

L'introduction d'acacias australiens pour réhabiliter des écosystèmes dégradés est-elle dépourvue de risques environnementaux ?

Robin DUPONNOIS¹
Ezékiel BAUDOIN¹
Hervé SANGUIN²
Jean THIOULOUSE³
Christine LE ROUX²
Estelle TOURNIER²
Antoine GALIANA²
Yves PRIN²
Bernard DREYFUS¹

¹ Ird
Umr 113 Cirad/Inra/Ird/Sup-Agro/Um2
Laboratoire des symbioses tropicales
et méditerranéennes (Lstm)
Campus international de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5
France

² Cirad
Umr 113 Cirad/Inra/Ird/Sup-Agro/Um2
Laboratoire des symbioses tropicales
et méditerranéennes (Lstm)
Campus international de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5
France

³ Université Lyon 1
Cnrs, Umr 5558
Laboratoire de biométrie et biologie évolutive
69622 Villeurbanne Cedex
France



Photo 1.
Effet de l'inoculation ectomycorhizienne sur la croissance de *Acacia holosericea* après deux années de plantation au Sénégal.

RÉSUMÉ

L'INTRODUCTION D'ACACIAS AUSTRALIENS POUR RÉHABILITER DES ÉCOSYSTÈMES DÉGRADÉS EST-ELLE DÉPOURVUE DE RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ?

L'utilisation d'essences forestières exotiques et plus particulièrement des arbres à croissance rapide (acacias, pins ou eucalyptus) a été fréquemment recommandée pour réhabiliter et restaurer à brève échéance des milieux dégradés suite à des événements naturels ou à des activités anthropiques. L'incidence sur l'environnement de l'introduction de ces espèces, parfois envahissantes, est surtout évaluée pour leur impact sur la biodiversité végétale et les caractéristiques physico-chimiques des sols, mais rarement en ce qui concerne la composition de la microflore. Les micro-organismes, et plus particulièrement les champignons mycorhiziens, jouent un rôle clé vis-à-vis des mécanismes biologiques régissant la fertilité chimique des sols et leur productivité, facteurs de stabilité des écosystèmes terrestres. L'approche retenue a été de décrire l'incidence de l'introduction d'essences exotiques sur les caractéristiques biologiques des sols, ainsi que les conséquences sur la reconstruction d'un couvert végétal composé par des espèces natives du milieu d'origine. Après avoir rappelé l'importance de l'utilisation des acacias à travers le monde, deux études réalisées au Sénégal et en Algérie ont permis de montrer que deux acacias australiens, *Acacia holosericea* et *Acacia mearnsii*, induisent de profondes modifications de la diversité fonctionnelle de la microflore du sol et aussi de la structure des micro-organismes symbiotiques (champignons mycorhiziens et rhizobia). Ces acacias entraînent une inhibition de la croissance de deux espèces forestières natives, *Faidherbia albida* et *Quercus suber*. Les résultats confirment le besoin de cerner les processus biologiques liés aux actions d'introduction d'essences exotiques afin de moduler leur utilisation. Ainsi, cette connaissance préviendra les risques et assurera les performances des opérations de reboisement, notamment pour la réhabilitation des terrains dégradés.

Mots-clés : espèce exotique, introduction, symbiose mycorhizienne, biofonctionnement du sol.

ABSTRACT

AUSTRALIAN ACACIA INTRODUCTION TO REHABILITATE DEGRADED ECOSYSTEMS IS IT FREE OF ENVIRONMENTAL RISKS?

The use of exotic tree species and especially fast-growing trees (acacias, pines or eucalypts) has been frequently recommended to rehabilitate and restore in short term degraded areas resulting from natural events or human activities. The consequences on the environment of the introduction of these species, as the case invasive, are generally evaluated on their impact on plant biodiversity and soil physico-chemical characteristics but rarely on the composition of microbial communities. The soil microbiota, especially mycorrhizal fungi, plays a key role vis-à-vis biological mechanisms governing the chemical soil fertility, productivity and stability of plant terrestrial ecosystems. Chosen approach was to describe the impact of exotic species on soil biological characteristics and the consequences of the recovering of vegetation cover composed of native species from the previous stand. After pointing out importance of the use of acacias worldwide, two case studies implemented in Senegal and Algeria, have shown that two Australian acacias, *Acacia holosericea* and *Acacia mearnsii*, induce deep changes in the functional diversity of soil microorganisms and in the structure of symbiotic microorganisms communities (mycorrhizal fungi and rhizobia). These acacias inhibit the growth of two native tree species, *Quercus suber* and *Faidherbia albida*. These results confirm the need to identify the biological processes related to the actions of introducing exotic species in order to modulate their use. And this knowledge will prevent risks and ensure the performance of afforestation including rehabilitation of degraded land.

Keywords: exotic species, introduction, mycorrhizal symbiosis, soil biofunctioning

RESUMEN

¿LA INTRODUCCIÓN DE ACACIAS AUSTRALIENAS PARA REHABILITAR ECOSISTEMAS DEGRADADOS ESTÁ ACASO DESPROVISTA DE RIESGOS AMBIENTALES?

El uso de especies exóticas y especialmente de rápido crecimiento (acacias, pinos o eucalyptos) ha sido frecuentemente recomendado para rehabilitar y restaurar zonas degradadas a corto plazo resultando de eventos naturales o de actividades humanas. El impacto ambiental de la introducción de estas especies, a veces invasivas, se evalúa ante todo según su impacto sobre la biodiversidad vegetal y las características físico-químicas de los suelos, pero rara vez en la composición de la microflora. Los microorganismos y en particular los hongos micorrízicos, desempeñan un papel clave en cuanto a los mecanismos biológicos que regulan la fertilidad química del suelo y su productividad, factores de estabilidad de los ecosistemas terrestres. El enfoque ha sido el de describir el impacto de la introducción de especies exóticas en las características biológicas del suelo, así como el impacto en la reconstrucción de cobertura vegetal con especies nativas del medio ambiente original. Tras plasmar la importancia de la utilización de acacias a través del mundo, dos estudios en Senegal y Argelia han demostrado que dos acacias australianas, *Acacia mearnsii* y *Acacia holosericea*, inducen profundos cambios en la diversidad funcional de la microflora del suelo, así como en la estructura de los microorganismos simbióticos (hongos micorrízicos y rhizobia). Estas acacias provocan una inhibición del crecimiento de dos especies de árboles nativos, *Faidherbia albida* y *Quercus suber*. Estos resultados confirman la necesidad de identificar los procesos biológicos relacionados con las acciones de introducción de especies exóticas y por lo tanto la de modular su uso. Este conocimiento deberá apartar los riesgos y así como garantizar la eficiencia de la repoblación, en particular la rehabilitación de tierras degradadas.

Palabras clave: especies exóticas, introducción, simbiosis micorrízica, biofunción del suelo.

Contexte

Le recours aux essences exotiques et plus particulièrement aux arbres à croissance rapide a été fréquemment recommandé par les organismes agronomiques internationaux afin de réhabiliter ou restaurer dans des délais relativement courts des milieux dégradés suite à des événements naturels ou à des activités anthropiques. Considérant que la reconstitution d'un couvert végétal, quelle que soit sa composition spécifique, est la clé de la réussite des programmes de réhabilitation des terres (« *green is good* »), l'introduction d'essences forestières exotiques en milieu tropical et méditerranéen a été pratiquée à grande échelle au cours du siècle dernier. Le choix de ces espèces exotiques reposait généralement sur les bénéfices potentiels que pouvaient en attendre les populations locales (production de biomasse ligneuse, tannins, produits médicinaux, etc.) et la capacité d'adaptation de l'arbre considéré aux caractéristiques environnementales de la zone d'introduction (climat, pluviométrie, caractéristiques physico-chimiques des sols). Un exemple frappant de justification de cette pratique sylvicole est donné par *Prosopis juliflora*, arbre originaire d'Amérique, introduit et devenu envahissant sur des millions d'hectares en Afrique de l'Est, Afrique du Sud, Asie et Australie (MWANGI, SWALLOW, 2005). Pourtant, l'utilisation de cette espèce forestière avait été recommandée par de nombreuses organisations internationales telles que l'Icraf ou la Fao, du fait de ses nombreuses qualités susceptibles d'être valorisées en termes de réhabilitation des sols et/ou d'amélioration des conditions de vie des populations locales, avec la fabrication de farine à partir des gousses, la production de bois d'œuvre et de feu, de tannins, de fibres, de gomme, de fourrage. En outre, cette espèce a été fortement recommandée pour son impact sur l'environnement *via* sa capacité à limiter l'érosion, à se développer sur des sols carencés en éléments minéraux (P, N), à enrichir le sol en matière organique, etc. Face à tous ces bénéfices attendus de l'introduction de cette espèce « miracle » ne se dégageait aucune réflexion sur d'éventuels impacts négatifs altérant les caractéristiques de l'écosystème originel. Or il s'est avéré que les plantations à grande échelle de *Prosopis juliflora* n'étaient pas sans risques pour le milieu. Au Kenya, dans la région du lac de Baringo où l'utilisation de cette espèce a été encouragée par la Fao et le gouvernement kényan afin de réhabiliter des sols dégradés suite à une surexploitation des terres et une déforestation drastique, il a été vérifié que, contrairement aux effets bénéfiques attendus, cet arbre favorisait les processus d'érosion aboutissant à une augmentation de l'ensablement du lac, à une baisse du niveau de la nappe phréatique et, en conséquence, à un assèchement des marais et des étangs, à une diminution significative de la diversité végétale, etc.

Au même titre que pour *Prosopis juliflora*, les données relatives aux conséquences de l'introduction d'acacias australiens montrent également les dangers que cette pratique syl-

vicole peut entraîner sur les écosystèmes originels. Introduits à partir du XIX^e siècle pour stabiliser les dunes côtières, la production de tannins et de fibres (CARRUTHERS *et al.*, 2011), ces acacias ont coûté à l'État sud-africain 0,6 milliard de dollars US pour remédier aux altérations induites par cet arbre exotique sur les ressources en eau et sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols (VAN WILGEN *et al.*, 2011). Ce processus d'invasion a augmenté de 40 % au cours des quinze dernières années.

L'incidence de l'introduction d'essences forestières exotiques, envahissantes ou non (acacias australiens, pins exotiques, divers eucalyptus), sur les caractéristiques environnementales est généralement évaluée en prenant en compte des paramètres relatifs à la diversité végétale native du milieu, aux ressources hydriques, aux caractéristiques physico-chimiques des sols mais rarement à la composition de leur microflore. Pourtant, les micro-organismes du sol jouent un rôle clé dans les mécanismes biologiques régissant le fonctionnement des principaux cycles biogéochimiques (C, N, P) et le maintien des caractéristiques physiques du sol. Ils interviennent également de manière significative dans la productivité et la stabilité des écosystèmes terrestres. Étant donné que la croissance de l'arbre et sa régénération naturelle sont fonction de la structure de la communauté microbienne à laquelle il est associé, toute modification de la composition de la microflore résultant de différents stress d'origine biotique et/ou abiotique aura une incidence significative sur l'évolution spatio-temporelle du couvert végétal.

Enjeux

Il s'avère essentiel de décrire et comprendre l'incidence de l'introduction d'essences exotiques sur les caractéristiques biologiques des sols, plus particulièrement lorsque ces espèces végétales sont utilisées pour réhabiliter un milieu dégradé en vue de réinstaller ultérieurement un couvert végétal composé d'espèces natives du milieu d'introduction, comme cela est préconisé dans certains contextes (PARROTTA *et al.*, 1997a, b).

Afin d'étayer cette exigence d'analyse d'impact de l'introduction d'essences exotiques, sont ici présentées deux études de cas menées sur le terrain avec des acacias australiens au sein de différents écosystèmes tropicaux et méditerranéens. Sans négliger l'importance de l'utilisation de ces espèces pour le reboisement dans ces régions du monde, est évalué leur effet sur les caractéristiques écosystémiques et le développement d'espèces endémiques, notamment en Afrique de l'Ouest et du Nord.

Usages multiples des acacias australiens

Le tableau I présente quelques informations concernant les principales zones d'introduction et leur historique pour les espèces les plus utilisées en milieu tropical et subtropical. Avec l'eucalyptus, les espèces d'*Acacia* représentent plus de 40 % de la surface des plantations forestières industrielles des zones tropicales et subtropicales (DEL LUNGO *et al.*, 2006). La valorisation du bois d'*Acacia* est fonction de l'espèce considérée mais reste très variable selon la production de pâte à papier, de bois d'œuvre, de tannins, de fourrage, de bois de chauffage, etc. Par exemple, une pâte à papier de qualité est produite à partir de la biomasse ligneuse de plusieurs espèces d'*Acacia*. Les plantations les plus importantes mises en place pour ce type de production sont localisées dans le Sud-Est asiatique, avec notamment *A. mangium*, l'hybride *A. auriculiformis* x *A. mangium* et *A. crassicarpa* dans une moindre mesure. L'Indonésie est le premier producteur de pâte à partir d'*Acacia* avec une production qui a progressé significativement au cours de ces dernières années, allant de 1 million de tonnes en 1990 jusqu'à 7,5 millions de tonnes en 2008 (GRIFFIN *et al.*, 2011).

Ces espèces d'*Acacia* ont également été introduites dans de nombreux pays afin de revégétaliser des milieux dégradés caractérisés en particulier par des carences importantes en azote (N) et en phosphore (P). Les acacias australiens, qui appartiennent à la famille des légumineuses (Fabaceae), peuvent se développer sur des sols déficients en éléments minéraux (N, P) grâce notamment au cortège de micro-organismes symbiotiques qui leur est associé (symbiose fixatrice d'azote atmosphérique, symbiose mycorhizienne arbusculaire). De plus, plusieurs espèces d'*Acacia* présentent la capacité, rare chez les Fabaceae, de cumuler ces deux types de symbiose avec la symbiose ectomycorhizienne. À titre d'exemple, les acacias ont été introduits en Afrique du Sud et en Afrique du Nord à partir des années 1840 et 1870 (POYNTON, 2009 ;

CARRUTHERS *et al.*, 2011), respectivement, afin de limiter les processus d'érosion éolienne et hydrique. La capacité d'*A. saligna* à se développer aisément sur des sols sableux, à pH neutre, est la principale raison expliquant l'importance des surfaces plantées avec cette espèce en Afrique du Nord (600 000 ha). D'autres espèces d'*Acacia* australiens comme *A. ampliceps*, *A. maconochieana* et *A. stenophylla* ont été utilisées comme essences de reboisement de sols présentant une forte alcalinité et/ou une forte salinité.

Au moins 23 espèces d'*Acacia* d'origine australienne se comportent comme des plantes invasives à travers le globe, réduisant ainsi la biodiversité et les fonctions des écosystèmes dans lesquels elles ont été introduites. Signalons que les zones tempérées du Nord de la Méditerranée peuvent être fragilisées par ces phénomènes d'invasion avec des espèces comme *A. dealbata* dans le Sud de la France – cet arbre est classé parmi les 100 espèces les plus invasives en Europe¹ – ou *A. longifolia* au Portugal. Ce processus invasif affecte les services écosystémiques préexistants en modifiant les processus biologiques régulant l'évolution du milieu. Alors que la fonction de production de biomasse ligneuse peut être significativement améliorée suite à l'introduction d'essences forestières à croissance rapide, d'autres services écosystémiques peuvent être altérés, comme par exemple la conservation de la biodiversité native du milieu, et donc l'aspect paysager, patrimonial, etc. Parmi les composantes biologiques impliquées dans les mécanismes régissant la productivité mais aussi la composition du couvert végétal figure la microflore du sol avec, en particulier, les champignons mycorhiziens, groupe microbien considéré comme un élément clé dans le biofonctionnement durable des terres.

¹ <http://www.europe-aliens.org/>.

Tableau I.

Distribution géographique et historique des plantations pour les principales espèces d'acacias australiens utilisées pour la production de bois et pour les produits d'origine ligneuse (D'après GRIFFIN *et al.*, 2011).

Espèces d' <i>Acacia</i>	Usages principaux	Usages secondaires	Principaux pays d'introduction	Dates des premières introductions	Surfaces estimées de plantation (x 1 000 ha)
<i>A. mangium</i>	Pâte à papier	Bois de chauffage, bois d'œuvre, réhabilitation des sols	Indonésie, Vietnam, Malaisie	1976	1 400
<i>A. mangium</i> x <i>A. auriculiformis</i>	Pâte à papier	Bois de chauffage, bois d'œuvre, réhabilitation des sols	Vietnam	1998	230
<i>A. crassicarpa</i>	Pâte à papier	Bois de chauffage, bois d'œuvre, réhabilitation des sols	Indonésie, Vietnam	1993	330
<i>A. auriculiformis</i>	Bois d'œuvre	Pâte à papier, bois de chauffage, bois d'œuvre, réhabilitation des sols	Vietnam, Inde	1930	220
<i>A. saligna</i>	Charbon de bois	Réhabilitation des sols	Lybie, Éthiopie	1916	600
<i>A. mearnsii</i>	Tannin	Pâte à papier, bois de chauffage, bois d'œuvre, réhabilitation des sols	Afrique du Sud, Brésil, Inde	1876	540

Impact sur les caractéristiques biologiques et conséquences sur la biodiversité

De nombreuses études ont montré que l'introduction d'essences forestières exotiques, invasives ou non, modifiait de manière significative les caractéristiques chimiques du sol par rapport à des espèces indigènes. À partir des expériences réalisées au Sénégal et en Algérie, il a été possible de montrer que l'utilisation de *A. holosericea* et *A. mearnsii* modifiait la composition et les fonctions de la microflore du sol, avec des répercussions négatives sur les premiers stades de croissance d'espèces forestières natives telles que *Faidherbia albida* au Sénégal et *Quercus suber* en Algérie.

Impact environnemental d'*Acacia holosericea*

Une plantation expérimentale a été mise en place au Sénégal au Sud du Ferlo, à environ 15 km à l'Ouest de Kaolak (17°50'O ; 14°10'N). L'objectif de cet essai était de mettre en évidence l'effet de l'inoculation par différentes souches de champignons ectomycorhiziens (*Pisolithus albus*, *Scleroderma* sp.) sur le développement de plants d'*A. holosericea*. Ces travaux montrent tout d'abord un effet spectaculaire (biomasse aérienne multipliée par cinq par rapport au témoin) de l'ectomycorhization sur la croissance des arbres et ceci après deux ans de plantation (photo 1). Mais les activités cataboliques des sols (sous arbres inoculés, non inoculés et sur sols périphériques à la plantation) ainsi que la diversité des morphotypes de spores mycorhiziennes extraites de ces différents sols sont fortement affectées par *A. holosericea* et par l'ectomycorhization (REMIGI *et al.*, 2008) (figure 1). En complément, sur une essence locale, *Faidherbia albida*, ont été analysées l'inféctivité et l'effectivité de souches de *Bradyrhizobium* isolées des sols des deux modalités, *A. holosericea* ectomycorhizé et non ectomycorhizé par rapport à des souches issues du sol périphérique à la plantation (parc à *Faidherbia albida* pur) (FAYE *et al.*, 2009). L'effet de l'introduction de cet acacia australien sur les Bradyrhizobiaceae capables de noduler la légumineuse native est clairement négatif, reflétant la capacité de l'espèce exotique à orienter à son avantage les ressources microbiennes symbiotiques du sol. Ainsi, même dans des conditions environnementales où *A. holosericea* ne présente pas de caractère invasif, comme dans le cas présent, ces travaux illustrent l'importance de l'impact de ces introductions sur les communautés microbiennes du sol.

Impact d'*Acacia mearnsii*

Il s'agit d'un contexte beaucoup plus sévère d'invasion par un autre acacia australien, *Acacia mearnsii*, vis-à-vis d'un écosystème naturel protégé : une subéraie, *Quercus suber*, au sein du parc national d'El Kala en Algérie. Des confrontations ont été effectuées entre ces deux essences et des échantillons de sol ont été récoltés à partir de trois sites différents : un premier peuplement naturel, non envahi, de *Q. suber* (site S1), un deuxième peuplement mixte (partiellement envahi) *Q. suber* / *A. mearnsii* (site S2) et un dernier peuplement pur d'*A. mearnsii* (site S3) (photos 2) (BOUDIAF *et al.*, 2013). La croissance des plants de *Q. suber*, la structure de la communauté ectomycorhizienne associée à *Q. suber* et les activités microbiennes du sol ont été évaluées en serre après une plantation de six mois. Les résultats ont montré un fort impact négatif d'*A. mearnsii* sur les caractéristiques chimiques du sol, les fonctions microbiennes et la structure et l'inféctivité de la communauté ectomycorhizienne, simultanément à une forte diminution de la croissance de *Q. suber* (tableau II). Ces données sont à corrélérer avec une baisse significative de la diversité des champignons ectomycorhiziens compatibles avec le chêne-liège dans les sols impactés par l'acacia, avec, en particulier, une raréfaction d'un champignon généraliste, *Coenococcum geophilum*, connu pour sa capacité à limiter les conséquences de stress hydriques sur le développement de la plante à laquelle il est associé.

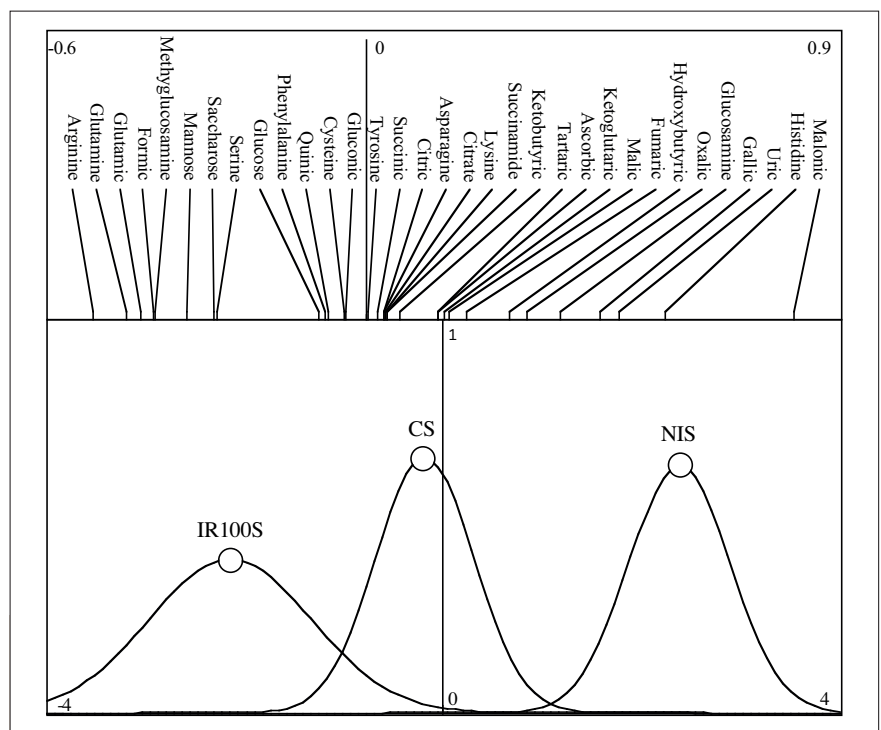


Figure 1.

Effets de l'introduction de *Acacia holosericea*, préalablement inoculé ou non par le champignon ectomycorhizien, *Pisolithus albus*, sur la diversité fonctionnelle de la microflore du sol après 24 mois de plantation au Sénégal (d'après REMIGI *et al.*, 2008). CS : sol hors plantation ; NIS : sol prélevé sous *A. holosericea* non inoculé. IR 100S : sol prélevé sous *A. holosericea* inoculé par *P. albus*.



a



c



b

Photos 2.

Caractéristiques du couvert végétal des sites étudiés dans le parc national d'El Kala en Algérie. Site 1 (a) : subéraie non envahie ; site 2 (b) : subéraie partiellement envahie par *Acacia mearnsii* ; site 3 (c) : site totalement envahi par *A. mearnsii* (disparition de *Quercus suber*).

Ces types de comportement ont pu être observés chez d'autres espèces d'acacias australiens, en particulier au Portugal où les acacias invasifs, représentés par *A. dealbata*, *A. longifolia* et *A. saligna*, modifient la chimie du sol en augmentant les teneurs en matière organique et en azote ainsi qu'en modifiant les communautés microbiennes du sol (MARCHANTE *et al.*, 2009 ; LORENZO *et al.*, 2013 ; RODRIGUEZ-

ECHEVERRIA *et al.*, 2011). Les bilans hydriques et carbonés des forêts envahies (RASCHER *et al.*, 2011a) sont affectés ainsi que la structure de la communauté floristique, concomitamment avec une réduction de la diversité et de la capacité de régénération des espèces natives (MARCHANTE *et al.*, 2003 ; RASCHER *et al.*, 2011b).

Tableau II.

Développement de jeunes plants de chêne-liège élevés dans des sols prélevés dans des sites plus ou moins conditionnés par *A. mearnsii*. Site 1 : subéraie non envahie ; site 2 : subéraie partiellement envahie par *Acacia mearnsii* ; site 3 : site totalement envahi par *A. mearnsii* (disparition de *Q. suber*).

	Origine du sol		
	S1	S2	S3
Mortalité (%)	6,6	46,7	40,0
Hauteur (cm)	63,7 b	45,3 a	44,3 a
Biomasse aérienne (g poids sec)	2,72 a	2,71 a	2,16 a
Biomasse racinaire (g poids sec)	5,57 b	3,01 a	3,46 a
Teneur en N des feuilles (mg/g poids sec)	5,14 b	5,88 b	3,49 a
Teneur en P des feuilles (mg/g poids sec)	2,35 b	2,27 b	1,54 a
Taux d'ectomycorhization (%)	62,5 b	37,5 a	27,8 a

¹ Les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test "t" de Student ($P < 0,05$).

Conclusion et perspectives

Cette mise en garde étant focalisée sur les Fabacées, il serait excessif de donner un rôle majeur aux symbioses dans les processus d'invasion biologique. En ce qui concerne les plantes les plus envahissantes, il est évident que les symbioses et plus particulièrement leur cumul ne sont pas, à elles seules, un critère certifiant leur potentiel invasif élevé. Beaucoup d'espèces très envahissantes sont mono-symbiotiques, ne présentant qu'un type de symbiose mycorhizienne, ce qui est le cas de la très large majorité des plantes supérieures. D'autre part, les rares Fabaceae et plantes actinorhiziennes (fixant l'azote en association avec la bactérie *Frankia*) cumulant les trois types de symbiose (symbiose ectomycorhizienne, symbiose mycorhizienne arbusculaire et symbiose fixatrice d'azote) sont loin d'être toutes envahissantes. Plusieurs autres paramètres ont été identifiés pouvant expliquer le niveau du potentiel invasif de l'espèce considérée, tels que la production de composés allélopathiques (INDERJIT *et al.*, 2008 ; LORENZO *et al.*, 2008, 2013). Il s'avère ainsi nécessaire de poursuivre ces travaux de manière intégrée afin d'identifier un panel d'indicateurs environnementaux susceptibles de caractériser, *a priori*, une espèce potentiellement invasive et ainsi éviter les dégradations durables sur les écosystèmes du fait d'introductions non maîtrisées.

Références bibliographiques

- BOUDIAF I., BAUDOIN E., SANGUIN H., BEDDIAR A., THIOULOUSE J., GALIANA A., PRIN Y., LE ROUX C., LEBRUN M., DUPONNOIS R., 2013. The exotic legume tree species, *Acacia mearnsii*, alters microbial soil functionalities and the early development of a native tree species, *Quercus suber*, in North Africa. *Soil Biology & Biochemistry*, 65: 172-179.
- CARRUTHERS J., ROBIN L., HATTINGH J., KULL C., RANGAN H., VAN WILGEN B. W., 2011. A native at home and abroad: the history, politics, ethics and aesthetics of *Acacia*. *Diversity and Distributions*, 17: 810-821.
- DEL LUNGO A., BALL J., CARLE J., 2006. Global planted forests thematic study: results and analysis. Rome, Italie, Fao, Planted Forest and Trees Working Paper 38. www.fao.org.
- FAYE A., KRASOVA-WADE T., THIAO M., THIOULOUSE J., NEYRA M., PRIN Y., GALIANA A., NDOYE I., DREYFUS B., DUPONNOIS R., 2009. Controlled ectomycorrhization of an exotic legume tree species *Acacia holosericea* affects the structure of root nodule bacteria community and their symbiotic effectiveness on *Faidherbia albida*, a native sahelian *Acacia*. *Soil Biology & Biochemistry*, 41: 1245-1252.
- GRIFFIN A. R., MIDGLEY S. J., BUSH D., CUNNINGHAM P. J., RINAUDO A. T., 2011. Global uses of Australian acacias – recent trends and future prospects. *Diversity and Distributions*, 17: 837-847.
- INDERJIT T. R., CALLAWAY R. M., POLLOCK J. L., KAUR J., 2008. Allelopathy and plant invasions: traditional, congeneric, and biogeographical approaches. *Biological Invasions*, 10: 875-890.
- LORENZO P., PEREIRA C. S., RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA S., 2013. Differential impact on soil microbes of allelopathic compounds released by the invasive *Acacia dealbata* Link. *Soil Biology Biochemistry*, 57: 156-163.
- LORENZO P., PAZOS-MALVIDO E., GONZÁLEZ L., REIGOSA M. J., 2008. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata*: physiological effects. *Allelopathy Journal*, 22: 452-462.
- MARCHANTE E., KJØLLER A., STRUWE S., FREITAS H., 2009. Soil recovery after removal of the N₂-fixing invasive *Acacia longifolia*: consequences for ecosystem restoration. *Biological Invasions*, 11: 813-823.
- MARCHANTE H., MARCHANTE E., FREITAS H., 2003. Invasion of the Portuguese dune ecosystems by the exotic species *Acacia longifolia* (Andrews) Willd.: effects at the community level. *In: Plant Invasion: Ecological Threats and Management Solutions*. Edited by: L. E. Child, J. H. Brock, G. Brundu, K. Prach, P. Pyšek, P. M. Wade, M. Williamson. Backhuys Publishers, 75-85.
- MWANGI E., SWALLOW B., 2005. Invasion of *Prosopis juliflora* and local livelihoods: case study from the lake Baringo area of Kenya. Nairobi, Kenya, World Agroforestry Centre, ICRAF Working Paper 3.
- PARROTTA A., KNOWLES O. H., WUNDERLE J. M., 1997a. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 99 (1-2): 21-42.
- PARROTTA A., TURNBULL J. W., JONES N., 1997b. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99 (1-2): 1-7.
- POYNTON R. J., 2009. Tree planting in southern Africa. Vol. 3. Other genera. Pretoria, Afrique du Sud, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries.
- RASCHER K. G., GROBE-STOLTENBERG A., MÁGUAS C., WERNER C., 2011a. Understorey Invasion by *Acacia longifolia* alters the water balance and carbon gain of a Mediterranean pine forest. *Ecosystems*, 14: 904-919.
- RASCHER K. G., GROBE-STOLTENBERG A., MÁGUAS C., MEIRANETO J. A. A., 2011b. *Acacia longifolia* invasion impacts vegetation structure and regeneration dynamics in open dunes and pine forests. *Biological Invasions*, 13: 1099-1113.
- REMIGI P., FAYE A., KANE A., DERUAZ M., THIOULOUSE J., CIS-SOKO M., PRIN Y., GALIANA A., DREYFUS B., DUPONNOIS R., 2008. The exotic legume tree species *Acacia holosericea* alters microbial soil functionalities and the structure of the Arbuscular mycorrhizal community. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (5): 1485-1493.
- RODRIGUEZ-ECHEVERRIA S., LE ROUX J. J., CRISÓSTOMO J. A., NDLOVU J., 2011. Jack-of-all-trades and master of many? How does associated rhizobial diversity influence the colonization success of Australian *Acacia* species? *Diversity and Distributions*, 17: 946-957.
- VAN WILGEN B. W., DYER C., HOFFMANN J. H., IVEY P., LE MAITRE D. C., RICHARDSON D. M., ROUGET M., WANNENBURGH A., WILSON J. R. U., 2011. A strategic approach to the integrated management of Australian acacias in South Africa. *Diversity and Distributions*, 17: 1060-1075.