

JACQUES TASSIN
CIRAD-Forêt

JEAN-NOËL RIVIÈRE
CIRAD-Forêt

AG 175066

ÉVALUATION DE L'IMPACT DES PLANTATIONS FORESTIÈRES SUR L'AVIFAUNE

Application au littoral réunionnais



Les communautés d'oiseaux : un indicateur de biodiversité pertinent à l'échelle de grands espaces. Ici : Bec de corail ondulé (*Estrilda astrild*) en forêt d'Etang-Salé.

Bird communities: a biodiversity indicator for large areas. Here a Waxbill (Estrilda astrild) in the Etang-Salé forest.

Cet article propose au lecteur une méthode grâce à laquelle il est possible d'évaluer l'impact des plantations forestières sur les communautés d'oiseaux, indicateur de diversité biologique par excellence.

Depuis la signature de la Convention sur la diversité biologique au Sommet de la Terre à Rio en 1992, il est établi qu'encourager le maintien d'une biodiversité dans les plans d'aménagement et de gestion des espaces de vie sauvage relève du domaine public. S'agissant des milieux forestiers, il reste à développer des méthodes simples pour permettre à chacun d'évaluer l'impact d'une opération d'aménagement sur la biodiversité. A ce titre, l'avifaune peut être considérée comme un bon indicateur de biodiversité à l'échelle de grands espaces. La relation étroite entre la structure des biotopes forestiers et la composition des communautés d'oiseaux qu'ils hébergent est en effet largement reconnue (BLONDEL *et al.*, 1973 ; JAMES, RATHBUN, 1981 ; PRODON, LEBRETON, 1981 ; PAGES, 1984). Ce type de relation est mis en évidence grâce aux procédés d'ordination des relevés par l'analyse multivariée, qui met alors en jeu un tableau de relevés d'avifaune et un tableau de relevés mésologiques (PRODON, LEBRETON, 1981 ; CHESSEL *et al.*, 1982, 1986 ; BLONDEL, 1995).

En zones tropicales, les exemples traitant de l'impact du reboisement sur l'avifaune restent peu nombreux (BROSSET, 1997 ; SAFFORD, 1997 ; TASSIN *et al.*, 1997) ; sans doute est-ce en partie lié à un retard dans le transfert des méthodologies correspondantes mises au point en milieu tempéré. Aussi, à la faveur d'un programme de rénovation d'un massif côtier de filaos sénescents (forêt d'Etang-Salé), nous avons testé une méthodologie permettant d'examiner les relations qui s'établissent entre l'avifaune et les plantations forestières du littoral réunionnais. Cette étude s'inscrit dans une première évaluation des aménagements réalisés depuis 1985 dans ce massif, auquel se rattache un programme d'expérimentations forestières associant depuis 1988 le CIRAD-Forêt, l'Office National des Forêts et la Région Réunion (ROEDERER, 1991). A ce titre, il est utile, dans une île où la majorité des touristes sont épris de découverte de la nature, d'inventorier et de hiérarchiser les paramètres forestiers les plus propices au développement d'une avifaune diversifiée. Ces para-



La composition des communautés d'oiseaux investissant une plantation évolue avec le développement des arbres.
The make-up of bird communities occupying a plantation grows in tandem with tree growth.

mètres pourront ainsi être intégrés dans la seconde phase du plan de rénovation de la forêt d'Étang-Salé, qui doit débiter en l'an 2000.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LA FORÊT D'ÉTANG-SALÉ

La forêt soumise d'Étang-Salé, qui s'étend sur plus de 960 ha, constitue le plus important massif forestier littoral de la côte sous le vent de l'île de la Réunion. Elle occupe des plaines basaltiques inclinées du nord-ouest au sud-est, depuis 130 m d'altitude environ jusqu'au niveau de la mer, sur lesquelles les sables de plage se sont accumulés en bourrelets dunaires disposés parallèlement au rivage (RAUNET, 1991). D'épaisseur très irrégulière, ces sables de recouvrement sont excessivement filtrants et dotés d'une faible capacité de rétention en eau.

Le régime climatique est de type contrasté, avec une saison chaude et pluvieuse (décembre-avril) et une saison fraîche et sèche (mai-novembre). Le coefficient pluviométrique d'Emberger est égal à 15, pour une pluviométrie annuelle irrégulière souvent inférieure à 800 mm et pouvant s'abaisser à 300 mm, ce qui rapproche ce régime du climat sahélo-soudanais. Les alizés, présents toute l'année, y sont particulièrement forts pendant la saison fraîche et constituent un facteur limitant dans toute la zone côtière (ONF, 1985). Les cyclones, bien que peu fréquents dans cette région, peuvent occasionner d'importants dégâts.

Menaçant le village d'Étang-Salés-Hauts, ces dunes sont devenues dès 1871 le siège d'un important programme de reboisement utilisant principalement le filao (*Casuarina equisetifolia*). La forêt ainsi constituée a conservé une fonction exclu-

sive de protection tout en restant régulièrement entretenue jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, période pendant laquelle elle fut en partie rasée pour approvisionner notamment les chaudières de locomotives, les fours à chaux et les sucreries. Elle connut dès lors une longue période de vicissitudes pendant laquelle elle n'a cessé de se dégrader jusqu'en 1985, première année de mise en œuvre d'un plan de rénovation établi sur 15 ans. Face à un important problème de dépérissement des filaos (TASSIN *et al.*, 1997), une diversité d'espèces a été privilégiée.

Aujourd'hui, la forêt d'Étang-Salé est donc principalement constituée d'un ensemble de vieux peuplements de filaos non encore rénovés, et de jeunes plantations d'essences exotiques (essentiellement *Acacia auriculiformis*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Khaya senegalensis*) au sein desquelles se développe parfois un sous-bois à *Albizia lebbek* (CHRÉTIEN, 1993).

RELEVÉS D'AVIFAUNE

L'étude porte sur un échantillon de 31 parcelles de 100 m x 100 m représentant environ 3 % du massif forestier, choisies pour offrir dans leur ensemble une grande diversité de situations. Chaque parcelle est délimitée à l'aide d'un topo-fil. Les relevés d'avifaune sont réalisés en parcourant chaque parcelle selon deux transects suivis en sens inverse l'un de l'autre et distants de 50 m. Le premier transect débute à 25 m du bord de la parcelle. Chaque couple de transects est parcouru durant une durée totale de 20 min. Tous les contacts d'oiseaux (individus vus ou identifiés au chant) sont répertoriés sans rechercher un recensement exhaustif, mais en se basant sur des Indices Ponctuels d'Abondance I.P.A. (BLONDEL, FROCHOT, 1970). Chaque parcelle élémentaire n'est parcou-

vue qu'une fois. Les relevés, effectués du 16 au 25 octobre 1996, entre 6 h et 10 h du matin, portent sur 13 espèces d'oiseaux. Les informations complémentaires se rapportant à l'avifaune prospectée sont tirées de divers guides ornithologiques (MICHEL, 1992 ; LANGRAND, BRETIGNOLLE, 1995 ; BARRÉ *et al.*, 1996 ; PROBST, 1997).

CARACTÉRISATION DE LA VÉGÉTATION

Chaque parcelle élémentaire est parallèlement décrite sur la base de trois variables descriptives de peuplements. L'âge (noté AGE), donné en années, est déterminé à partir des plans d'aménagement de la forêt. La hauteur (HAU) dominante, exprimée en mètres, est évaluée à l'aide d'une perche télescopique servant de repère.

Il est établi que les oiseaux restent beaucoup plus associés à des structures de peuplements forestiers qu'à des espèces végétales particulières (BLONDEL, 1995). Aussi, plutôt que d'entreprendre des relevés d'essences forestières, nous avons préféré nous baser sur l'estimation des structures des peuplements rencontrés. Un indice de structure I_s est ainsi calculé, à partir des taux de recouvrement moyen de la végétation notés C_i , à des classes de hauteur échelonnées selon une progression logarithmique (C1: 0 à 0,5 m, C2: 0,5 à 1 m, C3: 1 à 2 m, C4: 2 à 4 m, C5: 4 à 8 m, C6: 8 à 16 m, C7: 16 à 32 m). Ces taux de recouvrement sont estimés visuellement à l'aide d'un «stratiscop» (BLONDEL, CUVILLIER, 1977), constitué d'un ensemble de grilles plus ou moins noircies en fonction des valeurs auxquelles elles sont respectivement associées. On calcule alors un indice de structure du peuplement forestier établi en sommant les taux de recouvrement pour chaque classe de hauteur, de ma-



Les essences au feuillage bien fourni (ici : *Pithecellobium dulce*) ont un indice de structure élevé, propice à l'accueil de nombreux oiseaux.
Species with plentiful foliage (here: Pithecellobium dulce) have a high structural index, suitable for playing host to lots of birds.

nière pondérée par les amplitudes de hauteur respectives pour chaque classe. Après regroupement, on obtient :

$$I_s = (C1 + C2)/2 + C3 + 2 C4 + 4 C5 + 8 C6 + 16 C7.$$

CARACTÉRISATION DE L'ENVIRONNEMENT

En s'aidant d'une carte au 1/10 000, on évalue ensuite l'importance relative des différentes composantes du paysage à l'intérieur d'un carré de 500 m x 500 m, centré sur le milieu de chaque parcelle échantillonnée. Sont ainsi appréhendées les unités suivantes représentant neuf variables de milieu complémentaires aux trois variables descriptives de peuplements : arrières-plages (AR), boisements de moins de 2 m (A_{-2}), boisements de plus de 2 m (A_{+2}), buissons de moins de 2 m (B_{-2}), buissons de plus de 2 m (B_{+2}), voiries (VOI), pelouses (PEL), ravines (RAV), espaces verts (ESV). Ces neuf variables sont exprimées en pourcentage de milieu recouvert. Le seuil de 2 m, distinguant respecti-

vement les variables A_{-2} et A_{+2} , B_{-2} et B_{+2} , est retenu de manière arbitraire.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Chaque parcelle d'échantillonnage est alors associée à un jeu de deux tableaux de 31 lignes : un tableau «avifaune» avec 13 variables et un tableau «milieu» avec 12 variables. L'ensemble de l'analyse statistique est réalisé à l'aide du logiciel ADE. Une analyse en composantes principales est d'abord réalisée sur chacun des tableaux préalablement centrés et réduits. Puis la matrice des corrélations de chaque tableau est établie. Dans un second temps, une analyse en composantes principales sous variables instrumentales (ACPVI) est menée : on examine alors la part de variance totale du tableau «oiseau» expliquée par le tableau «milieu». Le nombre de relevés restant faible, la validité des résultats est ensuite estimée au moyen d'un ensemble de 10 000 permutations

aléatoires des lignes des deux tableaux. La part due au hasard dans l'explication du tableau «avifaune» par le tableau «milieu» est alors évaluée.

RÉSULTATS

ORGANISATION RELATIVE DES COMMUNAUTÉS D'OISEAUX

La matrice des corrélations obtenue à partir du tableau centré et réduit des relevés d'avifaune fait notamment apparaître des corrélations positives significatives entre *Foudia madagascariensis* et *Zosterops borbonicus borbonicus* ($r = 0,589$), *Geopelia striata* et *Streptopelia picturata* ($r = 0,430$), *Passer domesticus* et *Ploceus cucullatus spilonotus* ($r = 0,572$), *Streptopelia picturata* et *Zosterops borbonicus borbonicus* ($r = 0,555$). Ces corrélations apparaissent sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP des relevés d'oiseaux, dont l'axe 1 sépare le Bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus*), espèce envahissante récente, des autres oiseaux. L'axe 2 sépare quant à lui les espèces de milieu ouvert (à gauche) des espèces de milieu fermé (à droite), cf. fig. 1.

RÉSULTATS DE L'ACPVI

Le tableau ci-contre obtenu par l'ACPVI transcrit les relations entre les tableaux «avifaune» et «milieu». La décomposition de l'inertie du tableau des relevés d'avifaune laisse apparaître que 57 % de la variance sont expliqués par les variables du milieu, ce qui est très satisfaisant et justifie *a posteriori* le recours à l'ACPVI. Le test de permutations (Subspace Test, ADE) montre que cette forte valeur n'est pas due à un hasard lié à un trop faible nombre de relevés ($X > \text{Obs} : 7$; fréquence : 7 10-4).

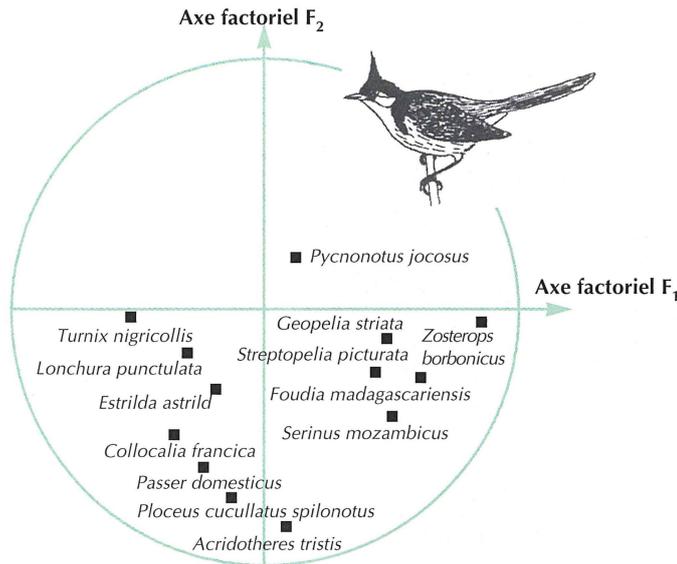


Figure 1. Plan factoriel 1-2 de l'ACP du tableau des relevés d'avifaune.
Factorial plan 1-2 of the ACP of the table of avifauna surveys.

Lonchura punctulata et le taux de boisements de moins de 2 m ($r = 0,49$), *Serinus mozambicus* et l'indice de structure ($r = 0,68$), *Streptopelia picturata* et le taux de ravines ($r = 0,42$), *Turnix nigricollis* et le taux de pelouses ($r = 0,51$), *Zosterops borbonicus borbonicus* et l'âge du peuplement ($r = 0,46$), l'indice de structure ($r = 0,54$) et le taux de buissons de plus de 2 m ($r = 0,43$).

Certaines espèces d'oiseaux apparaissent corrélées à des variables du peuplement tandis que d'autres demeurent plus sensibles à l'environnement général du site. L'aménagiste doit en tenir compte s'il vise à promouvoir une diversité biologique optimale.

Un schéma de synthèse est proposé en figure 2, p. 42, mettant en relation les unités d'aménagement du massif forestier d'Etang-Salé et les espèces d'oiseaux que l'on y rencontre préférentiellement. La rénovation des peuplements âgés de filaos constitue une perturbation responsable d'une recomposition du peuplement avifaunaire.

Ce tableau met en évidence des corrélations positives significativement élevées entre *Acridotheres tristis* et l'importance de la voirie ($r = 0,61$), *Collocalia francica* et le taux de pelouses ($r = 0,56$), *Estrilda astrild*

et l'importance des arrière-plages ($r = 0,67$), *Foudia madagascariensis* et la hauteur dominante ($r = 0,62$) ainsi que l'indice de structure de peuplement ($r = 0,67$), *Geopelia striata* et le taux de ravines ($r = 0,54$),

CORRÉLATION ENTRE LES DEUX JEUX DE VARIABLES « AVIFAUNE » ET « MILIEU »

	AGE	HAU	I _s	AR	A ₋₂	A ₊₂	B ₋₂	B ₊₂	VOI	PEL	RAV	ESV
<i>Acridotheres tristis</i>	0.27	0.27	0.26	0.27	0.02	-0.12	-0.05	0.02	0.61	0.02	0.04	-0.13
<i>Collocalia francica</i>	0.02	-0.28	-0.14	-0.07	-0.14	-0.35	0.34	-0.17	0.07	0.56	-0.11	-0.04
<i>Estrilda astrild</i>	0.10	0.16	0.15	0.67	0.27	-0.16	0.01	-0.03	-0.08	-0.13	-0.06	-0.05
<i>Foudia madagascariensis</i>	0.28	0.62	0.67	0.13	-0.22	0.16	-0.32	0.37	0.15	-0.33	-0.20	0.14
<i>Geopelia striata</i>	0.04	0.09	0.20	-0.10	0.23	-0.00	-0.17	0.27	-0.19	-0.18	0.54	-0.05
<i>Lonchura punctulata</i>	-0.18	-0.14	-0.21	-0.09	0.49	-0.01	-0.09	0.11	-0.09	-0.09	-0.07	-0.04
<i>Ploceus cucullatus spilonotus</i>	0.14	0.26	-0.03	0.31	-0.14	-0.09	0.14	-0.13	-0.18	-0.11	-0.07	0.11
<i>Passer domesticus</i>	0.03	0.22	-0.03	0.00	-0.17	-0.12	-0.07	-0.20	-0.22	0.16	-0.04	0.27
<i>Pycnonotus jocosus</i>	0.23	0.13	0.23	0.04	-0.05	0.32	-0.13	-0.14	0.12	-0.08	-0.08	-0.13
<i>Serinus mozambicus</i>	-0.04	0.15	0.68	-0.12	0.17	0.09	-0.12	0.34	-0.07	-0.08	-0.02	-0.15
<i>Streptopelia picturata</i>	0.38	0.12	0.06	0.21	-0.12	0.00	0.11	-0.14	0.09	-0.08	0.42	-0.09
<i>Turnix nigricollis</i>	-0.18	-0.21	-0.31	-0.21	0.23	-0.53	-0.17	-0.11	-0.10	0.51	0.08	0.30
<i>Zosterops borbonicus</i>	0.46	0.43	0.54	0.07	-0.22	0.26	-0.16	0.43	0.35	-0.25	0.13	-0.27



Vieux peuplements : des réservoirs de biodiversité malgré une apparence de dénuement.
Old stands: biodiversity reservoirs despite the appearance of bareness.

nistique. La structure du peuplement d'oiseaux évolue avec celle du peuplement végétal, le stade le plus favorable à une avifaune diversifiée

correspondant à un peuplement élevé à plusieurs strates de végétation, pour lequel l'indice de structure est dès lors très élevé.

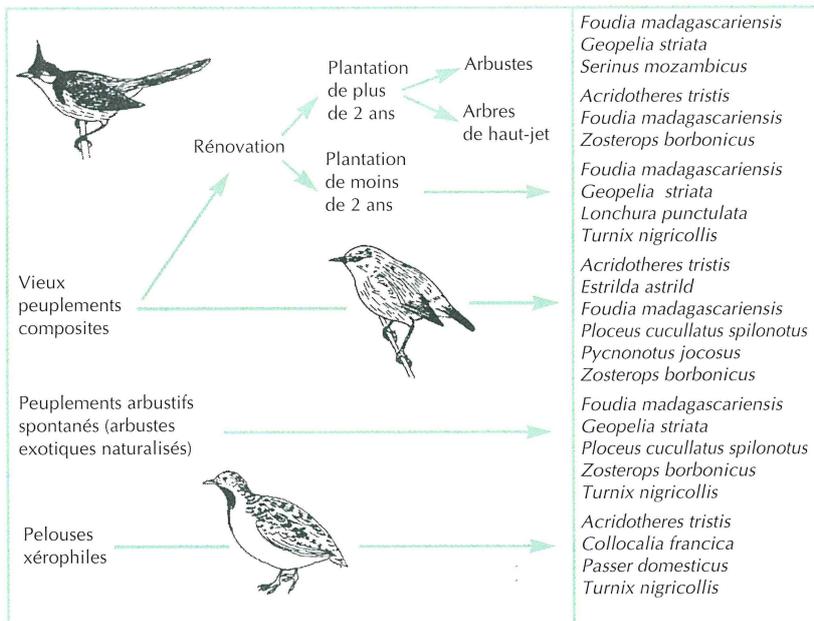


Figure 2. Organisation de l'avifaune en fonction des unités de milieu.
Organization of the avifauna based on environmental units.

MODÉLISATION DU MILIEU PAR DES ESPÈCES D'OISEAUX PARTICULIÈRES

La figure 3, ci-contre, est obtenue par la fonction d'automodélisation du logiciel ADE. Elle transcrit la qualité de la régression de chacun des relevés des différents oiseaux sur le tableau «milieu» : les résidus apparaissent sous la forme de segments verticaux marquant pour chaque parcelle élémentaire la différence entre les relevés de l'espèce (représentés par des carrés) et le modèle de la régression (représenté par la courbe). Pour *Estrilda astrild*, *Foudia madagascariensis* et *Geopelia striata*, les résidus ont une taille très réduite. Ces trois espèces sont bien exprimées par la régression et modélisent donc bien le milieu.

DISCUSSION

L'avifaune présente dans la forêt d'Etang-Salé est composée d'une seule espèce forestière endémique (*Zosterops borbonicus borbonicus*). *Turnix nigricollis*, également présent à Madagascar et *Collocalia francica*, propre aux îles Mascareignes, sont également des espèces indigènes. Le statut d'indigène de *Streptopelia picturata* et *Foudia madagascariensis*, tous deux d'origine malgache, reste incertain (BARRÉ et al., 1996). Les autres espèces ont toutes été introduites, dont *Pycnonotus jocosus* qui occupe une position à part sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP réalisé à partir du tableau centré-réduit des relevés d'avifaune (cf. figure 1, p. 41).

Les plantations forestières sont généralement pauvres en espèces indigènes, a fortiori en espèces endémiques. L'exemple de *Foudia rubra* à l'île Maurice, qui nidifie préférentiellement dans les peuplements de *Cryptomeria japonica* (SAFFORD, 1997), montre que ce principe gé-

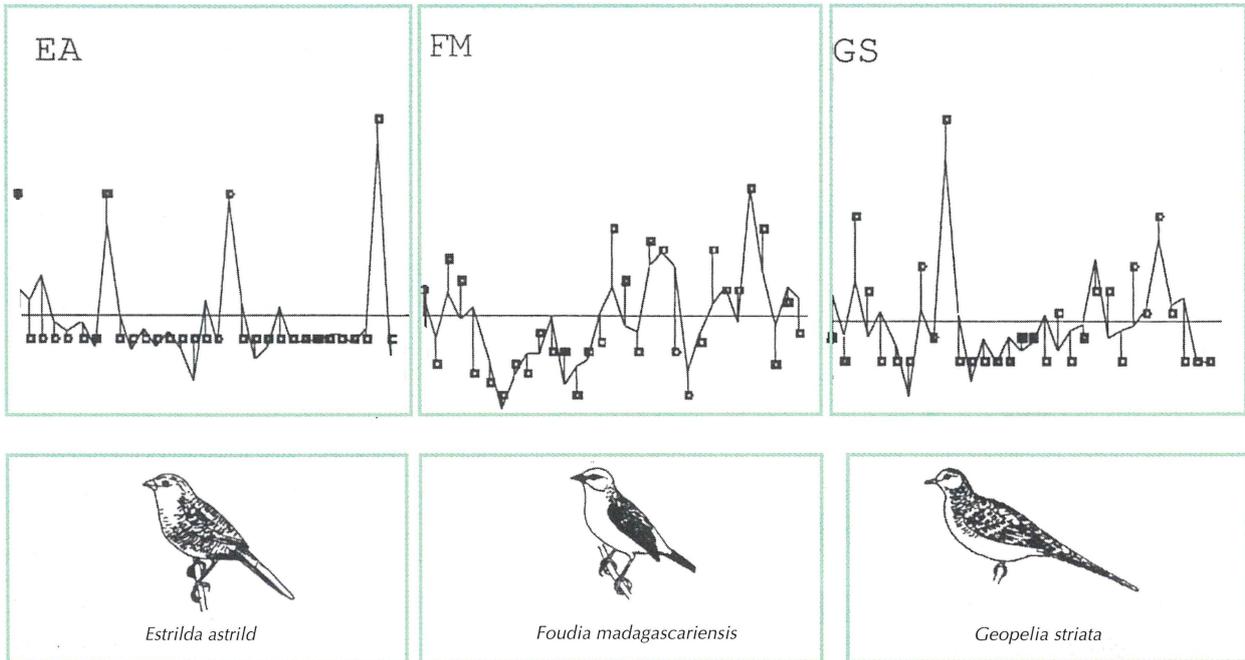


Figure 3. Modélisation du milieu forestier d'Etang-Salé par trois espèces d'oiseaux : *Estrilda astrild*, *Foudia madagascariensis*, *Geopelia striata*.

Modelling of the Etang-Salé forest habitat by three species of birds: *Estrilda astrild*, *Foudia madagascariensis*, *Geopelia striata*.

néral doit rester nuancé. Il n'en reste pas moins qu'une bonne partie du peuplement d'oiseaux étudié est constitué d'opportunistes écologiques à vaste répartition géographique.

Il n'est malheureusement plus possible de comparer ces relevés avec des observations réalisées sur des formations boisées indigènes, de la série dite mégatherme semi-xérophile, celles-ci ayant à peu près complètement disparu sur les basses pentes de la région ouest, hormis dans quelques grandes ravines (CADET, 1980). On constate néanmoins l'absence de *Perdica asiatica* et *Francolinus pondicerianus*, oiseaux propres aux savanes herbacées et de tempérament très discret, qui exigent de ce fait une pression d'échantillonnage du milieu plus élevée pour être pris en compte dans les relevés.

La diversité avifaunistique en forêt d'Etang-Salé reste faible, avec un

maximum de sept espèces dans les vieux peuplements composites, dont certains arbres morts sont conservés sur pied. Cette pratique est en général favorable à la conservation de la biodiversité (THIOLLAY, 1997). Ces mêmes peuplements sont également

riches en insectes, dont certaines espèces sont endémiques de la zone (GUILLERMET, comm. pers.).

Parmi les trois oiseaux qui modélisent le mieux leur milieu (cf. fig. 3), *Foudia madagascariensis*, pour lequel des corrélations fortes se mani-



Foudia madagascariensis : un indicateur de la structure des peuplements.
Foudia madagascariensis: a stand structure indicator.

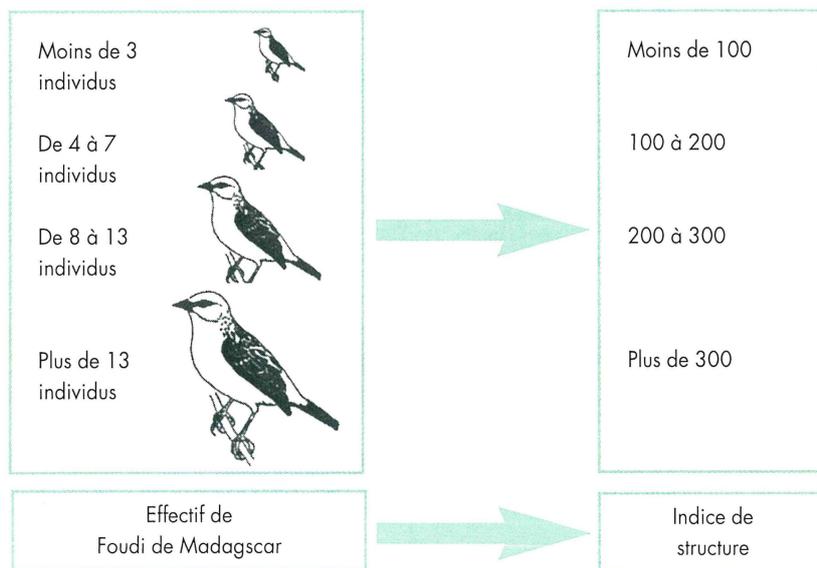


Figure 4. Utilisation du Foudi de Madagascar comme indicateur de structure des peuplements forestiers sur le littoral réunionnais.
Use of the Madagascar Fody as an indicator of forest stand structure on the Reunion coast.

festent notamment avec la hauteur et la structure des peuplements végétaux, pourrait constituer un indicateur de milieu privilégié. Plus particulièrement, *F. madagascariensis* peut être considéré comme un traducteur de la structure de la végétation, ce qui évite de recourir à un ensemble de mesures au demeurant

fastidieuses. Ce recensement est aisé en période de nidification pendant laquelle les mâles sont très aisément repérables tant par leur chant que par leur livrée nuptiale qui leur vaut le nom commun de Cardinal. La figure 4 fait apparaître les correspondances simples qui s'établissent ainsi entre les classes d'ef-

fectifs recensés et l'indice de structure des peuplements qui se rattachent habituellement à ces classes.

Cette étude montre que la conduite de peuplements monospécifiques en zones sèches est à éviter si l'on veut maintenir une certaine biodiversité, les peuplements composites multistratifiés présentant la diversité d'oiseaux la plus élevée. Le mélange d'espèces ou le maintien d'essences buissonnantes ou arbustives comme celui d'arbres morts conservés sur pied est au contraire à préconiser. En outre, l'utilisation de certaines espèces d'oiseaux en tant qu'indicateurs de milieu est envisageable, comme le témoigne le recours possible à *Foudia madagascariensis* pour évaluer rapidement et aisément la structure des peuplements forestiers plantés le long du littoral réunionnais. □

Remerciements : Les auteurs remercient Emmanuel TILLARD de les avoir aidés dans le traitement statistique des données.

► Jacques TASSIN
 Jean-Noël RIVIERE
 CIRAD-Forêt
 7, chemin de l'IRAT
 97410 SAINT-PIERRE

En l'an **2000**

le XXI^e CONGRÈS MONDIAL de IUFRO
aura lieu à
KUALA LUMPUR - MALAISIE
du 7 au 12 août au Putra World Trade Centre

Pour en savoir plus : Exhibition Sub-Committee
 IUFRO Secretariat - Forest Research Institute Malaysia, Kepong
 52109 KUALA LUMPUR - Malaisie



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRÉ N., BARAU A., JOUANIN C., 1996.
Oiseaux de la Réunion. Paris, France, Les Editions du Pacifique, 207 p.
- BLONDEL J., 1995.
Biogéographie : approche écologique et évolutive. Masson, Collection Ecologie 26, 297 p.
- BLONDEL J., CUVILLIER R., 1977.
Une méthode simple et rapide pour décrire les habitats d'oiseaux : le stratiscopie. *Oikos* 29 : 326-331.
- BLONDEL J., FERRY C., FROCHOT B., 1973.
Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité. *Alauda* 41 : 63-84.
- BLONDEL J., FROCHOT B., 1970.
La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par «station d'écoute». *Alauda* 38 (1) : 55-71.
- BROSSET A., 1997.
Peuplement en oiseaux des plantations d'eucalyptus dans la région de Pointe-Noire, Congo. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 52 : 133-151.
- CADET TH., 1980.
La végétation de l'île de la Réunion, Tome I : Etude phytocéologique et phytosociologique. Saint-Denis, La Réunion, Imprimerie Cazal, 308 p.
- CHEssel D., LEBRETON J.D., PRODON R., 1982.
Mesures symétriques d'amplitude d'habitat et de diversité intra-échantillon dans un tableau espèces-relevés : cas d'un gradient simple. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 295 (20 septembre 1982), série III : 83-88.
- CHRÉTIEN L., 1993.
Bilan de cinq années d'expérimentations sylvoicoles en forêt de l'Etang-Salé. St. Pierre, La Réunion, CIRAD-Forêt, 49 p. + annexes.
- JAMES F.C., RATHBUN S., 1981.
Rarefaction, relative abundance and diversity of avian communities. *The Auk* 98, 785-800.
- LOUMETO J.J., BERNHARD-REVERSAT F., 1997.
La biodiversité dans les plantations d'arbres à croissance rapide au Congo. *Bois et Forêts des Tropiques* 253 (3) : 57-61.
- MICHEL C., 1992.
Birds of Mauritius. Editions de l'océan Indien, 46 p.
- O.N.F., 1985.
Plan d'aménagement de la forêt de l'Etang-Salé. Saint-Denis, 2 volumes + annexes, St. Pierre, La Réunion, Office National des Forêts.
- PAGES J.M., 1984.
Application de la notion de niveau de perception à l'étude des peuplements d'oiseaux palustres méditerranéens. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 39 : 297-336.
- PRODON R., LEBRETON J.D., 1981.
Breeding avifauna of a Mediterranean succession : the hom oak and cork oak series in the eastern Pyrenees, 1. Analysis and modelling of the structure gradient. *Oikos* 37 : 21-38.
- PROBST J.M., 1997.
Animaux de la Réunion. Guide d'identification des oiseaux, mammifères, reptiles et amphibiens. Sainte-Marie, La Réunion, Editions Azalées, 167 p.
- RAUNET M., 1991.
Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole, Montpellier, France, CIRAD, 483 p. + cartes.
- ROEDERER Y., 1991.
Expérimentation forestière et agroforestière. Essais zones sèches - Côte ouest. *Bois et Forêts des Tropiques* 229 : 51-60.
- SAFFORD R.J., 1997.
Nesting success of the Mauritius Fody *Foudia rubra* in relation to its use of exotic trees as nest sites. *IBIS* 139 : 555-559.
- TASSIN J., HERVÉ C., LESUEUR D., RIVIERE J.N., 1997.
Le dépérissement du filao à la Réunion. *Bois et Forêts des Tropiques* 253 : 37-46.
- TASSIN J., MALLET B., PELTIER R., 1997.
Impact de la jachère à *Acacia mearnsii* sur l'avifaune réunionnaise. In : L'agroforesterie pour un développement rural durable. Atelier international, Montpellier, France, 23-28 juin 1997, p.175-180.
- THIOLLAY J.M., 1997.
Ecologie ou économie : quel compromis pour une gestion forestière acceptable par tous ? *Revue Forestière Française* 2 : 153-158.

R É S U M É

ÉVALUATION DE L'IMPACT DES PLANTATIONS FORESTIÈRES SUR L'AVIFAUNE :
APPLICATION AU LITTORAL RÉUNIONNAIS

Les relations entre les composantes d'un espace forestier du littoral réunionnais composé d'essences exotiques (plantées à des fins de protection et d'écotourisme) et la structure des communautés d'oiseaux qu'il abrite sont examinées. Au sein d'un échantillon de 31 parcelles d'un hectare, des relevés ont porté sur treize espèces d'oiseaux selon la méthode dite des indices ponctuels d'abondance (IPA), et le milieu a été caractérisé selon douze variables descriptives. Les données ont été traitées selon une analyse canonique des correspondances.

Les relations entre l'avifaune et les différentes variables du milieu diffèrent d'une espèce à l'autre, et plus globalement d'une guildes d'oiseaux à une autre. Un modèle de succession écologique intégrant les oiseaux dans l'évolution des peuplements forestiers plantés est précisé. Le Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*) est envisagé comme bio-indicateur de la structure des peuplements végétaux. Les modalités générales de distribution de l'avifaune en fonction de la composition de ce milieu sont discutées. Le maintien d'espèces arbustives de sous-bois et la conservation d'arbres morts sur pied sont recommandés afin d'accroître la biodiversité générale des reboisements du littoral réunionnais.

Mots-clés : Plantations forestières. Ecologie forestière. Etude d'impact. Oiseau. Population animale. Dynamique des populations. Réunion.

A B S T R A C T

A METHOD OF ASSESSING THE IMPACT OF FOREST PLANTATIONS ON AVIFAUNA:
APPLICATION TO THE REUNION COAST

Relationships between the components of a coastal forested area on the island of Reunion, made up of exotic species (planted with a view to protection and eco-tourism), and the structure of the bird communities living in it are examined. In a sampling of 31 one-hectare plots, surveys focused on thirteen species of birds, using the so-called specific index of abundance [SIA] method, and the habitat was defined on the basis of twelve variable descriptions. The data were processed using a canonical correspondence analysis.

The relationships between the avifauna and the different variables of the habitat differ from one species to the next, and more generally from one guild of birds to the next. A model of ecological succession incorporating birds in the evolution of planted forest stands is specified. The Madagascar Fody (*Foudia madagascariensis*) is seen as a bio-indicator of the structure of plant stands.

The general forms of avifauna distribution based on the composition of this habitat are discussed. The maintenance of bushy underwood species and the preservation of standing dead trees are recommended in order to increase the general biodiversity of reforested areas on the coast of Reunion.

Key words : Forest plantations. Forest ecology. Environmental impact. Birds. Animal population. Population dynamics. Reunion.

R E S U M E N

UN MÉTODO PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES SOBRE LA AVIFAUNA :
APLICACIÓN AL LITORAL DE LA REUNIÓN

Se analizan las relaciones entre los componentes de un espacio forestal del litoral de La Reunión, compuesto de especies exóticas (plantadas para la protección y el ecoturismo), y la estructura de las comunidades de aves que éste alberga. En una muestra de 31 parcelas de una hectárea, se efectuaron anotaciones sobre trece especies de aves mediante el método de índices puntuales de abundancia (IPA) y se caracterizó el medio en función de doce variables descriptivas. Los datos se trataron mediante análisis canónico de correspondencias.

Las relaciones entre la avifauna y las diferentes variables del medio difieren de una especie a otra y, de forma más global, de una comunidad de aves a otra. Se especifica un modelo de sucesión ecológico que integra las aves en la evolución de las masas forestales plantadas. El Tejedor de Madagascar (*Foudia madagascariensis*) es considerado como bio-indicador de la estructura de las masas vegetales.

Se examinan las modalidades generales de distribución de la avifauna en función de la composición del medio. Se recomienda el mantenimiento de las especies arbustivas de sotobosque y la conservación de los árboles muertos no caídos para acrecentar la biodiversidad general de las reforestaciones del litoral reunionés.

Palabras clave : Plantación forestal. Ecología forestal. Impacto ambiental. Pájaros. Población animal. Dinámica de las poblaciones. La Reunión.



SYNOPSIS

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF FOREST PLANTATIONS ON AVIFAUNA

Application to the Reunion coast

JACQUES TASSIN, JEAN-NOËL RIVIÈRE

Simple methods still have to be developed so that foresters may assess the impact of silvicultural management on biodiversity. In this respect, the article suggests a simple method, tried and tested on forest plantations on the coast of the island of Reunion. This method helps to assess the correspondence between the structure of the forest biotope represented and the composition of the avifauna on the spot. Communities of nesting birds can in fact be regarded as a biodiversity indicator that is relevant for large areas.

METHODS

The example discussed involves 31 one-hectare plots representing 3% of the Etang-Salé forest, situated on the lower slopes of western Reunion. For each plot the avifauna is listed using an avifauna index obtained from two 50-metre strips in each plot. All contacts with birds are recorded during a walk across the plot timed systematically to last 20 minutes. The vegetation is described with particular emphasis on the average levels of cover of the different plant strata. Based on this, an overall cover index is worked out. These strata are chosen at random based on height classes drawn up in accordance with a logarithmic sequence. The habitat units are

also described in relation to their relative size within a 25 ha unit on the plot prospected.

The data processing is carried out in the form of a Principal Component Analysis with Instrumental Variables, whereby it is possible to correlate the organization of the avifauna and that of the habitat. The variance factor of the table of avifauna readings, explained by the table of mesological readings, is then examined. The number of readings is low in the case of a deliberately simplified method, so the validity of the findings is estimated on the basis of a random permutation test of the lines of the two tables. It is actually necessary to be sure that the explanation of the avifauna organization by habitat variables is not due to chance.

The matrix of the correlations obtained from the centred and reduced table of avifauna readings permits, in an initial phase, to show possible correlations between different bird species. Some of them, furthermore, appear to be correlated to stand variables while others are more sensitive to the general environment of the site. The planner must take this into account if his sights are set on optimal biodiversity.

RESULTS AND DISCUSSION

In the case in question, the forest plantations are poor in indigenous species and present low fauna diversity, with a maximum of seven species in the old composite stands. Three species of birds, *Foudia madagascarensis*, as well as *Estrilda astrild* and *Geopelia striata* effectively model the habitat in which they develop. The residues of the regression of readings of each one of these species on the descriptive variables of the habitat are in fact very low. *Foudia madagascarensis* may, in particular, be used as a plant structure indicator.

The study tends to show that the behaviour of monospecific stands, usually with a low structural index, is to be avoided if one wants to maintain a certain biodiversity, with multi-layered composite stands showing, conversely, the highest bird diversity. From this viewpoint, in addition, a mixture of species and the maintenance of bushy and shrubby species is recommended, as is the keeping of dead trees. In the case in question, the stage most favourable to the accommodation of a diversified avifauna corresponds to a high, aged stand with several strata of vegetation. □