

## 1. Introduction : quelle biodiversité dans les forêts de plantation ?

Chaque étude nouvelle qui s'intéresse à la biodiversité dans les forêts de plantation contribue à saper le mythe du désert biologique (Brockerhoff et al. 2008), montrant que ces écosystèmes anthropisés peuvent fournir une grande diversité d'habitats et de ressources pour des espèces forestières endémiques. Pour ne citer que les travaux scientifiques menés par l'INRA ces dernières années, la forêt de plantation des Landes de Gascogne abriterait environ 80 espèces d'oiseaux (Barbaro et al. 2005, 2007), plus de 90 espèces de carabes (Barbaro et al. 2006), 120 espèces d'araignées (Barbaro et al. 2005), environ 50 espèces de papillons du jour (van Halder et al. 2008) et plus de 300 espèces de coléoptères saproxyliques, c'est-à-dire associés au bois mort (Brin et al. 2009). Certaines espèces forestières menacées sont parfois même plus abondantes dans les forêts de plantations. Ainsi la forêt des Landes de Gascogne abrite les plus importantes populations de huppe fasciée, *Upupa epops*, en Europe (Barbaro et al. 2008) et une plantation de pin radiata en Nouvelle Zélande est connue comme le dernier refuge d'une espèce de carabe forestier en voie de disparition (Brockerhoff et al. 2005).

En général, les études qui comparent, dans une région donnée, la biodiversité dans les forêts naturelles et dans les forêts de plantation concluent à une plus faible diversité dans ces dernières (Lindenmayer et Hobbs 2004, du Bus de Warnaffe et Deconchat 2008, Paillet et al. 2010). En effet les forêts de plantations présentent une composition (peuplements purs) et une structure (peuplements équiennes) souvent plus simples que les forêts plus naturelles, offrant donc une plus faible diversité d'habitats et de ressources aux espèces forestières. De même les espèces associées aux vieux arbres ou aux stades ultimes de la succession forestière sont moins présentes dans les forêts de plantation. En conséquence ces dernières sont souvent moins riches en espèces spécialistes des forêts alors que les espèces généralistes, se satisfaisant d'habitats forestiers ou herbacés, peuvent être aussi abondantes dans les forêts naturelles que dans les forêts anthropisées (Magura et al. 2000, Raman 2006).

Cependant comparer la biodiversité dans les forêts de plantation et dans les forêts naturelles n'est pas toujours le plus judicieux. Les plantations forestières correspondent en général à une « afforestation », c'est-à-dire au boisement de sols jusque là affectés à un autre usage ; il conviendrait donc de prendre comme état de référence le niveau de biodiversité dans ce type d'occupation du sol précédent (Brockerhoff et al. 2008). Ainsi, lorsque les forêts de plantations sont établies sur d'anciennes terres agricoles, elles contribuent en général à une augmentation significative de la biodiversité (Pawson et al. 2008). Cet accroissement correspond non seulement au plus grand nombre d'espèces inféodées aux arbres qu'aux plantes cultivées mais aussi au fait que les plantations offrent des conditions microclimatiques et édaphiques favorables à la colonisation et à la régénération naturelle d'espèces végétales du sous-bois (Brockerhoff et al. 2008).

## 2. Biodiversité et sylviculture des forêts de plantation

De nombreux facteurs influencent l'état et l'évolution de la biodiversité dans les forêts de plantation, notamment à l'échelle du peuplement. Une meilleure connaissance de ces effets permet de dégager des pistes d'adaptation des pratiques sylvicoles pour préserver ou améliorer cette biodiversité.

De nombreuses études ont montré que la composition en essences des peuplements forestiers est un facteur déterminant de la biodiversité puisque de nombreuses espèces végétales et animales dépendent de ces espèces structurantes (du Bus de Warnaffe et Deconchat 2008). En conséquence, la biodiversité est plus riche dans les forêts mélangées que dans les forêts pures et elle augmente avec le nombre d'essences en mélange (Spellerberg et Sayer 1996, Norton 1998, Hartley 2002). Le choix des essences utilisées en plantation est donc primordial pour le maintien de la biodiversité car il conditionne la qualité de l'habitat (microclimat, conditions édaphiques,...) et des ressources alimentaires nécessaires à la survie des espèces endémiques (Lindenmayer et Franklin 2002, Carnus et al. 2006). Les essences indigènes sont en général considérées comme plus favorables à la préservation de la biodiversité en raison des processus historiques d'adaptation locale mais certaines espèces exotiques peuvent jouer un rôle analogue quand elles présentent des traits structuraux et fonctionnels proches de ceux des essences natives (Brockerhoff et al. 2008).

L'abondance et la qualité des microhabitats nécessaires à la survie des espèces associées peuvent être impactées par de nombreuses opérations sylvicoles (Quine et al. 2007). La préparation intensive du sol en vue d'une plantation peut s'avérer dommageable pour la biodiversité. Le labour et la fertilisation peuvent ainsi détruire une végétation herbacée préexistante ou conduire à des phénomènes de substitution de flore. De même la destruction de souches ou de pièces de bois mort au sol représente une menace pour la survie de nombreuses espèces saproxyliques (champignons, lichens, insectes) (Brin et al. 2009). A l'inverse la plantation à faible densité ou des dépressages précoces peuvent permettre le maintien d'une végétation riche et diversifiée dans le sous-bois (Lindenmayer et Hobbs, 2004). Des travaux d'entretien du sous-bois, ciblés sur l'élimination d'espèces exotiques envahissantes, peuvent permettre le retour d'une flore endémique plus diversifiée (Cummins et Reid 2008).

L'âge d'exploitation des plantations forestières est un facteur clé pour le maintien de la biodiversité. En général la diversité des espèces augmente avec l'âge des forêts comme cela a été observé pour les plantes du sous-bois (Brockerhoff et al. 2003), les épiphytes (Coote et al. 2008), les oiseaux (Donald et al. 1998), et les insectes (Lindenmayer et Hobbs 2004, Barbaro et al. 2005, du Bus de Warnaffe et Deconchat 2008, Pawson et al. 2008). Le raccourcissement des rotations sylvicoles est donc considéré comme un facteur d'aggravation de l'érosion de la biodiversité (Humphrey 2005). Cette relation entre ancienneté et diversité tient à ce que la structure horizontale (trouées dans le peuplement, hétérogénéité des diamètres d'arbres, ...) et verticale (strates de végétation, élagage naturel, ...) des peuplements deviennent plus complexes avec l'âge, offrant davantage de niches écologiques aux espèces. L'allongement de l'âge d'exploitation permet aussi le développement de la litière favorable aux espèces fongiques, un meilleur éclairage du sous-bois bénéficiant à la flore vasculaire et l'accumulation de bois mort hébergeant les espèces saproxyliques. La pratique de coupes sélectives plutôt que des coupes rases apparaît comme un moyen pour préserver une continuité du couvert forestier et maintenir ainsi la biodiversité associée. D'autres alternatives ont été proposées comme la mise en place d'îlots de vieillissement ou la préservation de chandelles (Lindenmayer et Franklin 2002, Humphrey et al. 2006) pour préserver la diversité des espèces associées aux forêts âgées.

### 3. Forêts de plantation et biodiversité à l'échelle du paysage

De nombreuses espèces forestières présentent des domaines vitaux plus vastes que la surface moyenne des peuplements forestiers, par exemple lorsque des prédateurs doivent explorer de grands territoires pour trouver leur nourriture. Certains organismes ont besoin d'habitats différents pour accomplir leur cycle de vie, notamment ceux qui se reproduisent dans un milieu donné et s'alimentent dans un autre. Enfin des échanges de gènes entre individus de différentes populations isolées dans l'espace sont souvent nécessaires pour le maintien à long terme d'une espèce donnée dans un écosystème forestier. Pour toutes ces raisons, il apparaît que la biodiversité en forêt ne doit pas être seulement considérée à l'échelle de la parcelle mais aussi à celle du paysage. De nombreuses études montrent notamment que la complexité spatiale et temporelle de la matrice paysagère est un facteur essentiel de maintien de la biodiversité forestière (Norton 1998, Lindenmayer et Franklin 2002, Barbaro et van Halder 2009).

La complexité structurelle des paysages de forêts de plantation peut être entretenue par une juxtaposition de peuplements forestiers de différentes formes, surfaces, et intensité de gestion, ce qui permet d'augmenter la probabilité de fournir un habitat favorable aux espèces forestières endémiques (Lamb et al. 2005). De même raisonner l'arrangement spatial et temporel des opérations sylvicoles, et notamment des travaux d'exploitation, peut permettre d'améliorer la biodiversité en forêt de plantation (Lindenmayer et Franklin 2002, Carnus et al. 2006, Suzuki et Olson 2008). L'objectif principal est de maintenir une continuité spatiale entre les différents stades de succession forestière, via la connexion entre peuplements d'âge croissants.

Il est aussi très important de souligner que le développement de plantations forestières peut permettre le maintien de la biodiversité associée aux reliques de forêts anciennes ou naturelles au sein des paysages. La fragmentation du couvert forestier naturel est souvent considérée comme l'une des causes principales de l'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale (Didham et al. 1998, Henle et al. 2004). En effet la fragmentation des forêts conduit à réduire la surface des habitats, à accroître l'isolement géographique des taches d'habitats et à aggraver les effets de bordure, trois causes d'augmentation du risque d'extinction des espèces (Farhig 2001). Pour les mêmes raisons, les plantations forestières peuvent contribuer au maintien de la biodiversité dans les paysages forestiers via trois mécanismes. Tout d'abord les plantations peuvent fournir aux espèces forestières des ressources supplémentaires (même type de ressources que dans l'habitat forestier naturel) ou complémentaires (ressources différentes mais complémentaires, pour l'alimentation ou la reproduction par exemple) et ainsi compenser la perte d'habitat naturel (Ewers and Didham 2006, Kupfer et al. 2006). Ensuite si elles sont bien localisées dans le paysage, les plantations forestières peuvent améliorer ou restaurer la connectivité entre taches d'habitats naturels, par exemple entre îlots de forêts naturelles, comme cela a été montré pour les mammifères (Lindenmayer et al. 1999, Ferreras 2001) ou les oiseaux (Whethereed et Lawes 2005). Enfin si les plantations forestières sont établies autour des reliques de forêts naturelles, elles peuvent atténuer les effets de bordure négatifs pour la biodiversité comme les fortes variations microclimatiques (Murcia 1995, Fischer et al 2006) ou la colonisation par les espèces invasives. Il convient cependant de veiller à ce que les plantations forestières ne représentent pas elles-mêmes une source d'invasion, aussi bien par les essences plantées comme l'eucalyptus au Portugal ou le pin contorta en Nouvelle Zélande (Ledgard 2001) que par les espèces associées comme certaines plantes du sous-bois (Kupfer et al. 2006).

#### 4. Conclusions

Il apparaît donc que les forêts de plantation peuvent contribuer à la protection de la biodiversité à différentes échelles, soit parce qu'elles constituent elles-mêmes des habitats propices à la survie des espèces soit parce qu'elles complètent les forêts naturelles. Le bénéfice attendu des forêts de plantation pour la biodiversité est cependant très dépendant du contexte local et des modes de gestion. Nous avons donc proposé quatre critères permettant d'évaluer le potentiel de sauvegarde ou d'amélioration de la biodiversité par une forêt de plantation (Brockerhoff et al. 2008) :

1. La forêt de plantation permet de réduire l'exploitation des forêts naturelles voisines en fournissant des produits de substitution à l'industrie du bois ;
2. La forêt de plantation est établie sur des sols dont l'usage précédent était moins favorable à la biodiversité ; le remplacement de forêts naturelles ou de prairies naturelles par des plantations conduirait par exemple à une dégradation de la biodiversité alors que le remplacement de cultures agricoles intensives serait plutôt bénéfique ;
3. La forêt de plantation est maintenue sur le long terme pour permettre la mise en place de processus de complexification de sa structure (par exemple diversité des classes d'âge) ou de processus de succession sylvicole, permettant la colonisation par les espèces endémiques (notamment dans le sous-bois) ;
4. La forêt de plantation est gérée durablement, avec des pratiques sylvicoles ciblées sur la préservation ou restauration de la biodiversité à l'échelle du peuplement ou du paysage (voir ch. 2 et 3).

Au-delà de ces recommandations, il convient de reconnaître la difficulté du suivi à long terme de la biodiversité et de la mesure des effets de la sylviculture ou de l'aménagement des forêts sur la biodiversité. Il est sans doute illusoire de vouloir caractériser l'état de la biodiversité au temps  $t$ , car le nombre d'espèces à inventorier et identifier dépasse nos capacités d'échantillonnage et d'expertise. En revanche il est nécessaire de développer des outils pour évaluer l'impact de la gestion ou des politiques forestières sur l'évolution tendancielle de la biodiversité, pour vérifier donc si elles se traduisent par une érosion accélérée ou inversement une restauration de la biodiversité. Un effort important devrait donc être consenti pour le suivi à long terme de la biodiversité via des indicateurs directs (inventaire de certaines espèces ou groupes taxonomiques indicateurs) et indirects (variables expliquant une part de la dynamique de la biodiversité, comme les variables de composition, de structure et de gestion des forêts).

## Références

- Barbaro L., Vetillard F., Menassieu P., Van Halder I., 2006. Liste commentée des Coléoptères carabiques (Coleoptera Carabidae) de la forêt des Landes de Gascogne. *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux*: 34 : 197-210.
- van Halder I, Barbaro L, Corcket E, Jactel H. 2008. Importance of semi-natural habitats for the conservation of butterfly communities in landscapes dominated by pine plantations. *Biodiversity and Conservation* **17**, 1149-1169.
- Brin, A., Brustel, H. & Jactel, H. 2009. Species variables or environmental variables as indicators of forest biodiversity: a case study using saproxylic beetles in Maritime pine plantations. *Annals of Forest Science*, **66** (3) – 306.
- Barbaro L, Rossi JP, Vetillard F, Nezan J, Jactel H. 2007. The spatial distribution of birds and carabid beetles in pine plantation forests: the role of landscape composition and structure. *Journal of Biogeography* **34**, 652-664.
- Barbaro L, Pontcharraud L, Vetillard F, Guyon D, Jactel H. 2005. Comparative responses of bird, carabid, and spider assemblages to stand and landscape diversity in maritime pine plantation forests. *Ecoscience* **12**, 110-121
- Brockerhoff EG, Jactel H, Parrotta JA, Quine CP, Sayer J. 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation* **17**, 925-951
- Barbaro, L., and I. van Halder. 2009. Linking bird, carabid beetle and butterfly life-history traits to habitat fragmentation in mosaic landscapes. *Ecography* 32:321-333
- Paillet, Y; Berges, L; Hjalten, J; Odor, P; Avon, C; Bernhardt-Romermann, M; Bijlsma, RJ; De Bruyn, L; Fuhr, M; Grandin, U; Kanka, R; Lundin, L; Luque, S; Magura, T; Matesanz, S; Meszaros, I; Sebastia, MT; Schmidt, W; Standovar, T; Tothmeresz, B; Uotila, A; Valladares, F; Vellak, K; Virtanen, R. 2010. Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology* 24 (1): 101-112
- Brockerhoff EG, Ecroyd CE, Leckie AC, Kimberley MO (2003) Diversity and succession of adventive and indigenous vascular understorey plants in *Pinus radiata* plantation forests in New Zealand. *For Ecol Manage* 185:307–326
- Brockerhoff EG, Berndt LA, Jactel H (2005) Role of exotic pine forests in the conservation of the critically endangered ground beetle *Holcaspis brevicula* (Coleoptera: Carabidae). *NZ J Ecol* 29:37–43
- Carnus J-M, Parrotta J, Brockerhoff EG, Arbez M, Jactel H, Kremer A, Lamb D, O'Hara K, Walters B (2006) Planted forests and biodiversity. *J For* 104(2):65–77
- Coote L, Kelly DL, Dowding P, Smith GF (2008) Epiphytes of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) plantations in Ireland and the effects of open spaces. *Biodiv Conserv* 953 - 968
- Cummings J, Reid N (2008) Stand-level management of plantations to improve biodiversity values. *Biodiv Conserv* 1187 - 1211
- Didham RK, Hammond PM, Lawton JH, Eggleton P, Stork NE (1998) Beetle species responses to tropical forest fragmentation. *Ecol Monogr* 68:295–323
- Donald P F, Fuller RJ, Evans AD, Gough SJ (1998) Effects of forest management and grazing on breeding bird communities in plantations of broadleaved and coniferous trees in western England. *Biol Conserv* 85:183–197
- Du Bus de Warnaffe G, Deconchat M (2008) Impact of four silvicultural systems on birds in the Belgian Ardenne: implications for plantation management. *Biodiv Conserv* 1041 - 1055
- Ewers RM, Didham RK (2006) Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biol Rev* 81:117–142
- Fahrig L (2001) How much habitat is enough? *Biol Conserv* 100:65–74
- Ferreras P (2001) Landscape structure and asymmetrical inter-patch connectivity in a metapopulation of the endangered Iberian lynx. *Biol Conserv* 100:125–136
- Fischer J, Lindenmayer DB, Manning AD (2006) Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Front Ecol Environ* 4:80–86
- Hartley MJ (2002) Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *For Ecol Manage* 155:81–95
- Henle K, Davies KF, Kleyer M, Margules C, Settele J (2004) Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biod Conserv* 13:207–251
- Humphrey JW (2005) Benefits to biodiversity from developing old-growth conditions in British upland spruce plantations: a review and recommendations. *Forestry* 78:33–53
- Humphrey JW, Quine CP, Watts K (2006) The influence of forest and woodland management on biodiversity in Scotland: recent findings and future prospects. In: Davison R, Galbraith CA (eds.) *Farming, forestry*

- and the natural heritage: towards a more integrated approach*. Scottish Natural Heritage, Edinburgh, UK, pp 59–75
- Kupfer JA, Malanson GP, Franklin SB (2006) Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation processes. *Global Ecol Biogeog* 15:8–20
- Lamb D, Erskine P, Parrotta JA (2005) Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310:1628–1632
- Ledgard N (2001) The spread of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) in New Zealand. *For Ecol Manage* 141:43–57
- Lindenmayer DB, Cunningham RB, Pope ML (1999) A large-scale “experiment” to examine the effects of landscape context and habitat fragmentation on mammals. *Biol Conserv* 88:387–403
- Lindenmayer DB, Franklin JF (2002) *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island Press, Washington, DC
- Lindenmayer DB, Hobbs RJ (2004) Fauna conservation in Australian plantation forests – a review. *Biol Conserv* 119:151–168
- [Magura T](#), [Tothmeresz B](#), [Bordan Z](#) (2000) Effects of nature management practice on carabid assemblages (Coleoptera : Carabidae) in a non-native plantation. *Biol Conserv* 93:95–102
- Murcia C (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends Ecol Evol* 10:58–62
- Norton DA (1998) Indigenous biodiversity conservation and plantation forestry: options for the future. *NZ For* 43(2):34–39
- Pawson S, Brockerhoff E, Meenken E, Didham R (2008) Non-native plantation forests as alternative habitat for native forest beetles in a heavily modified landscape. *Biodiv Conserv* 1127 - 1148
- Quine CP, Fuller, RJ, Smith KW, Grice PV (2007) Stand management: a threat or opportunity for birds in British woodlands? *Ibis* 49: 161 – 174.
- [Raman TRS](#) (2006) Effects of habitat structure and adjacent habitats on birds in tropical rainforest fragments and shaded plantations in the Western Ghats, India. *Biodiv Conserv* 15:1577–1607
- Spellerberg IF, Sayer JWD (1996) Standards for biodiversity: a proposal based on biodiversity standards for forest plantations. *Biodiv Conserv* 5:447–459
- Suzuki N, Olson DH (2008) Options for biodiversity conservation in managed forest landscapes of multiple ownerships in Oregon and Washington, USA. *Biodiv Conserv* 1017 - 1039
- Wethered R, Lawes MJ (2005) Nestedness of bird assemblages in fragmented Afriomontane forest: the effect of plantation forestry in the matrix. *Biol Conserv* 123:125–137