



Review Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Les plantations d'*Eucalyptus* au Sahel : distribution, importance socio-économique et inquiétude écologique

Abdoulaye SOUMARE^{1,2,3*}, Abdala G. DIEDHIOU^{1,2,3} et Aboubacry KANE^{1,2,3}

¹Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar, Fann, Sénégal.

²Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM, IRD/ISRA/UCAD),
Bel-Air BP 1386, CP 18524, Dakar, Sénégal.

³Laboratoire Mixte International Adaptation des Plantes et microorganismes associés aux Stress
Environnementaux, Centre de Recherche de Bel Air, Dakar, Sénégal.

*Auteur de correspondant ; E-mail: ablaysoumare@yahoo.fr;

Fax: +221 33 832 16 75 / 33 849 33 02

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche du Sénégal à travers les Fonds d'Impulsion de la Recherche Scientifique et Technique - Edition 2013 et l'Agence Universitaire de la Francophonie pour avoir soutenu cette étude à travers une bourse de formation.

RESUME

Grâce à leur plasticité et leur rusticité, les espèces du genre *Eucalyptus* sont parmi les essences forestières les plus utilisées pour le reboisement en vue de lutter contre la désertification au Sahel. Toutefois, l'expansion rapide de ces espèces originaires d'Australie dans le Sahel, est surtout liée au succès économique de leurs plantations. En effet, les plantations d'*Eucalyptus* sont très rentables, et elles permettent de générer des revenus dans un délai relativement court. Elles contribuent ainsi à l'accroissement des revenus des ménages dans les pays sahéliens. Cependant, malgré les avantages des plantations d'*Eucalyptus*, leur expansion fait l'objet de fortes critiques. En effet, plusieurs observations et travaux ont révélé des impacts négatifs de ces plantations sur l'environnement notamment sur le sol et les espèces végétales natives. L'objectif de cette revue est de présenter, d'une part, les impacts positifs et négatifs des plantations d'*Eucalyptus* au Sahel, et d'autre part, les mécanismes par lesquels ces essences influencent le sol, particulièrement les communautés microbiennes et les espèces végétales natives. Cette revue apporte des réponses scientifiques sur l'impact d'*Eucalyptus* et servira de sources d'informations pour les agents des eaux et forêts et pour les sylviculteurs.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Eucalyptus*, Sahel, Valeur économique, allélopathie, communauté microbienne, espèces végétales locales

Eucalyptus plantations in the Sahel: distribution, socio-economic importance and ecological concern

ABSTRACT

Because of their plasticity and rusticity, *Eucalyptus* species are among the most widely used hardwood trees for reforestation in order to combat desertification in the Sahel. However, the rapid expansion of these

Australian species in the Sahel is mainly due to the economic success of their plantations. Indeed, *Eucalyptus* plantations are very profitable, and they make it possible to generate income in a relatively short time. They thus contribute to the increase of household incomes in the Sahelian countries. However, despite the benefits of *Eucalyptus* plantations, their expansion is subject to strong criticism. Indeed, several works have revealed negative impacts of these plantations on the environment especially on the soil and native plant species. This review aimed at presenting the positive and negative impacts of *Eucalyptus* plantations in the Sahel and the mechanisms by which these species influence the soil, particularly microbial communities and native plant species. This review provides scientific answers on the impact of *Eucalyptus* and will serve as sources of information for water and forest agents and sylvi-farmers.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Eucalyptus*, Sahel, economic value, allelopathy, microbial community, native plant species.

INTRODUCTION

Depuis la fin des années 1980, les *Eucalyptus* sont transportés et distribués dans le monde dans le cadre de programmes d'amélioration génétique et de diversification des essences forestières dans différents pays (FAO, 2011). En 2013, les estimations faisaient état de plus de 20 millions d'hectares (ha) de plantations dans le monde (Harwood, 2014) en majorité observées en Asie (8,4 millions ha) et en Amérique (7,5 millions ha). En Afrique, la superficie des plantations est estimée à 2,4 millions ha dont plus de 300000 ha au Sahel.

Au Sahel, les essences exotiques d'origine australienne dont *Eucalyptus* ont été introduites massivement dans les programmes de reboisement afin de diminuer la dépendance des pays en bois importé et réduire la pression sur les forêts naturelles. Les gouvernements des différents pays ont été à l'initiative de ces programmes de reboisement. Ainsi, *Eucalyptus* représente le genre d'arbre le plus planté en termes de nombre de plants par an (Payn, 2014). Ce développement rapide et à grande échelle des plantations d'*Eucalyptus* a engendré une polémique entre les industriels et les associations de protection de la nature (société civile, ONG, scientifiques...). En effet, en dépit des services fournis par les *Eucalyptus*, l'incidence de ces plantations en monoculture sur l'environnement et leur durabilité font l'objet d'un débat qui s'est amplifié ces dernières années. Les plantations d'*Eucalyptus* sont souvent gérées de manière

intensive et peuvent entraîner la compaction des sols, la diminution de la teneur en matière organique, l'acidification et la diminution de la disponibilité d'éléments minéraux dans le sol (Powers et al., 2005; Soumare et al., 2016), ainsi qu'un assèchement des nappes phréatiques et une baisse de niveau des rivières (Jackson et al., 2005). Par ailleurs, des travaux menés au Congo, comme au Brésil sur le bilan de carbone, d'azote, et d'eau ont montré que les plantations d'*Eucalyptus* modifient profondément les cycles biogéochimiques dans les écosystèmes d'introduction (Laclau et al., 2010). Cependant, malgré les nombreuses études sur le sujet, plusieurs questions se posent encore sur les mécanismes par lesquels *Eucalyptus* impacte la qualité du sol et le développement des strates herbacées et/ou arbustives.

L'objectif de cette revue est d'une part de faire le point sur les effets des plantations à *Eucalyptus* au Sahel sur le sol, les plantes indigènes et l'environnement et d'autre part de présenter quelques mécanismes par lesquels cette essence impacte le sol et ses composants, particulièrement les communautés microbiennes et les espèces végétales. Ces informations contribueront à une meilleure compréhension du fonctionnement des plantations exotiques, ainsi qu'à une meilleure gestion de ces dernières dans le Sahel.

ORIGINE, TAXONOMIE ET DESCRIPTION BOTANIQUE D'EUCALYPTUS

Les espèces du genre *Eucalyptus* sont des arbres forestiers originaires essentiellement d'Australie. La plupart des espèces répertoriées sont originaires de l'île de Tasmanie et de l'île principale d'Australie. Seules quelques espèces ont pour origine l'Indonésie. Le nom «*Eucalyptus*» provient du grec *eu* (bien) et *kaliptos* (couvert) car les pétales et sépales sont soudés en un opercule recouvrant étamines et pistil, dont les variations au sein du genre permettent de classer les espèces. *Eucalyptus* est aussi dénommé gommier rouge pour faire allusion à la gomme résineuse rouge que les arbres exsudent quand ils sont blessés. Les *Eucalyptus* sont des angiospermes dicotylédones qui appartiennent à la famille des Myrtacées qui compte 90 genres et environ 3000 espèces. Selon la classification de Pryor et Johnson (1971), le genre *Eucalyptus* comprend 7 sous-genres (*Corymbia*, *Blakella*, *Eudesmia*, *Gaubaea*, *Idiogenes*, *Monocalyptus* et *Symphyomyrtus*) et environ 700 espèces. Le nombre d'espèces évolue toutefois au fil des études taxonomiques (Boland et al., 2006).

La plupart des *Eucalyptus* ont des feuilles persistantes mais quelques espèces tropicales perdent leurs feuilles à la fin de la saison sèche (Figures 1, a et c). L'écorce des arbres de nombreuses espèces est lisse et s'exfolie ou se détache par plaques (Figure 1, b). Le fruit est une capsule (opercule) lignifiée qui mûrit au bout d'un an, et contient en général de petites graines qui sont dispersées par le vent (Figure 1, d et e).

EXPANSION D'EUCALYPTUS: TRAITS CARACTERISTIQUES DE SA REUSSITE EN ZONE SAHELIIENNE

La zone sahélienne est la partie transcontinentale ouest-est de l'Afrique, située au Sud du Sahara, entre les isohyètes 200 et 600 mm (Figure 3a). Elle inclue les pays suivants : Sénégal, Mauritanie, Mali, Burkina

Faso, Niger et Tchad (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2006). Le Sahel se distingue par son climat tropical aride à semi-aride contrôlé par la mousson du golfe de Guinée et l'harmattan (alizée) saharien. Plus de 80 % des espèces ligneuses naturelles du Sahel sont des acacias (Guinko, 1990). L'expansion rapide des plantations d'espèces du genre *Eucalyptus* dans cette zone est due à leur croissance rapide, leur rusticité, et leur plasticité écologique permettant leur développement sur une large gamme de sols et leur adaptation à des milieux peu favorables. En plus de produire de nombreux fruits et graines très résistants et longévifs, les *Eucalyptus* ont également une forte capacité à régénérer par rejet. Ils tolèrent la chaleur, les incendies et les variations de régime hydrique qui sont des phénomènes souvent rencontrés dans les régions sahéliennes (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2006). Leur système racinaire est puissant et a une grande capacité à explorer le sol. Les plantes ont une efficacité accrue d'utilisation des éléments nutritifs (Ares et Fownes, 2000). Les feuilles d'*Eucalyptus* sont recouvertes d'une cuticule épaisse, ce qui est une caractéristique des plantes sclérophylles, qui sont adaptées aux conditions arides. La régulation stomatique est extrêmement efficace. D'un point de vue génétique, les *Eucalyptus* s'hybrident facilement, ce qui leur confère une complexité taxonomique et une certaine résilience au stress. La pollinisation est à la fois entomophile et anémophile (Pryor, 1976).

Par ailleurs, les *Eucalyptus* forment des associations symbiotiques avec des champignons mycorhiziens à arbuscules et des champignons ectomycorhiziens, qui peuvent coexister sur le même système racinaire (Bâ et al., 2010). Dans les conditions naturelles, les mycorhizes à arbuscules sont prédominantes chez les jeunes plantes alors que les ectomycorhizes dominent chez les arbres adultes (Lapeyrie et Chilvers, 1985). Contrairement à certaines essences introduites en Afrique comme les pins qui s'associent préférentiellement ou spécifiquement avec des

champignons d'origine (Bâ et al., 2010), les *Eucalyptus* s'associent aussi bien avec des champignons ectomycorhiziens des zones d'origine qu'avec des champignons natifs des zones d'introduction (Jairus et al., 2011). Ces champignons, particulièrement ceux qui sont efficaces pour la nutrition hydrominérale et la croissance des arbres (Diédhiou et al., 2005 ; Bâ et al., 2010), faciliteraient l'implantation durable d'*Eucalyptus* en zone sahélienne où les éléments nutritifs et l'eau sont souvent peu disponibles dans le sol. Par ailleurs les *Eucalyptus* ont souvent peu de pathogènes et d'herbivores spécifiques dans leur nouvel habitat, en zone sahélienne (Mitchell et al., 2006).

DILEMME ENTRE AVANTAGES D'EUCALYPTUS POUR LES POPULATIONS ET SES EFFETS NEGATIFS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les objectifs qui ont été à l'origine de l'introduction des plantations d'*Eucalyptus* ont été globalement atteints dans les différents pays sahéliens. On est même passé des objectifs de diversification des essences forestières et de reboisement de terres dégradées à des objectifs d'exploitation commerciale et industrielle. En effet, ces essences exotiques ont tout de suite attiré l'intérêt des sylviculteurs grâce à leurs multiples usages et aux retombées économiques qu'elles procurent aux populations. Les espèces les plus indiquées pour une production intensive de bois sur de courtes rotations restent *E. camaldulensis* pour les régions sèches, *E. microtheca* et *E. grandis* pour les endroits fertiles. Les surfaces plantées en *Eucalyptus* dans certains pays de la zone sahélienne sont présentées dans le Tableau 1. Les plantations d'*E. camaldulensis* sont très importantes et les surfaces occupées par ces dernières sont souvent sous-estimées, particulièrement au sahel. En effet, la multitude des exécutants dans les activités de reboisement et la faiblesse des différentes structures de coordination font qu'il est

pratiquement impossible de fournir des statistiques exactes.

Par ailleurs, depuis l'engagement des Etats au Protocole de Kyoto en 2012, il a été demandé aux pays sahéliens d'augmenter leurs stocks de carbone de manière significative (Skutsch et Ba, 2010) et ceci a contribué, dans certains pays sahéliens, à l'expansion des plantations notamment celles d'*Eucalyptus* plus efficaces pour la séquestration du carbone comparées aux forêts naturelles situées dans la même zone écologique (Makundi, 2014). Cependant, les services éco-systémiques rendus par ces plantations d'*Eucalyptus* restent aujourd'hui diversement appréciés.

USAGE, VALEUR ECONOMIQUE ET SOCIALE DES PLANTATIONS D'EUCALYPTUS AU SAHEL

En zone sahélienne, les *Eucalyptus* sont exploités en foresterie et agroforesterie soit en plantations pures ou mixtes avec d'autres espèces exotiques et/ou indigènes. Au Sénégal, ils sont utilisés seuls ou en association avec des espèces appartenant aux genres *Casuarina*, *Melaleuca* ou *Acacia* pour fixer les dunes de sables autour des périmètres maraichers, ou encore pour reboiser certaines terres dégradées par la salinisation. Les *Eucalyptus* sont également utilisés en plantations linéaires seules ou en association avec des espèces appartenant aux genres *Azadirachta*, *Bauhinia*, *Cassia* ou *Ziziphus* pour servir de haies vives à usages multiples (haies vives de production, de protection, de délimitation foncière ou de brise-vent), dans les périmètres villageois (Yossi et al., 2006) (Figure 2). Au Burkina Faso comme au Mali et au Tchad, ils sont couramment utilisés en plantation d'ombrage ou d'agrément dans les régions sèches ou encore pour stabiliser les talus des routes. Le bois d'*Eucalyptus* est communément utilisé au Sahel comme bois de chauffe et matériaux de construction de maison, de hangars et pour la fabrication de mobilier et la construction de traverses de chemin de fer. Au Sénégal, la société

nationale d'électricité (SENELEC) et la société nationale des télécommunications (SONATEL) sont les principaux utilisateurs du bois d'*Eucalyptus* sous forme de poteaux électriques ou téléphoniques. Dans d'autres pays comme le Niger, le bois d'*Eucalyptus* est exploité par les industries forestières qui produisent la pâte à papier, le contreplaqué et d'autres produits dérivés (Soumaila et al., 2004). Les revenus de la valorisation du bois des *Eucalyptus* sous forme de perches, de planches et de poteaux (Figure 3b) sont estimés à 1 193 000 FCFA par ha et par an au Sénégal et à 1 637 894 FCFA en Mauritanie (Tamba, 2004). Au Mali, le revenu monétaire après 5 ans d'exploitation des plantations d'*Eucalyptus* s'élève à 3 465 240 FCFA par ha et les charges de plantation ne représentent que 11% de ce montant (Yossi et al., 2004). Au Burkina Faso, la valeur de la production d'un ha de plantation est estimée à 3 447 000 FCFA (Konate, 2006). Des études effectuées au Sénégal et en Mauritanie ont montré que les revenus de production de charbon de bois étaient plus élevés avec *Eucalyptus* comparé à des essences locales comme *Leucaena leucocephala*, *Melaleuca leucadendron* et *Acacia nilotica* (Tamba, 2004). Par ailleurs, dans les zones d'introduction, les *Eucalyptus* forment parfois des associations symbiotiques avec des champignons ectomycorhiziens comestibles qui constituent des sources de nutriments et de revenus pour les populations locales (Ducouso, 2003 ; Boa, 2006).

A côté du bois de chauffe et de service, les *Eucalyptus* offrent d'autres services en phytothérapie. Au Sénégal, par exemple, la décoction de feuilles édulcorées avec du sucre sert à traiter des maux d'estomac et la dysménorrhée. Au Niger, au Tchad comme au Burkina Faso, les feuilles fraîches sont appliquées en cas de rhumatismes et la fumée de feuilles brûlées est inhalée pour calmer la toux, l'angine, la bronchite, l'asthme, le rhume et la rhinite. Les feuilles sont aussi utilisées en fumigation pour chasser les insectes. Au Mali, les extraits de la plante sont utilisés pour soigner des maladies comme le

choléra, la peste et le paludisme (Doran et Wongkaew, 2008). Les huiles essentielles extraites d'*Eucalyptus* sont également réputées pour leurs vertus thérapeutiques. La gomme (le kino rouge) qu'ils produisent est employée en médecine traditionnelle pour soigner la diarrhée et les inflammations du pharynx, et comme astringent. Elle est aussi utilisée comme colorant ou additifs de parfum.

Malgré ces multiples avantages, la monoculture d'*Eucalyptus* est souvent mal perçue car porteuse d'homogénéisation biologique (Tassin et al., 2011).

Eucalyptus : perception négative liée à leurs effets allélopathiques négatifs

Selon Rice (1974) et Inderjit et van der Putten, (2011), l'allélopathie peut être définie comme tout effet direct ou indirect, positif ou négatif d'une plante (microorganisme inclus) sur une autre par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement (sol). Ces composés sont nombreux et variés et regroupent des terpènes, des flavonoïdes phytotoxiques, des composés azotés ou alcaloïdes ainsi que des composés phénoliques. Chez les *Eucalyptus*, les effets allélopathiques les plus connus et étudiés sont les effets négatifs. En effet, les *Eucalyptus* libèrent beaucoup de composés phénoliques et des terpènes qui inhibent la germination et la croissance de certaines espèces végétales avec également des effets microbicides ou inhibiteurs sur des communautés microbiennes du sol (Nampakdee, 2010). Par exemple, le 1,8- cinéole, un agent allélochimique inhibant la croissance de plusieurs herbes, a été isolé des extraits d'*Eucalyptus* (Juergens, 2014). L'allélopathie à effet négatif est ainsi un obstacle majeur à l'expression de la biodiversité sous les plantations d'*Eucalyptus* (Tassin et al., 2011 ; Soumare et al., 2016). Cet effet est d'autant plus accentué que la pluviométrie est faible ; il est par exemple très marqué à 400 mm et quasi inexistant à 1200 mm (Zhang et Fu, 2010).

Allélopathie à effet négatif sur les espèces végétales endémiques et le tapis herbacé

Dans les plantations d'*Eucalyptus*, la strate herbacée est généralement très appauvrie car la litière d'*Eucalyptus* exerce un effet inhibiteur fort sur la végétation avoisinante. Les *Eucalyptus* en altérant les processus biologiques régissant la coexistence des plantes ou en modifiant les caractéristiques environnementales du milieu, peuvent s'installer au détriment des plantes natives et ainsi diminuer la diversité spécifique de la strate épigée (Kisa et al., 2007). Parmi les stratégies que développent les *Eucalyptus* sur la végétation native, il y'a (i) la colonisation rapide du milieu (Thébaud et Simberloff, 2001), (ii), la réduction de la biodisponibilité des ressources nutritives et hydriques du sol et (iii) la production de composés toxiques allélopathiques à effet direct sur les plantes natives (Inderjit et van der Putten, 2011). Avec son système racinaire mixte pivotant et traçant, *Eucalyptus* prélève de grandes quantités d'eau et de nutriments au détriment de la végétation au voisinage de son pied (Bationo et Sankara, 2006 ; Soumare et al., 2012). Les effets allélopathiques négatifs peuvent se traduire par des difficultés de germination ou encore une réduction de croissance, d'élongation racinaire et de développement du chevelu racinaire. Des études sont toutefois nécessaires pour identifier les cellules et fonctions (respiration mitochondriale, photosynthèse, régulation hormonale, perméabilité membranaire...) cibles des composés allélopathiques à effet négatif.

Allélopathie négative sur les microorganismes symbiotiques et non symbiotiques

Le sol abrite des milliers d'organismes vivants impliqués dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques. Certains de ces organismes telluriques, plus spécifiquement les champignons mycorrhiziens et les bactéries fixatrices d'azote, solubilisatrices de phosphate et auxiliaires de la mycorrhization,

jouent un rôle important dans les processus biologiques qui gouvernent l'évolution spatio-temporelle du couvert végétal (van der Heijden et al., 2006).

Les *Eucalyptus* par leur matière organique, leurs racines (action mécanique) et leurs exsudats racinaires modifient les propriétés physico-chimiques du sol (Swift et al., 1979 ; Tripathi et al., 2013). Ces modifications peuvent engendrer des répercussions sur la diversité, l'activité, l'abondance et la répartition des microorganismes telluriques. Par exemple, l'acidification du sol sous *Eucalyptus* a été rapportée par plusieurs auteurs (Farley et al., 2008 ; Soumare et al., 2012, 2016). Cette acidification, qui peut engendrer une baisse de la diversité génétique et fonctionnelle et de la biomasse microbienne, serait liée à une extraction importante de cations basiques dans le sol (Sicardi et al., 2004) ou à la lixiviation de composés acidifiants à partir des vacuoles des tissus d'*Eucalyptus* en décomposition (Swift et al., 1979). D'autres effets néfastes tels que l'accumulation de pathogènes contre les espèces végétales natives et l'altération des relations mutualistes entre les espèces végétales locales et les microorganismes symbiotiques (symbioses fixatrice d'azote et mycorrhizienne) ont été également observés. Par exemple, de nombreux travaux ont montré que les espèces exotiques comme *E. camaldulensis*, *Acacia holosericea* et *Amaranthus viridis* inhibaient le développement de bactéries fixatrices d'azote (rhizobiums) à travers leur litière et leurs exsudats racinaires (Poore et Fries, 1985 ; Sanon et al., 2009). La colonisation racinaire par les rhizobiums et les champignons mycorrhiziens à arbuscules était aussi significativement réduite dans un sol fortement amendé (5% v/v avec la litière d'*Eucalyptus* (Soumare et al., 2012, 2014). Une expérimentation en mésocosme a également révélé un impact significatif de plants d'*E. camaldulensis* âgés d'un an sur la structure et les aptitudes cataboliques de la communauté bactérienne totale (Kisa et al.,

2007 ; Soumare et al., 2016). Cependant, il faut noter que certains microorganismes du sol particulièrement les champignons sont capables de dégrader ou de rendre inactives les molécules responsables de cette inhibition en les immobilisant par polymérisation,

adsorption et/ou conjugaison. Des travaux ont également montré que des herbacées mycorhizées en co-culture avec *Eucalyptus* sont moins sensibles aux composés allélopathiques que des herbacées non mycorhizées (Kisa, 2007 ; Sangare, 2007).

Tableau 1: Espèces d'*Eucalyptus* majoritairement plantées dans les pays du Sahel et superficies des plantations.

Pays	Espèces majoritaires	Surface plantée (ha)	Références
Burkina Faso	<i>E. camaldulensis</i>	67 000	Sawadogo, 2006
Mali	<i>E. camaldulensis</i> , <i>E. microtheca</i>	61 657	Iglesias-Trabado et al., 2009
Mauritanie	<i>E. camaldulensis</i>	10 000	Makundi, 2014
Sénégal	<i>E. camaldulensis</i>	65 000	Iglesias-Trabado et al., 2009
Niger	<i>E. camaldulensis</i>	1 100	Clement, 1981
Tchad	<i>E. camaldulensis</i>	17 000	Iglesias-Trabado et al., 2009



Figure 1 : *Eucalyptus camaldulensis* (gommier rouge) : (a) plantation à Nioro, Sénégal (photo : Soumare et Bassene, 2008) ; (b) écorces d'arbre adulte ; (c) feuilles et inflorescences ; (d) capsules ou opercules ; (e) graines (réfère à rajouter).

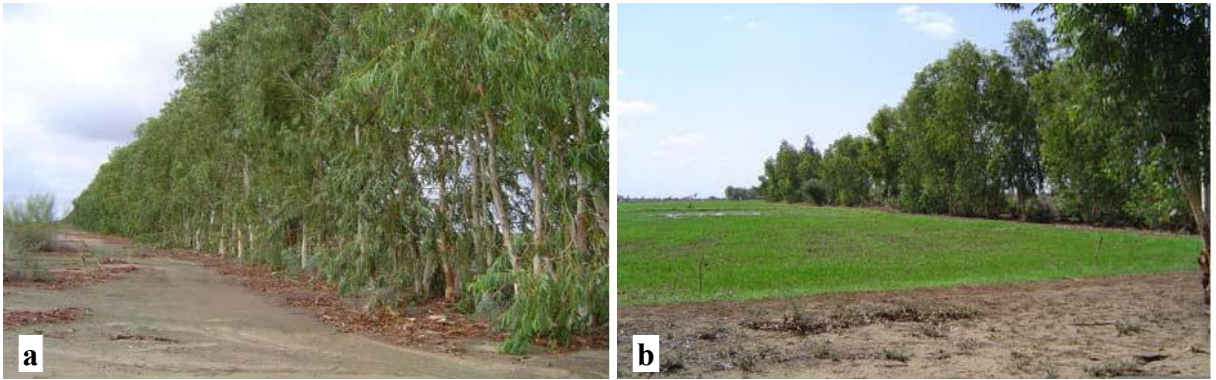


Figure 2 : Plantations linéaires d'*E. camaldulensis* servant de brise vent à Rosso, en Mauritanie (a) et à Doué au Sénégal (b), (Source : Tamba, 2004).

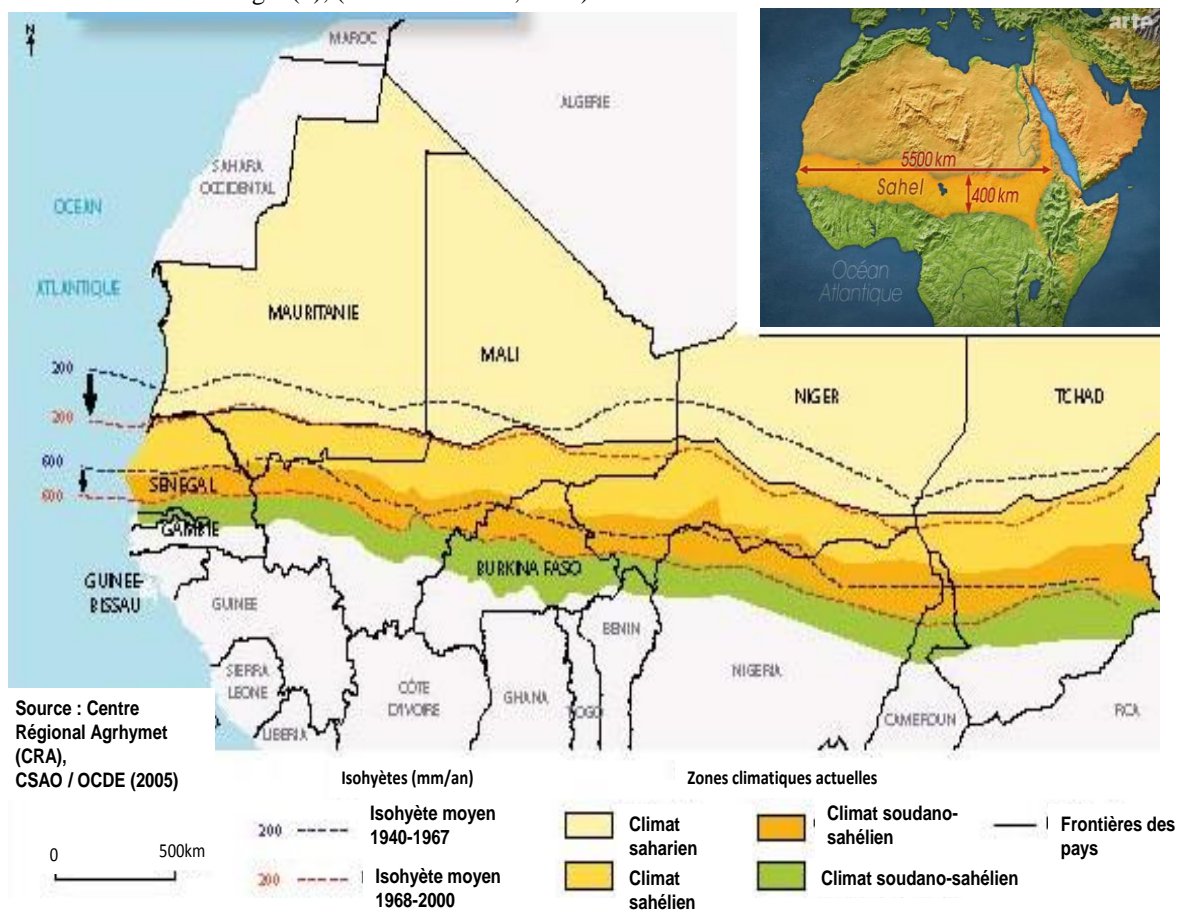


Figure 3a : Carte présentant la zone sahélienne et les pays concernés (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2006).



Figure 3b: Bois d'*Eucalyptus* exploité au Sénégal : a) unité mobile de sciage de bois d'*Eucalyptus*, Richard Toll, Sénégal ; b) perches et poteaux destinés au sciage ; c et d) produits issus du sciage (Source : Tamba, 2004).

Conclusion

Malgré les critiques, les espèces d'*Eucalyptus* sont toujours plantées avec le même engouement grâce à leur poids économique important. Toutefois, certaines mesures ont été prises par certains Etats au niveau de leur service des eaux et forêts pour améliorer les pratiques sylvicoles d'*Eucalyptus*. Ainsi, la densité de plantation a été adaptée dans certains cas pour limiter la compétition pour l'eau. Une attention particulière doit également être accordée aux communautés microbiennes afin de maintenir les potentiels infectieux, notamment

mycorhizien et rhizobien des sols pour une gestion durable des écosystèmes.

Par ailleurs, l'expansion d'*Eucalyptus* ne doit pas se faire au détriment du territoire et des écosystèmes du sahel. Les plantations d'*Eucalyptus* doivent donc être réalisées dans le cadre d'un aménagement du territoire raisonné afin de minimiser leurs éventuels impacts négatifs sur l'environnement notamment sur la biodiversité, la qualité des sols et les ressources en eau. Pour réduire les effets allélopathiques négatifs liés à la litière et favoriser la régénération naturelle d'espèces locales, il semble nécessaire de développer

des méthodes de valorisation des feuilles d'*Eucalyptus*. Pour cela, le secteur des plantations doit être assisté en permanence par une recherche-développement très active.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts et que l'ordre a été fait à l'unanimité.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la conception, à la rédaction et à la correction de ce document.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Abdourahmane Tamba (chercheur ISRA) pour la précieuse documentation mis à notre disposition.

REFERENCES

Ares A, Fownes JH. 2000. Productivity, nutrient and water-use efficiency of *Eucalyptus saligna* and *Toona ciliata* in Hawaii. *Forest Ecology and Management*, **139**: 227-236. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00270-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00270-X)

Ba AM, Diédhiou AG, Prin Y, Galiana A, Duponnois R. 2010. Management of ectomycorrhizal symbionts associated to useful exotic Management of ectomycorrhizal symbionts associated to useful exotic tree species to improve reforestation performances in tropical Africa. *Annals of Forest Science Journal*, **67**: 301. DOI: 10.1051/forest/2009108

Bationo B-A, Sankara S. 2006. Démarrage du PDRA au Burkina Faso, des échanges pour favoriser la pratique de l'agroforesterie. *Sahel Agroforestry*, **7**: 5-7

Boa E. 2006. *Champignons Comestibles Sauvages. Vue d'Ensemble sur leurs Utilisations et leur Importance pour les Populations. Produits Forestiers non*

Ligneux. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture : Rome ; 157.

- Boland DJ, Brooker MIH, McDonald M-W, Chippendale GM, Hall N, Hyland BPM, Kleinig DA. 2006. *Forest Trees of Australia* (5th edn.) CSIRO Publishing, Collingwood: Victoria, Australia.
- CEDEAO-CSAO/OCDE. 2006. La zone écologique fragile des pays du Sahel. Atlas. www.atlas-ouestafrique.org.
- Clement J. 1981. Un projet de développement forestier au Niger : problèmes d'adaptation des objectifs initiaux aux contraintes de réalisation.
- Diédhiou AG, Guèye O, Diabaté M, Prin Y, Duponnois R, Dreyfus B, Bâ, AM. 2005. Contrasting responses to ectomycorrhizal inoculation in seedlings of six tropical African tree species. *Mycorrhiza*, **16**: 11-17. DOI: 10.1007/s00572-005-0007-8
- Ducousso M, Bâ A. M, Thoen D. 2003. Les champignons ectomycorhiziens des forêts naturelles et des plantations d'Afrique de l'Ouest : une source de champignons comestibles. *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 275.
- FAO. 2011. *Eucalyptus in East Africa, Socio-economic and environmental issues*, by Gessesse Dessie, Teklu Erkossa. Planted Forests and Trees Working Paper 46/E, Forest Management Team, Forest Management Division. FAO, Rome (unpublished)
- Farley KA, Pineiro G, Palmer S, Jobbagy E, Jackson R. 2008. Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation. *Water Resources Research*, **44**
- Guinko S. 1990. Rôle des Acacias dans le développement rural au Burkina Faso et au Niger, Afrique de l'Ouest Hagggar, J.P., C.B. Briscoe and R.P. Butterfield 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in

- the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management*, **106**: 195-203
- Harwood C. 2014. Classical genetics and traditional breeding, *Genetics, Genomics and Breeding of Eucalypts*, Henry RJ, Kole C (eds). Series on Genetics, Genom. and Breed. of Crop Plants, CRC Press; 12-33. <http://dx.doi.org/10.1201/b10881-3>
- Iglesias-Trabado G, Carballeira-Tenreiro R, Folgueira-Lozano J. 2009. Eucalyptus universalis: Global cultivated Eucalyptus forests Map Version 1.2. Dans GIT Forestry Consulting's Eucalyptologies: Information resources on Eucalyptus cultivation worldwide. Retrieved from <http://www.git-forestry.com> [October 19th 2009].
- Inderjit K, Wardle D-A, Karban R, Callaway R-M. 2011. The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. *Cell Press*, **26**(12). <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.003>
- Jairus T, Mpumba R, Chinoya S, Tedersoo L. 2011. Invasion potential and host shifts of Australian and African ectomycorrhizal fungi in mixed eucalypt plantations *New Phytologist*, **192**: 179–187 DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.03775.x
- Jackson R-B, Jobbagy E-G, Avissar R, Roy S-B, Barrett D-J, Cook C-W, Farley K-A, le Maitre D-C, McCarl B-A, Murray B-C. 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science*, **310**: 1944-1947. DOI: 10.1126/science.1119282
- Juergens UR. 2014. Anti-inflammatory properties of the monoterpene 1.8-cineole: current evidence for co-medication in inflammatory airway diseases. *Drug Res (Stuttg)*, **64**(12): 638-46. DOI: 10.1055/s-0034-1372609.
- Kisa M, Sanon A, Thioulouse J, Assigbetse K, Sylla S, Spichiger R, Dieng L, Berthelin J, Prin Y, Galiana A, Duponnois R. 2007. Arbuscularmycorrhizal symbiosis can counterbalance the negative influence of the exotic tree species *Eucalyptus camaldulensis* on the structure and functioning of soil microbial communities in a sahelian soil. *FEMS Microbiology Ecology*, **62**: 32–44. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2007.00363.x
- Konate AB, Diakite M. 2006. For International Resources Group (IRG). Etudes de la filière de l'eucalyptus dans la vallée du Yamé. Rapport
- Laclau J-P, Ranger J, Goncalves JLM, Maquère V, Krushe AV, M'Bou Thongo A, Nouvellon Y, Saint-André L, Bouillet J, Piccolo M. C, Deleporte P. 2010. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations. Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management*, **259**: 1771–1785. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.010>
- Lapeyrie F-F, Chilvers G-A. 1985. An endomycorrhiza-ectomycorrhiza succession associated with enhanced growth of *Eucalyptus dumosa* seedlings planted in calcareous soil. *New Phytologist*, **100**: 93-104. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1985.tb02761.x
- Maquere V, Laclau JP, Bernoux M, Saint-André L, Gonçalves JLM, Cerri C, Piccolo M. C, Ranger J. 2008. Influence of land use (savanna, pasture, Eucalyptus plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. *European Journal of Soil Science*, **59**(5): 863–877. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2008.01059.x
- Makundi RW. 2014. Perspectives de REDD+ dans les plantations forestières Africaines. *African Forest Forum. Working Paper Series*, **2**(5): 28.
- Mitchell CE, Agrawal AA, Bever JD, Gilbert GS, Hufbauer RA, Klironomos JN, Maron JL, Morris WF, Parker IM, Power AG, Seabloom EW, Torchin ME,

- Vázquez DP. 2006. Biotic interactions and plant invasions. *Ecology Letters*, **9**: 726. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2006.00908.x
- Nampakdee P. 2010. The influence of Eucalyptus plantation on soil Ecosystem under Different soilm Series in Notheast Thailand. *International Journal and Rural Development*, 1-2.
- Payn T, Carnus J, Freer-Smith P, Orazio C, Nabuurs G-J. 2014. Third international congress on planted forests: planted forests on the globe – renewable resources for the future. *NZ Journal of Forest Science*, **44**(1): S1. <https://doi.org/10.1186/1179-5395-44-S1-S1>
- Poore MED, Fries C. 1985. The ecological effect of Eucalyptus. F.A.O. *Forestry paper* 59, Rome, p. 87. Powers RF, Scott DA, Sanchez FG, Voldseth RA, Page-Dumroese D, Elioff JD, Stone DM. 2005. The North American long-term soil productivity experiment: findings from the first decade of research. *Forest Ecology and Management*, **220**: 31–50.
- Powers RF, Scott D-A, Sanchez FG, Voldseth RA, Page-Dumroese D, Elioff JD, Stone DM. 2005. The North American long-term soil productivity experiment: findings from the first decade of research. *Forest Ecology and Management*, **220**: 31–50. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.003>
- Pryor LD. 1976. *The Biology of Eucalypts*. Edwards Arnold, London: 82p
- Pryor L-D, Johnson L-A-S. 1971. *A classification of the Eucalypts*. Australian National University: Canberra, Australia, p 102. <https://doi.org/10.1093/forestry/45.2.252>
- Rice EL. 1974. Some roles of allelopathic compounds in plant communities. *Biochemical Systematics and Ecology*, **5**: 201-206. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(77\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0305-1978(77)90005-9)
- Sangare SAK. 2007. La mycorhization contrôlée d'une essence forestiere exotique: consequence sur la diversité fonctionnelle de la microflore endémique d'un lixisol ferrique du Burkina Fasso. Mémoire de DEA, 95p.
- Sanon A, Beguiristain T, Cébron A, Berthelin J, Ndoye I, Leyval C Sylla S, Duponnois R. 2009. Changes in soil diversity and global activities following invasions of the exotic invasive plant, *Amaranthus viridis* L., decrease the growth of native sahelian Acacia species. *FEMS Microbiology Ecology*, **70**: 118–131. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2009.00740.x
- Sawadogo L. 2006. Adapter les approches de l'aménagement durable des forêts sèches aux aptitudes sociales, économiques et technologiques en Afrique. Le cas du Burkina Faso. Web site: <http://www.cifor.cgiar.org>
- Sicardi M, García-Préchac F, Frioni L. 2004. Soil microbial indicators sensitive to land use conversion from pastures to commercial *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) plantations in Uruguay. *Applied Soil Ecology*, **27**: 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.05.004>
- Skutsch MM, Ba L. 2010. Crediting carbon in dry forests: The potential for community forest management in West Africa. *Forest Policy and Economics*, **12**: 264–270. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.12.003>
- Soumaila A, Tielkes ASE, Sauter P. 2004. Rapport final de l'atelier sur les techniques de conservation de l'eau et des sols, et les données wocat Niger organisé à Niamey en novembre 2002 ROSELT. 2009. Magazine d'information, N° 1, mars 2009, Niamey, Niger.
- Soumare A, Sall SN, Sanon A, Cissoko M, Hafidi M, Ndoye I, et al. 2016. Changes

- in soil pH, polyphenols content and microbial community mediated by *Eucalyptus camaldulensis*. *Applied Ecology and Environmental Research*, **14**(3): 1-19. DOI: 10.15666/aer/1403_001019
- Soumare A, Manga A, Fall S, Hafidi M, Ndoye I, Duponnois R. 2014. Effect of *Eucalyptus camaldulensis* amendment on soil chemical properties, enzymatic activity, and Acacia species growth and roots symbioses. *Agroforestry Systems*, DOI 10.1007/s10457-014-9744-z.
- Soumare A, Sall S-N, Manga A, Hafidi M, Ndoye I, Duponnois R. 2012. Effect of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) and maize (*Zea Mays*) litter on development, production, mycorrhizal colonization and roots' nodulation of *Arachis hypogaea*. *African Journal of Biotechnology*, **11**(93): 15994-16002. DOI10.5897/AJB12.1751
- Swift MJ, Heal DW, Anderson JM. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell Scientific Publications: Oxford.
- Tamba A. 2004. Etude de rentabilité des énergies alternatives y compris les plantations forestières irriguées pour la production de bois énergie dans la vallée du fleuve Sénégal (Mauritanie – Sénégal) rapport final 60p.
- Tassin J, Missamba-Lola, A-P, Marien J-N. 2011. Biodiversité des plantations d'eucalyptus. *Bois et forêts des Tropiques*, N° 309.
- Thébaud C, Simberloff D. 2001. Are plants really larger in their introduced ranges? *American Naturalist*, **157**: 231-236. DOI: <https://doi.org/10.1086/318635>
- Tripathi VD, Venkatesh A, Rajendra P, Dhyani SK. 2013. Phyto-toxicity of *Eucalyptus tereticornis* clones on *Leucaena leucocephala* L. *International Journal of Advanced Research*, **1**: 82-87. DOI: 10.1371/journal.pone.0093189
- van der Heijden M-G-A, Bakker, R, Verwaal J, Scheublin TR, Rutten M, van Logtestijn R, Staehelin C. 2006. Symbiotic bacteria as a determinant of plant community structure and plant productivity in dune grassland. *FE MS Microbiology Ecology*, **56**: 178-187. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2006.00086.x
- Yossi H, Sanogo Z-J- L, Diakitè C-H, Kergna A, Ouattara S, Soumaré S. 2008. Etude sahel : impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles au Mali ; rapport de synthèse 19.
- Zhang C, Fu S. 2010. Allelopathic effects of leaf litter and live roots exudates of *Eucalyptus* species on crops. *Allelopathy Journal*, **26**(1): 91-100.