournis par SOLOVIEV *et al.* (2010).

La variable « production de gomme » ne présentant pas une distribution normale, une transformation ($\sqrt[3]{x}$) lui a été appliquée. Les valeurs des différents paramètres tels les coefficients de variation inter-peuplements et intra-peuplement pour l'ensemble des populations ainsi que l'héritabilité génotypique estimée dans deux des essais de provenances ont été calculées au départ de ces données. L'héritabilité génotypique sur les moyennes par provenance est définie comme la part de la variabilité globale observée entre les éléments génétiques, considérant que chacun de ces éléments est conservé identique à lui-même après reproduction (NANSON, 1970).

Le gain génotypique a également été déduit de ces résultats. Il correspond au gain, pour la caractéristique considérée, que l'on peut réaliser si l'on utilise les provenances sélectionnées dans les mêmes conditions environnementales et au même stade de développement.

Héritabilité et gain sont dérivés de l'analyse de la variance à un facteur en considérant la provenance comme un facteur aléatoire (NANSON, 2004).

Tableau II.
Localisation et caractéristiques des essais de provenances en stations expérimentales.

Site	Région de provenance	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Pluviométrie annuelle moyenne (mm)	Superficie (ha)	Année de plantation	Nombre d'arbres testés	Origine des provenances	Pluviométrie annuelle moyenne des sites d'origine (mm)
Djomga	Sahélienne	N 14°05'31"	W 00°02'24"	280	510*	0,34	1988	10	Ranerou/ Sénégal	550**
								9	Guidich/ Sénégal	500**
								7	Diamenar/ Sénégal	400**
								10	Velingara Sénégal	550**
Gonsé	Nord-soudanienne	N 12°21'31"	W 01°18'55"	278	750*	0,95	1988	10	Thiarène/ Sénégal	300**
								10	Namarel/ Sénégal	332**
								10	Diaguely/ Sénégal	400**
								10	Gueye Kadar Sénégal	309**
								10	Windou/ Sénégal	350**
								10	Fallatu forest/ Soudan	365**
								10	Lac Dem/ Burkina Faso	750**
								10	Boron/ Burkina Faso	900**
Gonsé	Nord-soudanienne	N 12°21'31"	W 01°18'55"	278	750*	1,11	1997	30	Bou Loulou /Tchad	500***

* Données de la Direction de la météorologie, Burkina Faso (moyennes pluviométriques 1971-2000). ** Données des fournisseurs des semences.

*** Données du Centre national d'appui à la recherche, Tchad (moyennes pluviométriques 1961-2001).

Résultats et discussion

Héritabilité génotypique

L'analyse des tests de provenances de Djomga et de Gonsé fournit des résultats très contrastés. Pour le site de Djomga regroupant quatre peuplements originaires du Sénégal, les résultats de l'analyse de la variance apparaissent très hautement significatifs et l'héritabilité génotypique qui en est dérivée atteint 0,89, traduisant un très grand effet génétique sur la production de gomme. À l'opposé, l'analyse des données du test de provenance de Gonsé ne montre pas d'effet « provenance » significatif. Ce second résultat contraste avec celui obtenu, pour ce même essai, par OUEDRAOGO en 2001 qui fait état d'une héritabilité génotypique de 0,56. La plus grande puissance du test suite au nombre plus important de données collectées ($n = 362$) ainsi que l'âge moins avancé des plantes lors de cette précédente évaluation pourraient expliquer cette différence d'héritabilité. La faible production moyenne pourrait aussi avoir limité l'expression de la variabilité réelle de ces différentes provenances.

Sur la base de ces résultats, il est donc difficile d'évaluer avec précision le niveau d'héritabilité potentiel au niveau inter-peuplements pour cette caractéristique. Cependant, les résultats enregistrés jusqu'à présent au Burkina Faso tendent à montrer l'existence d'un effet génétique significatif sur la production de gomme et confortent ceux repris dans les rares références recensées dans la littérature sur ce sujet (KANANJI, 1993).

Variabilité de la production de gomme

Variabilité inter-peuplements

Tant les données récoltées dans les peuplements naturels que celles issues des deux essais de provenances indiquent une grande variabilité de la production de gomme arabe entre les peuplements testés (tableau III).

Sur ces trois groupes évalués, les coefficients de variation sont relativement proches et compris entre 50 et 60 %, que ce soit pour les peuplements naturels ou pour les deux tests de comparaison de provenances. Dans les peuplements *in situ*, les conditions de site ainsi que les différences d'âge des arbres soumis aux tests de production de gomme ne semblent pas constituer des sources essentielles de variabilité de la production.

Variabilité intra-peuplement

Les coefficients de variation calculés au niveau individuel s'avèrent encore plus élevés qu'au niveau des peuplements (tableau IV).

En moyenne, le coefficient de variation dans les huit peuplements naturels est de l'ordre de 85 % et compris entre 54 % et 112 %. L'amplitude des résultats observée pour ces peuplements est également très importante ; dans les trois peuplements les plus productifs, cette amplitude de production moyenne calculée sur deux ou trois ans atteint environ 750 g et, si l'on s'intéresse à la production d'une seule année, elle culmine à près de 1 300 g.

Cet ensemble de données confirme l'existence d'une grande variabilité de cette caractéristique au Burkina Faso, situation qui semble également exister dans les populations d'autres pays (BALLAL *et al.*, 2005 ; RADDAD et LUUKKANEN, 2006). Le calcul de ces coefficients de variation dans l'essai de provenances de Djomga (tableau V) donne des chiffres variant entre 38 % et 112 % pour les quatre populations provenant du Sénégal, mais ces données doivent être interprétées avec précaution étant donné le faible nombre d'arbres par provenance pris en compte. Le coefficient de variation atteint 174 % pour la provenance du Tchad installée à Gonsé, pour laquelle 30 arbres ont été étudiés. Il faut cependant noter que, probablement, ces deux derniers résultats obtenus sur une seule saison de récolte de gomme sont légèrement surestimés par rapport à ceux obtenus dans les huit peuplements naturels puisque, dans ce dernier cas, les coefficients sont calculés à partir des moyennes de production de gomme établies sur deux ou trois ans. Cette grande variabilité est aussi observée par RAEBILD *et al.* (2003), dans des essais de provenances établis au Burkina Faso, pour les caractéristiques de croissance. Ce constat permet par ailleurs d'envisager un programme d'amélioration génétique combinant plusieurs caractéristiques.

Gains potentiels par sélection génétique

À partir des données collectées, il est possible d'évaluer les gains génotypiques qui pourraient être obtenus par sélection d'une partie des peuplements étudiés et par sélection individuelle au travers de différents scénarios fixant, d'une part, une intensité de sélection des éléments génétiques et, d'autre part, différents niveaux d'héritabilité.

Sélection des peuplements

Connaissant le coefficient de variation phénotypique, il est possible d'évaluer le gain génotypique de production en gomme qui pourrait être obtenu par l'utilisation d'une partie des peuplements les plus performants pour la récolte de graines.

Ce gain dépend du niveau d'héritabilité génotypique de cette caractéristique ainsi que de l'intensité de sélection retenue pour effectuer cette sélection. Sur la base d'un coefficient de variation phénotypique de 50 %, estimé à partir de l'analyse de la variance du test de Djomga et des valeurs observées pour les différents sites naturels, la figure 1 présente la gamme de gains possibles.

Tableau III.
Évaluation de la variabilité inter-peuplements de la production individuelle moyenne annuelle de gomme (en g) dans différents sites au Burkina Faso et estimation de la différentielle de sélection métrique (en g) pour une intensité de sélection de 25 %.

Site	Nombre de peuplements	Moyenne (g)	CV (%)	Min	Max	Différentielle de sélection métrique (g)
Djomga	4	123,6	54	39	168	52
Gonsé	8	17,3	57	5	33	14
Peuplements	8	116,4	50	46	226	81

Tableau IV.

Évaluation de la production annuelle moyenne de gomme par arbre (en g), de différents paramètres statistiques (coefficient de variation, minimum et maximum) et de la différentielle de sélection métrique pour une intensité de sélection variant de 2 à 25 % pour différentes populations d'*Acacia senegal* mesurées au cours d'une à trois années.

Site	Effectif	Nombre d'années	Moyenne (g)	Écart-type	CV (%)	Min	Max	Différentielle de sélection métrique pour différentes intensités de sélection (g)			
								25 %	10 %	6 %	2 %
Bissiga	50	3	226	188	83	23	803	262	438	515	577
Konladé	50	3	104	56	54	20	241	77	108	118	138
Fènèguènè	50	3	90	101	112	0	449	98	172	208	261
Guitaté	50	3	67	70	105	1	327	143	245	289	358
Doussoula	50	2	72	55	76	0	232	73	104	121	161
Pacodé	50	2	46	30	66	0	103	41	51	55	58
Soumdiguïdi	50	2	158	141	89	14	839	180	308	377	681
Yeimzuro	50	2	169	154	92	0	599	212	326	400	430
Gonsé (prov. Tchad)	30	1	109	190	174	0	859	244	464	536	750

Il apparaît que, si 38 % des meilleurs peuplements sont retenus, une amélioration de la production de l'ordre de 20 à 35 % peut être espérée, ce qui représenterait un gain en production d'un maximum de 41 g si l'on appliquait cette sélection aux huit peuplements naturels de cet essai. Si l'on passe, par contre, à un taux de sélection de 10 %, le gain en production moyenne annuelle par arbre pourrait atteindre 35 à 61 %, soit un gain maximum de 71 g ; les plantations issues de ce matériel génétique pourraient atteindre alors une production annuelle moyenne par arbre d'environ 187 g. Il est théoriquement possible d'appliquer des taux de sélection plus importants tels que présentés dans cette même figure mais, pratiquement, l'investissement humain et financier nécessaire à l'évaluation d'un grand nombre de peuplements risquerait d'être alors trop important par rapport au gain supplémentaire attendu.

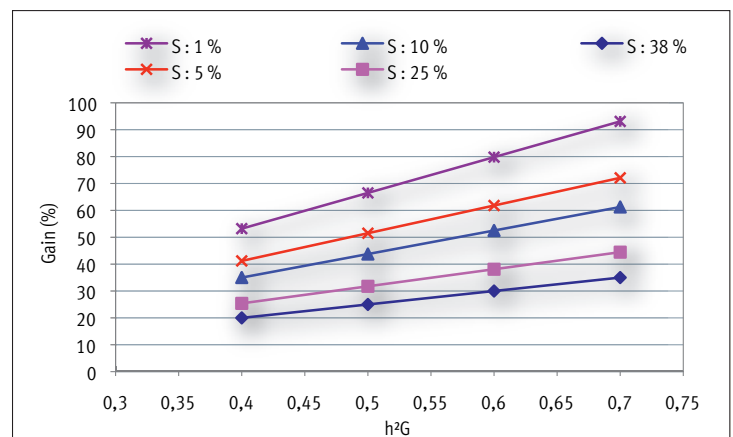


Figure 1.

Évaluation du gain génétique escompté exprimé en pourcentage de la moyenne pour la production de gomme par sélection de peuplements au Burkina Faso pour différents niveaux d'héritabilité génétique (h^2G) et différentes différentielles de sélection (S).

Tableau V.

Évaluation de la variabilité individuelle de la production annuelle moyenne de gomme (en g) au sein de différentes provenances étrangères testées au Burkina Faso.

Site d'essai	Provenance	Origine	Nombre d'arbres testés	Moyenne (g)	Écart-type	CV (%)	Min	Max
Djomga	Ranerou	Sénégal	10	168	64	38	38	260
	Guidich	Sénégal	9	90	56	61	34	200
	Diamenar	Sénégal	7	39	44	112	0	102
	Velingara	Sénégal	10	168	104	62	34	371
Gonsé	Bou Loulou	Tchad	30	109	190	174	0	859

Sélection individuelle

Le coefficient de variation moyen intra-peuplement étant supérieur au coefficient de variation inter-peuplements, la sélection au niveau individuel est potentiellement plus efficace que celle des peuplements, tout autre facteur restant constant (tableau VI). À titre d'exemple, pour une héritabilité supposée de 0,5 et une intensité de sélection de 25 %, le gain estimé par sélection des peuplements atteint 32 %, alors que celui obtenu par sélection individuelle est de 59 %, soit un accroissement de 85 %. La supériorité de ce type de sélection peut aussi être renforcée en appliquant une intensité de sélection plus forte pour un même niveau d'investissement. Dans cette hypothèse, pour des intensités de sélection variant de 2 à 25 % et suivant le niveau d'héritabilité escompté, des gains de l'ordre de 100 à 200 % de la moyenne de production peuvent être attendus. La production moyenne par individu des plantations issues de ce matériel amélioré pourrait alors atteindre 240 à 350 g. Si l'on envisage des plantations à des écartements de 5 m sur 5 m, en tenant compte d'un taux de survie de 85 %, une production annuelle moyenne de gomme de l'ordre de 80 à 120 kg par hectare pourrait être atteinte. Ces estimations restent cependant entachées d'une erreur difficilement estimable puisqu'il n'est pas possible d'évaluer l'héritabilité génétique au sens strict de ce caractère à partir des données disponibles actuellement, même si quelques résultats tendant à l'établir sont publiés pour cette espèce (KANANJI, 1993) ou pour d'autres espèces productrices d'exsudats (SQUILLACE, BENGTON, 1961 ; ALIKA, 1985). Il convient donc de rester prudent pour l'exploitation pratique de ces résultats.

Effet année

Le tableau VII, présentant les productions en gomme des dix meilleurs arbres producteurs parmi les quatre peuplements dont la production de gomme arabique a été suivie pendant trois années successives, montre qu'il existe une assez grande variabilité annuelle pour cette caractéristique. Elle se traduit par un coefficient de variation compris entre 19 et 72 % et une différence annuelle maximale de production atteignant 1 091 g pour l'arbre numéro 2. Ces observations pourraient donc justifier des mesures répétées sur plusieurs années dans le cadre d'une sélection d'« arbres plus », même si les trois coefficients de corrélation calculés entre ces différentes séries de données pour ces quatre peuplements sont très hautement significatifs, compris entre 0,62 et 0,65. La répétition de ces mesures a cependant un surcoût qui pourrait être utilisé pour augmenter le nombre d'arbres évalués, ce qui permettrait d'accroître l'intensité de sélection et d'augmenter potentiellement le gain final. Pour vérifier cette hypothèse, une simulation a été réalisée à partir des 200 arbres dont la production annuelle de gomme a été mesurée durant trois années consécutives. En supposant des moyens financiers et humains disponibles permettant d'effectuer la saignée d'un total de 600 arbres, répartis de trois manières, 200 arbres testés durant trois années, 300 arbres testés durant deux années ou 600 arbres testés sur une seule année, cela donne, pour une sélection finale de 30 arbres, une intensité de sélection de respectivement 15, 10 et 5 %. Les résultats montrent que la moyenne de production des 30 meilleurs arbres sélectionnés sur les 200 arbres suivis durant trois années s'établit à 369 g et correspond à la production la plus faible. En revanche, les 30 meilleurs arbres

Tableau VI.

Évaluation du gain génotypique escompté exprimé en pourcentage de la production moyenne annuelle de gomme par sélection individuelle au Burkina Faso pour différents niveaux d'héritabilité génotypique et différentes intensités de sélection.

Site	Moyenne (g)	h ² G											
		0,3				0,5				0,7			
		Intensité de sélection											
		25 %	10 %	6 %	2 %	25 %	10 %	6 %	2 %	25 %	10 %	6 %	2 %
Bissiga	226	35	58	68	77	58	97	114	128	81	136	159	179
Konladé	104	22	31	34	40	37	52	57	66	52	73	80	93
Fènèguènè	90	32	57	69	87	54	95	115	144	76	133	161	202
Guitale	67	64	110	130	161	107	184	217	269	150	258	304	377
Doussoula	72	31	44	51	67	51	73	84	112	71	102	118	157
Pacodé	46	27	33	36	38	45	56	60	63	63	78	84	89
Soumdiguidi	158	34	58	71	129	57	97	119	215	80	136	167	301
Yeimzuro	169	38	58	71	77	63	97	119	128	88	135	166	179
Moyenne	116	35	56	66	84	59	94	111	141	83	131	155	197
Gonsé (prov. Tchad)	109	67	128	148		112	213	246		157	298	344	

Tableau VII.
Productions annuelles et moyennes de gomme (en g)
des 10 arbres les plus performants.

N° ordre	Productions annuelles (g)			Moyenne (g)	CV (%)
	2006-2007	2007-2008	2008-2009		
1	718,5	1009,2	681,4	803,0	22
2	942,7	1262,7	171,8	792,4	71
3	922,2	384,5	576,1	627,6	43
4	376,9	593,5	686,5	552,3	29
5	459,4	494,5	688,2	547,4	23
6	579,0	621,6	281,7	494,1	37
7	525,9	265,9	592,1	461,3	37
8	188,4	810,7	347,0	448,7	72
9	368,8	389,5	522,0	426,8	19
10	479,8	368,1	281,4	376,4	26

sur les 600 retenus sur la base d'une seule année de saignée atteindraient une production moyenne de 489 g, soit un gain de 33 % ; la sélection opérée sur les 300 arbres testés durant deux années de suivi donnerait un résultat intermédiaire de 411 g. Ces résultats tendent donc à montrer que la sélection d'un grand nombre d'individus mesurés une seule année est plus efficace en termes de gain potentiel que la sélection d'un plus petit nombre d'arbres suivis pendant deux ou trois années successives.



Photo 4.
Fructification abondante dans un peuplement artificiel d'*Acacia senegal*
à Ziré (province du Zondoma, Burkina Faso).
Photo P. Soloviev.

Valorisation des premiers résultats

Ces premiers résultats permettent de préciser et d'optimiser les opérations de récolte de graines pour cette espèce. L'existence d'une héritabilité génotypique significative au niveau des peuplements confirme l'intérêt de sélectionner, comme peuplements destinés à la récolte de graines, les populations qui ont montré une production supérieure de gomme arabique au cours de deux à trois ans d'évaluation. Les gains espérés ne seront cependant pas très élevés et ne devraient pas dépasser quelques dizaines de grammes de gomme par arbre et par année dans les conditions du Burkina Faso, mais avec l'avantage d'être accessibles dès à présent. Ces gains pourraient être quelque peu accrus en pratiquant des éclaircies sélectives destinées à supprimer les individus les moins productifs. Mais, comme le signalent Soloviev *et al.* (2010), ces opérations doivent être entreprises avec précaution, afin d'éviter

une perception négative de ces éclaircies sélectives par les populations locales avoisinantes. Une autre solution, n'impliquant pas l'élimination des individus les moins productifs, consiste à effectuer les récoltes uniquement sur les meilleurs individus, mais dans ces conditions le gain de production attendu à la génération suivante dans les peuplements issus de ces individus librement pollinisés sera réduit théoriquement de moitié, suite au croisement de ces bons producteurs avec des individus moins performants (NANSON, 2004). Les différents lots de

graines ainsi récoltés pourraient alors être regroupés par région de provenance (CNSF, 2008). En considérant un potentiel de production de graines qui peut atteindre, dans des conditions normales, plus de 500 g de graines par arbre, les besoins annuels en graines du Burkina Faso qui s'élèvent à environ 100 kg à l'heure actuelle pourraient facilement être couverts dès à présent par ce type de récolte ciblée (photo 4).

Les résultats obtenus confirment, d'autre part, la pertinence de la stratégie d'amélioration génétique suivie pour cette espèce, par la création de vergers à graines au départ des arbres les plus performants. Toutefois, dans ce cas, les premières graines ne seront obtenues qu'à moyen terme, c'est-à-dire d'ici cinq à huit ans (photo 5). Compte tenu de l'existence d'un gain génotypique potentiel par sélection des meilleurs peuplements, les vergers à graines devraient inclure une proportion plus importante des arbres issus de ces meilleurs peuplements, tout en veillant à assurer une large diversité génétique à ces matériels de base.

Pour bénéficier au plus tôt du travail de sélection des « arbres plus » et compte tenu de la très bonne aptitude au greffage de cette espèce dans les conditions du Burkina Faso, la création d'une variété multiclonale pourrait également être envisagée. Afin d'assurer une diversité génétique minimale dans chacune des plantations et de garder l'opportunité d'opter pour la régénération naturelle pour les générations ultérieures, un minimum d'une trentaine de clones devrait composer cette variété. Cette option suppose cependant l'absence d'incompatibilité de greffage à long terme et un effet limité des porte-greffes sur l'aptitude à la production de gomme des clones greffés, éléments mal maîtrisés dans l'état actuel des connaissances. L'utilisation de boutures, autre technique de multiplication végétative applicable à *A. senegal* (N'DIAYE *et al.*, 1991) mais non encore expérimentée au Cnsf, pourrait constituer une alternative encore plus intéressante.



Photo 5.

Ramet d'un « arbre plus » d'*Acacia senegal* obtenu par greffage à l'antenne du Cnsf à Kaya (Burkina Faso). Photo D. Jacques.

Conclusion et perspectives

Au Burkina Faso, les essais menés au Cnsf depuis une dizaine d'années dans le cadre de la conduite d'un programme d'amélioration génétique de l'espèce *A. senegal* montrent l'existence d'une grande variabilité de la production de gomme arabique. Celle-ci est observée tant au niveau inter-peuplements qu'intra-peuplement, aussi bien pour les peuplements naturels du Burkina Faso que pour les populations issues de plusieurs pays sahéliens, comme le Sénégal et le Tchad, présentes dans les tests de provenances mis en place. Les résultats obtenus sur les niveaux d'héritabilité, même s'ils sont encore partiels, tendent à montrer qu'il est possible de développer un programme de sélection de matériels performants au travers de la sélection de peuplements et de la sélection individuelle.

Les essais mis en place et les sélections réalisées jusqu'à présent au Burkina Faso permettent d'envisager la poursuite des travaux d'amélioration génétique. Les vergers installés offrent la possibilité d'évaluer la production de gomme des clones sélectionnés dans des conditions contrôlées, ce qui fournira une estimation de l'héritabilité génotypique au niveau clonal. Une estimation plus précise des paramètres génétiques liés à la production de gomme pourrait également être établie grâce à l'installation d'un test de descendance. Cet ensemble de tests pourrait déboucher sur la mise en place d'un verger d'élite produisant des graines de la catégorie « testée » selon le système Ocde², lorsque celle-ci aura statué sur cette catégorie.

Les bons résultats obtenus par les provenances étrangères en termes de production de gomme suggèrent qu'il serait envisageable de développer des programmes d'amélioration génétique communs à plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest voire à l'échelle d'une grande partie de la zone sahélienne.

La mise en commun des moyens pourrait permettre d'intensifier les sélections et d'étendre celles-ci à d'autres caractéristiques telles que la production de matière ligneuse ou de fourrage (feuilles et gousses), voire l'aptitude à la fixation d'azote dans le cadre de la restauration de la fertilité des sols ou dans la perspective d'une intégration d'*A. senegal* dans un système agroforestier.

Remerciements

Ce travail a pu être mené à bien grâce au soutien de l'Association pour la promotion de l'éducation et de la formation à l'étranger (Apefe), projet intitulé « Renforcement structurel du Cnsf en vue de développer la filière gomme arabique à travers la production de matériels forestiers de reproduction de qualité et la formation des producteurs », et de la Région wallonne de Belgique, projet intitulé « Valorisation de la gomme arabique – De la semence au produit transformé (phase finale) ».

² Organisation de coopération et de développement économiques.

Références bibliographiques

- ALIKA J. E., 1985. Heritability and genetic gain from selection in rubber (*Hevea brasiliensis*). *Silvae Genetica*, 34 (1) : 1-4.
- ARBONNIER M., 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Versailles, France, Éditions Quæ, 574 p.
- BADJI S., N'DIAYE I., DANTHU P., COLONNA J. P., 1991. Vegetative propagation studies of gum arabic trees. 1. Propagation of *Acacia senegal* (L.) Willd. using lignified cuttings of small diameter with eight nodes. *Agroforestry Systems*, 14 : 183-191.
- BALIMA R., 2000. Essai de production de gomme arabique dans les peuplements naturels de *Acacia* spp. Ouagadougou, Burkina Faso, Centre national de semences forestières, Rapport technique n° 31, 43 p.
- BALLAL M. E., EL SIDDIG E. A., ELFADL M. A., LUUKKANEN O., 2005. Relationship between environmental factors, tapping dates, tapping intensity and gum arabic yield of an *Acacia senegal* plantation in western Sudan. *Journal of Arid Environments*, 63 (2) : 379-389.
- CNSF, 2008. Régions de provenance des espèces forestières et agroforestières du Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso, ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Secrétariat général, Centre national de semences forestières, 19 p.
- DANTHU P., LEBLANC J. M., BADJI S., COLONNA J. P., 1992. Vegetative propagation studies of gum arabic trees. 2. The vegetative propagation of adult *Acacia senegal*. *Agroforestry Systems*, 19 : 15-25.
- DANTHU P., SALL P. N., SECK M., 1998. Compatibilité de greffage entre quelques acacias africains. Premiers résultats. *Bois et Forêts des Tropiques*, 258 : 49-57.
- DEANS J. D., DIAGNE O., LINDLEY D. K., DIONE M., PARKINSON J. A., 1999. Nutrient and organic-matter accumulation in *Acacia senegal* fallows over 18 years. *Forest Ecology and Management*, 124 (2-3) : 153-167.
- ICKOWICZ A., FRIOT D., GUERIN H., 2005. *Acacia senegal*, arbre fourrager sahélien ? *Bois et Forêts des Tropiques*, 284 : 59-68.
- KANANJI B., 1993. Variation in gum arabic production of six Sudanese *Acacia senegal* seed sources. *In* : Tree seed problems with special reference to Africa. Proceedings of the IUFRO Symposium, Ouagadougou, Burkina Faso. Leiden, Pays-Bas, Backhuys, p. 118-127.
- NANSON A., 1970. L'héritabilité et le gain d'origine génétique dans quelques types d'expériences. *Silvae Genetica*, 19 : 113-121.
- NANSON A., 2004. Génétique et amélioration des arbres forestiers. Gembloux, Belgique, Les Presses Agronomiques de Gembloux, 712 p.
- N'DIAYE I., BADJI S., GESLOT A., MERLIN G., NEVILLE P., 1991. Recherche de conditions favorables à l'enracinement de boutures d'*Acacia senegal* (L.) Willd. *In* : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Paris, France, Groupe d'étude de l'arbre, p. 315-322.
- OUEDRAOGO M., 2001. Analyse statistique dans le cadre de l'amélioration génétique forestière en zone soudano-sahélienne : cas d'un essai de provenances d'*Acacia senegal*. Mémoire de fin d'études, Dea en Statistique et informatique appliquées, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 97 p.
- RADDAD E. A. Y., LUUKKANEN O., 2006. Adaptive genetic variation in water-use efficiency and gum yield in *Acacia senegal* provenances grown on clay soil in the Blue Nile region, Sudan. *Forest Ecology and Management*, 226 : 219-229.
- RAEBILD A., GRAUDAL L., OUEDRAOGO L. G., 2003. Evaluation of a provenance trial of *Acacia senegal* at Gonsé, Burkina Faso. Trial n° 12 in the Arid Zones Series. Humlebaeck, Denmark, Danida Forest Seed Centre, Results and Documentation n° 5, 34 p.
- SOLOVIEV P., ZERBO G. C., LOMPO D., YODA L. B., JACQUES D., DIALLO A., 2009. *Acacia senegal* au Burkina Faso : état de la ressource et potentiel productif. *Bois et Forêts des Tropiques*, 300 : 15-25.
- SOLOVIEV P., JACQUES D., ZERBO G. C., LOMPO D., 2010. Production de semences améliorées d'*Acacia senegal*. *Bois et Forêts des Tropiques*, 303 : 67-82.
- SQUILLACE A. E., BENGTON G. W., 1961. Inheritance of gum yield and other characteristics of slash pine. Proc. 6th Southern Forest Tree Improvement Conference, Gainesville, Florida, USA, p. 85-96.
- VASSAL J., 1991. État des connaissances sur l'induction de gommose chez *Acacia senegal*. *In* : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Paris, France, Groupe d'étude de l'arbre, p. 271-276.
- VASSAL J., SALL P. N., DIONE M., FENYO J.-C., VANDEVELDE M.-C., SERVANT-DUVALLET S., CHAPPUIS A., 1992. Modélisation du comportement de populations artificielles d'acacias gommiers (*Acacia senegal*) dans le Ferlo sénégalais. Compte rendu de fin de programme MRT 68 L 0465, France, 75 p.
- ZERBO G. C., 2005. Étude préliminaire de la sélection d'« arbres plus » de *Acacia senegal* (L.) Willd. : production de gomme et multiplication végétative par greffage. Travail de fin d'études, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 66 p.