



HAL
open science

Indicateurs de biodiversité forestière utilisant la richesse, l'abondance, et la composition en essences : réflexions méthodologiques à propos de leur mise à l'épreuve

Frédéric Gosselin

► To cite this version:

Frédéric Gosselin. Indicateurs de biodiversité forestière utilisant la richesse, l'abondance, et la composition en essences : réflexions méthodologiques à propos de leur mise à l'épreuve. *Revue forestière française*, 2012, 64 (5), p. 733 - p. 739. 10.4267/2042/50660 . hal-00934140

HAL Id: hal-00934140

<https://hal.science/hal-00934140>

Submitted on 21 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

1 **Indicateurs de biodiversité forestière utilisant la richesse, l'abondance, et**
2 **composition en essences : réflexions méthodologiques à propos de leur mise**
3 **à l'épreuve**
4

5
6 Frédéric Gosselin ¹

7
8 ¹ IRSTEA Nogent, UR EFNO, F-45290 Nogent-sur-Vernisson, France
9

10
11 **RÉSUMÉ :**

12 La richesse et la pureté en essences sont les deux premiers indicateurs du critère 4 de gestion
13 forestière durable, relatif à la biodiversité. Nous proposons ici quelques réflexions sur l'étape
14 consistant à tester le caractère indicateur de ces deux indicateurs – ainsi que d'autres
15 indicateurs proches. Nous insistons notamment sur l'intérêt potentiel d'indicateurs incluant
16 l'abondance – ici la surface terrière - des essences et sur l'importance d'une approche à la fois
17 écologique (mécanismes, domaine de validité) et quantitative (importance de la relation entre
18 indicateur et biodiversité) pour tester ces indicateurs.

19 Mots-clés : modèle statistique ; domaine de validité
20

21 **ABSTRACT :**

22 Tree species richness and dominance are the first two indicators of the biodiversity criterion
23 of sustainable forest management in France. We here propose some methodological
24 considerations on the testing of the relationship between these indicators – and related ones –
25 and biodiversity. We in particular insist on the potential interest of indicators that would
26 include tree species abundance – here basal area – and on the importance of an approach that
27 would be both ecological and quantitative.
28
29
30
31

32 Les indicateurs de biodiversité utilisés pour évaluer le critère 4 de gestion durable des forêts
33 en France et en Europe – critère qui concerne la biodiversité – ont été choisis sur la base d'un
34 consensus d'experts (cf. article Barthod), très souvent fondé sur leur calculabilité à partir des
35 données dendro-écologiques disponibles, et leur caractère intuitif. Ces mêmes critères
36 expliquent en grande partie pourquoi les forestiers appréhendent souvent la biodiversité à
37 travers la diversité des essences d'arbres et parfois de la flore vasculaire. En parallèle, le
38 thème du lien entre diversité en essences et biodiversité est un thème assez ancien en
39 écologie : en ornithologie forestière par exemple, la diversité en essences est étudiée –
40 souvent en comparaison de la diversité structurale depuis au moins les années 1960
41 (MacArthur et al., 1962; MacArthur and MacArthur, 1961). Il n'est donc pas étonnant que la
42 richesse en essences et la pureté du peuplement en essences (indicateurs 4.1 et 4.1.1 de
43 Ministère de l'Agriculture et de la Pêche 2011) aient été retenus comme indicateurs de
44 biodiversité.

45 Pourtant, le lien entre ces indicateurs et la biodiversité, dans le cadre de l'évaluation de la
46 gestion forestière durable, n'est pas si évident. L'hypothèse implicite qui est faite en utilisant
47 ces indicateurs est soit qu'on s'intéresse à une toute petite partie de la biodiversité – celle des
48 arbres – soit que les variations de cette petite partie de biodiversité est un bon modèle de la
49 variation d'autres parties de la biodiversité. En adoptant cette dernière optique – qui sera celle
50 de cet article – de multiples questions apparaissent rapidement lorsqu'on souhaite interpréter
51 les variations de ces indicateurs – et donc éventuellement prendre une décision sur cette base.
52 Pour cela, au moins les caractéristiques suivantes sont à préciser (Gosselin et al., 2008,
53 Gosselin & Gosselin, 2008) :

- 54 (C1) les publications, hypothèses, et théories qui justifient cet indicateur ;
- 55 (C2) les pans de biodiversité représentés– par exemple les groupes taxinomiques ;
- 56 (C3) les conditions écologiques de validité– est-ce un indicateur valable dans tous les
57 types de stations ? Dans tous les stades successionnels ?...
- 58 (C4) la direction et la force de la relation avec la biodiversité – en prenant bien
59 soin de ne pas confondre force et significativité statistique (Barbier et al., 2009) ;
- 60 (C5) la nature de la relation avec la biodiversité : s'agit-il d'un indicateur à
61 raisonner en moyenne, en variance, voire en équitabilité (Bergès et al., 2002,
62 Gosselin & Gosselin, 2008) ? La relation est-elle linéaire, non-linéaire, à seuil ?

63
64 Dans cet article, nous souhaiterions développer certaines de ces caractéristiques en insistant
65 sur quatre points de méthode qu'il nous semble important de mettre en œuvre pour tester le

66 caractère indicateur d'indicateurs de biodiversité. Comme nous le discuterons en fin d'article,
67 la réflexion menée ici a une valeur plus générale et concerne bien d'autres indicateurs mais
68 aussi bien d'autres domaines que l'écologie ; elle fait par exemple écho aux réflexions faites
69 par Hill (1965) dans le domaine médical sur les critères qui permettent de distinguer une
70 simple corrélation d'une relation causale. Nous reviendrons sur ce point en discussion.

71
72
73

74 **1. Faire le tour de la littérature scientifique et de l'expertise disponible**

75 Un état de la littérature permet déjà de se faire une première idée sur les connaissances
76 relatives au lien entre un indicateur et la biodiversité (cf. caractéristique C1 de
77 l'introduction). Cela permet aussi de mieux savoir s'il existe des théories ou des idées de
78 mécanismes rendant compte de cette relation.

79 La richesse locale en essences est une caractéristique du peuplement arboré reliée à de
80 nombreux gradients écologiques : à l'échelle mondiale, à la latitude (Hillebrand, 2004) ; au
81 niveau plus local, au type de station et au stade successional (voir notamment Bergès,
82 2004). Dans la majorité des forêts, la richesse locale en essences est par ailleurs façonnée
83 directement par l'action des sylviculteurs (dégagements, nettoiemnts, éclaircies, essence
84 objectif, normes sylvicoles...).

85 Les publications scientifiques et techniques rapportant une corrélation significative et
86 positive entre la richesse locale en essences et les différentes composantes de la "biodiversité"
87 – abondance totale, richesse spécifique, abondance ou fréquence d'espèces – sont relativement
88 peu nombreuses (quelques dizaines; Gosselin, 2004). Elles concernent principalement les
89 oiseaux (par exemple Poulsen, 2002) et la flore vasculaire (par exemple Hicks, 1980), mais
90 aussi les champignons. D'autres études rapportent l'absence de relation entre richesse locale
91 en essences et biodiversité, pour les oiseaux (Moss, 1979), les insectes saproxyliques (Okland
92 et al., 1996) ou la flore vasculaire (Barbier et al., 2009).

93 Au total, l'indicateur 4.1 de richesse en essences est un indicateur au domaine
94 d'application (taxinomique, écologique) mal défini : il est possible que pour certains groupes
95 taxinomiques il soit davantage pertinent en peuplement "adulte" que dans les autres types de
96 peuplements (Bersier & Meyer, 1994) ; nous ne savons pas très bien non plus si les effets sont
97 forts. C'est un indicateur non fortement contredit par la bibliographie, aux effets en général
98 positifs, et qui peut donc être gardé comme indicateur à augmenter "en valeur moyenne", mais

99 avec un niveau de priorité (ou de poids) par rapport aux autres indicateurs de biodiversité
100 assez faible.

101

102 Pour résumer les tendances trouvées dans la bibliographie entre degré de mélange (indicateur
103 4.1.1) ou diversité en essences du peuplement et biodiversité, nous retiendrons que (cf.
104 Gosselin, 2004) :

105 1– les mélanges feuillus-conifères sont plus favorables à la biodiversité (Bryophytes
106 exceptées) que les peuplements purs résineux (il y a néanmoins des contre-exemples pour la
107 flore vasculaire ; cf. Barbier et al., 2008) ;

108 2– pour les mélanges entre feuillus, les résultats sont moins tranchés et peuvent varier.
109 Différentes publications indiquent néanmoins un effet négatif du mélange entre une essence
110 dominante feuillue et un sous-étage d'une essence tolérant mieux l'ombre sur la biodiversité
111 floristique, un phénomène baptisé "mésification" outre-atlantique (Barbier et al., 2009) ;

112 3– à l'échelle locale, les essences exotiques sont souvent défavorables à la diversité des
113 taxons associés étroitement aux arbres par rapport aux essences autochtones (ex : insectes
114 phytophages ; Kennedy & Southwood, 1984; Southwood & Kennedy, 1983). Il en va
115 différemment à l'échelle du paysage, par exemple du massif forestier – le mélange d'une
116 essence exotique à des essences autochtones au niveau du paysage pouvant entraîner une
117 augmentation de la richesse en espèces à l'échelle du paysage, par exemple pour les oiseaux
118 (Gjerde & Saetersdal, 1997). Ce phénomène global cache néanmoins des dynamiques
119 contrastées car s'il existe quelques espèces visiblement liées aux peuplements mélangés,
120 d'autres nécessitent des peuplements purs – le plus souvent d'essences autochtones – de taille
121 suffisante (Gosselin, 2004).

122 Au vu de ces premiers résultats, il nous semble donc prudent de promouvoir (Gosselin, 2004,
123 Gosselin et al., 2006) :

124 (i) l'accroissement du degré de mélange et de richesse en essences dans les peuplements
125 dominés par des essences exotiques ou des résineux : dans ce cas l'indicateur 4.1.1 de pureté
126 du peuplement serait donc un indicateur négatif de biodiversité, à diminuer « en moyenne » ;
127 et (ii) le maintien ou le développement de peuplements relativement purs et celui de
128 peuplement plus mélangés dans les peuplements constitués d'essences autochtones ou
129 feuillues : pour les essences autochtones ou feuillues, l'indicateur de pureté de peuplement
130 serait plutôt à interpréter en variance, c'est à dire qu'il faudrait chercher à augmenter sa
131 variance à l'échelle du paysage.

132 Si cette analyse est juste, nous avons donc affaire à un indicateur qui s'interpréterait
133 différemment suivant le contexte écologique, faisant écho aux caractéristiques (C3) et (C4)
134 mentionnées dans l'introduction.

135

136 **2. Etudier la relation entre indicateur et biodiversité sur plusieurs jeux** 137 **de données**

138

139 L'analyse de la littérature scientifique – qu'elle soit qualitative comme ci-dessus ou qu'elle
140 prenne la forme plus standardisée de méta-analyse – peut être utilement complétée par l'étude
141 de la relation entre indicateur et biodiversité sur de multiples jeux de données, et notamment
142 des jeux de données collectés dans le contexte d'utilisation de l'indicateur. On peut pour cela
143 utiliser des jeux de données issus de la recherche. On peut aussi mobiliser – quand ils existent
144 – des jeux de données fournissant à la fois des données de biodiversité et les données
145 nécessaires pour calculer l'indicateur. C'est ce que Stéphane Barbier a fait dans sa thèse
146 (Barbier, 2007), en analysant des données récoltées par le Cemagref de Nogent-sur-Vernisson
147 en Brie Francilienne, et des jeux de données de l'IFN, les deux jeux de données incluant à la
148 fois la flore, les données dendrométriques et les relevés écologiques, dans des régions proches
149 de la Brie Francilienne. Les résultats trouvés dans le projet mené par notre équipe en Brie
150 montraient une absence d'effet pour ce qui est de l'indicateur de richesse spécifique et de
151 pureté en essence sur la diversité floristique. Par contre, nous avons trouvé un résultat déjà
152 bien connu des gestionnaires et des scientifiques, à savoir l'effet négatif de la surface terrière –
153 et particulièrement de la surface terrière des essences d'ombre – sur la richesse spécifique et
154 surtout sur l'abondance de la plupart des groupes écologiques de la flore (Barbier et al., 2009).
155 Les résultats de l'analyse des données de l'IFN étaient qualitativement similaires à ceux de la
156 Brie – pas de lien significatif ou moins bon lien de la biodiversité floristique avec la richesse
157 en essences ou la pureté du peuplement, que dans des modèles incluant la surface terrière des
158 différentes essences. Par contre, d'un point de vue plus quantitatif, les relations trouvées dans
159 le jeu de données IFN étaient plus faibles que les relations trouvées dans notre jeu de données
160 Brie.

161

3. Analyser la relation en magnitude et pas seulement en significativité statistique

Cela nous amène à aborder notre troisième point de méthode : c'est qu'il faut autant que possible ne pas se contenter de la sacro-sainte significativité statistique pour résumer la relation entre indicateur et biodiversité. Il faut aussi porter une attention particulière à la magnitude de l'effet (cf. (C4) de l'introduction). C'est ce que nous avons fait dans Barbier et al., (2009), ce qui nous a conduits par exemple à distinguer parmi les résultats statistiquement non-significatifs :

– ceux qui correspondaient à des estimations suffisamment précises pour conclure à une relation négligeable entre richesse en essences et la richesse des groupes écologiques forestiers de la flore;

– ceux qui correspondaient à des estimations peu précises – cas de la relation entre richesse en essences et richesse des groupes floristiques non forestiers ou abondance des divers groupes écologiques – auquel cas les données disponibles ne nous permettent pas de conclure en faveur d'une relation négligeable ou non-négligeable.

Quant à la différence de magnitude des effets entre l'étude du Cemagref en Brie et l'analyse des données IFN, nous avons identifié deux pistes sur lesquelles nous travaillons actuellement (Biggs et al., 2009) :

(i) une variation de la relation entre biodiversité et indicateurs en fonction des conditions stationnelles ;

(ii) une explication par l'échelle des relevés dendrométriques – plus petits dans le cas de l'IFN – pouvant impliquer des estimateurs dendrométriques locaux très bruités – ce que l'on résume de manière imagée par le terme d'effet pépite – et par là même des estimateurs des effets des variables dendrométriques sur la biodiversité plus faibles (Biggs et al., 2009).

4. Promouvoir une vision plurielle de la biodiversité

Les résultats de la thèse de Stéphane Barbier résumés ci-dessus concernent la flore vasculaire – et pour les données de la Brie les bryophytes terricoles. Ces résultats tendraient à prouver que la richesse en essence et la pureté en essences ne sont pas de bons indicateurs de

194 biodiversité. Mais il faut tout de suite préciser : de biodiversité floristique. De fait, ces
195 indicateurs pourraient être des très bons indicateurs de la biodiversité d'autres groupes
196 taxonomiques. Il faut donc intégrer ces premiers résultats dans une interprétation incluant un
197 point de vue taxonomique plus large, comme nous y incitent avec justesse Bunnell &
198 Huggard (1999). Or, :

199 – pour d'autres groupes taxonomiques, plus directement liés aux arbres (insectes par
200 exemple comme les phytophages ou les xylophages primaires), il est possible que la richesse
201 en essences soit un bon indicateur (Branquart & Liégeois, 2005) ; c'est pourquoi nous ne
202 pensons pas que les éléments ci-dessus remettent en question l'utilité de cet indicateur ;

203 – l'indicateur de surface terrière est aussi un bon indicateur pour les Coléoptère
204 carabiques de la litière (Delcher, 2005) ; mais pour ce groupe, l'effet de la surface terrière n'est
205 plus uniquement négatif, puisqu'il est positif pour la richesse des Coléoptère carabiques
206 connus pour être forestiers. Toujours est-il que la surface terrière du peuplement ou la surface
207 terrière des principales essences sont des candidats intéressants pour le critère 4 des gestion
208 durable. Un jeu de données indépendant indique des résultats similaires pour les Coléoptères
209 forestiers (Toigo et al., Accepté), et illustre là encore l'utilité d'analyser plusieurs jeux de
210 données pour tester un indicateur.

211 D'autres groupes taxonomiques amènent donc à voir le même indicateur différemment. C'est
212 en accumulant des informations de ce type qu'on pourra mieux appréhender le caractère
213 indicateur des descripteurs de biodiversité. Cet enrichissement de l'information ne remet pas
214 en cause l'interprétation – et les choix sous-jacents – qui devra être faite de l'indicateur,
215 suivant une vision stratégique.

216

217

218 **Conclusion**

219 Nous avons évoqué dans cet article quelques points de méthode du test des indicateurs de
220 biodiversité associés à la gestion forestière. Il faut bien sûr compléter les points sur lesquels
221 nous avons insisté par un point de vue plus classique en science écologique : il nous reste
222 ainsi à comprendre beaucoup de choses derrière ces relations entre indicateurs – existant ou
223 nouveaux – et biodiversité. On pourrait par exemple mieux comprendre les mécanismes sous-
224 jacents à cette relation ou mettre en place des expérimentations pour tester l'existence et la
225 force de ce lien. Ces différents éléments de méthode rejoignent tout à fait – comme annoncé
226 dans l'introduction – l'analyse faite par Hill (1965) dans le domaine de la médecine

227 environnementale des qualités nécessaires pour qu'une relation entre environnement et santé
228 soit jugée causale plutôt que simplement corrélative : à côté des classiques mobilisations de
229 l'expérience et de mécanismes pouvant expliquer la relation, Hill insiste sur les points
230 suivants qui résument notre propos :

- 231 – La force de la relation (cf. partie 3 et caractéristique (C4))
- 232 – La consistance du résultat : le résultat est-il observé de manière répétée ? (cf. partie
233 2)
- 234 – La spécificité du phénomène : le phénomène est-il général ou est-il lié à un
235 domaine de validité qu'on peut définir ? (cf. caractéristique (C3)) ;
- 236 – La cohérence avec l'état de l'art (cf. caractéristique (C1) et partie 1).

237 Cette pluralité des approches à mobiliser pour le test des indicateurs de biodiversité est ce
238 dont nous voudrions avoir convaincu le lecteur au terme de ce court article.

239

240

241 **Remerciements.** Je tiens à remercier les membres de l'équipe Biodiversité à Irstea Nogent,
242 notamment ceux qui ont été impliqués dans le projet mené en Brie, ainsi que les étudiants
243 dont les travaux ont été cités (Stéphane Barbier, Julien Delcher et Maude Toigo). Mes plus
244 vifs remerciements aussi à deux relecteurs anonymes qui ont grandement aidé à améliorer la
245 version initiale de cet article.

246 Cet article est le fruit d'un travail effectué dans le cadre de deux conventions de recherche,
247 l'une pour le ministère français en charge de l'Agriculture (projet GeForHet, convention n°E
248 23/2010) et l'autre pour l'Union Européenne dans le cadre du FP7-KBBE (projet
249 « ARANGE », n°289437).

250

251 Références :

252

253 Auclair (A.N.), Goff (F.G.).- Diversity relations of upland forests in the western Great Lakes
254 area - *The American Naturalist*, vol. 105, n°946, 1971, p.499-528.

255

256 Barbier (S.). - Influence de la diversité, de la composition et de l'abondance des essences
257 forestières sur la diversité floristique des forêts tempérées – Orléans : Université d'Orléans,
258 Thèse.

259

- 260 Barbier (S.), Gosselin (F.), Balandier (P.).- Influence of tree species on understory vegetation
261 diversity and mechanisms involved - a critical review for temperate & boreal forests - *Forest*
262 *Ecology & Management*, vol. 254, n°1, 2008, pp.1-15.
263
- 264 Barbier (S.), Chevalier (R.) , Loussot (P.), Bergès (L.), Gosselin (F.). - Improving
265 biodiversity indicators of sustainable forest management: tree genus abundance rather than
266 tree genus richness & dominance for understory vegetation in French lowland oak hornbeam
267 forests - *Forest Ecology and Management*, vol. 258, Supplément, 2009, pp.S176-S186.
268
- 269 Bergès (L.).- Rôle des coupes, de la stratification verticale et du mode de traitement sur la
270 biodiversité - In *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse*
271 *bibliographique*, Gosselin (M.), Laroussinie (O.) (Eds) - Antony, Cemagref Editions,
272 Collection Etudes du Cemagref - Série Gestion des territoires, n°20, 2004 - pp.149-215.
273
- 274 Bergès (L.), Gosselin (M.), Gosselin (F.), Dumas (Y.), Laroussinie (O.). -Prise en compte de
275 la biodiversité dans la gestion forestière : éléments de méthode - *Ingénieries -EAT*, n° spécial,
276 2002, pp.45-55.
277
- 278 Bersier (L.F.), Meyer (D.R.). - Bird assemblages in mosaic forests: the relative importance of
279 vegetation structure and floristic composition along the successional gradient - *Acta*
280 *Oecologica*, vol. 15, n°5, 1994, pp.561-576.
281
- 282 Biggs (R.), Carpenter (S.R.), Brock (W.A.). - Spurious certainty: How ignoring measurement
283 error and environmental heterogeneity may contribute to environmental controversies -
284 *BioScience*, vol. 59, n°1, 2009, pp.65-76.
285
- 286 Branquart (E) Liégeois (S.) (Eds) - Normes de gestion pour favoriser la biodiversité dans les
287 bois soumis au régime forestier. Complément à la circulaire n°2619 du 22 septembre 1997
288 relative aux aménagements dans les bois soumis au régime forestier. Jambes, Belgique,
289 Ministère de la région wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de
290 l'Environnement.
291
- 292 Bunnell(F.L.), Huggard (D.J.). - Biodiversity across spatial and temporal scales: problems and
293 opportunities - *Forest Ecology and Management*, vol. 115, n°2-3, 1999 pp.113-126.
294
- 295 Delcher (J.). - Impacts de la taille des coupes et de la composition en essences sur la
296 biodiversité interspécifique de Coléoptères Carabiques en forêt de Brie (77) - Master 2-
297 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie- sp Ecologie, biodiversité, évolution,
298 Université Pierre et Marie Curie, 2005.
299

- 300 Gjerde (I.), Saetersdal (M.). - Effects on avian diversity of introducing spruce *Picea* spp
301 plantations in the native pine *Pinus sylvestris* forests of western Norway - *Biological*
302 *Conservation*, vol.79, n°2-3, 1997, pp.241-250.
303
- 304 Gosselin (F.).- Influence de la composition et de la richesse spécifique du peuplement arboré
305 sur la biodiversité - In *Gestion Forestière et Biodiversité : connaître pour préserver - synthèse*
306 *bibliographique*, Gosselin (M.), Laroussinie (O.) (Eds) - Antony, Cemagref Editions,
307 Collection Etudes du Cemagref - Série Gestion des territoires, n°20, 2004 - pp.127-148.
308
- 309
- 310 Gosselin (F.), Archaux (F.), Gosselin (M.). – Suivre la biodiversité en forêt : Pourquoi?
311 Quoi ? Comment ? - In *De l'observation des écosystèmes forestiers à l'information sur la*
312 *forêt*, Landmann (G.), Bonhême (I.) (Eds) - Paris, Quae SympSciences, 2008 - pp.26-32.
313
- 314 Gosselin (F.), Gosselin (M.). - Pour une amélioration des indicateurs et suivis de biodiversité
315 forestière - *Ingénieries-EAT*, vol. 55-56, 2008, pp.113-120.
316
- 317 Gosselin (M.), Valadon (A.), Bergès (L.), Dumas (Y.), Gosselin (F.), Baltzinger (C.),
318 Archaux (F.). - Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière : état des
319 connaissances et recommandations - Nogent sur Vernisson, Cemagref. Rapport de
320 convention Cemagref-ONF, 2006 – 161 pp..
321
- 322 Hicks (D.J.). - Intrastrand distribution patterns of southern Appalachian forest herbaceous
323 species - *American Midland Naturalist*, vol. 104, n°2, 1980, pp.209-223.
324
- 325 Hill (A.B.). - The environment and disease: association or causation? - *Proceedings of the*
326 *Royal Society of Medicine*, vol. 58, 1965, pp.295-300.
327
- 328 Hillebrand (H.). - On the generality of the latitudinal diversity gradient – *American Naturalist*,
329 vol. 163, n°2, 2004, pp.192-211.
330
- 331 Kennedy (C. E. J.), Southwood (T.R.E). - The numbers of insects associated with British
332 trees: a reanalysis - *Journal of Animal Ecology*, vol. 53, n°2, 1984, pp.455-478.
333
- 334 MacArthur(R. H.), MacArthur (J.W.), Preer (J.). - On bird species diversity - prediction of
335 bird census form habitat measurements - *American Naturalist*, vol. 96, n°838, 1962, pp.167-
336 174.
337
- 338 MacArthur (R.H.) MacArthur (J.W.). - On bird species diversity – *Ecology*, vol.42, 1961,
339 pp.594-598.
340

- 341 Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. - Les indicateurs de gestion durable des forêts
342 françaises métropolitaines - Edition 2010 – Paris, MAP, 2011 – 200 p..
343
- 344 Moss (D.). - Even-aged plantations as a habitat for birds - In *The ecology of even-aged forest*
345 *plantations*, Ford (E.D.), Malcolm (D.C.), Atterson (J.) - , Cambridge, Institute of Terrestrial
346 Ecology, 1979 – pp.413-428..
347
- 348 Okland (B.), Bakke (A.), Hagvar (S.), Kvamme (T.). - What factors influence the diversity of
349 saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway -
350 *Biodiversity and Conservation*, vol. 5, n°1, 1996, pp.75-100.
351
- 352 Poulsen (B.O.). - Avian richness and abundance in temperate Danish forests: tree variables
353 important to birds and their conservation - *Biodiversity and Conservation*, vol. 11, n°9, 2002,
354 pp.1551-1566.
355
- 356 Southwood (T.R.E.), Kennedy (C.E.J.). - Trees as islands – *Oikos*, vol. 41, 1983, pp.359-371.
357
- 358 Toigo (M.), Paillet (Y.), Noblecourt (Th.), Soldati (F.), Gosselin (F.), Dauffy-Richard (E.). -
359 *Does setting aside forest reserves matter more than habitat characteristics for ground beetles*
360 *(Coleoptera: Carabidae)?*- *Biological Conservation* – A paraître.
361
- 362