AgroParisTech
ENGREF
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES
FORMATION DES INGENIEURS FORESTIERS

Réserves Naturelles DE FRANCE

Office National des Forêts

ADAPTATION ET OPTIMISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DES FORETS

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Maître de stage : Nicolas Debaive, chargé de mission scientifique à RNF

Morgane MALARD
20ème promotion de la Formation de Ingénieurs Forestiers
2009-2012

juillet 2012

Photo première de couverture : D. Malard, Vosges, 2012

AgroParisTech-ENGREF
FORMATION DES INGENIEURS FORESTIERS

Réserves naturelles de France
Office national des forêts

ADAPTATION ET OPTIMISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DES FORETS

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Maître de stage : Nicolas Debaive, chargé de mission scientifique à RNF

Morgane MALARD
20ème promotion de la Formation de Ingénieurs Forestiers
2009-2012

Janvier à juillet 2012

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

Formation des ingénieurs forestiers de l'ENGREF Agro Paris Tech	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Adaptation et optimisation des protocoles de suivi des forêts	Mots clés : Réserve forestière, suivi, protocole, bois mort, PSDRF, COST
AUTEUR(S) : Morgane Malard	Promotion : FIF 20
Caractéristiques : 1 volume ; 59 pages ; 47 figures ; 24 annexes ; 0 carte ; bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Réserve naturelles de France (RNF) et office national des forêts (ONF)

Nom du responsable : Nicolas Debaive
Fonction : Chargé de mission scientifique à RNF, en charge de la mise en œuvre de la convention RNF-ONF

Nom du correspondant ENGREF (pour un stage long) :

Tronc commun ☒ Option ☐ D. d'approfondissement ☐	Stage en entreprise ☐ Stage à l'étranger ☐ Stage fin d'études ☒ Date de remise :	Autre ☐

Contrat avec Gref Services Nancy ☐ OUI ☒ NON

SUITE À DONNER (réservé au service des études)

☐ Consultable et diffusable
☐ Confidentiel de façon permanente
☐ Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable

RÉSUMÉ

Dans un contexte de gestion durable, le suivi des milieux forestiers protégés ou laissés en libre évolution permet de comprendre les relations entre biodiversité et paramètres forestiers. Différents protocoles de suivi ont vu le jour mais tous n'ont pas bénéficié du même appui ; d'où le projet de rapprochement entre le *protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales*, le « COST E4» (*European Cooperation in Science and Technology)* et le *protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières* (PSDRF) sur la base de ce dernier. Pour les deux premiers, le présent rapport met en évidence le gain d'efficacité acquis dans le cadre d'un passage au PSDRF.

SUMMARY

In order to provide a sustainable management, the study of protected forests or forests that are left to a natural development helps to understand links between biodiversity and some forest parameters. That is why different methods for data collection in protected forest have been proposed. However, all of those methods did not known the same support and so the *protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales* and the COST E4 (European Cooperation in Science and Technology*)* could be joined to the *protocole de suivi des réserves forestières* (PSDRF). This report shows that the *PSDRF* is more effective than the two other ones and how they can be transferred to the PSDRF.

REMERCIEMENTS

Pour leur participation à l'enquête concernant le PSDRF, je remercie Alix BADRÉ, Bertrand BARRÉ, Pierre BELTRANDO, Vincent BENARD, Pierre-Eymard BIRON, François BLONDEL, Jean-Jacques BOUTTEAUX, Daniel CAMBON, Aurélie CELDRAN-ALCARAZ, Hervé CHIROUZE, Hervé DAVIAU, Carole DESPLANQUE, Laurent DOMERGUE, Denis DOUBLET, Vincent DRILLON, Carole DRUESNE, Loïc DUCHAMP, Stéphane DUMAS, Cédric FICHT, Benoît FRITSCH, Frédéric GOSSELIN, Gilles GUARDIA, Thibault HINGRAY, Franck JACOBÉE, Muriel KEMPF, Lydie LALLEMENT, Dominique LANGLOIS, Romaric LECONTE, Manuel LEMBKE, Johan LESEURRE, Jean-Michel LETZ, Benjamin MOUS, Marc MULLER, Michel MULLER, Dominique NOUVELLON, Yoan PAILLET, Gérard PONTIÉ, Daniel REBOUL, Éric ROUSSET, Hubert SCHMUCK, Jérémy TERRACOL, Anne VILLAUMÉ, Olivier VINET et Gérard VIONNET ; sans qui ce travail n'aurait pas été possible. Un grand merci également à toute l'équipe de RNF pour m'avoir laissé à disposition la salle de réunion pour mener les entretiens téléphoniques dans les meilleures conditions.

Je remercie chaleureusement François BLONDEL, Michel CHANTEREAU, Nicolas DEBAIVE, Maxime MINOTTE, Yoan PAILLET et Coryse PERNOT pour leur participation à la réunion organisée sur les relevés des micro-habitats (14/05/2012, Paris). Un grand merci également à Lucas GLEIZES et Aurélie NALIN pour avoir partagé leurs réflexions quant aux codifications écologiques en vue de cette réunion.

Merci à Pierre-Louis BONICOLI, Nicolas DEBAIVE et Pascal OBSTETAR pour m'avoir permis de suivre et de participer au développement de la future plateforme de données PSDRF.

À Frédéric ARCHAUX, Yoan PAILLET et Agnès ROCQUENCOURT, merci pour leur aide dans mes recherches au sujet d'une éventuelle amélioration du suivi de la régénération avec le PSDRF.

Pour leur collaboration lors de mes recherches au sujet du protocole COST, j'adresse mes remerciements à Vincent AUGÉ, Franck JACQUEMIN, Muriel KEMPF, Marc MULLER et Hubert SCHMUCK.

Merci également à Vincent AUGÉ, Éric BAUDIN, Véronique CHAMBON, Marc FÜHR et Franz STORCK pour m'avoir permis de participer à la réunion concernant le protocole COST (2012, Moutiers).

J'adresse mes remerciements les plus sincères à Cécile BORDE et Bernard PONT qui m'ont aidé à tester le module alluvial du PSDRF malgré les intempéries. Je remercie également toute l'équipe de la RN de l'Ile de la Platière qui m'a si bien accueillie lors de mes visites sur leur site.

Je remercie Michel CHANTEREAU, Nicolas POINTECOUTEAU, Bernard PONT, Arnaud PRINGARBE, David TATIN pour les informations transmise au sujet du *protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales*.

Merci à Maxime MINOTTE et Robin MARGUIER pour leurs conseils et leur aide quant à l'utilisation du logiciel R.

Mes sincères remerciements à tous les membres de l'équipe RNF pour leur accueil chaleureux et leur aide tout au long de mon stage.

Enfin, je tiens à remercier particulièrement Max BRUCIAMACCHIE, Nicolas DEBAIVE, Nicolas DRAPIER et Olivier GILG pour leurs conseils et leur soutien tout au long de ce stage.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX 7
INDEX ALPHABÉTIQUE DES SIGLES 9
INTRODUCTION 11
PARTIE 1 : CADRE DE L'ÉTUDE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE 12
I. Des réseaux de protection des espaces forestiers 12
I.1. Réserves biologiques, réserves naturelles 12
I.2. RNF et l'ONF, piliers des réseaux de RN et RB 12
I.3. Un partenariat pour l'étude des forêts laissées en libre évolution 12
II. De la libre évolution au caractère naturel des forêts 13
II.1. Caractéristiques des forêts laissées en libre évolution 13
II.2. Le degré de naturalité 13
II.2.1. La notion de naturalité 13
II.2.2. La référence: la forêt naturelle 14
II.3. Forêts à caractère naturel 14
II.4. Suivi des forêts à caractère naturel 15
II.4.1. Intérêts 15
II.4.2. Les méthodes de mesure de la naturalité 15
II.4.3. Les dispositifs actuels 16
PARTIE 2 : AMÉLIORATION DU PROTOCOLE DE SUIVI DENDROMÉTRIQUE DES RÉSERVES FORESTIÈRES 20
I. État actuel du réseau PSDRF 20
I.1. Présentation du PSDRF 20
I.2. Étendue du réseau PSDRF 21
I.3. Résultats de l'enquête de satisfaction menée auprès des utilisateurs du protocole quant à la mise en œuvre du protocole 21
I.3.1. Présentation de l'enquête 21
I.3.2. Améliorer la lisibilité et faciliter la mise en œuvre du protocole 22
I.4. Les habitats suivis 24
I.5. Effort d'échantillonnage 25
I.5.1. Arbres vivants 25
I.5.2. Bois morts 25
I.6. État de la base de données 26
II. Adapter le protocole aux besoins des gestionnaires 27
II.1. Répondre à un maximum de demandes 27
II.1.1. Relevé des souches H < 40 cm 27
II.1.2. Analyses supplémentaires 27
II.1.3. Relevés supplémentaires 28

II.2. Améliorer le suivi de la régénération et de la pression du gibier 29
II.2.1. Méthode Aldous adaptée par l'IRSTEA 29
II.2.2. L'indice de consommation (IRSTEA) 29
II.2.3. Guide pratique de l'évaluation des dégâts en milieu forestier 30
II.2.4. Propositions pour le PSDRF 30
II.2.5. Conclusions 31
II.3. Améliorer le relevé des micro-habitats 31
III. Améliorer le suivi des ripisylves 31
III.1. Particularités des ripisylves 31
III.2. Définition du domaine d'inventaire 31
PARTIE 3 : ÉTUDE DU PROTOCOLE DE SUIVI A LONG TERME DE LA DYNAMIQUE SPONTANÉE DES FORÊTS ALLUVIALES 33
I. Les particularités et intérêts du suivi des forêts alluviales 33
II. Étude de la compatibilité des variables du PFA avec le PSDRF 34
II.1. Les variables dendrométriques liées aux arbres vivants 34
II.1.1. Définitions 34
II.1.2. Localisation et identification des arbres 34
II.1.3. Estimation du capital 34
II.2. Étude des flux de bois mort 34
II.2.1. Définitions des types de bois mort 34
II.2.2. Estimation de la quantité de bois mort 35
II.3. Conclusion 36
III. Comparaison de l'efficacité du PSDRF et du PFA dans le cas d'un même nombre de placettes 36
III.1. Paramètres dendrométriques liés aux arbres vivants 36
III.1.1. Arbres vivants 7, 5 ≤ D < 30 cm 36
III.1.2. Arbres vivants D ≥ 30 cm 38
III.1.3. Suivi du recrutement 39
III.1.4. Suivi des essences « rares » 40
III.1.5. Conclusion 40
III.2. Paramètres liés aux relevés de bois mort 40
III.2.1. Bois morts sur pied 7,5 ≤ D < 30 cm 41
III.2.2. Bois morts au sol 7,5 ≤ D < 30 cm 42
III.2.3. Bois morts au sol et sur pied D ≥ 30 cm 42
III.2.4. Paramètres supplémentaires concernant les bois morts à relever selon le PSDRF 42
III.2.5. Conclusion 42
III.3. Conclusions 43

IV. Comparaison de l'efficacité du PSDRF et du PFA dans le cas d'un nombre de placettes différents 43
IV.1. Les différents type de maillages susceptibles de nécessiter une diminution du nombre de placettes 43
IV.1.1. Maillage initial de 50 x 50 m 43
IV.1.2. Maillage initial de 30 x 30 m 43
IV.2. Méthodologie 44
IV.2.1. Arbres vivants 44
IV.2.2. Bois morts 44
IV.3. Résultats 44
IV.4. Conclusions : quels choix pour les gestionnaires 45
V. Les paramètres non dendrométriques 46
V.1. Les codes écologiques liés aux arbres vivants 46
V.2. Bois morts 46
V.2.1. Stade de décomposition des bois morts 46
V.2.2. Vitesse de décomposition 47
V.2.3. Origines 47
V.3. Variables concernant la régénération 47
V.3.1. Définition 47
V.3.2. Précision et temps de mesure 48
V.3.3. Pression du gibier 48
V.4. Structure du peuplement et caractérisation stationnelle 48
VI. Proposition d'un protocole PSDRF – module alluvial 49
VI.1. Principe du PSDRF-MA 49
VI.2. Résultats des tests de terrain 49
VI.2.1. Arbres vivants 50
VI.2.2. Bois morts au sol 51
VI.2.3. Régénération 52
VI.2.4. Conclusions 52
VII. Conclusion : quelles solutions pour les gestionnaires de forêts alluviales ? 52
I. Étude du COST mis en œuvre en RBI du Capitaine Monté 53
I.1. Étude de la compatibilité des variables avec le PSDRF 53
I.2. Comparaison d'efficacité avec le PSDRF pour l'estimation du capital en arbres vivants 54
I.2.1. Méthodologie 54
I.2.2. Résultats 54
I.2.3. Conclusions 56
I.3. Comparaison de l'efficacité des protocoles pour l'estimation du capital en bois morts 56

I.3.1. Méthodologie 56
I.3.2. Résultats 56
I.4. Conclusion 57
II. Comparaison de l'efficacité du COST de la RBI de Guebwiller et du PSDRF 58
II.1. Étude de la compatibilité des variables entre les deux protocoles 58
II.1.1. Définition des arbres vivants et de la régénération 58
II.1.2. Définition des catégories de bois morts 58
II.1.3. Paramètres dendrométriques 59
II.1.4. Paramètres non dendrométriques 60
II.2. Comparaison de l'efficacité avec le PSDRF 60
II.2.1. Arbres vivants 61
II.2.2. Bois morts 61
II.3. Régénération, sous-étage et part des arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm 64
II.4. Conclusion 64
III. Cas de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg et de la forêt de Chaux 65
IV. Étude des *core areas* 65
V. Conclusions : Quelle valorisation des données COST avec le PSDRF ? 66
PARTIE 5 : PERSPECTIVES 67
I. Évolution prochaine du réseau PSDRF 67
I.1. Optimiser la mise en œuvre du protocole 67
I.2. Améliorer la gestion et la valorisation des données 67
I.3. Attente des remesures à venir 68
II. Rapprochement entre les protocoles 68
II.1. Intégration éventuelle du PFA au PSDRF 68
II.2. Optimisation du protocole COST 68
CONCLUSION 69
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 70
LISTE DES CONTACTS 73
GLOSSAIRE 74
TABLE DES ANNEXES 75
Annexe 1 : Critères et indicateurs mesurables (source : WWF) 76
Annexe 2 : Liste des « espèces de forêt ancienne », NW Europe & NE Etat Unis 76
Annexe 3 : Coefficient de variation en fonction du nombre « d'individus » mesurés à l'hectare pour les différentes catégories de bois mort 77
Annexe 4 : Compte-rendu de l'enquête d'évaluation du PSDRF 78
Annexe 5 : Notice relatives aux cas particuliers (PSDRF) 108
Annexe 6 : Compte-rendu de la réunion au sujet des codes écologiques (14 mai 2012, Paris) 114
Annexe 7 : Première réflexions pour l'élaboration d'un protocole de suivi des ripisylves 121

Annexe 8 : Clé de détermination et de transition PFA/PSDRF des types de bois morts129

Annexe 9 : Méthodologie et résultats des tests statistiques (test t ou test de Wilcoxon) comparant le PFA et le PSDRF pour les différentes réserves du réseau PFA 130

Annexe 10 : Estimation du nombre de tiges D ≥ 30 cm à mesurer dans le cadre d'un passage au PSDRF..... 145

Annexe 11 : Estimations du capital en arbres vivants D ≥ 30 cm obtenues avec le PFA146

Annexe 12 : Estimations du capital en arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm (respectivement 40 et 50 cm dans le cas du PSDRF à 4 et 5 %) par essence et par réserve (réseau PFA)..... 147

Annexe 13 : Diminution de l'effort d'échantillonnage pour les arbres vivants dans le cadre d'un passage au PSDRF. 154

Annexe 14 : Plan d'échantillonnage de la RN de l'Ile de la Platière 155

Annexe 15 : Plan d'échantillonnage de la RN du Val de Loire 156

Annexe 16 : Plan d'échantillonnage de la RN de St Mesmin-St Pryvé 159

Annexe 17 : Résultats de la comparaison des protocoles PFA et PSDRF dans le cas d'un maillage initial non adapté 160

Annexe 18 : Notice du PSDRF-module alluvial 165

Annexe 19 : Méthodologie et résultats des tests statistiques (test t ou test de Wilcoxon) comparant le COST et le PSDRF pour les RBI du Capitaine Monté et de Guebwiller..... 179

Annexe 20 : Comparaison des résultats obtenus par essence pour les arbres 17,5 ≤ D < 30 cm en RBI du Capitaine Monté avec le COST et le PSDRF mis en œuvre ainsi qu'avec la réduction du rayon à 10 m dans le cas du COST. 184

Annexe 21 : Part des bois morts sur pied 5 ≤ D < 7,5 cm dans l'estimation du capital en bois morts sur pied, RBI du Capitaine Monté. 184

Annexe 22 : Fiche récapitulative de l'étude concernant les forêts alluviales à destination des gestionnaires..... 185

Annexe 23 : Fiche récapitulative de l'étude concernant le protocole COST à destination des gestionnaires..... 189

Annexe 24 : Clés de transition entre les codifications bois morts PSDRF et COST de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg..... 193

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Schéma d'une placette PSDRF (illustration issue du protocole)

Figure 2 : Évolution du nombre de placettes et du nombre de réserves impliquées dans la mise en œuvre du PSDRF (graphique réalisé par N. Debaive)

Figure 3 : Coefficient de variation obtenu pour la surface terrière en fonction du nombre d'arbres vivants mesurés par placette

Figure 4 : Coefficient de variation en fonction du volume estimé de bois morts

Figure 5 : Part en volume de bois morts sur pied des souches H < 40 cm en fonction de la part en nombre de bois morts sur pied mesurés (61 sites)

Figure 6 : Illustration d'une placette Aldous (tirée du protocole Aldous)

Tableau 1 : indices d'évaluation du taux d'abroutissement (PFA)

Tableau 2 : Indices de présence de boutis de sangliers (notations du PFA)

Figure 7 : Schéma d'une placette de type PCQM

Figure 8: Exemple de placette linéaire avec un angle fixe de 10% et une largeur de sous placette de 2 m

Figure 9 : Organisation des essences en forêts alluviales (source : site internet de la région Centre)

Figure 10 : clé de transition des « codifications bois morts » PFA et PSDRF

Tableau 3 : Comparaison des résultats obtenus pour les arbres vivants D < 30 cm selon le PFA et le PSDRF

Tableau 4 : Comparaison du nombre d'arbres vivants D ≥ 30 cm mesurés avec le PFA et estimé pour le PSDRF

Tableau 5 : Comparaison des résultats obtenus avec le PSDRF et avec le PFA quant au recrutement

Tableau 6 : Taux de détection par le PSDRF des espèces « rares » (N < 10 tiges/ha selon les estimations PFA).

Tableau 7 : Comparaison des résultats obtenus avec le PFA et le PSDRF pour l'estimation du capital en bois morts sur pied D < 30 cm.

Tableau8 : Résumé de la comparaison d'efficacité entre le PSDRF et le PFA dans le cas d'un nombre égal de placettes.

Tableau 9 : Taux de détection par le PSDRF des espèces « rares » (N < 10 tiges/ha selon d'après le PFA).

Tableau 10 : Comparaison des estimations en surfaces terrières et en nombre de tiges à l'hectare obtenus avec le PFA et avec le PSDRF (angle fixe de 5 %) pour les arbres vivants D ≥ 50 cm (RN de l'Ile de la Platière).

Tableau 11 : Résumé de la comparaison d'efficacité menée entre le PFA et le PSDRF avec divers angles fixes

Figure 11 : Comparaison graphique des classes de régénération utilisées dans le PSDRF et le PFA

Figure 12 : Schémas des systèmes de sous-placettes du PSDRF (à gauche) et du PFA (à droite)

Tableau 12 : Nombre de tiges D ≥ 30 cm mesurées lors des tests du PSDRF-MA et nombre estimé au préalable (III.1.1.4.)

Tableau 13 : Résultats des tests, surface terrière et nombre de tige des arbres vivants D ≥30 cm

Tableau 14 : Comparaison de l'effort d'échantillonnage des fûts morts au sol D ≥ 30 cm pour le PFA et le PSDRF-MA ainsi que de l'estimation de l'effort d'échantillonnage estimé du PSDRF-MA précédemment établie

Tableau 15 : Comparaison du nombre de bois morts au sol mesurés selon le PSDRF-MA et le PFA

Figure 13: Schéma d'une placette COST en RBI du capitaine Monté

Figure 14 : Comparaison des classes de régénération du COST (RBI du Capitaine Monté) et du PSDRF.

Tableau 16 : Comparaison des estimations du capital en arbres vivants $D \geq 7,5$ cm issues des protocoles COST et PSDRF pour la RBI du Capitaine Monté

Figure 15 : Évolution du poids à l'hectare d'un arbre relevé selon le protocole COST de la RBI du Capitaine Monté en fonction de son diamètre

Tableau 17 : Exemple d'un arbre de 10 cm de diamètre en 2012 dont le diamètre remesuré en 2012 est de 18 cm (protocole COST de la RBI du Capitaine Monté)

Tableau 18 : Comparaison de la surface terrière obtenue avec et sans les arbres vivants $5 \leq D < 7,5$ cm (protocole COST)

Tableau 19 : Comparaison des estimations du capital en bois morts sur pied $D \geq 7,5$ cm issues des protocoles COST et PSDRF pour la RBI du Capitaine Monté

Tableau 20: Comparaison des estimations COST et PSDRF quant au volume à l'hectare des petits bois morts au sol

Figure 16 : Comparaison des classes de régénération COST (Guebwiller) et PSDRF

Figure 17 : Clé de transition entre les codifications « bois morts » du COST de Guebwiller et le PSDRF

Tableau 21 : Comparaison des relevés de diamètres des bois morts au sol du COST de Guebwiller et du PSDRF

Figure 18 : Schéma d'une placette permanente COST (RBI de Guebwiller)

Figure 19 : Attribution aléatoire de coordonnées

Tableau 22 : Estimation du volume à l'hectare des bois morts au sol (COST de Guebwiller)

Tableau 23 : Comparaison des estimations COST et PSDRF du capital en bois morts sur pied $10 \leq D < 30$ cm

Tableau 24 : Indices d'abondance des semis et du sous-étage (COST)

Figure 20 : Schéma d'un *core area* de 80 m de côté en forêt de Chaux

INDEX ALPHABÉTIQUE DES SIGLES

AFI : Association futaie irrégulière

ATEN : Atelier technique des espaces naturels

CIC : *index of colonization capacity*

DBH : *diameter at breast height* (diamètre à 1,30 m)

GNB (projet) : projet « gestion, naturalité, biodiversité »

INRA : Institut national de la recherche agronomique

IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (anciennement CEMAGREF)

ONF : Office national des forêts

PSDRF : Protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières, anciennement appelé « protocole MEDD », « protocole de suivi des espaces forestiers » ou encore « protocole de suivi d'espaces naturels protégés »

RB : Réserve biologique

RBD : Réserve biologique dirigée

RBI : Réserve biologique intégrale

RN : Réserve naturelle

RNC : Réserve naturelle de Corse

RNF : Réserves naturelles de France

RNN : Réserve naturelle nationale

RNR : Réserve naturelle régionale

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

Dans le cadre du présent rapport et documents annexes associés, l'abréviation « PFA » sera utilisée pour désigner le *protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales*.

INTRODUCTION

Dans un contexte où les liens entre biodiversité et paramètres forestiers sont de plus en plus étudiés, et dans le souci de mener une gestion durable des forêts, nombreux sont les gestionnaires qui recherchent des consignes concrètes. Les protocoles de suivi des forêts s'avèrent être de précieux outils pour améliorer la connaissance scientifique et ainsi déboucher sur des orientations de gestion basées sur l'étude de la dynamique des peuplements. Des réflexions à l'échelle européenne ont eu lieu à ce sujet, notamment avec l'élaboration d'un groupe de travail du COST E4 (*European Cooperation in Science and Technology, Forest reserves Research network*) dès 1995. Suite à ce travail, des recommandations pour la mise en œuvre d'un suivi des réserves forestières ont été émises. Celles-ci ont engendré divers protocoles « COST » sur le territoire français et ont également inspiré le protocole de suivi des réserves forestières (PSDRF) et le protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales (PFA) qui a été modifié suite à ces recommandations.

Cependant, ces différents protocoles n'ont pas tous bénéficié du même appui, d'où un déploiement et une valorisation des données plus ou moins avancés. En effet, fort de la convention entre Réserves naturelles de France (RNF) et l'Office national des forêts (ONF) établie depuis 2008, le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF), est à ce jour largement plus avancé que les protocoles COST et PFA. Le protocole COST a par ailleurs souffert de sa lourdeur et de ses coûts de réalisation.

Dans l'objectif de préciser la compatibilité entre ces trois protocoles, l'ONF et RNF ont ainsi décidé de coordonner conjointement ce stage. L'importance du réseau PSDRF ainsi que la dynamique et l'appui dont il bénéficie en font en effet un outil de valorisation potentiel pour les protocoles COST et PFA. Dans ce contexte, un possible transfert vers le PSDRF, intégrant les deux autres systèmes de suivi, est à l'ordre du jour. La continuité du suivi, la valorisation des données issues des campagnes passées ainsi que l'évolution de l'effort d'échantillonnage et de la précision des estimations sont autant de questions déterminantes face à ces transferts potentiels ; questions auxquelles la présente étude tentera de répondre. D'autre part, le PSDRF étant relativement récent, une évaluation de ce dernier ainsi qu'un bilan de l'état actuel du réseau pourraient permettre d'optimiser ce protocole.

PARTIE 1 : CADRE DE L'ÉTUDE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Des réseaux de protection des espaces forestiers

I.1. Réserves biologiques, réserves naturelles

Les réserves naturelles (RN) ont pour mission de protéger milieux naturels et habitats. Parmi les nombreux habitats en question (lacs, étangs, mares, etc.), ce sont les forêts qui recouvrent la majorité de la surface totale des RN. Ces espaces protégés sont soustraits à toutes activités humaines susceptibles de les dégrader mais peuvent cependant faire l'objet de restauration. Ainsi, certains espaces forestiers de RN sont laissés en libre évolution et d'autres font l'objet d'une gestion conservatoire. On différencie les RN nationales (RNN), régionales (RNR) et de Corse (RNC). Les RNN sont créées sous l'initiative de l'État et gérées par des organismes locaux. Les RNR sont quant à elles créées par les régions. Enfin, les RNC sont gérées par la collectivité territoriale de Corse.

Les réserves biologiques (RB) ont pour vocation de protéger des habitats représentatifs des milieux forestiers ou vulnérables au sein des forêts du Domaine. Le statut de réserve biologique, spécifique aux espaces gérés par l'ONF, est reconnu par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). On distingue les réserves biologiques intégrales (RBI) et dirigées (RBD). Dans les RBI, l'impact anthropique est le plus réduit possible dans le but de laisser s'exprimer la dynamique naturelle spontanée des habitats. Ce type de réserve a pour objectif la conservation ou le développement de la biodiversité mais également d'enrichir la connaissance scientifique. Dans le cas des RBD, on observe une gestion conservatoire ou restauratoire dans le but de maintenir ou restaurer des habitats remarquables.

I.2. RNF et l'ONF, piliers des réseaux de RN et RB

Réserve naturelles de France (RNF) anime, de façon permanente et au niveau national, le réseau de RN en rassemblant les divers acteurs de la protection de ces espaces (gestionnaires, professionnels, bénévoles, experts, etc.). Il s'agit d'un organisme associatif (loi de 1901). Le suivi scientifique des forêts laissées en libre évolution est l'un des objectifs du groupe forêt de RNF. Deux protocoles sont actuellement mis en œuvre sur ces espaces : le protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales (PFA) et le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF).

L'ONF, établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) crée en 1966, gère les forêts relevant du régime forestier, dont fait partie le réseau de RB, mais également plusieurs réserves naturelles. Avec son réseau de RB, l'ONF est également engagé dans l'étude des forêts laissées en libre évolution. En effet, le PSDRF a été mis en œuvre sur de nombreuse RB. Un autre protocole de suivi plus ancien, le COST, avait déjà été mis en œuvre sur quelques RB.

Dans le réseau de RB, comme dans celui des RN, on retrouve des forêts en libre évolution - c'est-à-dire des forêts où les actions anthropiques sont réduites au minimum voire nulles - qui font l'objet des mêmes suivis scientifiques.

I.3. Un partenariat pour l'étude des forêts laissées en libre évolution

L'ONF et RNF coordonnent des réseaux de réserves complémentaires pour la conservation de la biodiversité, réseaux comprenant notamment des écosystèmes forestiers à caractère naturel. La convention cadre signée le 9 mai 2008 entre RNF et l'ONF a amorcé l'optimisation de ces réseaux sur le territoire français. Signée pour une période de 6 ans, elle a pour objectif de mettre à profit la complémentarité des réseaux de RN et RB, poursuivant ainsi le déploiement d'un réseau représentatif de la diversité des habitats forestiers ainsi que des espèces qui y sont associées. La convention RNF/ONF a également pour but d'améliorer la connaissance en ce qui concerne les forêts laissées en libre évolution. L'animation du PSDRF est d'ailleurs la principale action menée dans le cadre de cette convention, ce qui a permis sa mise en œuvre

sur 25 RN et 46 RB (au 01/03/2012). Enfin, dans le cadre de celle-ci et en vue de valoriser et partager les enseignements tirés du PSDRF, une plateforme de stockage des données est en cours d'élaboration.

Un chargé de mission RNF/ONF assure la coordination des sites ayant mis en œuvre le PSDRF. Il collecte et centralise les données puis réalise des traitements de base qu'il transmet aux gestionnaires des sites concernés. Le chargé de mission RNF/ONF prodigue également conseils et formations pour ce protocole afin de rendre les gestionnaires autonomes dans sa mise en œuvre. De plus, ce dernier assure également des formations au logiciel « Dendro ». Ce logiciel de saisie, développé par l'ONF pour les terminaux de saisie (TDS), en plus du gain de temps considérable lors de la saisie des données sur le terrain comme au bureau évite également bon nombre d'erreurs de saisie.

II. De la libre évolution au caractère naturel des forêts

II.1. Caractéristiques des forêts laissées en libre évolution

Du fait de l'absence de gestion, les forêts laissées en libre évolution comportent un volume de bois morts plus ou moins important. En effet, quel que soit le mode d'exploitation de la forêt, les arbres dépérissants ou morts sont généralement récoltés et ce pour diverses raisons. Premièrement, laisser mourir un arbre représente une perte économique d'où la récolte des arbres dépérissants. De plus, les bois morts sur pied sont généralement considérés comme dangereux pour le personnel forestier mais aussi pour les usagers de la forêt (promeneurs, etc.). En outre, ceux-ci représentent un combustible potentiel ce qui les rend d'autant plus dangereux dans les régions où le risque d'incendie est élevé (régions méditerranéennes par exemple). L'arbre mort est également considéré comme potentiellement dangereux du fait qu'il peut abriter des insectes ravageurs dont les scolytes sont un exemple connu. Ces insectes ne s'attaquent pourtant pas aux arbres sains mais aux arbres mourants sauf en cas de pullulation engendrée par la mort ou le dépérissement simultané d'un grand nombre d'arbres comme ce fût le cas suite à la tempête de 1999 (Gilg, 2004). Enfin, les arbres morts ont mauvaise réputation et sont parfois assimilés à tort à une mauvaise gestion de la forêt.

De plus, dans les forêts gérées, les arbres sont récoltés à leur maturité, donc avant leur sénescence. Or, le stade de sénescence est partie intégrante du cycle sylvigénétique naturel. La présence de vieux arbres est donc moindre voire nulle en forêts exploitées. De même, pour chaque essence et en fonction de la demande (scieries, etc.), un diamètre optimal de récolte est défini pour chaque essence. Il en résulte que les arbres de très gros diamètre sont rares en forêts exploitées. Enfin, le sylviculteur privilégie certaines essences au détriment d'autres, façonnant ainsi le paysage forestier.

À plus ou moins long terme, les forêts laissées en libre évolution se distinguent donc par :

- un peuplement d'essences autochtones ;
- la présence de vieux arbres et des caractéristiques structurales qui s'y rattachent ;
- la libre expression des derniers stades de la dynamique stationnelle : taille des arbres, accumulation de nécromasse (bois mort), stratification (horizontale et verticale), richesse et complexité des fonctions écologiques (réseaux trophiques...) ;
- l'absence de traces d'exploitation intensive récente.

II.2. Le degré de naturalité

II.2.1. La notion de naturalité

Afin de décrire l'état d'un milieu, on utilise couramment la biodiversité. Or la notion de biodiversité repose trop souvent sur un nombre d'espèces constaté, ce qui ne permet pas d'évaluer le niveau d'anthropisation du milieu. Certains milieux sont en effet totalement anthropisés alors qu'ils présentent un grand nombre d'espèces. Au contraire, la naturalité fait directement référence au degré naturel ou anthropique du milieu considéré. Ainsi, moins les interventions humaines sont ressenties dans ce milieu, plus il présente un caractère naturel.

La notion de naturalité permet alors de mesurer le degré de conservation ou de perturbation d'un milieu naturel. Un espace à forte naturalité (« *wilderness area* ») est défini dans le « *Wilderness Act* » (décret de 1964) comme une « zone protégée et gérée de façon à préserver son caractère primaire », « où la terre et ses communautés vivantes ne sont pas entravées par l'homme ». Cette définition introduit deux concepts : la naturalité anthropique et la naturalité biologique (Gilg, 2004).

La naturalité anthropique est maximale en cas de non intervention de l'homme et donc de non gestion alors que la naturalité biologique est maximale lorsque les équilibres biologiques ne sont pas altérés (mais qu'on peut obtenir par le biais de travaux de restauration, etc.). Or, lorsqu'une espèce invasive colonise un milieu, elle y modifie les équilibres biologiques ce qui diminue la naturalité biologique. La lutte contre cette espèce invasive augmentera la naturalité biologique mais diminuera parallèlement la naturalité anthropique. Au final, le degré de naturalité a-t-il diminué, augmenté ou encore stagné ? Cette question ne cesse aujourd'hui de faire débat au sein de la communauté scientifique et de nombreux programmes de recherches ont été développés sur ce thème en Europe.

L'évaluation du degré de naturalité d'une forêt se fait par comparaison de son état actuel avec son potentiel naturel maximum mesuré dans une forêt de référence. Ainsi, la naturalité ne doit pas être envisagée comme une variable binaire (anthropique/naturel) mais comme une échelle où la forêt de référence constitue alors le maximum de naturalité (1), le minimum étant une forêt totalement artificielle (plantation, arboretum par exemple). La forêt naturelle représente l'état boisé dont le degré de naturalité est le plus élevé.

II.2.2. La référence: la forêt naturelle

De nombreuses définitions de la forêt naturelle sont employées. Selon la définition la plus stricte, une forêt naturelle, ou encore « primaire », « originelle », « vierge », est une forêt qui n'a jamais été exploitée, ni même fragmentée et qui n'a jamais été modifiée, directement ou indirectement, par les activités de l'homme.

Après la dernière glaciation, les forêts naturelles occupaient 80 % du continent européen mais leurs surfaces n'ont cessé de diminuer et d'être fragmentées. Aujourd'hui, elles recouvrent moins de 1 % du continent européen (Gilg, 2004). Il est donc difficile dans le contexte européen de comparer le degré de naturalité d'une forêt à la référence « forêt naturelle », notamment en contexte de plaine où les forêts sont largement soumises à une gestion forestière. En France, presque toutes les forêts sont anthropisées dans le sens où les activités humaines les ont impactées, ne serait-ce que par la pollution atmosphérique. Il n'y a donc pas de forêts naturelles à strictement parler. Cependant, si la France n'abrite pas de forêts naturelles au sens le plus strict, certaines forêts laissées en libre évolution présentent tout de même un degré de naturalité important ; ce sont les « forêts à caractère naturel ».

II.3. Forêts à caractère naturel

Une forêt à caractère naturel est une forêt qui présente une forte naturalité et qui a très peu subi l'impact de l'homme. Cette notion se rapproche de la forêt naturelle mais est moins stricte quant à l'impact plus ou moins ancien de l'homme, ce qui permet une étude à l'échelle européenne. Sur les 144 réserves naturelles nationales existantes en 1999, une enquête menée par le groupe « forêts » de RNF a montré qu'une centaine protégeaient des habitats forestiers et une soixantaine abritaient des forêts à caractère naturel (Gilg, 1999). Le réseau de réserves biologiques intégrales de l'ONF, qui couvre 138 000 ha (données de 2007), comporte également des forêts à caractère naturel. Cependant, moins de 20 000 ha de forêts à caractère naturel seraient soumis à un niveau de protection satisfaisant en France (Gilg, 2007).

Les forêts à caractère naturel sont généralement des « vieilles » forêts. Cependant, il ne faut pas confondre la notion de « vieille » forêt avec l'ancienneté de l'état boisé. Une « vieille » forêt - ou forêt

« mature » - est une forêt qui présente un large spectre du cycle sylvigénétique complet alors que le caractère ancien d'une forêt est lié à l'ancienneté de son état boisé.

Les forêts à caractère naturel sont fortement fragmentées et généralement de surface réduite ; d'où la nécessité de protéger ces forêts afin qu'elles ne soient pas réduites davantage et soient en mesure d'abriter nombre d'espèces forestières. On estime par ailleurs que la surface occupée par ces forêts ne couvre que 1 à 3 % du territoire forestier d'Europe de l'Ouest et que seulement la moitié des forêts à caractère naturel identifiées fait l'objet d'une protection. De plus, les forêts bénéficiant d'un statut de protection sont généralement des forêts où l'objectif de production est difficilement rentable. C'est le cas notamment des forêts peu productives car sur sol pauvre ou encore des forêts de montagne où les fortes pentes rendent l'exploitation difficile.

Il est donc important en premier lieu de protéger les rares îlots de forêts à caractère naturel encore présents puis de s'attacher à restaurer un certain degré de naturalité en forêts exploitées. Afin de réaliser ces objectifs, la compréhension de la dynamique des forêts à caractère naturel et notamment des flux de bois morts est indispensable d'où l'importance des dispositifs de suivi. En effet, la gestion du stock de bois morts nécessite une meilleure connaissance des facteurs liés à la dynamique de production et de décomposition.

II.4. Suivi des forêts à caractère naturel

II.4.1. Intérêts

Plusieurs recommandations peuvent d'ores et déjà être émises en vue d'augmenter le degré de naturalité des forêts exploitées :

- augmenter la biomasse totale notamment en maintenant des gros bois, des très gros bois ainsi que des arbres sénescents ;
- mener une gestion sylvicole plus proche de la dynamique naturelle de nos régions (petites unités de régénération, traitement en futaie irrégulière ou jardinée, etc.) ;
- augmenter la nécromasse en maintenant les phases âgées de la sylvigénèse (sénéscence et déclin) ;
- conserver des volumes de bois mort plus importants (90% des forêts présentent moins de 5 m3/ha alors que les experts du WWF en préconisent 15m3/ha) ;
- réfléchir à la mise en œuvre éventuelle de travaux de renaturation dans le cas des forêts très transformées.

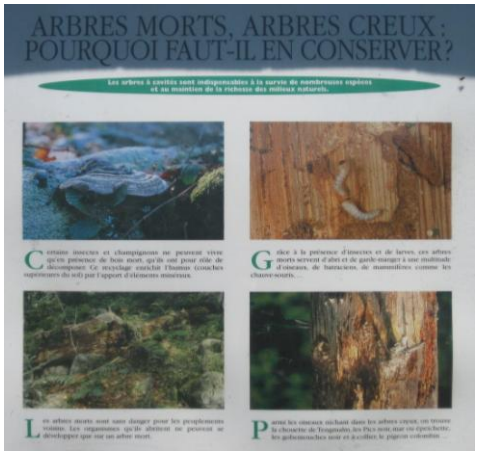


Photo : Extrait d'un panneau ONF (forêt domaniale de La Petite Pierre Sud), M. Malard, 2010

Reste cependant à les quantifier : quel volume minimum de bois mort permet de maintenir une certaine biodiversité ? Combien de gros et très gros bois maintenir à l'hectare ? Autant de questions qui nécessitent une meilleure connaissance de la dynamique forestière spontanée, d'où l'intérêt du suivi des forêts laissées en libre évolution.

II.4.2. Les méthodes de mesure de la naturalité

Différentes méthodes permettent de mesurer le degré de naturalité en utilisant certains indicateurs précédemment cités. Le degré de naturalité étant dépendant d'états de références (forêt naturelle et forêt totalement anthropique), ces méthodes reposent sur la comparaison de l'état actuel de la forêt à ces forêts de référence.

L'approche synchronique consiste à comparer les degrés de naturalité actuels de forêts différentes mais dans des conditions proches (station, climat, etc.). Il suffit alors d'apprécier les indices de naturalité entre la forêt de référence (forêt naturelle) et la forêt étudiée ou entre deux forêts étudiées.

Avec une approche diachronique, il s'agit de comparer les états successifs d'une même forêt. Le degré de naturalité sera ici appréhendé comme augmentation, diminution ou stagnation. Pour étudier l'évolution à long terme de la naturalité, on a recourt à des techniques de paléoécologie telles que la palynologie, la pédo-anthracologie, la dendrochronologie, l'archéologie, à l'étude des macro-restes ou encore d'écrits. La palynologie, qui nous informe sur les espèces végétales présentes dans le passé, est couramment associée à l'étude des macro-restes qui renseignent sur la présence de végétaux mais également d'animaux. La présence ancienne d'espèces ligneuses peut être détectée par la présence de charbon (pédo-anthracologie) et l'évolution de la croissance des arbres est étudiée en comparant l'épaisseur des cernes (dendrochronologie). A plus court terme, les protocoles de suivi des espaces forestiers sont des outils de plus en plus développés pour percevoir et étudier l'évolution de la dynamique des forêts, notamment suite à leur mise en réserve. D'autre part, la mise en œuvre simultanée de ces dispositifs en forêts gérées et non gérées renseigne quant à l'impact de la gestion sur la biodiversité. Ces études, menées notamment dans le cadre du projet « Gestion, naturalité, biodiversité », pourraient permettre d'établir des orientations de gestion dans le contexte actuel de valorisation à long terme des ressources forestières.

II.4.3. Les dispositifs actuels

II.4.3.1. *Quelles variables pour mesurer le degré de naturalité ?*

Une liste de critères et indicateurs mesurables du degré de naturalité d'une forêt est fournie en annexe 1 (source WWF).

II.4.3.1.1. Le bois mort : volume, type et état de décomposition

La mortalité des arbres faisant partie intégrante de l'évolution des forêts naturelles et les dégâts de tempête n'étant pas exploités, les **volumes de bois mort** peuvent y être importants. Dans les zones touchées par les tempêtes, ces volumes peuvent atteindre 150 m^3/ha en zone tempérée et jusqu'à 300 m^3/ha dans les forêts mixtes de montagne (Gilg, 2004). Dans les forêts à caractère naturel en conditions écologiques comparables à la France, le volume de bois mort dépasse toujours 40 m^3/ha (Vallauri, 2002). Cette donnée constitue donc un premier critère pour l'évaluation du degré de naturalité d'une forêt. Cependant, le volume de bois mort est étroitement lié à productivité de l'écosystème, du régime des perturbations naturelles et à l'ancienneté de la mise en libre évolution. La présence de bois morts est favorable à bon nombre de bryophytes, lichens, insectes, oiseaux, chiroptères, etc. pour lesquels ils sont source de nourriture mais également de gîtes.

L'**état de décomposition** du bois mort renseigne sur les communautés d'insectes saproxylophages (dont tout ou partie du cycle de vie est liée à la présence du bois mort) susceptibles d'être accueillies. En effet, ces insectes sont inféodés à un ou plusieurs états de décomposition selon les espèces et selon le stade de développement. Ces communautés diffèrent également selon le **type de bois mort**. Les bois morts sur pied n'abritent pas les mêmes insectes que les bois morts au sol, tout comme les bois morts feuillus n'attirent pas les mêmes espèces que les résineux. De même, l'écorce, le tronc, les branches, les souches et les racines ne sont pas colonisés ou consommés par les mêmes organismes saproxylophages. De plus, les bois morts sur pied sont également des refuges pour certains chiroptères et oiseaux qui logent dans les cavités. D'autre part, la **vitesse de décomposition** du bois mort dépend fortement de l'essence ainsi que du micro et du méso climat c'est

Chandelle tombée au sol, D. Malard, Vosges 2012

pourquoi il est essentiel de prendre en compte ces deux paramètres lors de l'étude des flux de bois morts. Enfin, les **bois morts de gros diamètre**, qui ne gèlent pas à cœur, peuvent abriter des espèces particulières. Les gros bois morts sont d'autant plus importants qu'ils permettent d'accueillir des espèces dont le cycle de développement est relativement long. Lorsque l'on s'intéresse à la biodiversité, l'étude des micro-habitats liés au bois mort est indispensable.

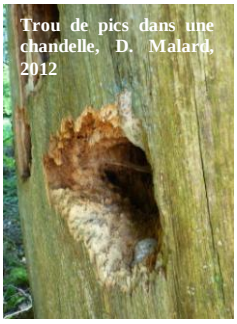
Ainsi, plus le volume de bois mort à l'hectare est élevé et plus le ratio entre le volume de bois mort et le volume total (bois mort et vivant) est important, meilleur est l'intérêt écologique du peuplement. En forêt naturelle, il a été constaté que le volume de bois mort représente entre 5 et 30 % du volume de bois sur pied (Vallauri, 2002). Cette **structuration** particulière est le fruit d'une dynamique complexe et encore mal connue. Ainsi, pour appréhender le fonctionnement de la forêt, il faut s'intéresser à la répartition entre le bois mort sur pied et au sol, à la répartition selon l'origine de la mortalité mais aussi à la répartition en diamètre de ces différents types de bois mort.

II.4.3.1.2. Les micro-habitats des arbres vivants, sources de biodiversité

Certaines singularités portées par des arbres considérées comme « défauts » en sylviculture sont au contraire des qualités qui participent à augmenter le degré de naturalité des forêts : ces arbres vivants sont porteurs de micro-habitats spécifiques.

Les insectes peuvent bénéficier de ces singularités : les **branches mortes** dans le houppier, la présence de champignons saproxyliques et les **coulées de sève** (résine exclue) sont, pour certains, sources de nourriture.

Certains oiseaux dits cavernicoles logent dans les **fentes** ou les **cavités**. Par exemple, la chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*), qui affectionne particulièrement les hêtraies, niche dans les cavités de tronc naturelles au sein des arbres vivants. La présence de liane comme le lierre leur fournit à la fois gîte et repas.


Trou de pics dans une chandelle, D. Malard, 2012

Les chiroptères utilisent également les fentes et cavités comme refuges. Pour ces espèces, les **décollements d'écorce** peuvent être utilisés comme perchoir.

Les cavités de souche et de pieds sont quant à elles susceptibles d'accueillir – en plus des invertébrés, chiroptères et oiseaux – de petits et gros mammifères.

Cependant, le relevé et le suivi des micro-habitats sont coûteux en temps, soumis à l'effet observateur et les données les concernant sont encore peu valorisées. C'est pourquoi ils ne sont pas tous étudiés lors de la mise en œuvre de protocoles de suivi des forêts à caractère naturel.

Il a d'autre part été mis en évidence que la fréquence d'apparition des cavités naturelles non due aux pics augmente avec le **diamètre** de l'arbre (Archaux et al., 2010).

II.4.3.1.3. Les indicateurs directs de biodiversité

L'étude des **insectes saproxylophages** et notamment des communautés présentes simultanément dans une forêt grâce à des inventaires faunistiques permettent de rendre compte de la continuité temporelle de la présence de bois mort.

Les **inventaires floristiques** peuvent aussi renseigner sur la continuité temporelle du couvert forestier. La présence d'espèces strictement forestières dont la dispersion est très limitée dans l'espace peut par exemple indiquer que le couvert forestier a été maintenu pendant un temps suffisamment long. Sur la base de ces réflexions, la notion récente et encore controversée d' « espèce de forêt ancienne » est parfois utilisée pour justifier du caractère « permanent » d'un couvert forestier. Pour cela, on regarde la capacité de dispersion des espèces grâce à l'indice CIC (*index of colonization capacity*). Plus le CIC de l'espèce est faible, moins l'espèce est capable de coloniser le milieu et plus elle est dépendante du caractère ancien du

boisement. Une forêt ancienne présente une accumulation de ces espèces spécialistes dont une liste est fournie en annexe 2. Cependant, cela ne qualifie pas une « vieille forêt », soit une forêt à caractère naturel, mais une forêt ancienne, c'est-à-dire anciennement boisée. Afin de qualifier une « vieille forêt », il faut s'interroger sur la présence d'espèces et de communautés liées aux différentes phases sylvigénétiques, notamment celles liées aux phases de maturité, déclin et sénescence ; sous-représentées en forêts gérées.

Quoi qu'il en soit, les inventaires floristiques et faunistiques sont longs et couteux. De plus, ceux-ci nécessitent la présence de spécialistes qui sont peu nombreux. C'est pourquoi ils font généralement l'objet d'études supplémentaires et non de paramètres de suivi dans les dispositifs à grande échelle.

Les catalogues des stations forestières disponibles pour de nombreuses régions françaises font correspondre à chaque type de sol, d'exposition et d'altitude, l'ensemble des peuplements potentiels de la région considérée sous réserve d'actions anthropiques. Plus la composition actuelle de la forêt tend vers celle décrite pour un peuplement en conditions semblables, moins celle-ci présente un caractère anthropique. Ainsi, l'étude de la **composition en essences** (**richesse spécifique**) de la forêt est un critère supplémentaire facilement utilisable pour l'évaluation de l'intérêt écologique de cette dernière (ONF et INRA, 2008).

II.4.3.1.4. La structure du peuplement

La stratification verticale mais aussi horizontale de la forêt est également un paramètre permettant l'appréhension du degré de naturalité.

Les forêts à caractère naturel présentent une stratification verticale complexe (qui résulte de l'expression des stades de déclin et de sénescence) avec des arbres de différentes hauteurs sur des surfaces relativement restreintes. Ainsi, se constitue un peuplement irrégulier, avec cinq à six strates bien individualisées de végétation (arbustive, arborée, herbacée, muscinale) et des arbres « émergeants » qui percent la canopée de part en part.

De même, la répartition des arbres selon leur catégorie de diamètre est spécifique aux forêts à caractère naturel d'une part par la présence d'arbres de diamètres très variés sur une petite surface (en cas de « dynamique douce »), et d'autre part par la présence relativement abondante de gros bois et très gros bois. En forêts naturelles européennes (Europe du Nord), Nilsson et al. (2001) considèrent qu'il y a entre 10 et 20 arbres de diamètre supérieur à 70 cm (DBH) par hectare. De plus, le nombre de catégories de diamètre présentes sur la placette définit un **indice de richesse dimensionnelle** proposé par l'ONF et l'INRA (2008). Un second indice est défini comme le croisement de ces classes avec les essences présentes.

II.4.3.2. *Les dispositifs de suivi actuellement mis en œuvre sur les réseaux de RN et RB*

Les protocoles de suivi des forêts laissées en libre évolution, qui sont (ou ont vocation à devenir) des forêts à caractère naturel, s'attachent à suivre l'évolution des paramètres précédemment présentés. Cependant, tous ne sont pas facilement ou rapidement mesurables, c'est pourquoi des choix ont été faits. Afin d'harmoniser le suivi de ces espaces forestiers, des réflexions à l'échelle européenne ont eu lieu à partir de 1995 et un protocole de suivi commun aux différents pays européens a été élaboré dans les années 2000 (protocole COST E4). Ce dernier ayant pour objectif de caractériser et d'inventorier les réserves forestières intégrales. Cependant, le protocole COST E4 a peu été mis en place du fait de sa lourdeur : en France seule quelques RB l'ont mis en œuvre.

Les recommandations exposées dans le COST E4 ont tout de même inspiré le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) qui a vu le jour en 2005. La convention entre RNF et l'ONF a permis l'implication de 25 RN et 46 RB dans ce programme. À ce jour, une base de données de plus de 5000 placettes a ainsi été constituée. De plus, un troisième protocole dont l'objectif est le suivi de la dynamique spontanée des forêts alluviales (PFA), bien qu'élaboré en 1994, a intégré les recommandations du COST E4. Mis en place dans 11 RN, ce dernier ne bénéficie pas d'un appui aussi fort que le PSDRF d'où

une valorisation peu avancée des données. Ces dernières ne sont pas négligeables pour autant. En effet, certaines des réserves impliquées entament leur troisième campagne de relevés.

Ces trois protocoles ont pour but de caractériser et de suivre l'évolution des forêts laissées en libre évolution. C'est pourquoi un rapprochement entre les trois protocoles évoqués est aujourd'hui envisagé, notamment dans le but de dynamiser et valoriser les données anciennes collectées par le biais des protocoles COST et PFA. Cependant, tous trois présentent certaines spécificités qui nécessitent d'être prises en compte au cours de ces réflexions. En effet, le PFA a été élaboré spécialement pour les forêts alluviales, milieux pour lesquels le PSDRF et le COST ne sont pas adaptés. D'autre part, le PSDRF est aussi bien mis en œuvre au sein de forêt en libre évolution qu'en peuplement gérés et exploités, ce qui n'est pas le cas des deux autres protocoles. Cette mise en œuvre plus large du PSDRF a pour objectif d'établir une comparaison entre forêts exploitées et en libre évolution.

En ce qui concerne le rapprochement entre le PFA et le PSDRF, différentes solutions relatives à ces protocoles ont été émises. Une harmonisation des paramètres relevés permettrait la comparaison des résultats entre les deux réseaux. Une première solution serait donc de conserver les différents protocoles mais en les faisant converger. D'autre part, un transfert total du PFA vers le PSDRF pourrait être envisagé et serait bénéfique aux deux réseaux de placettes. En effet, le réseau PFA bénéficierait de la dynamique portée par le réseau PSDRF et le PSDRF serait enrichi des réflexions propres aux milieux alluviaux. Les forêts alluviales seraient alors échantillonnées et suivies avec le PSDRF au même titre que les autres forêts. Enfin, une solution intermédiaire consiste à intégrer un « module alluvial » au PSDRF. Cela pourrait permettre de prendre en compte les particularités de ces forêts tout en incluant le réseau PFA dans la dynamique du réseau PSDRF avec des relevés dendrométriques communs. Quoi qu'il en soit, avant d'émettre un choix déterminant concernant ces questionnements, il est indispensable de s'interroger sur les potentielles pertes d'informations qui pourraient être engendrées par de telles dispositions. La pertinence et l'intérêt de chaque variable doivent être évalués.

Parallèlement à ce raisonnement, l'avenir du COST E4 est également sujet à réflexion. Du fait que peu de réserves ont mis en œuvre ce protocole, il s'agit d'optimiser la transition du système de placettes circulaires du COST vers le PSDRF afin de valoriser les données récoltées lors de la mise en œuvre du COST et de poursuivre le suivi des réserves concernées.

Enfin, afin d'optimiser le PSDRF, un état des lieux du réseau se doit d'être établi et une évaluation de ce dernier menée. Réflexions d'autant plus importantes qu'il pourrait servir de base au rapprochement entre les différents protocoles. Les difficultés rencontrées par les utilisateurs du protocole sont à prendre en compte en vue d'en améliorer l'efficacité. De même, le PSDRF a pour vocation de faciliter la mise en œuvre d'études complémentaires, comme celles menées par le projet GNB, et il est intéressant de voir si cette fonction est bien remplie.

PARTIE 2 : AMÉLIORATION DU PROTOCOLE DE SUIVI DENDROMÉTRIQUE DES RÉSERVES FORESTIÈRES

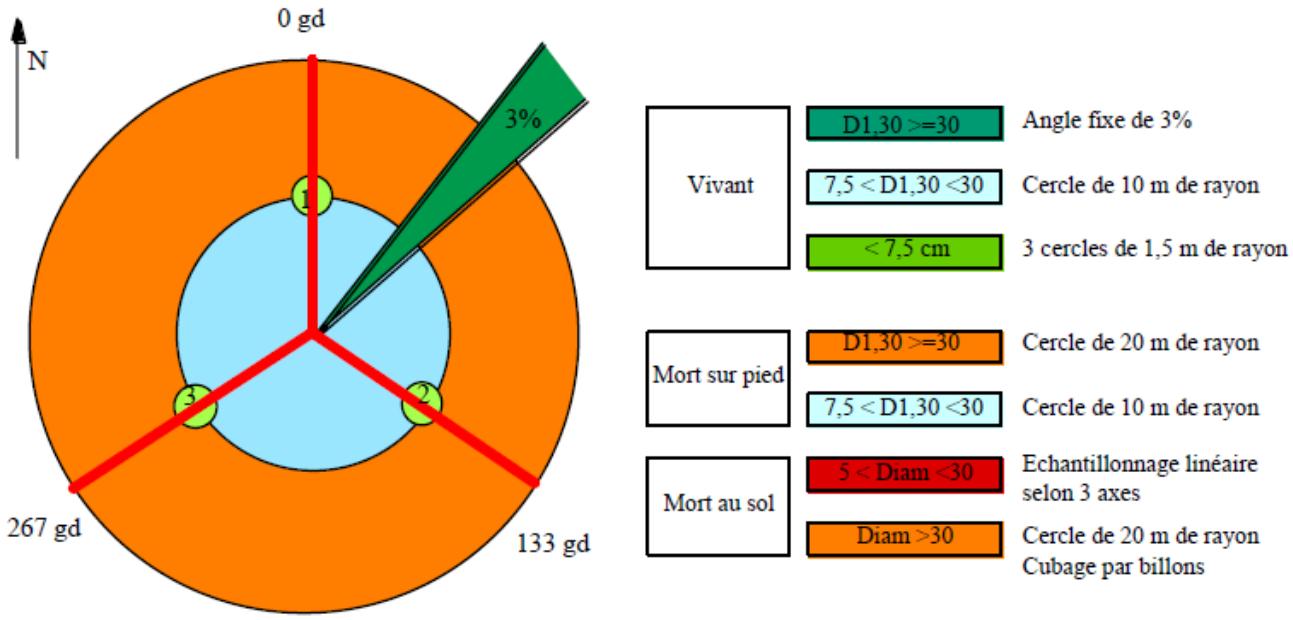
I. État actuel du réseau PSDRF

I.1. Présentation du PSDRF

Le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF), élaboré sous l'égide du ministère de l'Écologie par un groupe de travail mené par l'ENGREF et comprenant l'ONF, RNF, le Cemagref (aujourd'hui IRSTEA) et l'IFN, a été validé en 2005. Il a pour principal objectif de mieux appréhender la dynamique des peuplements forestiers dans le temps et l'espace. Son installation permet également un suivi particulièrement fin en ce qui concerne l'origine et le type de bois mort. De plus, le PSDRF est également un support pour diverses études taxonomiques complémentaires. Des inventaires spécifiques (insectes saproxyliques et carabiques, avifaune, champignons, mousses, flore vasculaire et chiroptères) ont en effet été élaborés par l'IRSTEA, en partenariat avec l'ONF et RNF, dans le cadre du projet « Gestion, Naturalité, Biodiversité » (GNB) en s'appuyant sur des placettes PSDRF en peuplement exploités et non exploités. Enfin, c'est un outil permettant d'améliorer les connaissances scientifiques quant à la dynamique forestière spontanée, c'est-à-dire laissée en libre évolution. Comme dit précédemment (paragraphe I.3.), le PSDRF bénéficie d'un appui fort du fait de la convention RNF/ONF, notamment avec un programme de coordination nationale des sites le mettant en œuvre, un logiciel d'aide à la saisie (« Dendro ») et des formations introductives à sa mise en œuvre ainsi qu'à la prise en main de « Dendro ».

Ce protocole est basé sur la mise en œuvre de placettes permanentes circulaires combinant différentes méthodes d'inventaires selon les éléments considérés (arbres vivants, bois morts, etc.) comme l'indique la figure ci-dessous.

Figure 1 : Schéma d'une placette PSDRF (illustration issue du protocole)

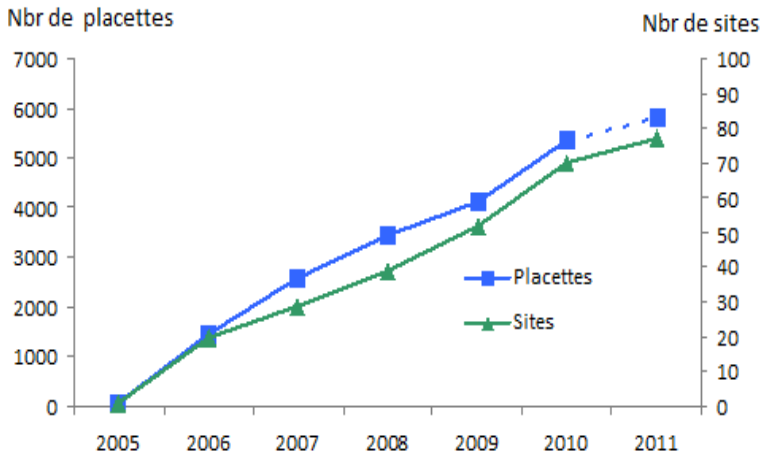


Dans le cas des « grandes » réserves, il est souvent conseillé de déterminer au préalable s'il est utile de procéder à un découpage du domaine d'inventaire en strates. Une strate correspond à une portion de l'espace sur laquelle existe soit un besoin particulier d'information, soit une homogénéité spécifique. Par exemple, en cas de mise en place d'un dispositif de comparaison forêt gérée/forêt non gérée, chaque de ces deux modalités est considérée comme une strate.

I.2. Étendue du réseau PSDRF

Depuis son lancement en 2005, le PSDRF a largement été adopté par les gestionnaires d'espaces forestiers. Au 01/03/2012, 46 réserves biologiques, 25 réserves naturelles (dont 3 à double statut), 2 parcs nationaux et 4 autres types de sites ont ainsi mis en œuvre ce protocole.

Figure 2 : Évolution du nombre de placettes et du nombre de réserves impliquées dans la mise en œuvre du PSDRF (graphique réalisé par N. Debaive)



De plus, 8 réserves (5 RB et 3 RN) ont prévu d'appliquer le protocole en 2012.

I.3. Résultats de l'enquête de satisfaction menée auprès des utilisateurs du protocole quant à la mise en œuvre du protocole

I.3.1. Présentation de l'enquête

Une enquête auprès des utilisateurs du PSDRF a été menée. Ce travail présente un double objectif. D'une part, il a pour but de recenser les difficultés rencontrées par les utilisateurs du PSDRF afin d'optimiser cet outil de suivi des forêts. D'autre part, l'enquête permet de recueillir les attentes et les suggestions des utilisateurs actuels et futurs mais aussi d'évaluer son intérêt quant aux études taxonomiques qui peuvent y être associées.

Le questionnaire d'enquête a été diffusé auprès de 75 utilisateurs actuels et futurs (ou potentiels) du PSDRF. Les utilisateurs actuels ont été interrogés aussi bien à propos des difficultés rencontrées qu'au sujet de leurs attentes face au protocole. Les utilisateurs futurs ont également été invités à donner leur avis sur un large spectre de questions. 37 questionnaires ont été reçus, représentant au total 51 réserves dont 21 réserves naturelles (RN), 29 réserves biologiques (RB) ainsi que la réserve intégrale du parc du Lauvitel. Le taux de réponses au questionnaire est donc de 48% des utilisateurs (actuels et futurs) contactés auxquels il faut ajouter 2 réponses partielles et 6 réponses négatives (manque de temps ou de connaissance du protocole), ce qui porte le taux de réponse aux mails à 60% des personnes contactées. Cela témoigne d'une démarche très participative de la part des utilisateurs actuels et futurs du PSDRF.

Le questionnaire comportait six thématiques :

- Le contexte et les objectifs de la mise en œuvre du protocole ;
- L'appui technique reçu lors de la mise en œuvre ;
- La localisation, l'implantation et la matérialisation des placettes ;
- Le matériel utilisé ;
- La prise de données ;
- Les éventuels inventaires taxonomiques associés au protocole.

Seront résumés ici les résultats de l'enquête concernant l'appui technique et la prise de données, les attentes des gestionnaires étant développées au paragraphe II. Le compte-rendu complet de l'enquête concernant le PSDRF est fourni en annexe 4.

I.3.2. Améliorer la lisibilité et faciliter la mise en œuvre du protocole

I.3.2.1. *Sémantique utilisée*

Comme les utilisateurs l'ont souligné lors de l'enquête, le protocole est dense et complexe. Or certaines définitions, peu précises ou simplement noyées dans l'ensemble des recommandations, ne sont pas toujours comprises des utilisateurs.

C'est notamment le cas de la variable « taillis » dont la définition (« tiges $7,5 \leq D < 17,5$ cm situées à moins de 30 cm des leurs voisines ») incite à noter en taillis des tiges issues drageons (trembles) ou encore les tiges proches provenant d'une tâche très dense de régénération (pins à crochets). On pourra alors définir le taillis comme suit : « Brin de taillis : toute tige située à moins de 30 cm de ses voisines, *a priori* issue d'une même souche que ces dernières. Ne sont pas considérées comme taillis les tiges proches visiblement issues de drageons ou de graines. ». Cette définition laisse plus de place à l'effet observateur mais permet d'éviter une notation en taillis visiblement erronée (drageon, etc.).

De même, la variable « chablis » utilisée dans le protocole fait uniquement référence aux chablis encore rattachés à une souche, ce qui n'a pas toujours été compris des utilisateurs. En effet, celle-ci a parfois été assimilée à une absence de marque d'abatage. Afin d'éliminer toute source d'erreur concernant la saisie de cette variable, la définition utilisée dans le protocole pourra être mentionnée au paragraphe « 4.0 Définitions » du protocole. Pour les réserves concernées, la notation « chablis oui/non » pourrait être remplacée par « origine anthropique oui/non » dans les jeux de données où l'erreur précédemment décrite a été constatée. Pour les campagnes à venir, les chablis seront relevés comme indiqué dans le protocole.

De plus, l'utilisation du terme « volis » pour désigner les chandelles a parfois contribué à la complexité du protocole. Ainsi, dans le paragraphe « 4.4 Cas du bois mort sur pied », on remplacera le terme « volis » par le terme « chandelle », notamment dans les définitions du « type V » et du « type S ». De même, le « type V » pourra éventuellement rebaptiser « type C », (« type chandelle ») pour éviter toute confusion.

Enfin, l'appellation «type souches » ou encore « type S » pourrait être rebaptisée « souches/chandelles basses», « souches/petites chandelles », etc. En effet, cette catégorie désigne les bois morts debout de hauteur inférieure à 1,30 m (souche et chandelles) et la restriction au terme « souche » contribue à la difficulté d'assimilation du protocole car le terme « souche » renvoie à une origine anthropique.

I.3.2.2. *Application du protocole*

Afin de s'adapter au capital de la forêt étudiée, les gestionnaires ont la possibilité de modifier l'angle fixe. Or, il n'est pas expliqué dans le protocole que cette modification doit s'accompagner du changement du diamètre définissant la limite entre les deux catégories d'arbres vivants (pris dans les 10 ou dans les 20 m) afin de respecter la continuité du poids de l'arbre limite entre ces deux catégories. En effet, avec un angle fixe de 3 %, ce diamètre est de 30 cm (3x10) mais avec un angle de 2 % il doit être de 20 cm (2x10). Ces explications devront être détaillées dans le protocole ainsi que dans sa notice car le diamètre de l'arbre limite n'a pas été adapté à l'angle fixe dans une grande majorité des cas.

Le manque de directives quant aux cas particuliers a été source de difficultés pour certains opérateurs. Une notice relative aux cas particuliers est proposée en annexe 5.

Enfin, la notion de placette miroir est très peu connue des utilisateurs du PSDRF. On peut avoir recours aux placettes miroirs lorsqu'une partie de la placette sort des limites d'une strate (limites de la réserve, limites de lisière). Dans ce cas, la surface au-delà de la limite est reportée dans la réserve (ce qui implique que des arbres peuvent être mesurés deux fois selon le type de placettes miroirs choisi).Une explication de leur utilité et de leur mise en œuvre pourraient être ajoutée au protocole. On pourra également détailler comment et dans quels contextes d'autres méthodes peuvent se substituées aux placettes miroirs.

I.3.2.3. *Optimiser l'appui technique*

Afin d'expliquer et de faciliter la mise en œuvre du PSDRF, les gestionnaires ont normalement reçu un « kit protocole » comprenant :

- Le protocole et sa notice,
- La liste des habitats,
- La feuille type pour la saisie de terrain,
- La notice du logiciel « Dendro » destiné aux terminaux de saisie (TDS),
- Le tableur de saisie,
- La notice du Vertex IV et du transpondeur T3.

L'enquête a révélé que la diffusion de ce kit avait été très efficace et que les utilisateurs en avaient été satisfaits bien que certaines améliorations pourraient encore être apportées aux divers documents proposés.

I.3.2.3.1. Notice du PSDRF

Dans un premier temps, certaines incohérences entre le document initial du protocole (2005) et sa notice, plus lisible, ont été relevées. Cela provient notamment du fait que la notice a évolué en fonction des besoins des utilisateurs du PSDRF alors que le document initial n'a pas connu de modifications depuis 2005.

En effet, l'unité de la longueur des bois morts au sol est le décimètre dans le protocole et le mètre dans la notice Les mesures de longueur et de hauteur se font généralement en mètres dans le cadre du PSDRF. Le fait que seule la longueur des gros bois morts au sol soit notée en décimètres pourrait conduire à des erreurs. **Le protocole sera donc modifié afin que l'unité de mesure de la longueur des gros bois morts au sol soit le mètre.** De même, le protocole préconise de ne relever que les souches H ≥ 40 cm alors que toutes sont relevées selon la notice. Ce point sera étudié au paragraphe II.1.1.

Ensuite, il s'est avéré que les remesures précises, au GPS, du centre des placettes ont très peu été effectuées. De même, la description du cheminement a rarement été faite et les repères fixes éventuels (rochers, cours d'eau, etc.) extrêmement peu relevés. Ces éléments sont pourtant indispensables au repérage précis de placettes qui se veulent permanentes. De plus, certaines personnes interrogées ont déjà exprimé leur difficulté à retrouver des placettes récemment implantées. La notice du protocole devra encore insister sur ces points.

Enfin, afin qu'il n'y ait pas de biais, le centre des placettes ne doit pas être choisi par les opérateurs. On pourra préconiser dans la notice et dans le protocole que les cheminements au GPS doivent fournir l'emplacement du jalon situé à 20 m au Nord du centre de la placette et non ce dernier.

I.3.2.3.2. Logiciel Dendro

Si l'occasion se présente, et dans la mesure du possible, les diverses suggestions d'amélioration du logiciel « Dendro » seront prise en compte. On veillera notamment à :

- Rendre possible l'ajout d'une essence à la liste de « Dendro » à partir du TDS ;
- Rendre possible la notation d'observations à l'échelle de la placette ;
- Activer l'écran 14 et permettre la saisie des options. Dans l'hypothèse où les protocoles concernant les études complémentaires ont été harmonisés, il serait également intéressant de permettre la saisie des mesures relatives à ces différents protocoles à l'aide d'un module de Dendro ou grâce à un logiciel du même type.

Lors des formations à ce logiciel, certaines remarques ont été formulées le concernant. Premièrement, il a été remarqué que certaines erreurs de saisie sont permises par le logiciel. En effet, en ce qui concerne le « type souche », la notation des codes écologiques n'est pas restreinte et il est possible de renseigner des codes écologiques relatifs au houppier. Enfin, à chaque fois que la batterie du TDS est ôtée, il est nécessaire de remettre à jour la date et l'heure. Cela est contraignant mais obligatoire du fait que ces critères sont renseignés automatiquement lors de la saisie d'une nouvelle placette.

I.3.2.3.3. Notice du logiciel Dendro

Afin de limiter les erreurs de saisie concernant la régénération, il sera précisé dans la notice du logiciel Dendro que le relevé de la régénération se fait par essence et par origine végétative et que, par conséquent, l'utilisateur doit séparer les semis et le taillis précomptable en faisant deux écrans par essence si nécessaire.

Il sera précisé dans la notice de Dendro que le champ « syt. GPS » est destiné à indiquer le système de référence (Lambert 93, Lambert II étendu, etc.) utilisé et non le type de GPS.

I.3.2.3.4. Formations

La formation au PSDRF a été grandement appréciée et parfois même jugée indispensable. Cependant, il a parfois été estimé qu'elle était trop courte. Afin de rentabiliser au mieux la journée de formation, le formateur pourra insister pour que soit au préalable parcourue la notice. Quelques tests peuvent être également mis en œuvre avant cette journée. D'autre part, le formateur insistera sur le relevé des micro-habitats. Enfin, les formations continueront, dans la mesure du possible, à être dispensées par petits groupes en impliquant les participants dans les mesures.

I.4. Les habitats suivis

L'habitat est à relever à l'échelle de la placette. Or, seules 14 réserves ayant transmis leurs données ont fourni cette information dont 3 de manière incomplète. Il serait intéressant de disposer de ces données pour l'ensemble des réserves du réseau PSDRF afin de connaitre précisément les habitats suivis grâce à ce dispositif. Surtout, ces données sont essentielles dans l'optique d'une analyse fine des résultats. En effet, il apparaît peu pertinent de comparer des volumes du bois mort selon qu'ils aient été calculés en méditerranée ou dans les Vosges. De plus, cette information permettrait de connaitre qualitativement mais aussi quantitativement les habitats couverts par le réseau des sites impliqués dans PSDRF, ce qui est essentiel pour déterminer les manques du réseau.

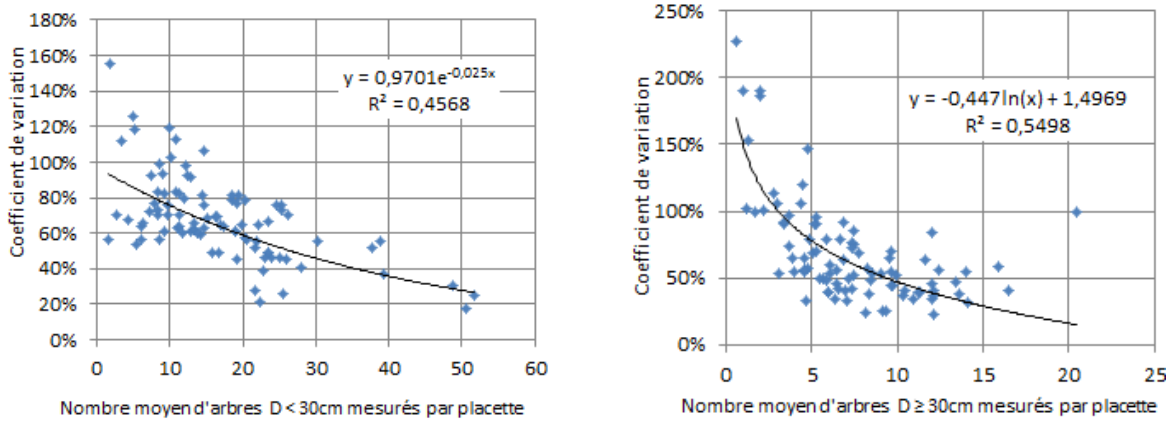
I.5. Effort d'échantillonnage

NB : L'étude de la précision effectuée ici reprend les résultats obtenus pour les 61 sites pour lesquels l'analyse a été effectuée. Les éventuelles strates déterminées sur ces sites ont été considérées séparément, soit au total un échantillon de 91 strates.

I.5.1. Arbres vivants

Afin d'apprécier l'efficacité du PSDRF quant à l'estimation de la surface terrière, on peut s'intéresser à l'évolution du coefficient de variation (obtenu à l'échelle de la réserve pour cette estimation) en fonction du nombre d'arbres mesurés par placette.

Figure 3 : Coefficient de variation obtenu pour la surface terrière en fonction du nombre d'arbres vivants mesurés par placette (chaque point représentant une réserve)

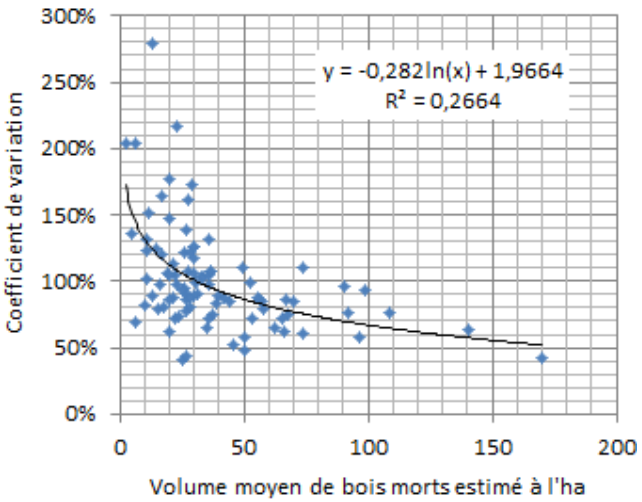


Plus le coefficient de variation est faible meilleure est la précision. En général, la précision s'améliore nettement avec l'augmentation de l'effort d'échantillonnage. Le nombre optimal de tiges à mesurer par placette correspond au nombre à partir duquel le coefficient de variation diminue peu malgré l'augmentation de l'effort d'échantillonnage. En ce qui concerne les arbres vivants D < 30 cm, il semble que mesurer plus d'une vingtaine d'arbres par placette ne soit pas efficace (voir figure 3). En effet, au-delà de cet effort d'échantillonnage, la diminution du coefficient de variation est moindre. La mesure d'une dizaine d'arbres par placette semble suffire à une bonne estimation de la surface terrière des arbres vivants D ≥ 30 cm.

I.5.2. Bois morts

Lorsque le volume de bois morts est estimé à moins de 50 m^3/ha, on observe une grande dispersion du coefficient de variation (pour l'estimation du volume de bois morts à l'échelle de la réserve), ce dernier étant généralement élevé (voir figure ci-dessous). On note une légère tendance du coefficient de variation à diminuer lorsque l'estimation du volume en bois morts augmente. Cela n'est cependant pas déterminant (R^2 faible). Cette tendance semble s'estomper au-delà de 50 m^3/ha mais on remarque surtout une forte diminution de la variabilité des coefficients de variation avec une concentration vers les plus faibles valeurs. Lorsque l'on s'intéresse séparément

Figure 4 : Coefficient de variation en fonction du volume estimé de bois morts



aux différentes catégories de bois morts (sur pied, au sol, etc.), on observe que le coefficient de variation diminue de manière notable avec l'augmentation du nombre de bois morts mesurés par placette ($R^2 > 0,5$). En ce qui concerne les bois morts sur pieds et les gros bois morts au sol ($D \geq 30$ cm), la diminution du coefficient de variation est faible dès la mesure de trois bois morts par catégorie et par placette. Pour les petits bois morts au sol, il semble que la mesure de 5 à 10 éléments par placette soit nécessaire à une bonne estimation. L'étude du coefficient de variation en fonction du nombre de bois morts mesurés à l'hectare est détaillée par catégorie de bois morts en annexe 3.

Conclusions

Les forts coefficients de variation obtenus pour l'estimation du volume en bois morts sont dus à la rareté et à l'hétérogénéité de la distribution de ces éléments. La précision devrait donc s'améliorer avec le temps en ce qui concerne les réserves laissées en libre évolution.

I.6. État de la base de données

Depuis le lancement du PSDRF en 2005, l'idée d'une base de données en ligne a plusieurs fois été évoquée. Celle-ci n'a jamais abouti malgré plusieurs rencontres avec le ministère en charge de l'Écologie en 2006 et en 2008. Suite au souhait du ministère de reprendre la discussion en 2011, une plateforme de données est en cours d'élaboration. Celle-ci devrait être disponible dans le courant de l'année 2012. Ce nouvel outil permettra notamment aux utilisateurs du protocole de stocker les données issues des différentes campagnes de terrain. Le traitement des données sera rendu possible directement à partir de la base en ligne selon des requêtes d'analyses standards.

Actuellement, chaque réserve renseigne ses données dans un fichier Excel et la coordination du protocole à l'échelle nationale est assurée par N. Debaive, chargé de mission scientifique à RNF. Dans ces fichiers de saisie, de nombreuses erreurs ont été constatées. Certaines sont dues à une mauvaise application du protocole :

- Le respect de l'angle fixe (nombreux arbres vivants $D \geq 30$ cm supplémentaires saisis) ;
- La distance de prospection pour les perches vivantes (arbres relevés au-delà de 10 m) ;
- Le respect des limites de hauteur entre le « type S » et le « type V » ;
- Le relevé de l'angle des petits bois morts au sol (transects) ;
- Respect des codifications (stade de décomposition, codes écologiques, nom des transects, etc.)
- L'oubli de certaines mesures (diamètre, hauteur, etc.).

L'enquête auprès des utilisateurs actuels du protocole concernant sa mise en œuvre (détaillé aux paragraphes I.1.) permet de comprendre certaines de ces erreurs : la densité des informations à relever et la complexité du protocole en sont les principales causes. D'autres, comme les valeurs aberrantes (hauteur, longueur, distance, azimut, etc.), sont simplement des erreurs de saisie.

II. Adapter le protocole aux besoins des gestionnaires

Lors de l'enquête de satisfaction (présentée au paragraphe I.1), les utilisateurs actuels et potentiels futurs ont été invités à faire part de leurs attentes concernant le PSDRF.

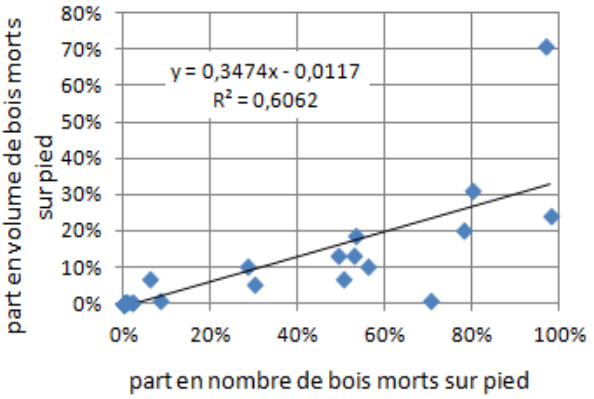
II.1. Répondre à un maximum de demandes

II.1.1. Relevé des souches H < 40 cm

Le relevé des souches H < 40 cm a été chronophage pour certains sites, notamment au niveau des forêts exploitées ou des jeunes réserves. C'est pourquoi certains s'interrogent au sujet de l'intérêt que représentent ces relevés.

Cet ajout ayant été proposé que depuis 2009 (notice du protocole), seuls 27 sites ont mis en œuvre cette modification. La part de ces éléments dans le volume total de bois morts sur pied par rapport à l'effort d'échantillonnage supplémentaire a été étudiée pour ces 27 sites. En moyenne, les souches H < 40 cm représentent 9 % du volume total en bois morts sur pied pour 30 % de l'effort d'échantillonnage de cette catégorie. La part en volume de bois morts sur pied des souches H < 40 cm est supérieure à 10 % pour 9 sites (voir figure 3 ci-contre) mais l'effort d'échantillonnage représente en moyenne 71 % (sur ces 9 sites) des bois morts sur pied relevés. Cependant, ce critère donne une indication quant au degré d'anthropisation du peuplement ; les souches H < 40 cm étant généralement le résultat de coupes. Le relevé des souches H < 40 cm apporte donc une information intéressante malgré un effort d'échantillonnage important. De plus, ces éléments sont nombreux au niveau des jeunes réserves, l'effort d'échantillonnage est donc amené à diminuer lors des prochaines campagnes. Enfin, en forêt gérée, la part en volume des souches H < 40 cm est non négligeable.

Figure 5 : Part en volume de bois morts sur pied des souches H < 40 cm en fonction de la part en nombre de bois morts sur pied mesurés (27 sites)



II.1.2. Analyses supplémentaires

Le chargé de mission RNF-ONF transmet aux gestionnaires un traitement simple pour lequel l'analyse leur est laissée car cette interprétation nécessite une certaine connaissance du site étudié. Les gestionnaires sont par ailleurs encouragés à réaliser les analyses complémentaires qui leur sont nécessaires.

Suite à un certain nombre de demandes, on essaiera d'intégrer dans la plateforme de données en cours d'élaboration la possibilité d'obtenir une représentation cartographique des éléments relevés sur les placettes et une analyse du nombre de tiges à l'hectare, par essence et par catégorie de diamètre.

L'analyse globale d'une strate pour laquelle le maillage n'est pas homogène nécessite la prise en compte du poids des placettes. Pour cela, il faut ajouter à la base de données et aux analyses un critère « poids de la placette ».

II.1.3. Relevés supplémentaires

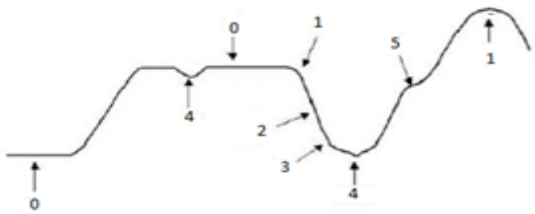
Bien que la plupart des demandes de relevés supplémentaires soient intéressantes, le protocole est déjà dense et il n'est pas envisageable de toutes les intégrer. Rien n'empêche cependant les utilisateurs de relever optionnellement tel ou tel paramètre. Seulement, ils ne pourront pas tous être intégrés à la base de données commune. On pourra lister ces options pour que l'ensemble des utilisateurs en prennent connaissance.

Ainsi, la localisation des petits bois morts au sol ne sera pas intégrée au PSDRF. La localisation des gros bois morts au sol est quant à elle déjà une option du PSDRF (rendue obligatoire par l'utilisation du logiciel « Dendro »).

De même, effectuer des relevés phytosociologiques est coûteux en temps, bien que les informations apportées soient très intéressantes dans le cadre d'élaboration de synthèses. Ces relevés nécessitent par ailleurs des compétences particulières, ce qui limite d'autant plus l'intégration de ces relevés au PSDRF. Ces relevés resteront donc optionnels. Ces relevés (phytosociologiques comme pédologiques) peuvent être réalisés entre deux campagnes d'échantillonnage.

Le choix de ne prendre que le diamètre pour cuber les arbres était un préalable à l'élaboration de ce protocole. Les mesures de hauteur sont en effet des opérations très coûteuses en temps et qui ne sont pas toujours précises. Dans le cas des feuillus, il n'est par exemple pas toujours évident de repérer la hauteur réelle, souvent différente de la hauteur perçue. Ce biais serait donc à prendre en compte dans l'estimation du volume par l'application d'un tarif de cubage à deux entrées. Par ailleurs, la RBI des Gorges de la Frau a effectué la mesure de la hauteur d'un arbre par catégorie de diamètre (soit trois mesures) par placette. Le temps de cette opération a été estimé à 15 minutes par placette mais permettrait d'affiner les tarifs de cubage à appliquer. Néanmoins, les mesures de hauteurs ne sont pas envisageables pour chaque arbre, le rapport coût/précision n'étant pas intéressant. Dans le cadre du PFA, la mesure des hauteurs de trois arbres permet de fournir une référence pour l'estimation individuelle de cette grandeur. Cependant, ces mesures ne sont pas utilisées en vue de cuber les individus. Quoi qu'il en soit, le renseignement d'une hauteur individuelle peut être optionnel.

La description de la topographie est un relevé qui peut être envisagé sous forme de case à cocher ou d'indice. Le temps de relevé sera ainsi limité, d'autant plus que la topographie ne sera relevée qu'une seule fois. De plus, cela peut permettre de retrouver plus facilement les placettes. Cela donne également une information supplémentaire quant au déplacement éventuel des pièces de bois morts au sol. On pourra par exemple noter la position topographique comme suit :



0 : plateau ou vallée
1 : sommet, crête ou haut de versant
2 : milieu de pente
3 : bas de pente
4 : fond de vallon ou dépression
5 : replat de versant

La notation binaire (oui/non) des milieux humides ou des traces de feux potentielles ne sera pas ajoutée car cette information peut être notée en observation pour les placettes concernées.

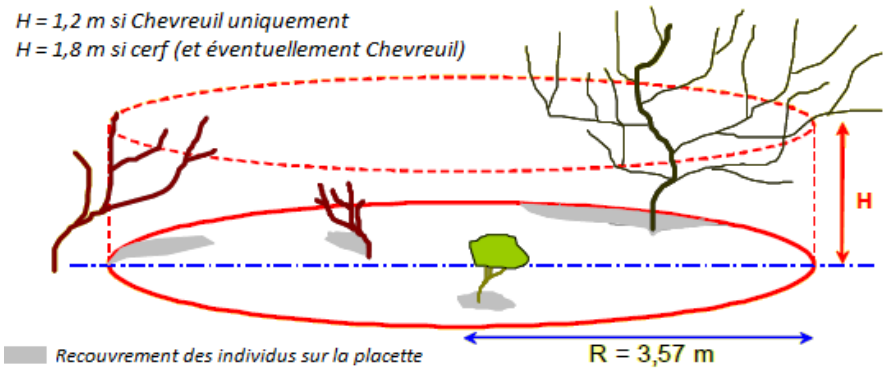
La demande la plus forte concerne le suivi de la régénération et le relevé des micro-habitats. Ces deux points seront donc détaillés plus loin. En ce qui concerne le premier point, un rapprochement avec diverses méthodes sera étudié. Concernant les micro-habitats, une réunion a eu lieu le 14 mai à Paris.

II.2. Améliorer le suivi de la régénération et de la pression du gibier

II.2.1. Méthode Aldous adaptée par l'IRSTEA

L'adaptation de la méthode Aldous utilisé par l'IRSTEA repose sur l'observation de la végétation lignifiée et a pour but d'estimer la végétation disponible pour les cervidés et leur consommation par ces derniers. Ces observations sont basées sur un réseau de placettes circulaires de 3,57 m de rayon (voir figure ci-après). Pour chaque espèce ligneuse ou semi-ligneuse présente sur la placette, on relève le taux de recouvrement de celle-ci ainsi que son taux d'abroutissement.

Cependant, cette méthode n'est utilisée que dans un cadre de recherche et non comme méthode de suivi de la gestion. En effet, non seulement cette technique est coûteuse en temps mais elle est également fortement soumise à l'effet observateur. *Figure 6 : Illustration d'une placette Aldous (tirée du protocole Aldous)*



De plus, sa mise en œuvre nécessite une certaine technicité de la part des opérateurs. D'autre part, les objectifs poursuivis ne sont pas les mêmes et ne sont pas conciliables en un même protocole. Dans le cadre du PSDRF, on s'intéresse au renouvellement du peuplement alors que la méthode Aldous a pour objectif de suivre l'utilisation de la végétation par les animaux. Ainsi, dans le cadre du PSDRF, les relevés sont effectués selon des classes de diamètre et de hauteur, ce qui est incompatible avec la notation du taux de recouvrement global des semis ligneux par espèces (emboîtement des classes de hauteur). Le suivi de l'utilisation de la végétation par les cervidés nécessiterait donc la mise en place de la méthode Aldous en parallèle de la méthode PSDRF, ce qui alourdirait considérablement le protocole. La méthode Aldous ne peut donc pas être reprise au sein du PSDRF.

II.2.2. L'indice de consommation (IRSTEA)

L'indice de consommation (IC) a pour but de suivre l'évolution de la pression exercée par les cervidés sur la végétation lignifiée, ce qui se rapproche plus du but recherché par le PSDRF. Cette méthode n'est actuellement validée que pour le chevreuil (Morellet et Boscardin, 2007). Les relevés se basent sur un réseau de placettes temporaires d'une surface de 1 m² (quadras de 1x1 m). Pour chaque espèce présente, l'observateur note la présence ou l'absence de consommation.

Bien que la notation de l'IC soit proche de celle du PSDRF (notation binaire de l'abroutissement par espèce), le suivi de la pression des cervidés sur le peuplement forestier par l'indice de consommation proposé par l'IRSTEA n'est pas adapté au PSDRF. En effet, l'IA ne peut être interprété que par comparaison sur plusieurs années, ce qui nécessite des relevés bisannuels. D'autre part, l'IC ne permet pas de mesurer le taux de dégâts sur une espèce particulière ni de raisonner en terme de conséquences quant au devenir du peuplement (Morellet et Boscardin, 2007). Enfin, la mise en œuvre de ce suivi nécessite une certaine connaissance botanique. En effet, les relevés ont lieu en période de repos végétatif, ce qui demande la reconnaissance de l'ensemble de la végétation ligneuse et semi-ligneuse à l'état défeuillé.

II.2.3. Guide pratique de l'évaluation des dégâts en milieu forestier

Le guide pratique de l'évaluation des dégâts en milieu forestier n'est pas approprié dans le cadre du PSDRF. D'une part, il concerne exclusivement les futaies régulières, ce qui n'est pas, du moins à long terme, la structure d'une forêt laissée en libre évolution. D'autre part il a pour but de fournir un diagnostic quant à l'avenir sylvicole d'un peuplement, donc dans un objectif de production. En effet, le diagnostic de semis repose sur une comparaison de la densité de tiges « viables » avec les normes sylvicoles. Or, le PSDRF s'attache à caractériser la dynamique du renouvellement et non à évaluer le potentiel économique d'un peuplement régulier en phase de régénération. Ce n'est pas la viabilité sylvicole qui nous intéresse ici mais la capacité du peuplement à se renouveler. Il s'agit donc d'évaluer si la pression exercée par le gibier remet en question la survie des semis jeunes tiges, peu importe leur qualité économique.

II.2.4. Propositions pour le PSDRF

II.2.4.1. *Abroutissement*

La notation binaire (oui/non) de la présence de traces de consommation pourrait être remplacée par une notation en indice. Ce type de notation est mis en œuvre dans le cadre du PFA (voir tableau 1). L'utilisation de ces indices dans le cadre du PSDRF permettrait de quantifier la pression des cervidés sur les semis ligneux sans alourdir le protocole et sans augmenter le temps nécessaire à ce relevé. Cela pourrait aider à mieux appréhender le risque pour le peuplement. L'utilisation de la codification du PFA présente également l'avantage de rapprocher les deux protocoles.

Tableau 1 : indices d'évaluation du taux d'abroutissement (PFA)

indice	abroutissement
0	absent
1	quelques brins
2	< 50 % des brins
3	> 50 % des brins

II.2.4.2. *Écorçage*

La consommation d'écorce par le cerf traduit une certaine densité de population. Étant donné que cette consommation ne concerne que certaines essences forestières à écorce fine (épicéa, hêtre par exemple), la notation de ce critère grâce à un taux unique de tiges écorcées à l'échelle de la placette n'est pas pertinente. La présence de tiges écorcées peut donc être notée de manière binaire (oui/non) à l'échelle de la placette. On pourra également préciser en remarque les essences concernées (échelle de la placette). Si les individus écorcés ont fait l'objet de mesures lors des relevés dendrométriques, on pourra indiquer cette singularité en remarque (échelle de l'arbre).

II.2.4.3. *Frottis*

Les cerfs ou chevreuils mâles peuvent causer des dégâts sur les jeunes tiges lorsqu'ils frottent leurs bois contre celles-ci pour se débarrasser de leurs velours. La pression du gibier peut donc également être appréciée grâce au taux de frottis. Cette donnée est relevée dans le cadre du PFA grâce aux mêmes indices que ceux utilisés pour évaluer le taux d'abroutissement (tableau 1). Cette notation pourrait être ajoutée au PSDRF, à l'échelle de la placette en utilisant le rayon de 20 m. Ce relevé peut être rapidement réalisé lors de la prospection effectuée lors des relevés dendrométriques.

II.2.4.4. *Boutis de sangliers*

La présence de boutis de sanglier peut expliquer l'absence de jeunes semis ligneux pour une année donnée. Cette information peut donc être intéressante pour le suivi de la régénération. Dans le cadre du PFA, la présence de boutis de sangliers est renseignée à l'échelle de la placette à l'aide d'un indice à quatre niveaux (voir tableau 2). Ce relevé pourrait être ajouté au PSDRF en utilisant le rayon de 20 m.

Tableau 2 : Indices de présence de boutis de sangliers (notations du PFA)

indice	taux de recouvrement des boutis
0	absent
1	< 5 % de la surface de la placette
2	< 50% de la placette
3	> 50% de la placette

II.2.5. Conclusions

Malgré les demandes formulées lors de l'enquête, le suivi de la régénération du PSDRF ne pourra pas se rapprocher des protocoles présentés précédemment (méthode Aldous, Indice de consommation et Guide pratique de l'évaluation des dégâts en milieu forestier). L'impact des cervidés pourra cependant être précisé grâce aux relevés de l'écorçage et des frottis à l'échelle de la placette mais également grâce à une quantification rapide du taux d'abroutissement des semis.

II.3. Améliorer le relevé des micro-habitats

Le relevé des micro-habitats est à l'origine d'un grand nombre de difficultés. L'effet observateur et l'exhaustivité des types de micro-habitats à prendre en compte en sont les principales sources. Un groupe de travail a été constitué afin de répondre aux demandes concernant les codes écologiques. L'enquête a permis de relever quelques pistes de réflexion présentées lors d'une première réunion de ce groupe (14 mai 2012, Paris). Le compte-rendu de celle-ci est disponible en annexe 6.

Un guide photographique est déjà disponible pour la codification ENGREF. Ce guide sera diffusé aux utilisateurs du protocole. Il pourra également être complété et précisé.

Face à la confusion générée par la diffusion de trois codifications distinctes relatives aux micro-habitats et dans le but d'améliorer la précision de ces relevés, il sera étudié la mise en œuvre d'une codification unique issue des codifications ENGREF et Pro-Silva. Cependant, ce travail ne pourra pas être entamé avant que ne soient connus les résultats du projet GNB. En effet, l'importance des micro-habitats dans le maintien de la biodiversité n'est pas encore bien identifiée.

III. Améliorer le suivi des ripisylves

III.1. Particularités des ripisylves

Le terme « ripisylve » possède une référence structurale, liée à une végétation particulière, mais aussi une référence spatiale du fait de l'association de ces forêts avec un cours d'eau (Dufour et Piégay, 2006). Les ripisylves sont des forêts particulières dont la dynamique diffère de celle habituellement rencontrée en contexte forestier. En effet, la ripisylve est soumise à des inondations régulières, d'où un rajeunissement régulier de la végétation et la sélection d'essences, ou encore à l'érosion des berges. D'autre part, elles correspondent à une communauté de bois tendres (saules, peupliers, aulnes). La dynamique particulière de ces forêts amène à une possible stratification des réserves forestières.

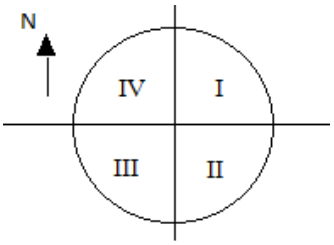
De plus, les ripisylves sont des structures linéaires dont la largeur dépend du cours d'eau qu'elles bordent. Les ripisylves bordant des cours d'eau relativement importants s'étendent sur 25 à 30 m maximum de part et d'autre de celui-ci. De ce fait, les placettes circulaires du PSDRF ne sont pas adaptées au suivi de ces milieux forestiers particuliers. En effet, le rayon de 20 m de ces placettes est trop large face aux quelques mètres strictement concernés par les forêts de bois tendres dont il est question ici.

III.2. Définition du domaine d'inventaire

Si l'on restreint strictement le domaine d'inventaire à la surface boisée par les communautés de bois tendres, celui-ci n'est pas fixe au cours du temps (dynamique du cours d'eau). Dans ce cas, la mobilité des peuplements pionniers de bois tendres ne permet pas le suivi de ceux-ci à l'aide d'un réseau de placettes permanentes. Selon la surface à inventorier, on pourra envisager des inventaires en plein (surface inférieure ou proche de 1 ha) ou la mise en œuvre de placettes temporaires de type *point centered quarter method* (PCQM). La placette PCQM est divisée en quartiers délimités par 4 jalons selon les points cardinaux. La

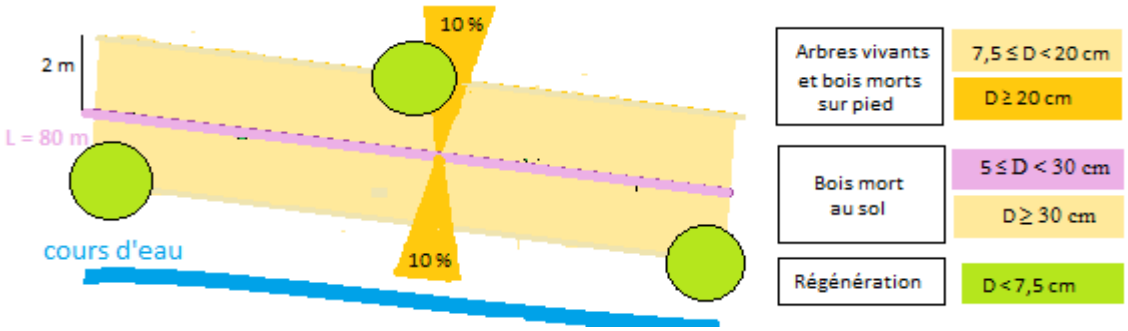
méthode consiste à mesurer dans chaque quart, l'élément le plus poche du centre de la placette. On mesurera ainsi un élément par catégorie de bois vivants ou morts.

Figure 7 : Schéma d'une placette de type PCQM



Si l'on considère non seulement les communautés de bois tendre mais également la surface en eau, il est possible de déterminer un domaine d'étude fixe au cours du temps. Il devient donc possible de caler un maillage afin de mettre en œuvre des placettes permanentes. Il faut également accepter la prise en compte de quelques arbres en communauté de bois dur, c'est-à-dire en dehors de la ripisylve au sens le plus strict. Ce choix est d'autant plus adapté que le régime de perturbation lié au déplacement du cours d'eau est faible. Les réflexions préliminaires à l'établissement d'un protocole pour ce type de domaine d'inventaire sont présentées en annexe 7. Les placettes linaires à angle fixe pourraient être une solution à envisager pour adapter le PSDRF au suivi des ripisylves. Le délai du stage et les objectifs de départ de ce dernier n'ont pas permis de proposer un protocole définitif pour les ripisylves.

Figure 8: Exemple de placette linéaire avec un angle fixe de 10% et une largeur de sous placette de 2 m

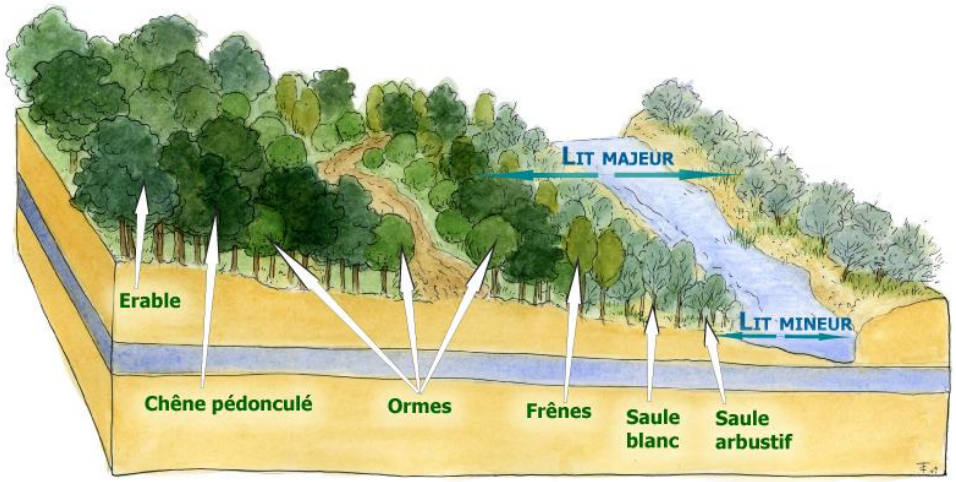


PARTIE 3 : ÉTUDE DU PROTOCOLE DE SUIVI A LONG TERME DE LA DYNAMIQUE SPONTANÉE DES FORÊTS ALLUVIALES

I. Les particularités et intérêts du suivi des forêts alluviales

La forêt alluviale au sens strict correspond aux communautés de bois durs (chênes, frênes, érables) et est plus vaste que la ripisylve (communautés de bois tendres). D'autre part, la ripisylve subit régulièrement des inondations alors que la forêt alluviale, qui se développe en arrière de la ripisylve, est inondée de manière plus exceptionnelle. Dans un sens plus large, la forêt alluviale comprend également la ripisylve qui borde le cours d'eau. Le protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales (PFA) étant mis en place à la fois sur les communautés de bois durs et de bois tendres, la définition « large » de la forêt alluviale sera retenue pour cette étude.

Figure 9 : Organisation des essences en forêts alluviales (source : site internet de la région Centre)



La croissance généralement rapide des essences adaptées à ces milieux, sur sols relativement riches (dépôt d'alluvions), en fait des sujets d'études intéressants quant à la dynamique forestière spontanée. D'autre part, les inondations peuvent ralentir le « vieillissement » de la forêt en maintenant les stades pionniers.

De plus, on dénombre de nombreux faciès de forêts alluviales avec près de 70 espèces ligneuses ainsi que des lianes variées comme la vigne sauvage (RNF, 1998), protégée sur le territoire français. On distingue par ailleurs pas moins de cinq types d'habitats naturels dont deux liés aux forêts à bois tendre (saulaie blanches, peupleraies noires) et trois liés aux milieux en conversion vers des forêts à bois durs (peupleraies blanches, aulnaies-frênaies, forêts mixte des grands fleuves).

Enfin, les forêts alluviales jouent un rôle important en termes de biodiversité, et ce par la présence potentielle d'espèces animales de cours d'eau (castors, hérons, milans…) mais aussi végétales. Par exemple, l'orme lisse, à « affinité nordique » rare sous nos latitudes, se trouve couramment en forêt alluviale du fait du microclimat forestier particulier qu'on y retrouve. Le bois mort de ces forêts abrite également des espèces particulières comme le lucane cerf-volant ou le capricorne mais aussi le petit mars changeant, un papillon qui ne se trouve que dans ces forêts et certaines espèces saproxylophages comme la Cétoine précieuse et la Cétoine marbrée qui sont indicatrices de la maturation de l'espace boisé. Ces forêts ont pourtant fortement régressé et restent aujourd'hui très morcelées du fait de l'activité humaine.

II. Étude de la compatibilité des variables du PFA avec le PSDRF

En ce qui concerne l'implantation des placettes sur le terrain, les méthodes du PSDRF et du PFA sont relativement similaires. Dans les deux cas, l'implantation et le relevé d'une placette nécessitent deux opérateurs qui matérialisent le centre avec un repère métallique enseveli.

Les relevés dendrométriques du PSDRF et du PFA sont comparables à condition que les objets relevés et les méthodes d'échantillonnage le soient. Il convient donc de comparer les définitions et les variables utilisées dans les deux protocoles avant d'étudier le rapport temps de mesure/précision (efficacité).

II.1. Les variables dendrométriques liées aux arbres vivants

II.1.1. Définitions

Dans les deux protocoles, un « arbre vivant » désigne un individu $D \geq 7{,}5$ cm. Actuellement, la codification utilisée dans le PFA fait référence à l'état sanitaire de l'arbre mais il n'y a pas de définition stricte pour qualifier un « arbre vivant ». Ainsi, le code 0 correspond aux arbres sains et les codes 1 à 3 font référence aux arbres plus ou moins dépérissants. Dans le cadre d'un passage au PSDRF, l'information concernant le dépérissement peut être conservée avec les mêmes notations en ajoutant ce relevé dans un « module alluvial » ; ajout également intéressant dans le cadre du PSDRF « de base ».

II.1.2. Localisation et identification des arbres

Lors des mesures, les arbres relevés sont localisés précisément à l'aide de leurs coordonnées polaires (azimut et distance par rapport au centre de la placette), pour lesquelles l'unité de mesure et la précision sont identiques dans les deux protocoles. **La localisation des arbres mesurés peut déjà être renseignée dans une base de données commune.**

Une cartographie des arbres mesurés sur les placettes peut alors être envisagée, en précisant l'essence et le diamètre à 1 m 30. Ces deux dernières informations sont relevées dans la même unité et avec une précision identique dans les deux protocoles. **Ces données peuvent d'ores et déjà être mises à disposition dans une base de données commune**.

II.1.3. Estimation du capital

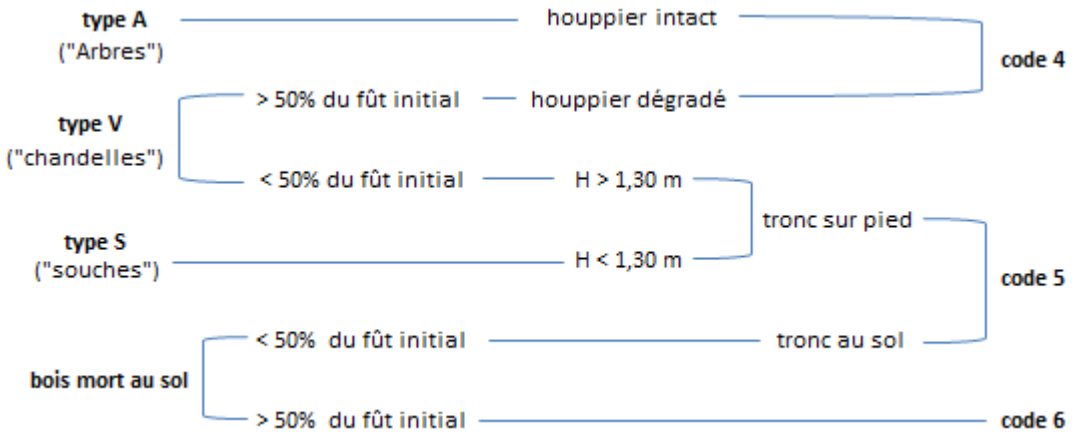
L'estimation du capital vivant utilise la mesure du diamètre des arbres pour le calcul de la surface terrière (G en m²/ha). Cette dernière peut être calculée par classe de diamètres ou pour chaque essence, ce qui permet de suivre la structure et la composition du peuplement. **Cette estimation est réalisée dans le cadre du PFA comme dans celui du PSDRF, ce qui facilite un éventuel passage du PFA au PSDRF.**

II.2. Étude des flux de bois mort

II.2.1. Définitions des types de bois mort

Le type de bois morts sur pied nous renseigne sur la dynamique du peuplement (chablis, arbre mort entier, etc.). Ainsi les deux protocoles s'attachent à préciser le type de bois morts sur pied rencontrés et les codifications utilisées peuvent être harmonisées. La continuité du suivi n'est garantie que si les informations permettant la transition entre les deux codifications sont relevées. La clé ci-après permet d'identifier ces critères. Une clé reprenant la définition des types et des codes est fournie en annexe 8.

Figure 10 : clé de transition des « codifications bois morts » PFA (à gauche) et PSDRF (à droite)



Ainsi, dans le cadre d'une transition vers le PSDRF, la notion « plus ou moins de la moitié du fût initial » devra être relevée pour le « type V » et les fûts morts au sol.

D'autre part, le code 5 du PFA regroupe des arbres morts au sol et des arbres morts sur pied. Or, les communautés d'insectes saproxyliques ne sont pas les mêmes dans le bois mort sur pied et le bois mort au sol, d'où l'intérêt de la codification du PSDRF. Enfin, seuls les fûts sont relevés dans le cadre du PFA ; les branches relevées ne devront pas être prises en compte lors de la comparaison entre les jeux de données PFA et PSDRF.

Les types de bois morts ainsi définis, il reste à définir le diamètre limite de prise en compte des pièces de bois au sol. Dans le cadre du PSDRF, le diamètre proposé est de 5 cm alors que celui utilisé dans le PFA est de 7,5 cm. Le PSDRF étant aussi utilisé dans des forêts gérées, prendre un diamètre limite en dessous de 7,5 cm est intéressant car la découpe fin bout est en général de 7,5 cm. On prend alors en compte les rémanents laissés sur place. D'autre part, prendre 5 cm comme diamètre minimal permet de tenir compte des chutes courantes de branches mortes. Un diamètre inférieur n'aurait pas de sens dans la mesure où les pièces de diamètre inférieur à 5 cm sont rapidement brisées, alimentant alors la litière (Goldsmith et al., 1998). De plus, les bois morts au sol de diamètre 5 à 9 cm contribuent à augmenter la biodiversité des espèces saproxylophages, notamment en forêt gérée où les arbres morts sont relativement rares (Kruys et al., 1999). Afin de réunir le PFA et le PSDRF en un seul protocole ou simplement d'établir des comparaisons entre les résultats obtenus par les deux protocoles, **le diamètre minimal des bois morts au sol pourra être fixé à 5 cm**.

La codification concernant les types de bois morts du PSDRF peut donc être appliquée au PFA sans impliquer de perte d'information. Maintenant que l'on considère les mêmes objets dans les deux protocoles, il convient de s'intéresser aux différents paramètres relevés pour ces objets.

II.2.2. Estimation de la quantité de bois mort

II.2.2.1. *Bois morts au sol $D \geq 30$ cm*

L'estimation de la quantité de fûts morts au sol repose sur le calcul d'une surface terrière dans le cadre du PFA et par un cubage pour le PSDRF. Une mesure de diamètre est donc requise dans les deux cas mais la longueur de la pièce de bois mort n'est indispensable que pour le calcul du volume. Le temps consacré à l'estimation du volume de bois mort est donc plus important mais cette donnée semble plus pertinente pour évaluer le degré de naturalité d'une forêt. En effet, on peut alors replacer la forêt considérée dans le contexte suivant : le volume moyen de bois mort est de quelques m^3/ha dans les forêts exploitées d'Europe (inférieur à 5 m^3/ha dans 90 % des forêts) alors qu'il est couramment supérieur à 50 voire à

100 m^3/ha en forêt naturelle (Gilg, 2004). Ces valeurs peuvent être considérées comme les extrêmes d'une échelle de « naturalité en termes de quantité bois morts ». N'oublions pas cependant que le volume de bois morts ne suffit pas à lui seul pour caractériser le degré de naturalité d'une forêt.

D'autre part, le diamètre nécessaire à ces estimations n'est pas le même dans les deux cas (diamètre médian pour le PSDRF, voire diamètres initial et final, et diamètre à 1,30 m pour le PFA). Dans le cadre d'un transfert vers le PSDRF, **une campagne de transition pourrait permettre de relever le diamètre à 1,30 m des fûts morts au sol en plus des paramètres du PSDRF afin d'assurer les analyses diachroniques.**

II.2.2.2. *Bois morts au sol D < 30 cm*

Dans le cas des bois morts au sol D < 30 cm, la méthode d'échantillonnage linéaire du PSDRF permet d'obtenir directement un volume à l'hectare. Or dans le cas du PFA, ces éléments sont relevés selon le même type d'échantillonnage que les gros bois morts au sol. Les données issues de ces deux protocoles ne sont pas comparables.

Une éventuelle campagne de transition pourrait permettre la continuité du suivi. Pour cela, les bois morts au sol D < 30 cm devront être relevés selon le PSDRF mais l'ensemble des fûts seront également mesurés dans un rayon de 13,8 m. Ce travail n'est pas nécessaire dans le cas des branches puisque le PFA ne relève pas ces dernières mais l'effort n'en est pas moins négligeable en ce qui concerne les fûts.

II.3. Conclusion

Les définitions et les variables utilisées pour l'estimation du capital étant comparables entre les deux protocoles, un transfert du PFA vers le PSDRF est envisageable, sous réserve de la mise en place d'une campagne de transition. Reste à comparer l'efficacité de ces deux protocoles.

III. Comparaison de l'efficacité du PSDRF et du PFA dans le cas d'un même nombre de placettes

III.1. Paramètres dendrométriques liés aux arbres vivants

III.1.1. Arbres vivants 7, 5 ≤ D < 30 cm

III.1.1.1. *Méthodologie*

Les arbres 7,5 ≤ D < 30 cm sont échantillonnés dans un rayon de 10 m dans le cas du PSDRF et de 13,8 m dans le cas du PFA, soit une surface de prospection double dans le cas du PFA (12 ares contre 6). Le gain de temps selon le PSDRF peut donc être considérable, notamment dans les réserves « jeunes » et dans les trouées recolonisées.

Le jeu de données correspondant au PSDRF pour ces individus peut être déterminé en ne considérant que tiges vivantes 7,5 < D ≤ 30 cm présentes dans un rayon de 10 m. Afin de comparer la précision obtenue avec les deux protocoles, la surface terrière et le nombre de tiges à l'hectare sont estimés à partir des jeux de données PFA et PSDRF. Les coefficients de variation et erreurs relatives sont également calculés. Enfin, des tests statistiques sont réalisés pour déterminer si la différence entre les deux protocoles est significative. Pour cela, on effectue un test t de Student si les échantillons (jeux de données issus des deux protocoles) suivent une loi normale et présentent la même variance. Sinon, un test de Wilcoxon est réalisé car celui-ci s'affranchit de ces deux hypothèses. Le test de Shapiron permet de déterminer si les échantillons suivent une loi normale et le test de comparaison de variance permet de tester l'égalité de la variance des échantillons. Cette démarche statistique est précisée en annexe 9.

III.1.1.2. *Résultats*

En accord avec la réduction du rayon de la placette, l'effort d'échantillonnage des arbres vivants $7,5 \leq D < 30$ cm est diminué de près de la moitié lors du passage au PSDRF pour une précision quasi identique.

Tableau 3 : Comparaison des résultats obtenus pour les arbres vivants D < 30 cm selon le PFA et le PSDRF

Site		**Barthelasse**	**Erstein**	**Ramières**	**Rohrschollen**
année de mesure		2005	2004	2005	2010
Nombre de placettes		23	54	27	76
Nombre total de tiges D < 30 cm mesurées sur la réserve					
PFA		548	1705	840	2085
PSDRF		332	895	470	1280
Différence si passage au PSDRF		-39%	-48%	-44%	-39%
Nombre moyen de tiges D < 30 cm mesurées par placette					
PFA		24	32	31	27
PSDRF		14	17	17	17
Estimation de la surface terrière (G) des tiges D < 30 cm					
Moyenne	PFA	8.9	7,1	11,5	7,6
(m²/ha)	PSDRF	10	6,9	11,2	8,5
Écart type	PFA	3	3	4,4	4,4
	PSDRF	4,7	3,5	5,7	5,6
Coefficient de variation (CV)	PFA	34%	43%	38%	58%
	PSDRF	47%	51%	51%	67%
Erreur relative	PFA	15%	12%	15%	13%
	PSDRF	20%	14%	20%	15%
Estimation du nombre de tiges D < 30 cm à l'hectare					
Moyenne	PFA	398,2	527,7	520	458,5
(nombre/ha)	PSDRF	459,5	527,6	554,1	536,1
Écart type	PFA	200,7	256,6	203,1	264,5
	PSDRF	253,4	296,4	296,4	301,8
Coefficient de variation (CV)	PFA	50%	49%	39%	58%
	PSDRF	55%	56%	53%	56%
Erreur relative	PFA	22%	13%	15%	13%
	PSDRF	24%	15%	21%	13%

Les surfaces terrières et les coefficients de variations correspondants sont globalement comparables entre les deux protocoles. De même, la précision de l'estimation du nombre d'arbres vivants D < 30 cm est du même ordre de grandeur entre le PFA et le PSDRF. De plus, les tests statistiques réalisés pour chacune des réserves ont mis en évidence **qu'il n'y a pas de différence significative entre le PFA et le PSDRF quant à l'estimation de la surface terrière et du nombre à l'hectare des arbres vivants D < 30 cm**. Les résultats de ces tests peuvent être consultés en annexe 9.

Enfin, le PSDRF revient à relever 43 % des arbres en moins (moyenne entre les réserves), **l'effort d'échantillonnage est donc considérablement réduit avec le PSDRF.**

Remarque : L'erreur relative dépend du coefficient de variation et du nombre de placettes. Pour un même coefficient de variation, l'erreur relative est inversement proportionnelle au nombre de placettes. Par exemple, l'arrêté de Biotope de la Barthelasse et la RN d'Erstein ont un coefficient de variation comparable mais l'erreur relative de l'arrêté de Biotope de la Barthelasse est plus élevée du fait d'un nombre de placettes moins important.

III.1.1.3. *Conclusion*

Le passage au PSDRF présente l'avantage de diminuer par deux l'effort d'échantillonnage tout en offrant une précision équivalente à celle obtenue avec le PFA quant aux arbres vivants D < 30 cm. **Le PSDRF est donc plus efficace que le PFA en ce qui concerne l'estimation de la surface terrière et du nombre de tiges à l'hectare des arbres vivants D < 30 cm.**

III.1.2. Arbres vivants D ≥ 30 cm

III.1.2.1. *Méthodologie*

Les arbres D ≥ 30 cm sont relevés par le PSDRF selon le principe de l'angle fixe de 3 %. Cela signifie que l'arbre est relevé si son diamètre est supérieur ou égal à trois fois la distance au centre. Par exemple, un arbre de diamètre 30 cm sera relevé sur un rayon de 10 m. Cette méthode permet d'échantillonner les gros bois et très gros bois d'autant plus loin qu'ils sont gros et sans indure de biais sur l'estimation du capital sur pied. Les données issues du PFA ne permettent donc pas de connaître le jeu de données PSDRF. Le nombre de tiges D ≥ 30 cm qui seraient mesurées dans le cadre du PSDRF peut cependant être estimé. Ce travail passe par quatre étapes détaillées en annexe 10.

III.1.2.2. *Limites de la méthode*

L'estimation du nombre de tiges vivantes D ≥ 30 cm réalisée (annexe 10) n'a pas de valeur statistique. Elle permet cependant d'avoir une idée générale de l'effort d'échantillonnage à fournir avec le PSDRF. De plus, la méthode présentée ici suppose que le peuplement est parfaitement homogène à l'échelle de chaque placette, ce qui n'est pas toujours le cas. On peut, par exemple, rencontrer une trouée, le nombre de tiges à mesurer sera alors surestimé. Inversement, ce nombre peut être sous-estimé en cas de forte densité localisé, ce qui est moins probable à l'échelle de la placette.

III.1.2.3. *Résultats*

Tableau 4 : Comparaison du nombre d'arbres vivants D ≥ 30 cm mesurés avec le PFA et estimé pour le PSDRF

Site	**Barthelasse**	**Erstein**	**Ramières**	**Rohrschollen**
Année de mesure	2005	2004	2005	2010
Nombre de placettes	23	54	27	76
Nombre total de tiges D ≥ 30				
PFA (arbres mesurés)	215	250	114	344
PSDRF (nombre estimé)	265	341	114	635
Différence si passage au PSDRF	23%	36%	0	85%
Nombre moyen de tiges D ≥ 30 par placette				
PFA (arbres mesurés)	9	5	4	5
PSDRF (nombre estimé)	12	6	4	8

Remarque : La forte augmentation pour la RN de l'Ile du Rohrschollen est due aux nombreux arbres D ≥ 41 cm et gros bois mesurés. Inversement dans le cas de la RN des Ramières.

De manière générale, le passage au PSDRF induit une augmentation de l'effort d'échantillonnage des arbres vivants D ≥ 30 cm de 33 %, soit d'une tige par placette (moyennes sur l'ensemble des réserves). **Il n'est donc pas nécessaire, *a priori*, de diminuer la valeur de l'angle fixe pour mesurer d'avantage de gros bois.**

La précision du PSDRF quant aux arbres vivants D ≥ 30 cm ne peut pas être évaluée ici car cela nécessite les données dendrométriques des arbres susceptibles d'être mesurés selon le PSDRF et qui ne l'ont

pas été avec le PFA. Cependant, les placettes à angle fixe sont généralement plus précises pour l'estimation du capital en gros bois car un plus grand nombre de ces arbres sont pris en compte.

Le coefficient de variation correspondant à l'estimation de la surface terrière est en moyenne de 70 % avec le PSDRF (moyenne sur les 59 réserves du réseau pour lesquelles l'analyse des résultats est disponible) et de 74 % avec le PFA. Les deux protocoles semblent donc offrir la même précision. Le détail des résultats obtenus avec le PFA est fourni en annexe 11.

III.1.2.4. *Conclusion*

La précision du PSDRF quant aux arbres vivants D ≥ 30 cm devrait être au moins aussi bonne que celle du PFA.

III.1.3. Suivi du recrutement

III.1.3.1. *Méthodologie*

Dans le cas des RN des Ramières et d'Erstein, on dispose des données de deux campagnes de terrain successives. Les tiges recrutées sont celles mesurées uniquement lors de la seconde campagne. Pour identifier les tiges recrutées qui seraient mesurées selon le PSDRF, il suffit d'exclure celles qui ont été mesurées au-delà de 10 m.

On compare ensuite la surface terrière et le nombre à l'hectare des tiges recrutées obtenus avec les deux protocoles. Les tests t de Student ou de Wilcoxon sont utilisés pour déterminer ces résultats sont significativement différents. Cette démarche statistique est identique à celle utilisée dans le cas des arbres vivants et est également consultable en annexe 9.

III.1.3.2. *Résultats*

Tableau 5 : Comparaison des résultats obtenus avec le PSDRF et avec le PFA quant au recrutement

Réserve (années comparées)	**Erstein (1994-2004)**		**Ramières (1994-2005)**	
Protocole	PFA	PSDRF	PFA	PSDRF
Nombre total de tiges mesurées (réserve)	187	129	200	127
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	3,5	2,4	7,4	4,7
G (m²/ha)				
Moyenne	0,51	0,58	1,37	1,59
Écart type	0,74	0,84	0,84	1,28
Coefficient de variation	146%	146%	61%	80%
Erreur relative	40%	40%	24%	31%
Nombre de tiges recrutées à l'hectare				
Moyenne	58	76	124	150
Écart type	72,80	110,34	80,60	114,71
CV	126%	145%	65%	77%
Erreur relative	34%	40%	25%	29%

Bien que les grandeurs soient comparables, le PSDRF donne une estimation de la surface terrière (respectivement du nombre à l'hectare) des tiges recrutées plus élevée que le PFA. Les tests statistiques montrent **qu'il n'y a pas de différence significative entre les estimations PFA et le PSDRF pour le recrutement** (voir annexe 9).

Enfin, **l'effort d'échantillonnage est moindre dans le cas du PSDRF**. En effet, comparativement au PFA, le nombre de tiges recrutées relevées est diminué de près de la moitié (44%, moyenne entre les deux réserves étudiées ici).

III.1.3.3. *Conclusion*

Le passage au PSDRF n'implique pas de perte d'informations en ce qui concerne le suivi du recrutement et le **PSDRF est plus efficace que le PFA pour l'estimation de la surface terrière et du nombre de tiges recrutées.**

III.1.4. Suivi des essences « rares »

Dans le cadre d'un passage au PSDRF, la surface d'échantillonnage des arbres D < 30 cm est diminuée de moitié. Les essences peu représentées à l'échelle des sites étudiés pourraient être sous estimées.

Tableau 6 : Taux de détection par le PSDRF des espèces « rares » (N < 10 tiges/ha selon les estimations PFA).

Site	**Barthelasse**	**Erstein**	**Ramières**	**Rohrschollen**
Nombre de placettes	23	54	27	76
Nombre d'espèces N < 10 tiges/ha (estimation PFA)	3	17	14	19
dont non détectées par le PSDRF	1	4	1	4
Taux (%) de détection d'espèces N<10 tiges/ha par le PSDRF	67%	76%	93%	79%

En moyenne, 79 % des espèces « rares » détectées par le PFA le sont également avec le PSDRF. De manière générale, la surface terrière et le nombre de tiges à l'hectare de ces espèces ligneuses ne sont pas sous-estimés avec le PSDRF. Le détail des résultats obtenus par essences et par réserve est présenté en annexe 12.

III.1.5. Conclusion

Avec le PSDRF, l'effort d'échantillonnage des arbres vivants est diminué de 21 à 41 % selon les réserves. Un tableau récapitulatif de ces résultats par réserve est disponible en annexe 13. Or, il n'y a pas de différence significative entre les estimations du PFA et du PSDRF. De plus, les espèces « rares » sont généralement bien prises en compte avec le PSDRF. **Le PSDRF est donc plus efficace que le PFA en ce qui concerne l'estimation du capital en arbres vivants.**

III.2. Paramètres liés aux relevés de bois mort

Les mesures nécessaires à la transition entre les relevés PSDRF et PFA (Partie 3, II.2.1.) n'étant pas disponibles, il a été estimé que les bois morts de la classe 5 (bois morts sur pied ou au sol dont la hauteur/longueur est inférieure à la moitié du fût initial) ne correspondent qu'à des bois morts au sol. C'est-à-dire que les bois morts sur pied de hauteur inférieure à la moitié du fût initial ont été négligés. En forêts alluviales, les volis sont rares et la mortalité qui y est constatée correspond à des morts sur pied ou des chablis. De plus, les chandelles tombent généralement au sol suite à la pourriture de la base. Les chandelles de faible hauteur sont donc rares en forêts alluviales, d'où l'approximation établie.

III.2.1. Bois morts sur pied 7,5 ≤ D < 30 cm

III.2.1.1. *Méthodologie*

La méthodologie utilisée est identique à celle présentée pour les arbres vivants D < 30 cm (Partie 3, III.1.1.1.). En effet, pour un protocole donné, la méthode d'échantillonnage est la même pour les arbres morts sur pied D < 30 cm et les arbres vivants de même dimension. De même, les tests statistiques utilisés pour déterminer si les différences entre les estimations obtenues avec les deux protocoles sont significatives sont identiques à ceux employés lors de l'étude des arbres vivants D < 30 cm (Partie 3, III.1.1.1.).

III.2.1.2. *Résultats*

En ce qui concerne les bois morts sur pied D < 30 cm, l'effort d'échantillonnage du PSDRF est diminué d'environ un tiers comparativement au PFA. Cependant, ces éléments ne sont pas très nombreux, il faut alors vérifier que la précision n'est pas trop diminuée.

Tableau 7 : Comparaison des résultats obtenus avec le PFA et le PSDRF pour l'estimation du capital en bois morts sur pied D < 30 cm.

Site		**Barthelasse**	**Erstein**	**Ramières**	**Rohrschollen**
Année de mesure		2005	2004	2005	2010
Nombre de placettes		23	54	27	76
Nombre total de bois morts sur pied D < 30 cm mesurés sur la réserve					
PFA		104	78	152	68
PSDRF		66	46	100	47
Différence si passage au PSDRF		-37%	-41%	-32%	-31%
Surface terrière (G) des bois morts sur pied D < 30 cm					
Estimation (m²/ha)	PFA	1,18	0,33	1,65	0,23
	PSDRF	1,21	0,38	1,14	0,23
Écart type	PFA	1	0,5	1,5	0,4
	PSDRF	0,9	0,7	1,1	0,3
Coefficient de variation (CV)	PFA	85%	142%	90%	159%
	PSDRF	73%	186%	99%	150%
Erreur relative	PFA	37%	39%	35%	36%
	PSDRF	31%	51%	39%	34%
Nombre de bois morts sur pied D < 30 cm à l'hectare					
Estimation (Nombre/ha)	PFA	75,6	24,1	88,5	15
	PSDRF	91,3	27,7	114,4	19,7
Écart type	PFA	50,6	36,3	73,7	17,8
	PSDRF	56,2	47,1	104,2	28,9
Coefficient de variation (CV)	PFA	67%	150%	83%	119%
	PSDRF	62%	170%	91%	147%
Erreur relative	PFA	29%	41%	33%	27%
	PSDRF	27%	46%	36%	34%

Les surfaces terrières (respectivement les nombres de tiges à l'hectare) et les coefficients de variation correspondants obtenus avec les deux protocoles sont relativement proches. Bien que l'écart soit notable dans les cas des RN des Ramières et de l'ile de Rohrschollen, **les tests statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre le PFA et le PSDRF** (résultats présentés en annexe 9).

Remarque : Dans le cas de la RN d'Erstein, la meilleure précision du PFA est due à un nombre de placettes présentant du bois mort plus important (32 contre 23). En ce qui concerne le RN des Ramières, le nombre même nombre de placettes présentent du bois mort mais les variations de G entre celles-ci sont plus faibles dans le cas du PSDRF, d'où la meilleure précision du ce dernier.

III.2.1.3. *Conclusion*

Pour les arbres morts sur pied de diamètre inférieur à 30 cm, le passage au PSDRF présente l'avantage de diminuer l'effort d'échantillonnage tout en conservant une précision équivalente à celle offerte par le PFA. **Le PSDRF est donc plus efficace que le PFA pour l'estimation du capital en bois morts sur pied D < 30 cm (G en m²/ha et N en nombre/ha).**

III.2.2. Bois morts au sol 7,5 ≤ D < 30 cm

Outre les seuils de diamètres divergents (5 cm pour le PSDRF et 7,5 cm pour le PFA), les méthodes d'échantillonnage des deux protocoles étudiés sont radicalement différentes en ce qui concerne les bois morts au sol D < 30 cm. L'échantillonnage linéaire du PSDRF fourni un volume à l'hectare sans mesure de longueur alors que l'estimation du capital se fait en surface terrière avec le PFA. Or, les données issues du PFA ne permettent pas le calcul d'un volume. Il n'est donc pas possible de comparer l'efficacité des deux protocoles en utilisant les données existantes du PFA.

La végétation herbacée et arbustive particulièrement abondante en forêt alluviale rend la recherche de bois morts au sol de faible diamètre difficile dans ces forêts. La méthode par transect du PSDRF présente l'avantage de réduire la prospection de ces éléments.

III.2.3. Bois morts au sol et sur pied D ≥ 30 cm

Les arbres morts au sol et sur pied D ≥ 30 cm sont relevés dans un cercle de 13,8 m de rayon pour le PFA et de 20 m pour le PSDRF. Les surfaces échantillonnées respectives sont donc de 6 ares et 12,6 ares. L'effort d'échantillonnage est donc plus important dans le cas du PSDRF. La surface d'échantillonnage étant double dans le cas du PSDRF, le nombre fûts morts au sol et sur pied D ≥ 30 cm mesurés pourraient être doublé. Ces éléments étant peu fréquents, le temps de relevé supplémentaire devrait être faible et la précision améliorée. Il faut également prendre en compte que, dans le cadre du PSDRF, les fûts sont susceptibles d'être billonnés et que les branches – dès lors qu'elles sont supérieurs à 30 cm de diamètre – sont relevées ; ce qui accroît le temps de relevé.

III.2.4. Paramètres supplémentaires concernant les bois morts à relever selon le PSDRF

Si l'ensemble des paramètres relevés pour les arbres vivants dans le cadre du PSDRF le sont déjà dans le PFA, il n'en est pas de même pour les bois morts. Ainsi, le PSDRF relève en plus la longueur des bois morts au sol et la hauteur des bois morts sur pied ainsi que deux diamètres supplémentaires dans le cas des bois morts au sol L ≥ 5 m. De plus, dans le cadre d'un passage au PSDRF, les critères de conversion des « codifications bois morts » du PSDRF au PFA sont à relever (Partie 3, II.2.1.). Le temps de relevé de ces paramètres supplémentaires est largement compensé par la réduction globale de l'effort d'échantillonnage.

La campagne de transition, nécessaire dans le cadre d'un passage au PSDRF, sera en revanche plus coûteuse en temps. En effet, comme dit précédemment, le diamètre à 1,30 m de l'ensemble des fûts morts au sol devra être relevé et les fûts morts au sol D < 30 cm seront mesurés dans un rayon de 13,8 m en plus de leur mesure sur les transects.

III.2.5. Conclusion

L'estimation globale du capital en bois morts du PSDRF devrait être au moins aussi précise que celle du PFA. Cependant, l'effort d'échantillonnage pourrait être augmenté dans le cadre d'un passage au PSDRF.

III.3. Conclusions

Le passage du PFA au PSDRF est envisageable sous réserve de la mise en œuvre d'une campagne de transition et l'établissement d'un module alluvial permettant la continuité du suivi du capital des bois morts et arbres vivants est possible.

La précision du PSDRF est globalement supérieure à celle offerte par le PFA. Les bois morts étant relativement rares, l'augmentation de l'effort d'échantillonnage les concernant devrait être compensée par une diminution importante du nombre d'arbres vivants mesurés.

Le PSDRF est donc plus efficace que le PFA quant à l'estimation du capital des bois morts et arbres vivants.

Tableau8 : Résumé de la comparaison d'efficacité entre le PSDRF et le PFA dans le cas d'un nombre égal de placettes.

éléments comparés	Arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm	Bois morts sur pied 7,5 ≤ D < 30 cm	Recrutement	Suivi des espèces ligneuses "rares" à l'échelle du site	Bois morts au sol et sur pied D ≥ 30 cm
PFA	-	+	+	+ + +	+ +
PSDRF	+ + +	+ +	+ +	+ +	+ +

IV. Comparaison de l'efficacité du PSDRF et du PFA dans le cas d'un nombre de placettes différents

IV.1. Les différents type de maillages susceptibles de nécessiter une diminution du nombre de placettes

IV.1.1. Maillage initial de 50 x 50 m

Dans le cas des RN de l'Ile de la Platière et du Val de Loire, les placettes sont espacées de 50 m. Or, selon le PSDRF la densité du maillage ne doit pas descendre en dessous d'une placette/ha (100 x 100 m). En effet, avec un maillage 50 x 50 m et un angle fixe de 3 %, il y a un risque de chevauchement des placettes dès lors que des arbres de diamètre 75 cm ou plus sont observés. Avec un angle fixe de 4 %, il y a un risque de chevauchement des placettes lorsque des arbres vivants D ≥ 100 cm. Cette limite est de 125 cm avec un angle fixe de 5 %. Cependant, l'augmentation de l'angle fixe revient à augmenter considérablement l'effort d'échantillonnage (plus d'arbres à prendre dans le cercle de 10 m). L'utilisation d'un angle fixe de 3 % avec un nombre plus restreint de placettes est une possibilité à envisager. Dans l'étude réalisée ici, les placettes restantes sont espacées de 100 m sur une même ligne et de 70,7 m d'avec les placettes d'une ligne voisine (voir les plans d'échantillonnage en annexes 14 et 15). Il y a dans ce cas un risque de chevauchement des placettes pour les arbres D ≥ 106 cm selon l'angle fixe de 3 %.

Dans les trois cas, le risque de chevauchement des placettes est relativement faible en forêt alluviale. Les protocoles PFA et PSDRF avec un angle fixe de 3 ; 4 et de 5 % sont donc comparées en termes d'efficacité ; en considérant le nombre de placettes adéquat.

IV.1.2. Maillage initial de 30 x 30 m

Le réseau de placettes PFA de la RN de Saint Mesmin a été implanté avec un maillage de 30 x 30 m. Ce maillage est trop dense pour déterminer un angle fixe adapté. Un éventuel passage au PSDRF doit obligatoirement être accompagné d'une réduction du nombre de placettes. Au final, 19 placettes sur 37 ont été conservées pour cette étude (voir le plan d'échantillonnage en annexe 17) ; elles sont alors séparées de 60 m sur une même ligne et de 42 m entre lignes voisines. L'angle minimal à tester ici est de 5 % (5 x 21 = 105 cm). Le risque de chevauchement des placettes avec un tel angle est limité car seules

10 placettes sont concernées par un espacement de 42 m en diagonale et les arbres de telle dimension sont relativement rares.

Cette réserve présente une superficie de 6,3 ha. Sur une telle surface, le PSDRF préconise d'implanter une dizaine de placettes. Il y a donc suffisamment de placettes restantes pour envisager un passage au PSDRF.

IV.2. Méthodologie

IV.2.1. Arbres vivants

Le diamètre définissant la limite entre les catégories d'arbres vivants doit être adapté à l'angle fixe choisi de manière à ce qu'il y ait continuité du poids d'un arbre lorsque celui change de catégorie et donc de mode d'échantillonnage. C'est-à-dire que le diamètre limite doit correspondre à la limite de prise en compte d'un arbre à 10 m selon l'angle fixe choisi. Ainsi, avec l'angle fixe de 3 % la limite est de 30cm (3 x 10) et avec l'angle fixe de 4 % elle est de 40 cm (4 x 10) ou bien de 50 cm avec 5 % (5 x 10).

L'étude menée ici est identique à celle menée précédemment pour les réserves dont le maillage permet l'utilisation de l'angle fixe de 3 % sur l'ensemble des placettes (Partie 3, III.1.1.2.). Le diamètre seuil entre les catégories d'arbres vivants est simplement adapté à l'angle choisi.

IV.2.2. Bois morts

Les bois morts étant des éléments relativement rares, il est possible de conserver un seuil de diamètre de 30 cm entre les catégories « petits bois » et « gros bois ». En effet, l'angle fixe n'intervient pas dans le mode d'échantillonnage de ces derniers et cela permettrait d'échantillonner les bois morts $30 \leq D < 40$ cm (respectivement $30 \leq D < 50$ cm) sur le cercle de 20 m plutôt que sur le cercle de 10 m. L'étude concernant les bois morts est donc strictement identique à celle menée précédemment (Partie 3, III.2.1.2.).

IV.3. Résultats

De même que lors des études précédentes, pour les trois RN étudiées, le PSDRF est plus efficace que le PFA pour l'estimation du capital en arbres vivants (catégorie relevée dans le cercle de 10 m) et en bois mort sur pied $7,5 \leq D < 30$ cm ainsi que pour l'estimation du recrutement ; quel que soit l'angle fixe choisi. Les résultats des comparaisons des estimations dendrométriques sont présentés par réserve en annexe 17 et ceux des analyses statistiques en annexe 9.

Le choix le plus efficace pour l'angle fixe est celui pour lequel l'effort d'échantillonnage est le plus réduit. Dans le cas des RN de l'Ile de la Platière et du Val de Loire, le PSDRF à 3 % est donc le plus efficace pour l'estimation de ces paramètres.

Cependant, le choix de l'angle fixe de 3 % pour les RN de l'Ile de la Platière et du Val de Loire est moins efficace quant à la détection des essences peu représentées à l'échelle de la réserve. Cela est dû à la réduction du nombre de placettes. De ce fait, le PFA est également plus efficace dans le cas de la RN de Saint Mesmin pour la détection des espèces ligneuses « rares ».

Tableau 9 : Taux de détection par le PSDRF des espèces « rares » (N < 10 tiges/ha selon d'après le PFA).

Protocole	**PSDRF 3%**		**PSDRF4%**		**PSDRF 5%**		
Site	Platière	Loire	Platière	Loire	Platière	Loire	St Mesmin
Nombre d'espèces N < 10 tiges/ha (estimation PFA)	17	12	16	11	15	11	17
dont non détectées par le PSDRF	4	7	1	3	2	3	8
Taux (%) de détection d'espèces N < 10 tiges/ha par le PSDRF	76%	42%	94%	73%	93%	73%	53%

L'estimation du capital en arbres vivants par essence (catégorie relevée dans le cercle de 10 m) est consultable en annexe 12.

Avec le PSDRF et un angle fixe de 5 %, le nombre estimé de tiges D ≥ 50 cm à mesurer au-delà de 13,8 m est nul dans le cas de la RN de l'Ile de la Platière. Sous réserve des hypothèses d'application de la méthode d'estimation du nombre de tiges à mesurer à plus de 13,8 m (Partie 3, III.1.1.4.), on peut alors estimer la surface terrière obtenue avec le PSDRF.

Tableau 10 : Comparaison des estimations en surfaces terrières et en nombre de tiges à l'hectare obtenus avec le PFA et avec le PSDRF (angle fixe de 5 %) pour les arbres vivants D ≥ 50 cm (RN de l'Ile de la Platière).

Estimation (arbres vivants D ≥ 50 cm)	**G (m²/ha)**		**Nombre de tiges / ha**	
Protocole	PFA	PSDRF 5 %	PFA	PSDRF 5 %
Moyenne	2,9	3,2	10,5	12,3
Écart type	5,4	5,6	18,9	20,8
CV	186%	176%	179%	169%
Erreur relative	47%	44%	45%	43%

Dans l'hypothèse où aucun arbre D ≥ 50 cm n'est mesuré au-delà de 13,8 m, le PFA et le PSDRF donnent des résultats comparables quant à l'estimation du nombre de tiges à l'hectare et de la surface terrière de ces individus. Le nombre de tiges D ≥ 50 cm mesurées pour parvenir à ces estimations ainsi que leurs précisions sont également équivalents. Enfin, les tests statistiques réalisés (voir annexe 9) confirment qu'**il n'y a pas de différence significative entre le PFA et le PSDRF à 5 % quant à l'estimation de la surface terrière et du nombre à l'hectare des arbres vivants D ≥ 50 cm.**

IV.4. Conclusions : quels choix pour les gestionnaires

De manière générale, pour les estimations à l'échelle de la réserve, le PSDRF est plus efficace que le PFA et ce quel que soit l'angle fixe choisi. Dans le cas des RN de l'Ile de la Platière et du Val de Loire, le PSDRF avec un angle fixe de 3 % mis en œuvre sur un nombre restreint de placettes est le plus efficace quant à l'estimation du capital en bois morts et arbres vivants, ainsi que pour l'estimation du recrutement.

Cependant, la détection des essences « rares » est meilleure avec le PFA et la réduction du nombre de placette est défavorable au suivi concernant ce thème. De plus, lorsque la réserve est stratifiée - c'est-à-dire quand le suivi s'effectue selon divers paramètres impliquant un découpage spatial de la réserve (conditions stationnelles par exemple) - il fau veiller à conserver suffisamment de placettes dans les divers compartiments.

Le choix d'une diminution du nombre de placettes ou d'une augmentation de l'angle fixe doit donc se faire au regard de l'importance accordée par le gestionnaire à la détection des espèces ligneuses « rares » mais également des objectifs impliquant une stratification de la réserve.

Pour les maillages de 30 x 30 m, la réduction du nombre de placette étant une obligation en vue d'un passage au PSDRF, il est nécessaire d'envisager une méthode complémentaire pour le suivi des espèces « rares ». Il est par exemple possible de mettre en œuvre des placettes PCQM (voir figure 7 en page 32). Cela ajoute un quatrième type d'inventaire. Il est également envisageable de relever les espèces cibles sur le rayons de 20 m. Ce travail demande que ces espèces soient clairement identifiées avant la mise en œuvre des placettes.

Tableau 11 : Résumé de la comparaison d'efficacité menée entre le PFA et le PSDRF avec divers angles fixes

protocole	Arbres vivants relevés dans le cercle des 10 m	Arbres vivants relevés selon l'angle fixe	Bois morts sur pied 7,5 ≤ D < 30 cm	Recrutement	Suivi des espèces ligneuses "rares" à l'échelle du site
PFA	-	+	+	+	+ + +
Maillage 50 x 50 m (RN de l"ile de la Platière et du Val de Loire)					
PSDRF 3%	+ + +		+ +	+ + +	+
PSDRF 4 %	+ +		+	+ +	+ +
PSDRF 5 %	+	+ +	+	+	+ +
Maillage 30 x 30 cm (RN de Saint Mesmin - St Pryvé)					
PSDRF 4 %	+ +		+	+ +	+ +
PSDRF 5 %	+		+	+	+ +

V. Les paramètres non dendrométriques

V.1. Les codes écologiques liés aux arbres vivants

Dans le cadre du PFA**,** de même que dans le PSDRF, on distingue les cavités de pied, de fût ou de branche. Cependant, les « codes cavités » sont les seuls renseignements apportés sur les micro-habitats potentiels dans le cadre du PFA. Or, une codification plus complète des codes écologiques, comme par exemple celle utilisée dans le cadre du PSDRF, facilite le suivi de certaines communautés et l'évolution de la naturalité de la forêt peut être appréhendée. Par exemple, la présence de champignons peut donner une idée concernant la continuité spatiale et temporelle de la présence de bois morts. En effet, la présence de certaines espèces comme l'Amadouvier témoignent d'un relativement bon renouvellement des gros bois morts. La continuité spatiale de ce compartiment est nécessaire à leur dissémination.

Le temps nécessaire au relevé des ces paramètres est cependant important. En effet, les utilisateurs du PSDRF s'accordent à dire que le relevé des micro-habitats représente environ 20 % du temps total de relevé. Dans le cadre d'un transfert vers le PSDRF, ces relevés seront optionnels. Il est tout de même préférable de relever au moins la présence de carpophores en plus des cavités, les deux indicateurs jugés les plus discriminants.

V.2. Bois morts

V.2.1. Stade de décomposition des bois morts

Le stade de décomposition des bois morts est évalué en fonction du degré de pourriture et de la présence d'écorce.

Les deux protocoles relèvent l'état de décomposition des pièces de bois morts au sol en utilisant cinq classes équivalentes. Cependant, dans le cadre du PFA, seul l'état de décomposition des bois morts au sol est ainsi caractérisé. Il serait intéressant dans le cadre du rapprochement avec le PSDRF et dans le but d'optimiser l'utilisation du protocole par différents types d'utilisateurs de renseigner ce critère pour les arbres morts sur pied (comme c'est le cas pour le PSDRF). **Les codifications du PSDRF concernant le degré de pourriture pourront donc être appliquées aux bois mort au sol et sur pied relevés dans le cadre du PFA.**

Les caractéristiques liées à l'écorce sont relevées selon quatre classes dans le cas du PSDRF alors que dans le cadre du PFA celles-ci sont intégrées à la définition du code sanitaire mais ne sont pas caractérisées comme des caractéristiques singulières. Or l'état de l'écorce, micro-habitat à part entière, renseigne sur le type d'insectes saproxyliques susceptibles d'être accueilli. Dans le cadre du PSDRF, ce

critère est codifié en quatre classes et donc relativement rapide à relever sur le terrain. **Il est donc intéressant d'ajouter les codifications « état de l'écorce » du PSDRF au PFA.**

V.2.2. Vitesse de décomposition

Le PSDRF relève le pourcentage de longueur d'un bois mort au sol en contact avec le sol. La vitesse de décomposition du bois est en effet plus élevée dans le cas où la pièce de bois est en contact avec le sol. C'est notamment le cas de l'aubier du hêtre, essence très présence en Europe. Estimée en pourcentage, cette variable est très rapide à mesurer mais est aussi fortement soumise à l'effet observateur. Cependant, une idée générale est suffisante pour cette étude**. L'ajout de la mesure du pourcentage de contact d'une pièce de bois mort au sol au PFA peut être envisagé.**

V.2.3. Origines

Dans le cadre du PFA, l'orientation du tronc des chablis, volis et arbres morts au sol est relevée. Ce paramètre est une option du PSDRF qui concerne uniquement les bois morts au sol. Cette information sur la structuration spatiale du bois mort permet de comprendre l'évolution de la quantité de bois mort en contexte de forte pente ou encore suite à une tempête. Dans le cadre d'un passage au PSDRF, **l'orientation du tronc des bois morts sur pied et au sol pourra être relevée dans le cadre d'un module alluvial.**

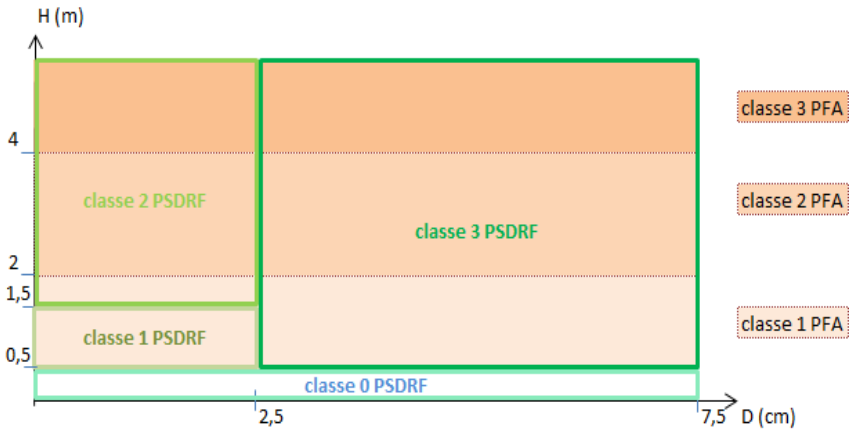
Les seuls bois morts relevés dans le cadre du PFA correspondent à des individus morts sur pied ou à des fûts. Chacun de ces éléments est alors localisé grâce à l'azimut et distance de sa souche par rapport au centre de la placette. Cela permet de localiser mais également d'identifier ces bois morts, en vue d'un suivi individuel des tiges. Cet aspect est à prendre en considération dans le cadre du module alluvial.

V.3. Variables concernant la régénération

V.3.1. Définition

Dans le cadre des deux protocoles, les tiges relevées sont les individus appartenant à une espèce d'arbres et dont le diamètre est strictement inférieur à 7,5 cm. Cependant, ces individus sont répartis selon des classes différentes et les rejets de souches, bien que différenciés des individus de franc pied, sont relevés par le PSDRF et non par le PFA.

Figure 11 : Comparaison graphique des classes de régénération utilisées dans le PSDRF et le PFA



Dans le cas du PFA, le seul critère déterminant est la hauteur. En effet, dans le des forêts alluviales, il y a généralement une bonne correspondance entre hauteur, diamètre et âge des semis. Il n'y a pas de cas de compression comme avec les résineux ; c'est-à-dire d'individu ayant une hauteur faible compte tenu de son âge et de son diamètre du fait de la concurrence de ses voisins. Quoi qu'il en soit, le relevé de la régénération

a pour but de suivre le renouvellement du peuplement et les individus ne sont pas suivis en tant que tels. Bien que les classes ne soient pas identiques, elles restent comparables et fournissent les mêmes informations. Dans les deux protocoles, la classe 1 regroupe les semis susceptibles d'être abroutis pas les chevreuils et les cerfs et la classe 3 correspond aux semis « acquis » (gaules) ; la classe 2 étant intermédiaire.

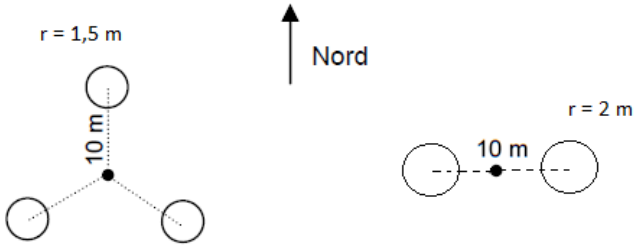
Enfin, une classe supplémentaire complète le relevé dans le cas du PSDRF : la classe 0 comprend les semis de moins de 50 cm de hauteur alors que ceux-ci sont compris dans le recouvrement de la strate herbacée dans le cadre du PFA.

Les classes de régénération du PSDRF peuvent être utilisées dans le cadre des forêts suivies par le PFA sans perte d'information.

V.3.2. Précision et temps de mesure

Dans les deux protocoles les relevés de régénération sont effectués par un système de sous - placettes : trois de rayons 1,5 m dans le cas du PSDRF et deux de rayon 2 m pour le PFA.

Figure 12 : Schémas des systèmes de sous-placettes du PSDRF (à gauche) et du PFA (à droite)



La surface échantillonnée dans le cas du PSDRF est de 21,2 m² (0,21 are), ce qui est légèrement inférieur au PFA (25,1 m² soit 0,25 are). Ces modes d'échantillonnages sont équivalents tant au niveau du type d'inventaire que du taux d'échantillonnage en surface mais le système en étoile présente l'intérêt de ne pas privilégier de direction. **Le passage au système du PSDRF n'induit pas de perte d'information**.

V.3.3. Pression du gibier

L'abroutissement des semis est un paramètre permettant de rendre compte de la pression des grands cervidés et de l'avenir de la régénération. Dans le PSDRF, ce paramètre est relevé en tant que variable binaire (oui/non) par essence et par sous-placette alors que dans le PFA l'abroutissement fait l'objet de quatre classes (indice selon l'importance de la consommation) ainsi que d'une notation par sous-placette mais n'est pas relevé par essence. Or toutes les essences forestières n'ont pas la même appétence pour les grands ongulés et la consommation d'une essence de faible appétence, même mineure, dénote d'une forte pression sur le milieu. S'il est vrai que dans le cas des forêts alluviales ces différences d'appétence sont mineures, dans le cadre du rapprochement entre les protocoles, il serait intéressant de **noter les indices d'abroutissement par essence dans le PFA**.

Cependant, l'information fournie par le PSDRF n'apporte pas de précisions quant à l'intensité de l'abroutissement, comme certains utilisateurs l'ont souligné lors de l'enquête d'évaluation de ce protocole. La notation de **l'abroutissement pourra donc être notée selon les quatre classes utilisées dans le cadre du PFA** (Partie 2, I.3.2.).

Dans le cadre d'un passage au PSDRF, le « module forêts alluviales » permettra la notation des frottis ainsi que des dégâts liés aux castors et sangliers ; à l'échelle de la placette selon les notations du PFA. Le relevé des frottis et boutis de sanglier sera par ailleurs proposé pour le PSDRF « de base » (Partie 2, I.3.2.4.).

V.4. Structure du peuplement et caractérisation stationnelle

Dans le cadre du PFA, certaines variables permettent d'appréhender la structure du peuplement. Il s'agit notamment d'estimer la hauteur totale de l'arbre ainsi que la hauteur estimée de la première grosse

branche vivante. Les mesures de hauteur totales permettent d'établir des courbes H/D et d'estimer le facteur d'élancement tandis que les hauteurs de la première grosse branche vivante renseignent sur l'état de concurrence entre les individus. Ces mesures seront donc proposées dans le cadre du module alluvial. Le relevé de la hauteur de la première branche vivante sera cependant restreint aux arbres de plus de 30 cm de diamètre.

Dans le cadre du PFA, la station est caractérisée à l'échelle de la placette grâce à un relevé phytoscociologique complet ainsi qu'un relevé pédologique sont réalisés. Le module alluvial devra permettre le renseignement de ces données.

VI. Proposition d'un protocole PSDRF – module alluvial

Il a été précédemment établi que le passage du PFA au PSDRF présente un gain d'efficacité quant à l'estimation du capital en bois morts et arbres vivants. Il a également été mis en évidence qu'un module alluvial est nécessaire afin de permettre le suivi des espaces forestiers particuliers que sont les forêts alluviales mais aussi de valoriser les données existantes. Un PSDRF- module alluvial (PSDRF-MA) a donc été proposé. La notice de ce dernier est fournie en annexe 18.

VI.1. Principe du PSDRF-MA

Dans le cadre du PSDRF-MA, les paramètres dendrométriques sont relevés en respectant les règles du PSDRF. Ainsi, les forêts alluviales précédemment suivies avec le PFA bénéficieront de la dynamique de réseau du PSDRF et les résultats dendrométriques (surface terrière, volume et nombre de tiges à l'hectare) pourront être comparés avec l'ensemble des réserves de ce réseau.

De plus, les relevés non dendrométriques issus du PFA ne sont pas modifiés et constituent le module alluvial ; ce qui permet d'adapter le PSDRF aux besoins des forêts alluviales sans pour autant alourdir ce dernier.

Cependant, lors de la campagne de transition, des paramètres supplémentaires seront relevés afin d'assurer la comparaison entre les anciens et les futurs jeux de données. Pour les sept réserves ayant mis en œuvre le PFA, cette campagne représente un investissement en temps non négligeable.

VI.2. Résultats des tests de terrain

Le but de la présente étude est de vérifier si le PSDRF-MA permet bien la continuité du suivi du capital en bois mort et vivant entre les jeux de données PFA déjà disponibles et les futurs jeux de données récoltées selon le PSDRF-MA. Il ne sera donc pas réalisé ici d'étude complète, d'autant plus que les conditions climatiques n'ont permis de réaliser que 4 placettes lors de la semaine de test du PSDRF-MA sur le site de l'Ile de la Platière. La réalisation des placettes tests a également permis d'apporter quelques modifications au protocole proposé.

NB : Les tests ont été réalisés sur une ligne de 4 placettes contigües (27 à 30). Or, seules deux de celles-ci seront conservées (28 et 30) si l'angle fixe choisi est 3 %. Lors de la phase de test, ce choix a permis de diminuer le temps de cheminement de moitié, ce qui était le bienvenu suite au retard accumulé du fait des intempéries. D'autre part, ces quatre placettes ont été choisies car elles présentaient l'avantage, au vu des données de 2002, d'échantillonner deux placettes riches en gros bois et deux avec un peuplement jeune. Enfin, la présence de gros bois sur deux des placettes a confirmé la nécessité de réduire le nombre de placettes dans le cas de l'angle fixe de 3 % (deux arbres dont le diamètre aurait pu nécessiter une prospection à plus de 25 m).

NB2 : Les résultats seront présentés selon les catégories d'arbres vivants D < 30 cm et D ≥ 30 cm car il a précédemment été établi que le PSDRF-MA est plus efficace avec cet angle (Partie 3, IV.1.3.).

VI.2.1. Arbres vivants

VI.2.1.1. *Diamètre supérieur ou égal à 30 cm*

Tableau 12 : Nombre de tiges D ≥ 30 cm mesurées lors des tests du PSDRF-MA et nombre estimé au préalable (III.1.1.4.)

placette	nombre de tiges vivantes D ≥ 30 cm mesurées en 2012	nombre de tiges vivantes D ≥ 30 cm estimé à partir des mesures de 2002
27	10	12
28	1	0
29	10	17
30	3	2

L'estimation du nombre de tiges de D ≥ 30 cm qui seraient mesurées dans le cadre d'un passage au PSDRF semble donner le bon ordre de grandeur. Cependant, ce nombre a été fortement surestimé dans le cas de la placette 29. Cela est dû à la présence de nombreux arbres de gros diamètres en 2002 et à la proximité d'une trouée comme expliqué au paragraphe III.1.1.4.

Ces résultats confirment les limites de la méthode d'estimation de l'effort d'échantillonnage pour les arbres D ≥ 30 cm (paragraphe III.1.1.4. de la Partie 3). L'étude menée pour les différentes réserves aurait donc tendance à sous-estimer l'effort d'échantillonnage dans le cas des peuplements jeunes. La présence de trouées amène à surestimer le nombre d'arbres D ≥ 30 cm à mesurer.

Tableau 13 : Résultats des tests, surface terrière et nombre de tige des arbres vivants D ≥30 cm

Placette	Nombre de tiges		G (m²/ha)	
	PSDRF	PFA	PSDRF	PFA
27	10	7	27,9	29,0
28	1	0	3,2	0,0
29	10	9	31,6	40,1
30	3	3	7,9	6,0

Comparativement au PSDRF-MA, le PFA semble surestimer la surface terrière des arbres vivants D ≥ 30 cm lorsque ceux-ci sont relativement nombreux (placettes 27 et 29). Inversement, lorsque ces arbres sont rares (placette 28), le PFA semble sous-estimer leur surface terrière car la surface d'échantillonnage est limitée à 13,8 m alors que l'angle fixe permet une prospection plus large.

Cependant, deux méthodes d'échantillonnage ne peuvent pas être comparées par placette, mais uniquement sur une zone comprenant plusieurs placettes ; les hypothèses précédentes ne peuvent donc pas être vérifiées ici. De plus, le faible nombre de données ne permet pas la réalisation de tests statistiques déterminant quant à la précision des deux protocoles.

Les estimations de la surface terrière et du nombre à l'hectare des arbres vivants D ≥ 30 cm entre 2002 et 2012 peuvent être directement comparées. Ce travail n'a pas été réalisé ici car l'étude du capital à l'hectare à l'échelle de la placette n'a pas de sens. Il faut étudier la moyenne à l'échelle de la réserve, ce qui n'est pas envisageable avec seulement quatre placettes.

VI.2.1.2. *Diamètre inférieur à 30 cm*

De même que dans le cas des arbres vivants D ≥ 30 cm, l'évolution du capital en arbres vivants D < 30 cm entre 2002 et 2012 ne peut pas être étudiée ici mais sera réalisable lorsque l'ensemble des placettes seront relevées. On peut cependant noter qu'entre ces deux dates, 8 ormes sont morts au niveau de la placette 27. Cette mortalité des jeunes ormes est caractéristique de la dynamique de la réserve (graphiose).

VI.2.1.3. *Conclusion*

Le PSDRF-MA permet bien d'appréhender l'évolution du capital en arbres vivants. Il est également possible de suivre l'accroissement moyen des arbres sur la période considérée. Il faut cependant noter que pour les arbres vivants D < 30 cm le diamètre utilisé pour ces estimations avec le PSDRF-MA est le diamètre

perpendiculaire au rayon de la placette qui passe par le centre de l'arbre et non le diamètre moyen comme avec le PFA et utilisés pour l'estimation du capital en 2002. L'évolution du capital entre 2002 et 2012 peut donc être légèrement biaisée.

VI.2.2. Bois morts au sol

VI.2.2.1. *Diamètre supérieur ou égal à 30 cm*

L'effort d'échantillonnage du PFA en 2012 est connu. Il suffit en effet d'exclure les bois morts au sol qui ne correspondent pas à des fûts et ceux dont la souche est située à plus de 13,8 m du centre de la placette.

Tableau 14 : Comparaison de l'effort d'échantillonnage des fûts morts au sol D ≥ 30 cm pour le PFA et le PSDRF-MA ainsi que de l'estimation de l'effort d'échantillonnage estimé du PSDRF-MA précédemment établie

Placette	Nombre de fûts mesurés (2012)		Nombre estimé pour le PSDRF à partir des données de 2002
	PSDRF-MA	PFA	
27	2	2	4
28	0	0	0
29	1	0	2
30	0	0	0

L'estimation de l'effort d'échantillonnage précédemment réalisée semble être surestimée. Bien que ces résultats se soit pas généralisables à l'échelle de la réserve, on remarque que la plus grande surface de prospection du PSDRF pour les bois morts au sol D ≥ 30 cm pourrait permettre d'améliorer l'estimation du capital lorsque ces éléments sont rares à l'échelle de la placette (placette 29). D'autre part, dans le cadre du passage au PSDRF-MA le temps de mesure est d'autant plus augmenté que certains éléments ont été billonnés. Les placettes 27 et 29 ont ainsi respectivement fait l'objet de 3 et 2 relevés (nombre de billons). Ici encore, le faible nombre de placettes ne permet pas d'appréhender des grandeurs à l'hectare.

VI.2.2.2. *Diamètre inférieur à 30 cm*

En ce qui concerne les bois morts au sol D < 30 cm, le PSDRF-MA fourni un volume et le PFA une surface terrière. De plus, les deux protocoles ne mesurent pas les mêmes éléments. L'estimation du capital ne peut donc pas être directement comparée, d'où l'utilité de la campagne de transition. Lors des tests, le relevé des éléments et critères de transitions lors de la mise en œuvre du PSDRF-MA ont permis la continuité du suivi du capital en bois morts au sol.

Tableau 15 : Comparaison du nombre de bois morts au sol mesurés selon le PSDRF-MA et le PFA

Placette	**Nombre d'individus mesurés**		
	PFA *(fûts)*	PSDRF-MA *(branches et fûts)*	PSDRF-MA *(fûts)*
27	11	6	2
28	2	0	0
29	5	7	1
30	7	11	3

Le trop faible nombre de placettes réalisées ne permet pas de dégager de conclusions quant au nombre total de bois morts au sol mesurés selon les deux protocoles. On peut tout de même noter que, sur les 4 placettes test, le PSDRF-MA relève plus de branches que de fûts (tableau 20). De même, on remarque que l'effort d'échantillonnage est comparable entre les deux protocoles pour ces placettes. D'autre part, la végétation herbacée et arbustive dense, comme celle rencontrée lors des tests du PSDRF-MA sur le site de l'Ile de la Platière, est un obstacle de taille quant à la recherche des petits bois morts au sol. Les transects se sont donc avérés beaucoup plus rapides à mettre en œuvre. Enfin, la campagne de transition permet la continuité du suivi du capital en bois mort au sol de diamètre inférieur à 30 cm. Elle servira de référence pour la comparaison des jeux de données PFA et les futurs jeux de données PSDRF-MA grâce au calcul de deux surfaces terrières ; la première correspondant à l'échantillonnage des fûts morts au sol dans un rayon de 13,8 m (PFA) et l'autre à l'échantillonnage le long des transects (PSDRF-MA).

VI.2.2.3. *Bois morts sur pied*

Les critères de transitions déterminés (Partie 3, II.2.1.) permettent bien la continuité entre les types de bois morts. Deux bois morts au sol D ≥ 30 cm ont été mesurés lors des tests du PSDRF-MA. Ces éléments étaient présents à moins de 13,8 m du centre de la placette. L'augmentation de la surface de prospection pour ces éléments n'a pas permis d'en mesurer d'avantage avec le PSDRF-MA qu'avec le PFA. Cela n'est cependant pas généralisable à l'ensemble des placettes.

VI.2.3. Régénération

Aucun semis abroutis n'a été recensé. Quatre placettes ne suffisent pas à estimer le nombre de semis à l'hectare pour les différentes espèces ligneuses rencontrées. Lors des tests, entre 5 et 6 espèces ligneuses ont été détectées par placette. En 2002, les sous-placettes de régénération du PFA avaient permis de relever 1 ou 2 essences par placette. Ces chiffres ne sont cependant pas comparables car les campagnes PSDRF-MA et PFA ont été menées à de 10 ans d'intervalle. Il aurait été intéressant de relever la régénération selon le PFA afin d'établir une comparaison à l'échelle de la placette. On peut tout de même noter que lors des tests du PSDRF-MA, une seule espèce ligneuse présente au stade semis dans un rayon de 20 m n'a pas été détectée par les sous-placettes de régénération et cela ne concerne qu'une seule placette. De plus, sur les quatre placettes mise en œuvre, les essences relevées divergent d'une sous-placette à l'autre : 2 à 4 espèces ne sont détectées que sur une seule sous-placette. La méthode en étoile du PSDRF semble donc efficace.

VI.2.4. Conclusions

L'estimation du capital en arbres vivants peut être comparée entre les différents jeux de données. L'estimation de l'échantillonnage des arbres vivants D ≥ 30 cm semble donner le bon ordre de grandeur bien que la présence de trouées conduit à des surestimations locales.

La campagne de transition permet bien de passer du PFA au PSDRF-MA en assurant la continuité du suivi du capital en bois morts. L'investissement en temps de cette campagne n'est pas négligeable, notamment du fait que le relevé des bois morts au sol D < 30 cm est considérablement augmenté lors de celle-ci.

L'effort d'échantillonnage du PSDRF-MA quant aux bois morts semble être comparable à celui du PFA et les estimations effectuées pourraient être surévaluées mais le faible nombre de placettes test ne permet pas de conclure à ce sujet.

VII. Conclusion : quelles solutions pour les gestionnaires de forêts alluviales ?

Le rapprochement entre le PFA et le PSDRF peut être concrétisé par l'intégration du PFA au PSDRF sous la forme d'un module alluvial (PSDRF-MA).

Le passage du PFA au PSDRF-MA présente un gain d'efficacité pour les estimations de capital à l'échelle de la réserve. De plus, la mise en œuvre d'une campagne de transition permet la continuité du suivi entre les données passées et futures.

Des solutions adaptées au cas des les réserves alluviales ayant mis en œuvre le PFA sur des maillages trop dense pour permettre l'utilisation du PSDRF avec un angle fixe de 3 % ont été proposées. Il appartient a gestionnaire de choisir la plus convenable au regard de ses objectifs prioritaires.

Une fiche récapitulative des résultats obtenus au cours de ce stage, à destination des gestionnaires de réserves forestières alluviales, est disponible en annexe 22.

PARTIE 4 : COMMENT VALORISER LE PROTOCOLE COST ?

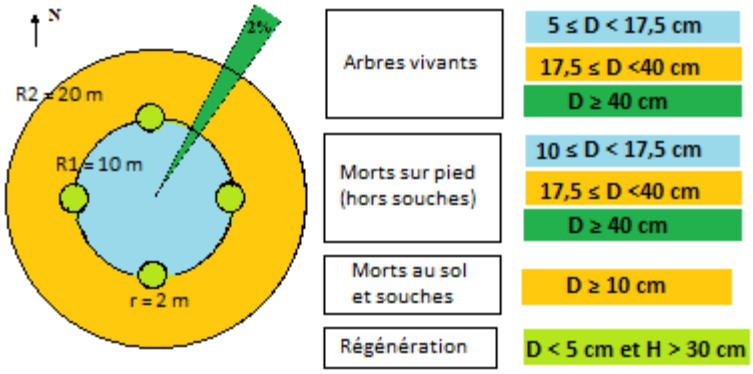
L'action communautaire COST « E4 », financée par l'Europe et menée par 19 pays, avait pour principal objectif la constitution en Europe d'un véritable réseau de réserves intégrales forestières. Suite à un travail de 4 ans (1995-1999), les bases communes aux différentes institutions partenaires ont été définies afin d'homogénéiser les études et recherches à mener à l'avenir dans les Réserves Intégrales. Deux niveaux d'étude sont préconisés, l'un basé sur un réseau de placettes permanentes et l'autre sur des inventaires en plein. C'est le premier niveau qui nous intéresse ici dans le cadre du rapprochement avec le PSDRF.
Le protocole COST, bien que mis en œuvre sur un nombre de sites restreint en France, a pour le moins fourni de nombreuses données. Il s'agit de valoriser ces données en optimisant la transition vers le PSDRF. Cependant, des données issues de la mise en œuvre des placettes permanentes COST n'ont été récupérées que pour deux réserves (les RBI de Guebwiller et du Capitaine Monté). Chaque réserve à produit un protocole dérivé des recommandations COST adapté à son cas particulier, ce qui rend difficile les comparaisons et l'étude concernant le transfert. Ces deux réserves sont donc étudiées séparément.

I. Étude du COST mis en œuvre en RBI du Capitaine Monté

I.1. Étude de la compatibilité des variables avec le PSDRF

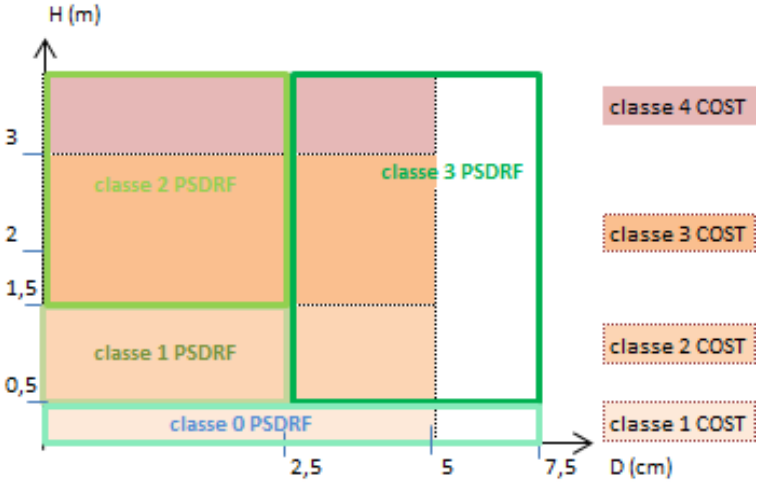
Les estimations du capital (V et N) obtenus pour le bois mort en RBI du Capitaine Monté avec le PSDRF et le COST peuvent être comparées mais les souches doivent être rapportées dans la catégorie des bois morts sur pied dans les deux cas. En effet, leur intégration dans les bois morts au sol est impossible dans le cadre du PSDRF du fait du type d'échantillonnage des bois morts au sol D < 30 cm. Outre cela, les types de bois morts sont identiques dans les deux cas, bien que la nature des bois morts au sol soit précisée dans le cadre du COST. La comparaison des résultats pour les arbres vivants ne pose pas de problème particulier. Le schéma d'une placette permanente COST en RBI du Capitaine Monté est détaillé ci-contre.

Figure 13: Schéma d'une placette COST en RBI du capitaine Monté



En ce qui concerne la régénération, on considère ici les individus vivants D < 5 cm. La classe 1 du COST est identique à la classe 0 du PSDRF et la classe 2 est assimilable à la classe 1 du PSDRF. Cependant, la classe 3 du COST recoupe les classes 2 et 3 du PSDRF. En effet, des arbres de 3 m de haut sont susceptibles d'avoir un diamètre supérieur à 2,5 cm. D'autre part, la classe 4 du COST ne contient qu'une partie des individus de la classe 3 du PSDRF car cette dernière contient également les individus 5 ≤ D < 7,5 cm.

Figure 14 : Comparaison des classes de régénération du COST (RBI du Capitaine Monté) et du PSDRF.



I.2. Comparaison d'efficacité avec le PSDRF pour l'estimation du capital en arbres vivants

NB : Le protocole COST a été mis en œuvre en 2001 et le PSDRF en 2005.

I.2.1. Méthodologie

Une première comparaison d'efficacité entre le COST et le PSDRF avait été menée sur la surface terrière totale lors des tests du PSDRF. L'étude menée ici sera menée selon les différentes catégories d'arbres vivants définies dans le COST. Dans un premier temps, dans le but de comparer les modes d'échantillonnage des protocoles COST et PSDRF, les arbres D < 7,5 cm ne sont pas pris en compte. L'estimation de la part en surface terrière de ces derniers est étudiée dans un second temps. Les deux protocoles ayant été mis en œuvre sur la RBI du Capitaine Monté, on dispose des deux jeux de données réels correspondant à ceux-ci. Les estimations du capital en arbres vivants ont été réalisées pour ces deux jeux de données, en considérant les classes proposées par le COST. Une comparaison statistique des résultats obtenus permet de déterminer si la différence entre les deux protocoles est significative. Ces tests sont identiques à ceux utilisés précédemment et la méthode est détaillée en annexe 19.

I.2.2. Résultats

I.2.2.1. *Capital des arbres D ≥ 7,5 cm*

Les volumes et surfaces terrières à l'hectare obtenus avec les jeux de données issus des deux protocoles sont comparables. Les tests statistiques réalisés confirment qu'il n'y a pas de différence significative entre le COST et le PSDRF quant à l'estimation du capital en arbres vivants. Les résultats de ces tests sont fournis en annexe 19.

Tableau 16 : Comparaison des estimations du capital en arbres vivants D ≥ 7,5 cm issues des protocoles COST et PSDRF pour la RBI du Capitaine Monté

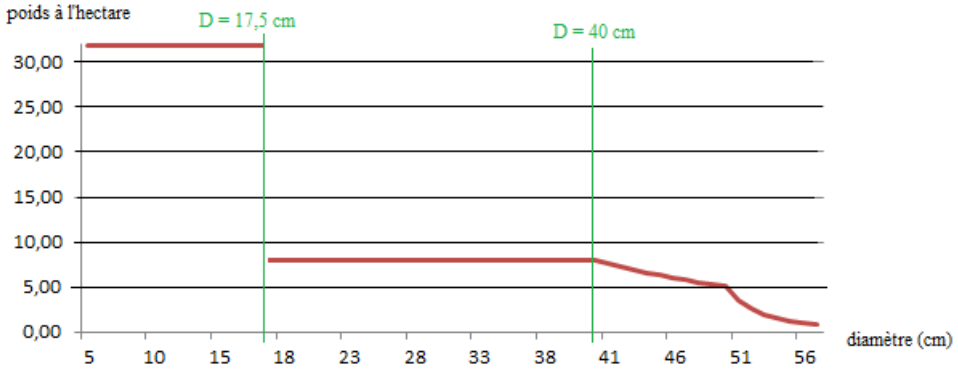
Catégorie d'arbres vivants	**7,5 ≤ D < 17,5 cm**		**17,5 ≤ D < 40 cm**		**D ≥ 40 cm**	
Protocole	COST	PSDRF	COST	PSDRF	COST	PSDRF
Nombre de placettes	63	61	63	61	63	61
Nombre total de tiges mesurées	411	434	1381	331	757	345
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	6,5	7,1	21,9	5,4	12,0	5,7
G (m²/ha)						
Moyenne	2,6	2,7	9,8	9,0	12,0	12,6
Écart type	1,9	2,0	5,2	5,7	5,8	7,4
CV	76%	74%	53%	63%	48%	59%
Erreur relative	19%	19%	13%	16%	12%	15%
nombre de tiges / ha						
Moyenne	207,7	226,5	174,4	161,7	48,9	49,3
Écart type	161,9	166,5	95,3	95,8	27,1	32,1
CV	78%	74%	55%	59%	55%	65%
Erreur relative	20%	19%	14%	15%	14%	17%

De plus, l'effort d'échantillonnage est réduit avec le PSDRF, et ce de manière considérable dans le cas des arbres D ≥ 17,5 cm. En moyenne, 40 arbres vivants sont mesurés par placette avec le COST, contre 18 avec le PSDRF.

I.2.2.2. *Évolution du capital*

Le poids à l'hectare d'un arbre dépend de la méthode d'échantillonnage et donc de son diamètre. Ainsi, le poids d'un arbre relevé selon le COST de la RBI du Capitaine Monté dépend de son appartenance à trois catégories d'arbres vivants définies par ce protocole.

Figure 15 : Évolution du poids à l'hectare d'un arbre relevé selon le protocole COST de la RBI du Capitaine Monté en fonction de son diamètre



L'évolution du poids à l'hectare d'un arbre présente une discontinuité entre les deux premières catégories d'arbres vivants. Lorsque le diamètre d'un arbre passe de moins de 17,5 cm à 17,5 cm ou plus, le poids de ce dernier chute de 31.8 à 7.96. Par exemple, un arbre de 10 cm de diamètre relevé dans un rayon de 10 m en 2002 et remesuré avec un diamètre de 18 cm en 2012 présente un accroissement en surface terrière à l'hectare négatif (voit tableau ci-après).

Tableau 17 : Exemple d'un arbre de 10 cm de diamètre en 2012 dont le diamètre remesuré en 2012 est de 18 cm (protocole COST de la RBI du Capitaine Monté)

Année de mesure	Diamètre (cm)	g (m²)	Poids à l'ha	g (m²/ha)
2002	10	0,16	31,83	5
2012	18	0,28	7,96	2,25

Dans cet exemple, l'accroissement de la surface terrière réel est de 0,013 m²/an. Or, du fait de la discontinuité du poids entre les arbres de diamètre inférieur à 17,5 cm de diamètre et ceux de diamètre supérieur, l'accroissement estimé est de -0.28 m²/ha/an.

La méthode d'échantillonnage du COST de la RBI du Capitaine monté présente donc, à l'échelle de l'arbre, un biais important en ce qui concerne l'évolution du capital en arbres vivants.

I.2.2.3. *Suivi des essences « rares »*

En ce qui concerne les arbres vivants $17,5 \leq D < 30$ cm, la surface d'échantillonnage est divisée par quatre dans le cadre d'un passage au PSDRF (réduction du rayon de 20 à 10 m), d'où un potentiel risque de sous-estimation des essences les moins courantes dans la forêt étudiée. Les estimations par essence selon le COST et selon le PSDRF sont disponibles en annexe 20. On remarque que seules 3 des 12 essences peu représentées ($N < 10$ tiges/ha selon les estimations COST) ne sont pas « détectées » par le PSDRF (orme, poirier, tremble). De plus, la sous-estimation est également notable pour deux autres essences « rares » (merisier et érable champêtre) ainsi que pour le charme (CHA). Cependant, les centres des placettes sont communs aux deux protocoles. Les arbres relevés dans le cadre du PSDRF devraient correspondre à ceux du COST situés à moins de 10 m du centre. Or ce n'est pas le cas : certains arbres manquent aux données du PSDRF. Cela peut être dû à des oublis ou à la mortalité des arbres entre la mise en œuvre des deux protocoles. La réduction du rayon à 10 m n'a normalement pas d'impact notable pour les merisiers, érables champêtres et charmes (voir annexe 20). Il faut également prendre en compte le fait que cela ne concerne qu'une catégorie restreinte de la population. Par exemple, le tremble est présent dans le jeu de données PSDRF dans la catégorie $D \geq 30$ cm. Le PSDRF est donc légèrement moins précis que le COST quant au suivi des essences rares.

I.2.2.4. *Part des arbres 5 ≤ D < 7,5 cm*

La surface terrière des arbres vivants de diamètre compris entre 5 et 7,5 cm est estimée à 0,13 m²/ha avec une moyenne de 1,3 tige mesurée par placette. La part des tiges $5 \leq D < 7{,}5$ cm dans la surface terrière des arbres vivants est donc négligeable en RBI du Capitaine Monté ; ce qui est confirmé par les tests statistiques (voir annexe 19) puisqu'il n'y a pas de différence significative entre le COST avec et sans les arbres vivants $5 \leq D < 7{,}5$ cm.

Tableau 18 : Comparaison de la surface terrière obtenue avec et sans les arbres vivants 5 ≤ D < 7 ,5 cm (protocole COST)

Protocole COST	**sans** 5 < D ≤ 7,5 cm	**avec** 5 < D ≤ 7,5 cm
Nombre total de tiges mesurées	2298	2377
Nbr moyen de tiges mesurées par placette	36,5	37,7
G (m²/ha)		
Moyenne	30,7	30,9
Écart type	13,6	13,6
CV	44%	44%
Erreur relative	11%	11%
nombre de tiges / ha		
Moyenne	224,4	264,3
Écart type	100,9	117,4
CV	45%	44%
Erreur relative	11%	11%

Le nombre à l'hectare de ces individus est estimé à 40. Selon les analyses statistiques, la différence entre le protocole COST avec et sans les arbres vivants $5 \leq D < 7{,}5$ cm est significative (voir annexe 19). Cependant, dans le cadre du PSDRF, la densité de ces individus est estimée avec la classe de régénération 3 à partir du relevé des sous-placettes. Cependant, aucun n'a été recensé lors de la mise en œuvre du PSDRF en RBI de Bezange. Cela peut s'expliquer par la faible surface couverte par les sous-placettes de régénération ainsi que par la relative rareté de ces individus (en moyenne 1,3 par placette).

I.2.3. Conclusions

Le PSDRF est plus efficace que le COST en termes d'estimation du capital en arbres vivants $D \geq 7{,}5$ cm. De plus, l'évolution du capital en arbres vivants est biaisée avec le protocole COST mis en œuvre sur la RBI du Capitaine Monté. Le PSDRF est donc également plus efficace quant au suivi du capital en arbres vivants.

Cependant, le COST fourni une information supplémentaire quant au renouvellement en prenant en compte les arbres vivants $5 \leq D < 7{,}5$ cm dans l'échantillonnage des arbres vivants plutôt que dans les relevés de régénération.

I.3. Comparaison de l'efficacité des protocoles pour l'estimation du capital en bois morts

I.3.1. Méthodologie

Les formules de cubage utilisées dans la présente étude pour les bois morts sur pieds sont les mêmes quel que soit le mode d'échantillonnage. Les formules habituellement utilisées pour l'analyse des données COST sont utilisables pour les deux jeux de données, c'est pourquoi elles ont été choisies ici. Les estimations obtenues avec les deux jeux de données sont alors comparées.

Pour les bois mort au sol $D \geq 30$ cm et les bois morts sur pieds $10 \leq D < 17{,}5$ cm, la méthode d'échantillonnage est identique dans les deux protocoles. Ils ne seront donc pas étudiés ici.

I.3.2. Résultats

I.3.2.1. *Bois morts sur pieds*

Les estimations du capital en bois morts sur pied $17{,}5 < D \leq 40$ cm et $D \geq 40$ cm issues des deux protocoles sont comparables.

Tableau 19 : Comparaison des estimations du capital en bois morts sur pied D ≥ 7,5 cm issues des protocoles COST et PSDRF pour la RBI du Capitaine Monté

Catégorie de bois mort sur pied	**17,5 ≤ D < 40 cm**		**D ≥ 40 cm**	
Protocole	COST	PSDRF	COST	PSDRF
Nombre de placettes	63	61	63	61
Nombre total de tiges mesurées	7	7	8	7
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	0,1	0,1	0,1	0,1
V (m3/ha)				
Moyenne	1,1	1,8	4,15	3,71
Écart type	4,26	8,12	17,69	13,65
CV	393%	441%	426%	368%
Erreur relative	99%	113%	107%	94%
nombre de pièces / ha				
Moyenne	0,88	3,23	0,44	1,00
Écart type	2,90	11,30	1,99	3,17
CV	328%	350%	450%	318%
Erreur relative	83%	90%	113%	81%

Selon les tests statistiques réalisés, il n'y a pas de différence significative entre ces résultats (voir annexe 19).

NB : les souches n'ont pas été prises en compte dans ces comparaisons. Aucune souche n'a été relevée dans le cadre du PSDRF car ce dernier limite le relevé aux souches d'au moins 40 cm de hauteur, ce qui n'est plus appliqué (voir Partie 1, I.3.3.1.).

I.3.2.2. *Bois morts au sol*

L'estimation du volume à l'hectare des bois morts au sol 10 ≤ D < 30 cm (hors souches) est très différente entre les deux protocoles, ce qui est confirmé par les tests statistiques (voir annexe 19). Lorsque ces derniers sont rares, ils ne sont pas toujours « détectés » par le PSDRF, ce qui peut conduire à une sous-estimation du volume à l'hectare. Le COST pourrait surestimer ce volume du fait du cubage des arbres entiers morts au sol. En effet, dans ce cas, les parties (fûts et branches) de diamètre inférieur à 10 cm sont prises en compte. On ne peut donc pas conclure ici quant à l'efficacité des deux protocoles.

Tableau 20 : Comparaison des estimations COST et PSDRF quant au volume à l'hectare des petits bois morts au sol

Protocole	COST	PSDRF
Nombre moyen par placette	12,0	4,3
Moyenne	37,4	25,3
Écart type	27,3	30,4
CV	73%	120%
Erreur relative	18%	31%

I.3.2.3. *Conclusions*

Les protocoles fournissent des estimations du capital en bois morts sur pied similaires mais ne sont pas comparables quant à l'estimation du volume des petits bois morts au sol. Les méthodes d'échantillonnages trop différentes pour les petits bois morts au sol ne permettent pas de conclure quant à la différence d'efficacité des deux protocoles.

I.4. Conclusion

Le PSDRF est globalement plus efficace que le COST mis en œuvre en RBI du Capitaine Monté.

II. Comparaison de l'efficacité du COST de la RBI de Guebwiller et du PSDRF

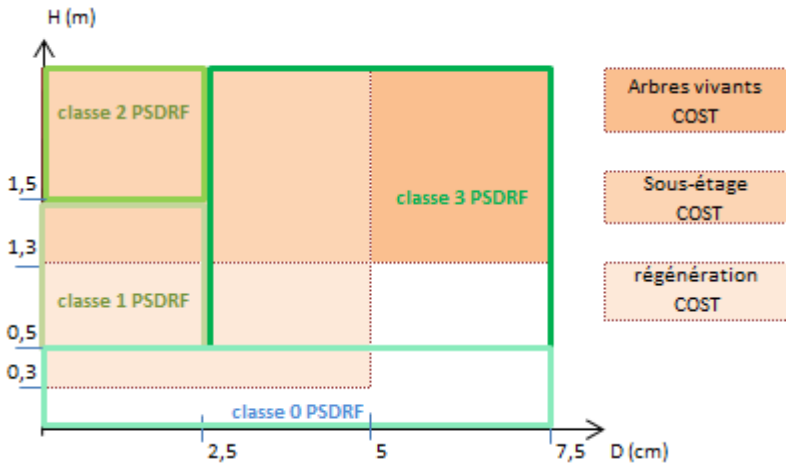
II.1. Étude de la compatibilité des variables entre les deux protocoles

II.1.1. Définition des arbres vivants et de la régénération

Dans le cadre du COST de Guebwiller, le diamètre limite de relevé des arbres vivants est légèrement inférieur à celui utilisé avec le PSDRF : 5 cm au lieu de 7,5 cm. Lors de la comparaison avec les anciens jeux de données, on exclura les arbres $5 \leq D < 7{,}5$ cm.

La régénération est définie comme suit : tous ligneux vivants $30 < H < 130$ cm. De même que dans le PSDRF, le sous-étage est également relevé sur les sous-placettes. Ce qui correspond globalement à la classe 1 du PSDRF. Le sous-étage comprend ici tous les ligneux vivants de $D < 5$ cm et $H < 1{,}30$ m. Ces individus appartiennent aux classes 2 et 3 du PSDRF. La modification du suivi du sous-étage ne permettra pas la comparaison des jeux de données COST et PSDRF mais la notion de renouvellement sera conservée.

Figure 16 : Comparaison des classes de régénération COST (Guebwiller) et PSDRF



D'autre part, la classe 3 du PSDRF comprend également une partie des individus définis comme « arbres vivants » dans le cadre du COST ($5 \leq D < 7{,}5$ cm). Il y a donc une rupture du suivi de ces individus dans le cadre d'un passage au PSDRF puisque la surface terrière à l'hectare ne sera plus estimée.

II.1.2. Définition des catégories de bois morts

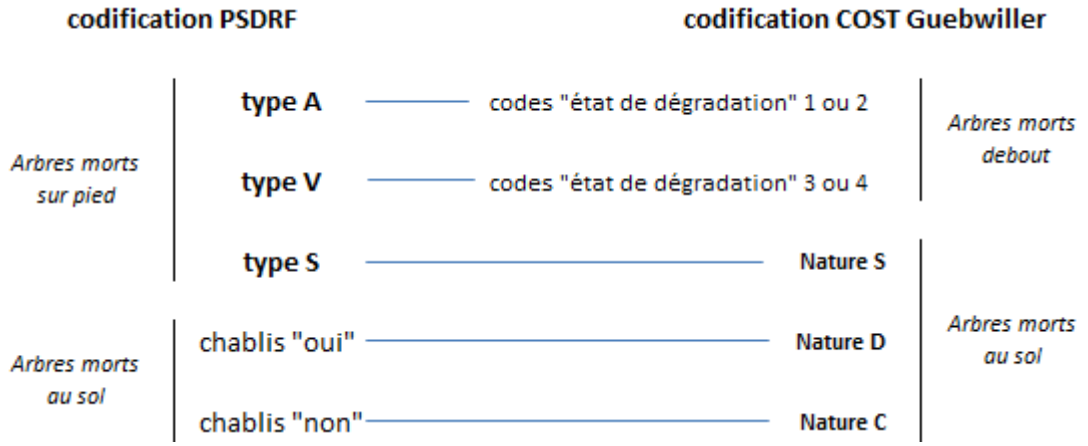
Dans le cadre du COST de Guebwiller, la distinction entre arbres morts « debout » et arbres morts au sol permet d'adapter les relevés aux types de bois rencontrés mais la définition de ces catégories diffère entre le COST et le PSDRF.

Le critère « état de dégradation » des arbres morts sur pied permet de faire le lien avec les sous-catégories du PSDRF. Ainsi, les codes 1 et 2 (« mort récente » ou « début de décomposition, structure de l'arbre en place ») peuvent être assimilés au « type A » du PSDRF et les codes 3 et 4 au « type V ».

La définition d'une souche est identique à celle du PSDRF ($H < 1{,}30$ m) mais ces éléments sont classés parmi les bois morts au sol.

Dans le cas des bois morts au sol, le COST de Guebwiller fait la distinction entre les arbres cassés (entiers ou fragmentés) et les arbres déracinés. Ce critère équivaut au relevé « chablis » du PSDRF.

Figure 17 : Clé de transition entre les codifications « bois morts » du COST de Guebwiller et le PSDRF



Le passage à la codification « bois morts » du PSDRF n'implique pas de pertes d'informations et ne nécessite pas de relevé complémentaire quant à la définition des bois morts.

Les bois morts sont relevés si D ≥ 10 cm. Lors de la comparaison avec les jeux de données COST, on ne comptera pas les bois morts 7,5 ≤ D < 10 cm du PSDRF.

II.1.3. Paramètres dendrométriques

II.1.3.1. *Arbres vivants*

Dans le but de cuber les arbres vivants, le COST de Guebwiller relève le diamètre à 1,30 m ainsi que la hauteur. Dans le cadre du passage au PSDRF, seul le diamètre est relevé car il a été estimé lors de la création de ce protocole que les mesures de hauteur ne sont pas efficaces. En effet, bien qu'elles permettent l'utilisation d'un tarif de cubage à deux entrées, ces mesures sont très couteuses en temps et nécessite du matériel spécifique.

Lors de la campagne de transition, on relèvera la hauteur totale afin de permettre une meilleure comparaison entre les deux jeux de données. On pourra également envisager de permettre la saisie optionnelle de cette variable.

II.1.3.2. *Bois morts*

Le cubage des arbres morts « debout » utilise les mêmes relevés (hauteur et diamètre) entre le COST de Guebwiller et le PSDRF. Le cubage des arbres morts au sol requiert la longueur et le diamètre dans les deux protocoles mais les diamètres relevés diffèrent entre le COST et le PSDRF.

Tableau 21 : Comparaison des relevés de diamètres des bois morts au sol du COST de Guebwiller et du PSDRF

Protocole	Valeur de x	Mesures si L ≤ x m	Mesures si L ≥ x m
COST Guebwiller	4	D médian	D initiaux et finaux
PSDRF	5	D médian	D médian, initiaux et finaux

Ces différences n'impliquent pas de perte d'information dans le cadre du passage au PSDRF.

II.1.4. Paramètres non dendrométriques

II.1.4.1. *Arbres vivants et régénération*

La hauteur de la première branche vivante est relevée pour l'ensemble des arbres vivants. De même que dans le cas du passage du PFA au PSDRF, on pourra envisager ce relevé en option du PSDRF, en limitant cette mesure aux arbres D ≥ 30 cm.

L'écorçage et les frottis sont relevés sous forme binaire pour chaque arbre. Dans le cadre du passage au PSDRF, ces relevés pourraient avoir lieu à l'échelle de la placette, selon les indices du PFA.

Le relevé des cavités est la seule information sur les micro-habitats fournie par le COST de Guebwiller. Dans le cadre du passage au PSDRF, on ajoutera au moins la présence de champignons lignicoles. D'autres codes écologiques pourront éventuellement être ajoutés par la suite, selon les réflexions du groupe de travail sur les micro-habitats.

L'abroutissement des semis est noté en mode binaire (oui/non) par espèce dans les deux protocoles.

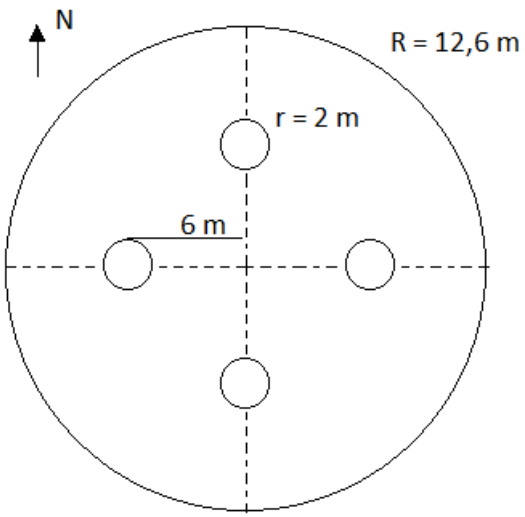
II.1.4.2. *Bois morts*

Lors du passage au PSDRF, il n'y a pas de perte d'information quant aux paramètres de suivi écologique liés aux bois morts. L'état de dégradation des bois morts au sol du COST utilise des classes par tiers de diamètre atteint par la pourriture alors que les classes du PSDRF sont établies par quart de diamètre atteint. Cette différence n'implique pas de rupture quant au suivi de la décomposition. Les indices « état de l'écorce » du PSDRF apporteront plus de précision quant à la faune susceptible d'être accueillie. De même, il n'y a pas de perte d'information pour le suivi de la décomposition des bois sur pied dans le cadre du passage au PSDRF.

II.2. Comparaison de l'efficacité avec le PSDRF

Le maillage 100 x 100 m utilisé dans le cadre du COST de Guebwiller ne s'oppose pas au passage au PSDRF. L'ensemble des données relatives au protocole COST de Guebwiller n'a pas pu être récupéré. On dispose pour cette étude des relevés de bois morts, qui ne sont pas disponibles pour les arbres vivants. Cependant, les surfaces terrières des arbres vivants par classe de diamètre et par placette ont été récupérées.

Figure 18 : Schéma d'une placette permanente COST (RBI de Guebwiller)



Les relevés effectués dans le cadre des placettes circulaires permanentes du COST de Guebwiller sont très proches de ceux du PSDRF, tant au niveau de la structure de la placette qu'en ce qui concerne les catégories de bois morts définis.

L'ensemble des arbres et bois morts sont relevés dans un rayon de 13,6 m. La comparaison d'efficacité se rapproche donc fortement de celle effectuée dans le cadre du PFA car il s'agit de diminuer le rayon de prospection des arbres vivants et morts sur pied à 10 m.

La régénération est étudiée sur quatre sous-placettes circulaires de 2 m de rayon, situées à 6 m du centre de la placette.

II.2.1. Arbres vivants

A partir des données, le coefficient de variation et l'erreur relative ont été calculés pour la surface terrière. L'étude est menée sur les 113 placettes du dispositif de Guebwiller. Les données disponibles ne permettent pas d'obtenir un jeu de données théoriques PSDRF pour la RBI de Guebwiller. La réflexion est cependant similaire à celle menée dans le cadre du PFA pour la surface terrière. Or, il a de plus été montré dans le cadre du PFA que la réduction du rayon de la placette à 10 m pour les arbres vivants D < 30 cm présentait un gain d'efficacité quant à l'estimation de la surface terrière (Partie 3, III.1.1.). La réduction du rayon étant moins importante dans le cadre du COST, la perte de précision et d'autant plus négligeable. Il a également été montré que l'effort d'échantillonnage des arbres vivants D ≥ 30 cm devrait être supérieur dans le cadre d'un passage d'une placette circulaire fixe de rayon supérieur (13,8 m avec le PFA au lieu de 12,6 avec le COST) à un inventaire à angle fixe (Partie 3, III.1.2.). L'estimation PSDRF de la surface terrière des arbres vivant devrait être au moins aussi bonne que celle du COST.

Afin d'assurer la continuité du suivi en volume des arbres vivants, la hauteur de ces derniers pourra être relevée de manière optionnelle.

II.2.2. Bois morts

II.2.2.1. *Méthodologie*

NB : Certaines hauteurs/longueurs n'ont pas été renseignées. Du fait que cet oubli ne concerne que 6 éléments, ceux-ci ont été supprimés de la base de données. Cependant, ces éléments appartiennent tous à la placette 3 qui ne comporte que 8 bois morts au total. Dans la présente étude, afin de ne pas fausser les comparaisons, la placette 3 a donc été éliminée de la base de données relative au bois mort. L'étude du bois mort a donc été menée sur 112 placettes.

II.2.2.1.1. Bois morts au sol

Les bois morts au sol au sens du protocole COST de Guebwiller contiennent les souches. Ces éléments, dits de « nature s », ont été classés comme bois morts sur pied. De plus, les bois morts de « nature s » étaient à la fois présents dans la catégorie des bois morts au sol et des bois morts sur pieds de la base de données.

Afin de permettre la comparaison avec le PSDRF, les bois morts au sol ont été classés en deux catégories (D < 30 cm et D ≥ 30 cm). Pour ces éléments, deux diamètres sont mesurés selon le protocole COST : le diamètre initial (D1) et le diamètre final (D2). Or, dans de nombreux cas, D2 était supérieur à D1. Les valeurs attribuées à D1 et D2 ont alors été échangées. Ainsi, D1 ≥ D2. Les bois mort au sol de D2 ≥ 30 cm sont directement classés dans les bois morts au sol D ≥ 30 cm et ceux de D1 < 30 cm dans les bois morts au sol D < 30 cm. Le cas des bois morts au sol tels que D1 ≥ 30 cm et D2 < 30 cm est plus ardu : il faut déterminer la longueur de diamètre supérieure ou égale à 30 cm. Pour cela, on calcule la décroissance métrique de la pièce de bois :

$$D.M. = (D1 - D2) / L \text{ avec L la longueur de la pièce de bois.}$$

On peut alors en déduire la longueur de la partie D ≥ 30 cm :

$$L_{\geq 30cm} = (D1 - 30) / D.M.$$

Et donc celle de la partie D < 30 cm : $L_{<30cm} = L - L_{\geq 30cm.}$

Les pièces de bois sont alors découpées virtuellement de manière à être classées dans l'une ou l'autre des deux catégories.

Enfin, les volumes de bois morts ont été calculés en utilisant les formules du PSDRF.

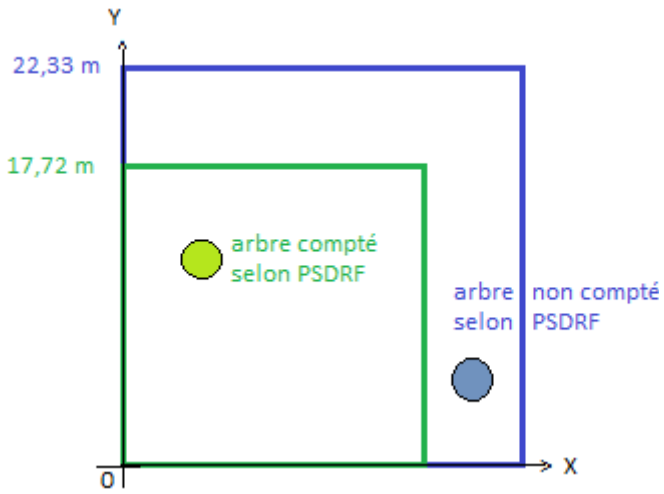
Le nombre de bois morts au sol D ≥ 30 cm qui seraient mesurés selon le PSDRF peut être estimé. On calcule un nombre d'éléments mesurés au m² et on en déduit le nombre potentiellement présents sur un rayon de 20 m.

II.2.2.1.2. Bois morts sur pied

Les bois morts sur pied ont été classés en trois catégories : « type S », « type V » et « type A ». Ont été classés en « type S » les éléments de « nature s » de hauteur inférieure ou égale à 1,30 m. Les éléments dont l'état de dégradation a été noté 1 ou 2 ont été considérés comme « type A » et ceux dont l'état de décomposition est plus avancé (codes 3 et 4) en « type V ».

Dans le cadre du réseau de placettes circulaires permanentes COST de la forêt de Guebwiller, les arbres ne sont pas localisés à l'aide d'un azimut et d'une distance au centre de la placette. La méthodologie appliquée à la comparaison de l'efficacité du PSDRF et du PFA ne peut donc pas être utilisée ici. La position des arbres a donc été simulée aléatoirement. Pour cela, chaque placette COST est ramenée à un carré de surface équivalente. Cela permet d'avoir une équiprobabilité de trouver un arbre au sein de la placette lorsque les coordonnées sont générées à partir d'un coin du carré.

Figure 19 : Attribution aléatoire de coordonnées



Une placette circulaire COST de 12,6 m de rayon présente une surface de 498,76 m², ce qui correspond à la surface d'un carré de 22,33 m de côté. Des coordonnées comprises entre 0 et 22,33 m ont ensuite été attribuées aléatoirement à chaque arbre.

Les placettes PSDRF présentent un premier rayon de 10 m, ce qui correspond à une surface de 314,16 m² et à un carré de 17,72 m de côté. La surface terrière et le volume calculés pour le PSDRF prend donc en considération les arbres pour lesquels les deux coordonnées attribuées sont inférieures à 17,72 m.

Limites de la méthode : La méthode présentée suppose que les arbres sont répartis de manière parfaitement aléatoire dans l'espace. Or, du fait de la concurrence, les arbres qui survivent sont plus ou moins espacés les uns des autres. De même, deux arbres de gros ou de très gros diamètres sont rarement de proches voisins mais sont généralement entourés d'individus dominés, de plus faible diamètre. De plus, Enfin, le jeu de donnée PSDRF obtenu n'est que théorique et repose sur l'hypothèse précédente. Contrairement aux études similaires menées dans le cadre des réserves du réseau PFA, les estimations obtenues ne sont pas exactement celles qui seraient fournies par le PSDRF.

Dans le protocole COST, il est écrit que les bois morts sur pied doivent être relevés dès que le diamètre est supérieur ou égal à 5 cm. Or, sur la fiche de terrain, le diamètre minimum demandé est de 10 cm. Au regard des données, cette seconde règle a été suivie.

Les volumes de bois morts ont été calculés en utilisant les formules du PSDRF afin de permettre la comparaison avec les futurs jeux de données PSDRF dans le cadre d'un passage à ce protocole.

II.2.2.2. *Résultats*

II.2.2.2.1. Bois morts au sol

Tableau 22 : Estimation du volume à l'hectare des bois morts au sol (COST de Guebwiller)

Catégorie de bois mort au sol	D ≥ 30 cm	10 ≤ D < 30 cm
Nombre moyen d'individus mesurés par placette	1,9	7,7
Estimation moyenne (m3/ha)	20,3	10,0
Écart type	35,1	15,5
Coefficient de variation	173%	155%
Erreur relative	32%	29%

La méthode présentée précédemment permet d'assurer la continuité du suivi du volume des bois morts au sol D ≥ 30 cm. Dans le cas des bois morts au sol D < 30 cm, le volume à l'hectare obtenu avec cette même méthode pourra également être comparé avec le volume issu des futures campagnes PSDRF. Lors de la comparaison, on exclura les bois morts au sol D < 10 cm des données PSDRF.

Cependant, les méthodes d'échantillonnage étant très différentes, il faudra effectuer ces comparaisons avec précaution. Afin d'obtenir des comparaisons plus certaines, il est possible de mener une campagne de transition comme proposé dans le cadre du PFA. Les deux types d'inventaires pour les bois morts au sol D < 30 cm seront menés et cette campagne servira de référence.

II.2.2.2.2. Bois morts sur pied

En ce qui concerne les bois morts sur pied, il n'y a pas de perte d'information ou de continuité de suivi dans le cadre d'un passage au PSDRF. Les données issues du COST de Guebwiller peuvent donc être valorisées par un passage au PSDRF.

L'estimation en volume obtenu pour les bois morts sur pied 10 ≤ D < 30 cm avec le COST et le PSDRF sont très proches bien que le nombre d'éléments mesurés soit considérablement réduit dans le cas du PSDRF. Selon les tests statistiques réalisés, il n'y a pas de différence significative entre les deux protocoles quant à l'estimation de la surface terrière et du nombre à l'hectare des bois morts sur pied 10 ≤ D < 30 cm.

Or, l'effort d'échantillonnage est considérablement diminué dans le cadre d'un passage au PSDRF.

Le passage au PSDRF présente donc un gain d'efficacité lors de l'estimation du capital en bois morts sur pied 10 ≤ D < 30 cm.

Tableau 23 : Comparaison des estimations COST et PSDRF du capital en bois morts sur pied 10 ≤ D < 30 cm

Protocole	COST	PSDRF
Nombre de placettes	112	112
Nombre total de tiges mesurées	470	287
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	4,2	2,6
Volume (m3/ha)		
Moyenne (m3/ha)	4,72	4,68
Écart type	7,21	8,74
Coefficient de variation	153%	187%
Erreur relative	29%	35%
Nombre de tiges / ha		
Moyenne (Nbr/ha)	84,14	81,57
Écart type	108,15	112,54
Coefficient de variation	129%	138%
Erreur relative	24%	26%

NB : Le coefficient de variation sur le volume est plus important dans le cas du PSDRF. Cela est dû au biais de la méthode utilisée pour localiser les arbres. En effet, les arbres ne sont pas répartis de manière purement aléatoire : deux arbres de forts diamètres ont peu de probabilité d'être très proches. Or, pour certaines placettes, les plus grosses tiges ont été « gardées » et les plus petites « enlevées ». Le volume à l'hectare est donc augmenté pour les placettes concernées ; l'écart type et le coefficient de variation augmentent.

De même que dans le cadre du PFA, la surface d'échantillonnage des gros bois morts sur pied est augmentée. Ici, dans l'hypothèse d'une répartition homogène de ces éléments, l'effort d'échantillonnage des bois morts sur pied D ≥ 30 cm serait plus que doublé, presque triplé, dans le cadre d'un passage au PSDRF.

II.2.2.3. *Conclusion*

Dans le cadre d'un passage au PSDRF, la continuité de l'étude relative aux flux de bois morts est assurée en ce qui concerne le COST de la RBI de Guebwiller.

II.3. Régénération, sous-étage et part des arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm

Tableau 24 : Indices d'abondance des semis et du sous-étage (COST)

Classe d'abondance	Nbr par sous-placette	Nombre par m²
0	0	0
1	1 à 12	0 à 1
2	13 à 40	1 à 3
3	> 40	> 3

Le taux d'espèces détectées au stade semis (définition COST) sur une seule sous-placette est en moyenne de 21 % (moyenne effectuée sur les 112 placettes présentant de la régénération). De plus, 62 des 112 placettes ne présente que des semis de hêtre. Le risque de ne pas détecter une espèce du fait de la réduction du nombre de placettes de 4 à 3 semble donc relativement faible. Cependant, dans le cadre du COST, la surface d'échantillonnage de la régénération est de 50 m² contre 21 m² avec le PSDRF, ce qui augmente le risque de non-détection des espèces très peu présentes au stade semis. Dans le cadre de l'enquête au sujet du PSDRF, il a été suggéré que les essences non détectées par les sous-placettes de régénération soient notées, ce qui indiquerait la présence des essences rares. Enfin, la densité de semis est évaluée selon quatre codes dans le cadre du COST (figure 30). Les semis ne sont pas dénombrés comme dans le cadre du PSDRF. Dans l'hypothèse où l'amplitude des classes permet de compenser la diminution de la surface d'échantillonnage et donc la variation du nombre de semis au m², la précision quant à l'estimation de la densité ne devrait donc pas être amoindrie.

En ce qui concerne le sous-étage (définition du COST), la réflexion est identique à celle menée pour les semis car les indices de densité utilisés sont les mêmes. Cependant, dans le cadre d'un passage au PSDRF, la définition (hauteurs et diamètres) de cette catégorie sera modifiée, d'où une rupture entre les jeux de données COST et PSDRF.

Enfin, les arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm sont inventoriés sur les sous-placettes de régénération dans le cadre du PSDRF. La surface d'échantillonnage de ses individus est donc considérablement diminuée (de 500 à 21 m²). La part de ces individus dans les estimations du capital ne peut pas être déterminé ici car les estimations en surface terrière sont données par catégorie. La part en surface terrière à l'hectare des arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm est donc confondue avec celle des perches (5 ≤ D < 7,5 cm). Il a été montré dans le cadre de l'étude du COST de la RBI du Capitaine Monté que la part des arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm est négligeable dans l'estimation de la surface terrière (Partie 4, I.2.2.4.). Cependant, il a été confirmé lors de cette même étude que le nombre à l'hectare de ces individus n'est pas négligeable et qu'il peut être sous-estimé par le PSDRF lorsque ceux-ci sont rares.

II.4. Conclusion

Le passage au PSDRF n'implique pas de perte de données quant aux arbres vivants, les hauteurs (totale et de la première branche vivante) pouvant être relevées de manière optionnelle. Le relevé de hauteur de la première branche vivante se limitera cependant aux arbres D ≥ 30 cm. La continuité du suivi des bois morts est également assurée. Les données issues du COST en RBI de Guebwiller peuvent donc être valorisées grâce à un passage au PSDRF. De plus, ce passage présente un gain global d'efficacité.

III. Cas de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg et de la forêt de Chaux

En forêt de Chaux et en RBI de Lutzelhardt-Adelsberg, le même type de placette COST a été mis en œuvre. L'ensemble des arbres vivants et bois morts sont relevés dans un rayon de 17,82 m. La régénération et le sous-étage sont relevés sur quatre sous-placettes de 2 m de rayons en forêt de chaux et de 1,78 m en RBI de Lutzelhardt-Adelsberg. Les données pour ces sites n'ont pas été récupérées mais un passage au PSDRF est envisageable si les définitions des variables le permettent ; la réflexion étant similaire à celles menées précédemment pour les autres protocoles COST étudiés et pour le PFA.

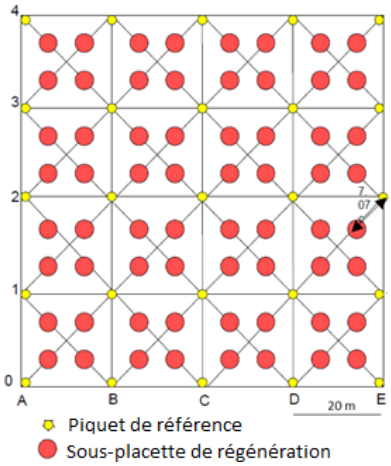
En RBI de Lutzelhardt-Adelsberg, les définitions et les paramètres relevés sont identiques à ceux présentés dans le cadre de la RBI de Guebwiller. L'appellation des bois mort est cependant légèrement différente et nécessite quelques précautions. Pour le COST de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg, un arbre est considéré sur pied est si l'angle du fût par rapport à la verticale n'excède pas 45°. La même règle est suivie avec le PSDRF mais avec un seuil de 70°. Ces cas sont généralement rares, mais à prendre en compte si leur nombre est important. Lors de la campagne de transition, il peut donc être nécessaire de repérer les individus concernés. Enfin, la nature des bois morts sur pied est précisée avec le PSDRF (arbre entier, chandelle ou souche) ; ce qui peut être relié aux codes de dégradation du houppier COST parfois relevés (RBI de Lutzelhardt-Adelsberg). De même, la distinction faite par le COST entre les « arbres déracinés » et les « arbres cassés (entier ou fragment) » est comparable à la notation binaire des chablis (oui/non) du PSDRF. Les clés de transitions entre les codifications bois morts COST et PSDRF pour cette réserve sont fournis en annexe 24. On peut conclure que le passage au PSDRF est envisageable pour la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg.

En RBI de la forêt de Chaux, les paramètres relevés également les mêmes mais leur notation n'a pas été récupérée et les classes de régénération sont différentes. De plus, les placettes ont été matérialisées mais il semble qu'un certain nombre de piquets aient été perdus. La mise en œuvre du PSDRF en utilisant un maillage similaire pourrait permettre de valoriser le travail déjà effectué. En effet, si les placettes ne peuvent pas être reprises, on pourra tout de même comparer les données issues du PSDRF avec l'état initial établi.

IV. Étude des *core areas*

La méthode de relevé des *core areas* est très différente de celle des placettes circulaires permanentes. En effet, bien que ceux-ci soit matérialisés de manière permanente, il s'agit dans ce cas d'étudier en plein une surface définie. En RBI de la forêt de Chaux, six *core areas* carrés ont été installés, de 80 m de côté (soit 64 ares) ou de 60 m de côté (soit 36 ares). Sur chacune de ces placettes, tous les arbres vivants, arbres morts au sol et sur pied sont relevés. La régénération est relevée sur quatre sous-placettes par cellule de 20 x 20 m (figure 18). La structure des *core areas* de la réserve naturelle du Plan de Tueda est similaire mais avec des cellules de 12,5 m de côté (25 ares) et la régénération est relevée en plein sur un alignement de quatre cellules dans le sens de la pente.

Figure 20 : schéma d'un core area de 80 m de côté en forêt de Chaux



D'autre part, contrairement aux placettes circulaires permanentes COST ou PSDRF, les *core areas* n'ont pas pour objectif de caractériser la réserve dans sa globalité. Ces outils permettent de suivre l'évolution de certains paramètres à une échelle plus locale, selon le type de peuplement ou autre facteur déterminant. Selon les recommandations COST E4, les *core areas* peuvent être mis en œuvre au niveau des peuplements emblématiques afin de suivre l'évolution de certaines caractéristiques de ces derniers. L'objectif n'est donc pas tout à fait le même que celui du PSDRF, bien que

les deux dispositifs permettent de suivre l'évolution du degré de naturalité, le PSDRF s'attache également à caractériser la réserve dans sa globalité. De plus, la stratification des réserves suivies avec le PSDRF permet également d'appréhender l'influence de certains facteurs (altitude, gestion, etc.). La mise en œuvre des *core areas* ne semble avoir d'intérêt que dans le cadre de peuplements sous-représentés à l'échelle de la réserve, ce qui est une seconde possibilité d'après les recommandations COST E4.

En forêts de Chaux, les placettes circulaires permanentes ont permis de caractériser la RBI dans son ensemble en décrivant la composition en essence du peuplement, sa structure (densité, surface terrière et volume), son état sanitaire, la nécromasse qui y est présente ainsi que le sous-étage et la régénération. A partir de ces données, six sites ont été sélectionnés pour l'implantation de *core areas* de manière à couvrir les différents milieux présents sur la réserve.

Il a été mis en évidence que les structures des six *core areas* sont peu variées et que les quelques particularités sont essentiellement liées au type de milieu. Or, cela peut faire l'objet d'une stratification avec le réseau de placettes circulaires permanentes. L'intérêt des *core areas* semble donc limité compte tenu du travail à fournir.

Le recouvrement de la molinie, particulièrement important au niveau de certaines zones (jusqu'à 95 %), est à l'origine d'un ralentissement important du renouvellement, voire même un blocage (hêtre). La mise en œuvre de *core areas* a dans ce cas permis un suivi plus fin de la régénération sur ces zones que ce que permettent les placettes circulaires permanentes.

Face à l'importance de la quantité de travail, les *core areas* seraient à réserver aux cas pour lesquels un nombre satisfaisant de placettes ne peut pas être implantées ou à la nécessité de suivre plus particulièrement le renouvellement du peuplement ; ce qui peut être intéressant en cas de blocage dû à la molinie par exemple.

En ce qui concerne la réserve naturelle du Plan de Tueda, seuls trois *core areas* ont été implantés. De plus, les arbres relevés n'ont pas été localisés lors de la mise en œuvre du protocole en 1996. Ils le seront en 2012 lors des remesures. D'autre part, le PSDRF sera mis en œuvre au cours de l'été 2012 sur le même massif forestier. Les gestionnaires ont décidé de garder les deux systèmes de suivi (COST et PSDRF), ce qui pourrait permettre une comparaison future mais la valorisation des *core areas* grâce au PSDRF n'est pas envisageable.

V. Conclusions : Quelle valorisation des données COST avec le PSDRF ?

Le passage des réseaux de placettes permanentes COST au PSDRF est une valorisation possible des données issues du COST tout en permettant un rapprochement optimal entre ces protocoles. En effet, le passage du COST au PSDRF présente un gain d'efficacité pour les estimations de capital à l'échelle de la réserve, tout en permettant la continuité du suivi entre les données passées et futures Enfin, cela permettrait aux gestionnaires de réserves ayant mis en œuvre le COST de bénéficier des outils et services développés pour le PSDRF dans le cadre de la convention RNF-ONF (formations, comparaison avec les autres réserves, etc.).

Cependant, la valorisation directe des données obtenues grâce au *core areas* COST n'est pas envisageable. D'une part, ces dispositifs n'ont pas les mêmes objectifs prioritaires et d'autre part les modes d'échantillonnage sont trop différents.

Une fiche récapitulative des résultats obtenus au cours de ce stage, à destination des gestionnaires de réserves biologiques intégrales ayant mis en œuvre le COST, est disponible en annexe 23.

PARTIE 5 : PERSPECTIVES

I. Évolution prochaine du réseau PSDRF

I.1. Optimiser la mise en œuvre du protocole

Peu de modifications sont à apporter au PSDRF mais quelques précisions permettront de diminuer les erreurs de saisie et de faciliter sa mise en œuvre sur le terrain. De même, les formations s'avèrent fort utiles, voire même indispensables aux yeux de certains utilisateurs du protocole. Cette efficience du réseau PSDRF éveille l'intérêt de plus en plus de gestionnaires d'espaces forestiers. Ainsi, la poursuite de la mise en œuvre de ce suivi dans et en dehors des réserves biologiques et naturelles devrait se poursuivre, comme le souligne le nombre important de formations dispensées en cette année 2012.

Le déploiement du logiciel « Dendro » en 2011 a permis d'optimiser la saisie des données, améliorant ainsi l'efficacité du PSDRF. De nombreux gestionnaires ayant mis en œuvre le PSDRF avant 2011 expriment déjà leur intérêt pour cet outil. La généralisation probable du mode de saisie *sur* TDS (terminaux de saisie pour le logiciel « Dendro ») favorisera sans doute le réseau PSDRF, d'autant plus qu'une formation à ce logiciel est proposée dans le cadre de la convention RNF-ONF. Quelques améliorations optimiseraient encore le logiciel « Dendro », mais, cela n'est pas encore à l'ordre du jour.

La question centrale du relevé des micro-habitats a conduit à la création d'un groupe de travail sur ce thème. Une première réunion (14 mai 2012, Paris) a permis de définir des axes de réflexions prioritaires. À terme, une nouvelle codification pourrait être proposée sur la base des codifications ENGREF et Cemagref. De plus, les résultats du projet GNB fourniront des renseignements supplémentaires quant à l'importance des micro-habitats pour la biodiversité. La nouvelle codification sera riche de ses enseignements et pourra donc être allégée en conséquence. Enfin, le groupe de travail se penchera sur l'effet observateur, difficulté majeure pour les relevés mais aussi pour l'interprétation des données relatives aux codes écologiques. Ce dernier proposera notamment un guide photographique pour illustrer et définir les micro-habitats à relever.

I.2. Améliorer la gestion et la valorisation des données

L'utilisation du logiciel « Dendro » a permis d'éliminer les erreurs de saisie sur le terrain, réduisant ainsi le temps consacré à la vérification des données mais également le risque d'erreur lors des estimations dendrométriques.

La valorisation des données issues des différentes campagnes du PSDRF sera facilitée grâce à la plateforme de centralisation et de traitement des données en cours d'élaboration. Cette dernière permettra aux gestionnaires de stocker leurs données et d'effectuer directement quelques analyses standard. La comparaison avec les autres réserves du réseau sera accessible, élément faisant actuellement défaut. Les gestionnaires auront également la possibilité de comparer leurs résultats avec ceux du réseau de placettes de l'Association futaie irrégulière (AFI).

A l'heure actuelle, hormis dans le cadre du projet GNB, le PSDRF est peu utilisé pour faciliter la mise en œuvre d'études complémentaires. En effet, si le maillage sert parfois de support, les résultats issus des campagnes de terrain sont peu valorisés. Cependant, peu de demandes ont été émises, ce qui peut être interprété de deux façons : soit le protocole satisfait déjà les spécialistes, soit le PSDRF n'a pas encore éveillé l'intérêt de ces derniers. Sous cette seconde hypothèse, on peut espérer que l'essor du projet GNB permettra d'y remédier.

I.3. Attente des remesures à venir

Le réseau PSDRF n'en ait qu'à sa première campagne de mesure, la seconde campagne étant prévue pour 2015 pour les premiers sites ayant mis en œuvre le protocole ; les premiers résultats en termes de dynamique en réserve forestière sont donc attendus pour les prochaines années.

La pérennité de la matérialisation des placettes, qui pose déjà quelques difficultés, pourrait être un obstacle important lors de ces remesures. Un effort (précision du cheminement, matérialisation, etc.) supplémentaire pour pallier aux manques de repères et d'indications quant à l'emplacement des placettes pourrait s'avérer nécessaire pour certains sites. Espérons que cette expérience servira aux futures réserves du réseau.

II. Rapprochement entre les protocoles

II.1. Intégration éventuelle du PFA au PSDRF

Le rapprochement souhaité entre les réseaux PSDRF et PFA pourrait se concrétiser grâce à un transfert vers le PSDRF. Afin d'intégrer le PFA à la dynamique de réseau du PSDRF tout en valorisant au mieux les données issues des campagnes passées de ce protocole, un module alluvial pour le PSDRF (PSDRF-MA) a été proposé.

Le PSDRF-MA présente plusieurs avantages. Premièrement, il est plus efficace que le PFA : l'effort d'échantillonnage est considérablement réduit pour une précision des résultats équivalente. Ensuite, les données du PSDRF-MA pourront être intégrées à la plateforme de données du PSDRF, ce qui favorisera considérablement la valorisation des données issues de ce dernier. Enfin, en intégrant le réseau PSDRF, les réserves alluviales suivies jusqu'alors par le PFA pourraient bénéficier de la dynamique créée pour le PSDRF.

II.2. Optimisation du protocole COST

La valorisation des réseaux de placettes circulaires permanentes COST pourrait passer par un transfert vers le PSDRF. De même que dans le cadre du PFA, cette transition permettrait un gain d'efficacité, un hébergement et une valorisation des données via la plateforme de stockage en cours d'élaboration ainsi qu'une dynamisation du réseau.

L'enjeu européen du COST n'est pas perdu avec le PSDRF puisque ce dernier est également inspiré des recommandations COST E4 ayant pour objectif d'uniformiser le suivi des réserves forestières à l'échelle européenne.

En ce qui concerne la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg, il semble qu'un rapprochement entre le COST et le PSDRF soit envisagé sous forme d'un protocole issu de la fusion de ces deux derniers, ce qui pourrait éventuellement permettre les comparaisons avec les réserves du réseau PSDRF.

Bien que la question des *core areas* n'ait pas été pleinement étudiée ici, la mise en œuvre du PSDRF prévue pour l'été 2012 en réserve du Plan de Tueda, où des *core areas* ont été installées en 1996 pourrait à l'avenir apporter des éléments de réflexion à ce sujet. Il serait notamment intéressant de qualifier et de quantifier l'apport des *core areas* dans le cas des peuplements emblématiques.

CONCLUSION

Le réseau PSDRF bénéficie d'une bonne dynamique et d'un appui fort : formations, aide à l'analyse, logiciel de saisie sur TDS et, bientôt, stockage en ligne des données ; ce qui est apprécié des utilisateurs du protocole. Grâce à l'enquête réalisée auprès de ces derniers, quelques améliorations ont pu être proposées afin de faciliter l'assimilation ainsi que la mise en œuvre du PSDRF, protocole parfois jugé dense et complexe.

Outre ces avantages techniques, le PSDRF s'avère être un outil efficace quant au suivi de la dynamique spontané des forêts et à l'estimation des volumes de bois morts. Les études menées ont par ailleurs montré que le PSDRF est plus efficace en terme de précision pour un effort d'échantillonnage donné que les protocoles COST et PFA, et cela aussi bien pour l'estimation du capital en arbres vivants et en bois morts mais aussi pour l'estimation du recrutement. A noter cependant que le protocole PSDRF n'est pas adapté au suivi de certains milieux linéaires, telles que les ripisylves.

Le rapprochement entre le PSDRF et le PFA pourrait permettre de dynamiser le réseau PFA mais également d'apporter au réseau PSDRF des éléments de réflexion quant aux milieux alluviaux, actuellement peu représentés au sein du réseau PSDRF (le PSDRF n'étant pas adapté à ces milieux particuliers). Pour ce faire, un « PSDRF module alluvial » issus d'une fusion les deux protocoles a ici été proposé. Ce dernier, permet le suivi des milieux alluviaux tout en optimisant la transition du PFA vers le PSDRF et en augmentant l'efficacité des mesures.

La valorisation des relevés relatifs aux placettes circulaires permanentes COST (étude en RBI de Guebwiller) par le biais d'une transition vers le PSDRF ne pose pas de conditions particulières.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARCHAUX (Frédéric), GOSSELIN (Frédéric), PAILLET (Yoan) et VUIDOT (Aurélie). 2010 – Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. – *Elsevier*, *Biological conservation*, p. 442-450.

AUGÉ (Vincent). (2006) – *Étude de l'état initial des peuplements réalisé selon le protocole « COST E4 », Réserve biologique intégrale de la forêt de Chaux*. – Office national des forêts – 105 p.

BALLON (Philippe) et HAMARD (J-Pierre). 2009 – *Guide pratique de l'évaluation des dégâts en milieu forestier*. – Nogent sur Vernisson : Domaine des Barres – 38 p.

BRUCIAMACCHIE (Max). 2005 – *Protocole de suivi d'espaces naturels protégés.* – MEDD – 23 p.

BRUCIAMACCHIE (Max), CHEVRIER (Simon), GARANDEL (Mona), REGOLINI (Margot) et VANDEBEULQUE (Yann). 2009 – *Guide sur les îlots de sénescence*. – Nancy : École nationale du génie rural des eaux et des forêts. – 25 p. (résultats du travail des élèves ingénieurs de troisième année).

BUGMANN (H.), HEIRI (C.), ROHRER (L.) et WOLF (A.). 2009 – Forty years of natural dynamics in Swiss beech forest: structure, composition, and the influence of former management. – *Ecological Application*, vol. 19, p. 1920-1934.

CEMAGREF-DIVISION ECOSYSTEMES FORESTIERS ET PAYSAGES. 1999 – *L'indice de consommation, protocole.* – 8 p.

CENTRE RÉGIONAL DE LA PROPRIÉTÉ FORESTIÈRE. – *Qu'est-ce que la ripisylve ?* – Fiche n° 234001 – 2 p.

CHRISTENSEN (Morten), HAHN (Katrine), MOUNTFORD (Edward P.), ÓDOR (Péter), STANDOVÁR (Tibor), ROZENBERGAR (Dusan), DIACI (Jurij), WIJDEVEN (Sander), MEYER (Peter), WINTER (Susanne) et VRSKA (Tomas). 2005 – Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. – *Elsevier*, *Forest Ecology and Management*, vol. 210, p. 267-282.

DUFOUR (Simon) et PIÉGAY (Hervé). 2006 – Forêts riveraines des cours d'eau et ripisylves : spécificités, fonctions et gestion. – *Revue Forestière Française*, n° LVIII, p. 339-350.

FISCHER (Anton), FISCHER (Hagen S.) et WINTER (Susanne). 2010 – Relative quantitative reference approach for naturalness assessments of forests. – *Elsevier*, *Forest Ecology and Management*, vol. 259, p. 1624-1632.

GILG (Olivier) et SCHOEHERER (Christian). 1999 – *Évaluation de l'importance du patrimoine naturel forestier (forêts subnaturelles et réserves forestières intégrales) dans le réseau des réserves naturelles.* – Réserve naturelle de France, 37 p.

GILG (Olivier). 2004 – Forêts à caractère naturel ; caractéristiques, conservation et suivi. – *Cahier technique ATEN* n° 74 – 96 p.

GOLDSMITH (F.B.), KIRBY (K.J.), REID (C.M.) et THOMAS (R.C.). 1998 – Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain. – *Journal of Applied Ecology*, vol. 35, p. 148-155.

HAYE (Sylvain). 2006 – *Mise en place d'un protocole d'évaluation de la naturalité des forêts gérées en irrégulier.* – Nancy : École nationale du génie rural des eaux et des forêts. – 69 p. (mémoire de fin d'études, formation des ingénieurs forestiers).

HOCHBICHLER (Eduard). 2000 – WG2 Recommendation for data collection in forest reserves, with an emphasis on regeneration and stand structure. – Irlande : Aileen O'Sullivan – *COST ACTION E4, Forest Reserves Research Network*, p. 135-181.

KRUYS (Nicholas) et JONSSON (Bengt Gunnar). 1999 – Fine woody debris is important for species richness on logs managed boreal spruce forests of northern Sweden. – *Canadian Journal of Forest Research (*CJFR*)*, vol. 29, p. 1295-1299.

MEURILLON (Isabelle). 2011 – *Évaluation de l'état de conservation des milieux alluviaux en réserves naturelles.* – Nancy : École nationale du génie rural des eaux et des forêts. – 66 p. (mémoire de fin d'études, formation des ingénieurs forestiers).

MORELLET (Nicolas) et BOSCARDIN (Yves). 2007 – L'indice de consommation : outil de suivi des populations de chevreuil à partir de l'examen de la flore lignifiée. – *RDV techniques n° 16*, p. 5-12.

NILSSON (Sven G.), NIKLASSON (Mats), HEDIN (Jonas), ARONSSON (Gillis), GUTOWSKI (Jerzy M.), LINDER (Per), LJUNGBERG (Håkan), MIKUSIŃSKI (Grzegorz) et RANIUS (Thomas). 2001 – Density of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. – *Elsevier, Forest Ecology and Management*, vol. 161, p. 189-204.

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS et INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. 2008 – *Réserve biologique intégrale du Mont Ventoux ; Inventaire des peuplements, phase initiale.* – Rapport scientifique, 87 p.

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS. 2007 – *Réserves biologiques ; des espaces naturels remarquables en forêt publique.* – Réseau des réserves biologiques, 13 p.

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS. 2010 – *Les arbres à conserver pour la biodiversité ; comment les identifier et les désigner ?* – Fiche technique biodiversité n° 3 – 8 p.

PAILLET (Yoan), BERGÈS (Laurent), HJÄLTÉN (Joakim), ÓDOR (Péter), AVON (Catherine), BERNHARDT-RÖMERMANN (Markus), BIJLSMA (Rienk-Jan), DE BRUYN (Luc), FUHR (Marc), GRANDIN (Ulf), KANKA (Robert), LUNDIN (Lars), LUQUE (Sandra), MAGURA (Tibor), MATESANZ (Silvia), MÉSZÁROS (Ilona), SEBASTIÀ (M.-Theresa), SCHMIDT (Wolfgang), STANDOVÁR (Tibor), TÓTHMÉRÉSZ (Béla), UOTILA (Anneli), VALLADARES (Fernando), VELLAK (Kai) et VIRTANEN (Risto). 2009 – Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. – *Conservation Biology*, vol. 24, N° 1, p. 102-112.

PAILLET (Yoan) et GOSSELIN (Frédéric). 2010 – *Gestion forestière, naturalité et biodiversité ; lettre d'information #1.* – CEMAGREF, ONF et RNF – 4 p.

PONT (Bernard). 2002 – *Suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales, Protocole.* – RNF – 6 p.

RESERVE NATURELLE DE LA PLATIÈRE. 1998 – La forêt alluviale ; petite jungle européenne. – *La lettre*, n° 4, RNF – 4 p.

VALLAURI (Daniel), ANDRÉ (Jean) et BLONDEL (Jacques). 2002 – *Le bois mort, un attribut vital de la biodiversité de la forêt naturelle, une lacune des forêts gérées.* – WWF – 34 p.

VUIDOT (Aurélie). 2009 – *Contribution à l'amélioration du protocole de suivi d'espaces naturels protégés (SENP) en vue d'étude de la biodiversité : relevé des microhabitats dans les arbres.* – Paris : Université Paris-Est. – 50 p. (mémoire de stage).

LISTE DES CONTACTS

Max Bruciamacchie, Professeur d'aménagement forestier, AgroParisTech-ENGREF, Département SESG, 03 83 39 68 51, *max.bruciamacchie@agroparistech.fr*

Nicolas Debaive, chargé de mission scientifique en charge de la mise en œuvre de la convention RNF-ONF, RNF, 03 80 48 94 75, *nicolas.debaive-rnf@espaces-naturels.fr*

Nicolas Drapier, ONF-DT Lorraine, 03 83 17 74 28, *nicolas.drapier@onf.fr*

Bernard Pont, conservateur de la RN de l'Ile de la Platière, 04.74.84.35.01, *bernard.pont@espaces-naturels.fr*

GLOSSAIRE

Anthropique : qualifie les phénomènes qui sont provoqués ou entretenus par l'action consciente ou inconsciente de l'homme.

Anthropisation : action de l'homme entrainant une modification du milieu.

Cambiophage (insecte**)** : destructeur d'assises génératrices.

Chablis : arbre déraciné par l'action du vent.

Chandelle : partie de la tige d'un arbre brisé qui est restée sur pied.

Éco-mosaïque (ou mosaïque sylvatique) : agencement d'éco-unités souvent d'âges différents.

Écotope : espace occupé par un arbre au cours de sa vie

Éco-unité (ou unité de régénération) : surface où, à un moment donné, un développement de végétation a commencé c'est-à-dire emplacement libéré à un moment donné par la mort d'un arbre (ou de plusieurs arbres morts simultanément).

Lignicole (champignon) : qui pousse sur le bois.

Nécromasse : biomasse des organismes morts.

Saproxylique (ou saproxylophage) : se dit d'une espèce qui dépend, durant une partie au moins de son cycle, du bois mort ou mourant, des champignons habitant le bois, ou d'autres espèces saproxyliques (prédateurs ou parasites).

Surface terrière (en m²/ha): la surface terrière d'un arbre est la surface de la section d'un arbre à 1,30 m. Elle peut également être calculée pour un peuplement en sommant les surfaces terrière de tous les arbres qui constituent ce peuplement.

Volis : partie de la tige d'un arbre brisé qui est tombée au sol.

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Critères et indicateurs mesurables (source : WWF) 76

Annexe 2 : Liste des « espèces de forêt ancienne », NW Europe & NE Etat Unis 76

Annexe 3 : Coefficient de variation en fonction du nombre « d'individus » mesurés à l'hectare pour les différentes catégories de bois mort 77

Annexe 4 : Compte-rendu de l'enquête d'évaluation du PSDRF 78

Annexe 6 : Compte-rendu de la réunion au sujet des codes écologiques (14 mai 2012, Paris)114

Annexe 7 : Première réflexions pour l'élaboration d'un protocole de suivi des ripisylves ... 121

Annexe 8 : Clé de détermination et de transition PFA/PSDRF des types de bois morts 129

Annexe 9 : Méthodologie et résultats des tests statistiques (test t ou test de Wilcoxon) comparant le PFA et le PSDRF pour les différentes réserves du réseau PFA 130

Annexe 10 : Estimation du nombre de tiges D ≥ 30 cm à mesurer dans le cadre d'un passage au PSDRF 145

Annexe 11 : Estimations du capital en arbres vivants D ≥ 30 cm obtenues avec le PFA 146

Annexe 12 : Estimations du capital en arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm (respectivement 40 et 50 cm dans le cas du PSDRF à 4 et 5 %) par essence et par réserve (réseau PFA). 147

Annexe 13 : Diminution de l'effort d'échantillonnage pour les arbres vivants dans le cadre d'un passage au PSDRF. 154

Annexe 14 : Plan d'échantillonnage de la RN de l'Ile de la Platière 155

Annexe 15 : Plan d'échantillonnage de la RN du Val de Loire 156

Annexe 16 : Plan d'échantillonnage de la RN de St Mesmin-St Pryvé 159

Annexe 17 : Résultats de la comparaison des protocoles PFA et PSDRF dans le cas d'un maillage initial non adapté 160

Annexe 18 : Notice du PSDRF-module alluvial 156

Annexe 19 : Méthodologie et résultats des tests statistiques (test t ou test de Wilcoxon) comparant le COST et le PSDRF pour les RBI du Capitaine Monté et de Guebwiller..... 179

Annexe 20 : Comparaison des résultats obtenus par essence pour les arbres 17,5 ≤ D < 30 cm en RBI du Capitaine Monté avec le COST et le PSDRF mis en œuvre ainsi qu'avec la réduction du rayon à 10 m dans le cas du COST. 184

Annexe 21 : Part des bois morts sur pied 5 ≤ D < 7,5 cm dans l'estimation du capital en bois morts sur pied, RBI du Capitaine Monté. 184

Annexe 22 : Fiche récapitulative de l'étude concernant les forêts alluviales à destination des gestionnaires..... 185

Annexe 23 : Fiche récapitulative de l'étude concernant le protocole COST à destination des gestionnaires..... 189

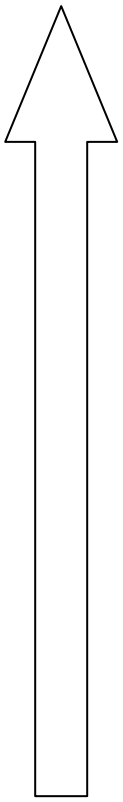
Annexe 24 : Clés de transition entre les codifications bois morts PSDRF et COST de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg 193

Annexe 1 : Critères et indicateurs mesurables (source : WWF)

Critères	Indicateurs mesurables	Effet	Fonctions ou espèces associées
Diversité	Nombre d'espèces d'arbres	+ +	Bryophytes, champignons, lichens
Habitats associés	% des milieux ouverts naturels	+ +	Plantes, insectes, oiseaux, grands herbivores
Microhabitats des arbres	**Nombre et diversité**	**+ + +**	**Espèces cavicoles, chauve-souris**
Indigénat	% (de la surface ou surface terrière)	+	Importance génétique
Complexité structurale	% des peuplements irréguliers	+ +	Oiseaux, chauve-souris
Maturité	**Nombre de TTGB**	**+ + +**	**25% de la richesse spécifique, cavicoles et saproxyliques**
	Diversité et volume de bois mort		
Dynamique	Sylvigenèse complète	+	Importance fonctionnelle, régénération
Continuité dans l'espace	Connectivité des forêts / des vieux bois	+ / + + +	Grands mammifères, espèces à potentiel de dispersion faible
Ancienneté	**État boisé depuis >150 ans**	**+ + +**	**Géophytes, sp. myrmécochores, faune et flore du sol, fertilité**

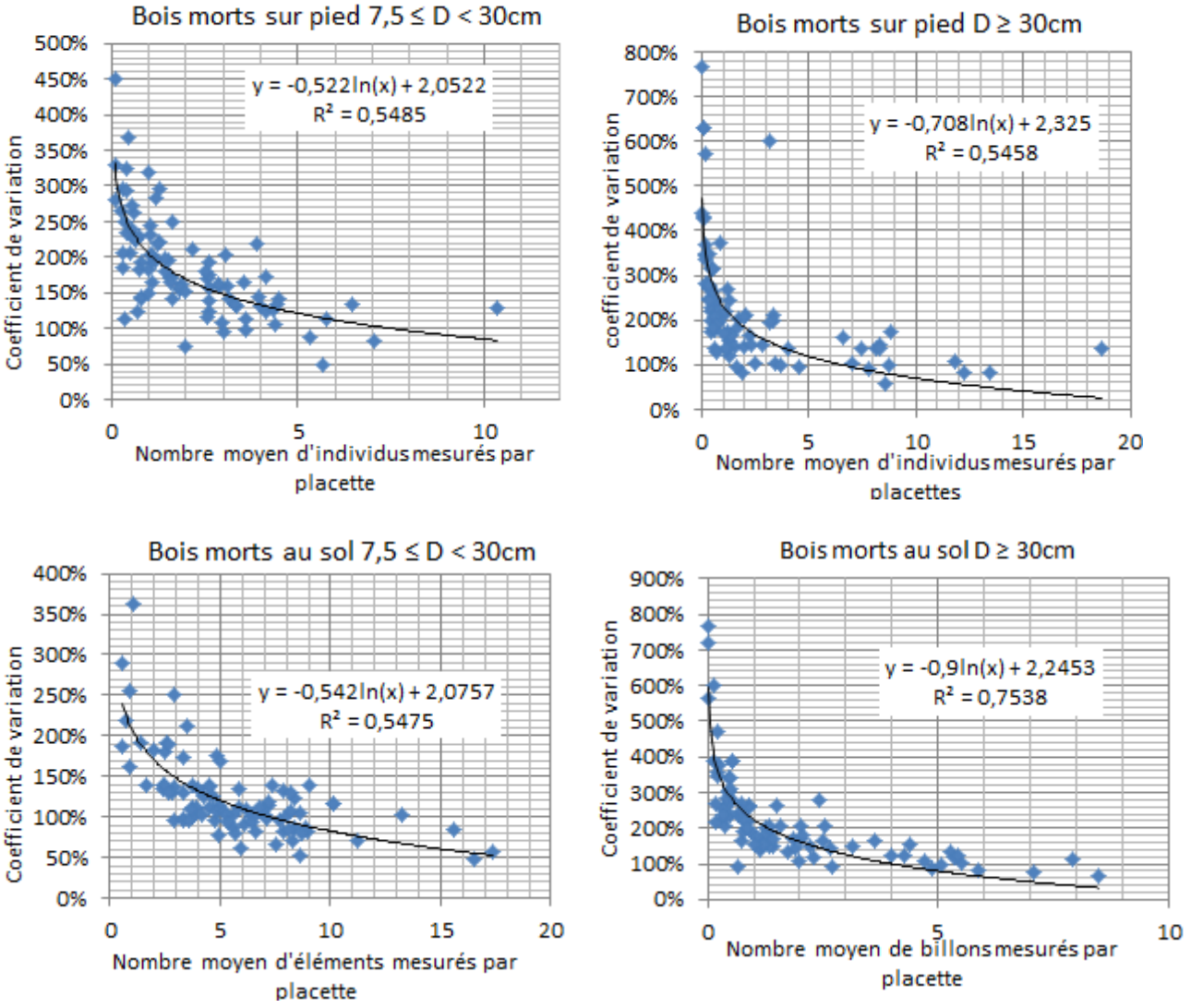
Annexe 2 : Liste des « espèces de forêt ancienne », NW Europe & NE Etat Unis

European herb species (174 species; n=12)	*CCI*	American herb species (44 species; n=8)	CCI
Carex pallescens	-100	*Cardamine diphylla*	-100
Carex pendula	-100	*Chimaphila maculata*	-100
Hypericum pulchrum	-100	*Clintonia borealis*	-100
Luzula sylvatica	-100	*Coptis trifolia*	-100
Lysimachia nemorum	-100	*Caulophyllum thalictroides*	-87
Lysimachia vulgaris	-100	*Claytonia caroliniana*	-87
Scilla non-scripta	-100	*Osmorhiza claytoni*	-87
Succisa pratensis	-100	*Trillium erectum*	-87
Veronica montana	-100	*Trillium undulatum*	-87
Galium odoratum	-95	*Viola macloskeyi*	-87
Corydalis cava	-83	*Asarum canadense*	-80
Lathyrus sylvestris	-83	*Uvularia perfoliata*	-80
Ranunculus lanuginosus	-83	*Actaea rubra*	-67
Lamiastrum galeobdolon	-79	*Allium tricoccum*	-67
Anemone nemorosa	-77	*Hepatica acutiloba*	-67
Oxalis acetosella	-75	*Medeola virginiana*	-67
Paris quadrifolia	-75	*Viola rotundifolia*	-67
Carex sylvatica	-74	*Geranium maculatum*	-33
Melica uniflora	-71	*Aster acuminatus*	-20
Viola reichenbachiana	-71	*Cypripedium acaule*	-20
Circaea lutetiana	-67	*Erythronium americanum*	-20
Euphorbia dulcis	-67	*Galium circaezans*	-20
Primula elatior	-67	*Podophyllum peltatum*	-20
Luzula pilosa	-59	*Polygonatum biflorum*	-20



(Source : *Guillaume Decocq, Université de Picardie*)

Annexe 3 : Coefficient de variation en fonction du nombre « d'individus » mesurés à l'hectare pour les différentes catégories de bois mort



Pour chacune des catégories de bois morts, la diminution du coefficient de variation en fonction du nombre de bois morts relevés est notable ($R^2 > 0,5$). Dans le cas des bois morts sur pied et des bois morts au sol D ≥ 30 cm, la diminution du coefficient de variation avec l'augmentation de l'effort d'échantillonnage est plus faible dès la mesure de 3 éléments par placette environ. En ce qui concerne les bois mort au sol D < 30 cm, cet effet est remarquable à partir de 5 à 10 éléments mesurés par placette.

Annexe 4 : Compte-rendu de l'enquête d'évaluation du PSDRF

Évaluation du protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières

Compte rendu de l'enquête menée auprès des utilisateurs passés et futurs

Morgane Malard

Avec la participation d'Olivier Gilg, Nicolas Drapier,
Max Bruciamacchie et Nicolas Debaive

Stage adaptation/optimisation des protocoles de suivi des espaces forestiers
Mars 2012

Table des matières

1. Introduction

2. Méthodologie

   2.1. Protocole d'enquête
   2.2. Taux de réponses

3. Résultats de l'enquête

   3.1. Contexte et objectifs
   3.2. Appui technique
   3.3. Localisation, implantation et matérialisation des placettes
   3.4. Matériel
   3.5. Logiciel "Dendro"
   3.6. Prise de données
   3.7. Synthèse : principales difficultés rencontrées
   3.8. Inventaires taxonomiques associés

4. Conclusion

5. Remerciements

ANNEXE 1 : Liste des réserves représentées par les enquêtés
ANNEXE 2 : Questionnaire d'enquête
ANNEXE 3 : Préconisations

1. Introduction

Suite aux nombreuses études réalisées au sein des espaces forestiers protégés et à l'intérêt grandissant porté au bois mort et aux micro-habitats, notamment à travers le concept de naturalité, divers protocoles de suivi de ces espaces ont été mis en œuvre. Des réflexions à l'échelle européenne ont eu lieu à partir de 1995 et un protocole de suivi commun aux différents pays européens a été élaboré dans les années 2000 (protocole COST E4). Ce dernier avait pour objectif de caractériser et d'inventorier les réserves forestières intégrales de l'ensemble des pays européens. Si le protocole COST a peu été mis en œuvre en France du fait de sa lourdeur, il a inspiré le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) qui a été largement déployé sur le territoire français (notamment au sein des réserves naturelles – RN – et des réserves biologiques – RB).

En effet, le PSDRF est à ce jour mis en œuvre sur 74 réserves dont 48 RB et 26 RN (dont 3 à double statut). Cet outil de suivi, élaboré sous l'égide du ministère de l'écologie par un groupe de travail mené par l'ENGREF et comprenant l'ONF, RNF, le CEMAGREF (aujourd'hui IRSTEA) et l'IFN, a été validé en 2005. Il a pour principal objectif de mieux appréhender la dynamique des peuplements forestiers dans le temps et l'espace. Son installation permet également un suivi particulièrement fin en ce qui concerne l'origine et le type de bois mort. De plus, le PSDRF est également un support pour diverses études taxonomiques complémentaires. Des inventaires spécifiques (insectes saproxyliques et carabiques, avifaune, champignons, mousses, flore vasculaire et chiroptères) ont en effet été déployés par l'IRSTEA, en partenariat avec l'ONF et RNF, dans le cadre du projet « Gestion, Naturalité, Biodiversité » (GNB) en s'appuyant sur des placettes PSDRF en peuplements exploitée et non exploités. Enfin, c'est un outil permettant d'améliorer les connaissances scientifiques quant à la dynamique forestière spontanée, c'est-à-dire laissée en libre évolution.

L'enquête menée auprès des utilisateurs de ce protocole, dont les résultats sont ici synthétisés, a été réalisée dans le cadre du stage « adaptation/optimisation des protocoles de suivi des forêts » coordonné par RNF et l'ONF. Elle présente un double objectif. D'une part, elle a pour but de recenser les difficultés rencontrées par les utilisateurs du PSDRF afin d'optimiser cet outil de suivi des forêts. D'autre part, l'enquête permet de recueillir les attentes et les suggestions des utilisateurs actuels et futurs mais aussi d'évaluer son intérêt quant aux études taxonomiques qui peuvent y être associées.

2. Méthodologie

2.1. Protocole d'enquête

Afin de permettre à un maximum d'utilisateurs de s'exprimer quant au protocole, il leur a été proposé de remplir directement le questionnaire envoyé par mail ou bien d'y répondre par le biais d'un entretien téléphonique. Le questionnaire a été diffusé auprès de 75 utilisateurs actuels et futurs (ou potentiels) du PSDRF. Les utilisateurs actuels ont été interrogés aussi bien à propos des difficultés rencontrées que sur leurs attentes quant au protocole. Les utilisateurs futurs ont également été invités à donner leur avis sur un large spectre de questions.

Le questionnaire comportait six thématiques :

- Le contexte et les objectifs de la mise en œuvre du protocole ;
- L'appui technique reçu lors de la mise en œuvre ;
- La localisation, l'implantation et la matérialisation des placettes ;
- Le matériel utilisé ;
- La prise de donnée ;
- Les éventuels inventaires taxonomiques associés au protocole.

2.2. Taux de réponses

Un premier mail de prise de contact, envoyé le 31 janvier, présentait le questionnaire aux utilisateurs (ou futurs utilisateurs) du protocole. Il était initialement donné deux semaines aux participants pour répondre, entre le 1er et le 10 février 2012 ; un délai certes très court car contraint par les délais du stage mais qui n'a pas été suffisant pour permettre à un grand nombre de personnes de s'exprimer. Face à l'importance de cette entreprise d'optimisation d'un protocole national et dans le souci que ce travail soit réalisé dans un consensus global, la période consacrée à cette première phase d'enquête a finalement été rallongée. Ainsi, un premier mail de relance a été envoyé le 9 février 2012, laissant deux semaines supplémentaires aux enquêtés pour répondre au questionnaire.

nombre de réponses totales	
Type de réserve	Nb
RN	21
RB	29
RI de PN	1
total	51

Figure 1 : nombre de réponses au questionnaire

Suite à cette démarche, 37 questionnaires ont été reçus, représentant au total 51 réserves dont 21 réserves naturelles (RN), 29 réserves biologiques (RB) ainsi que la réserve intégrale du parc du Lauvitel. Le taux de réponses au questionnaire est donc de 48% des utilisateurs (actuels et futurs) contactés auxquels il faut ajouter 2 réponses partielles et 6 réponses négatives (manque de temps ou de connaissance du protocole), ce qui porte le taux de réponse aux mails à 60% des personnes contactées. Cela témoigne d'une démarche très participative de la part des utilisateurs actuels et futurs du PSDRF.

Remarques :

- *La réserve intégrale du Lauvitel créée dans la Parc national des Ecrins dans le cadre particulier de la législation sur les PN, et sur laquelle le PSDRF a été mis en œuvre par l'Office national des forêts (ONF), sera par la suite comptée parmi les réserves biologiques intégrales (RBI) pour faciliter les analyses.*
- *Parmi les RN et les RB interrogées, 2 réserves présentent le double statut.*
- *Du fait des réponses partielles, le nombre d'enquêtés ayant mis en œuvre le protocole varie entre 31 et 32.*

Parmi les 51 réserves représentées par les 37 enquêtés, 46 ont mis en œuvre le PSDRF, ce qui représente un taux de réponses de 65% des réserves impliquées dans ce dispositif. Le tableau ci-après indique les taux de réponse relatif aux réserves naturelles et biologiques ayant mis en œuvre le PSDRF.

taux de réponse parmis les réserves ayant mis en œuvre le PSDRF		
réserve	Nb	%
RN	19	76
RB	27	59
total	46	65

Figure 2 : taux de réponse au questionnaire des réserves ayant mis en œuvre le PSDRF

Les utilisateurs actuels du protocole ont donc eu une démarche largement participative, surtout compte tenu du fait que le délai de réponse était très limité.

Parmi les 37 personnes ayant répondu à l'enquête :

- 31 ont mis en œuvre le PSDRF ;
- 9 d'entre elles ont utilisé le logiciel de saisie « Dendro » ;
- 6 sont des futurs utilisateurs potentiels du PSDRF.

3. Résultats de l'enquête

3.1. Contexte et objectifs

*Dans quel(s) contexte(s) le PSDRF est-il mis en œuvre ? Dans quel(s) objectifs(s) ?

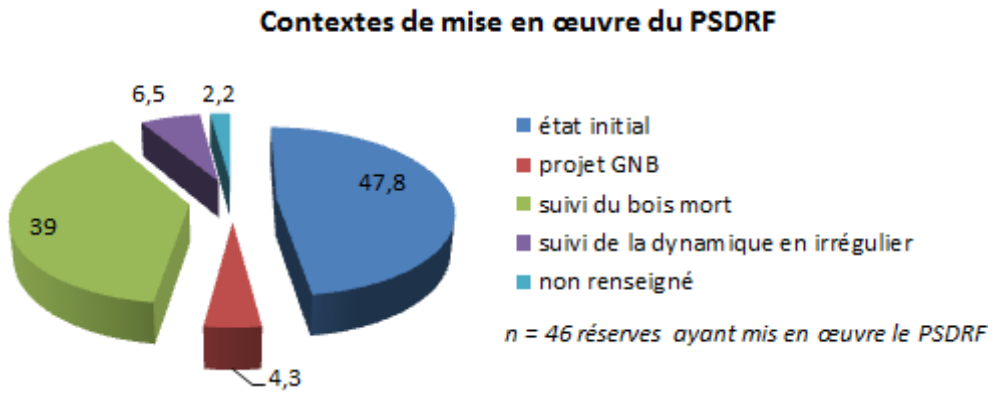


Figure 3 : Les différents contextes de mise en œuvre du PSDRF (% des réserves ayant mis en œuvre le protocole)

De manière générale, le PSDRF a principalement été mis en œuvre en vue d'établir un état initial de la réserve (22 réserves, soit 47,8% des réserves interrogées) ou pour le suivi du bois mort (18 réserves soit 39% des réserves participantes). Le suivi de la dynamique d'un peuplement géré en irrégulier a motivé l'installation de ce protocole pour 3 réserves (6,5% des réserves participantes). Enfin, 3 réserves ont mis en place ce suivi dans le cadre du projet GNB et 2 réserves n'ont pas renseigné ce critère.
Cette tendance générale se retrouve à l'échelle des réserves naturelles et des réserves biologiques.

Un amalgame peut facilement être fait entre la volonté de décrire l'état initial de la réserve et le suivi du bois mort d'une part, ce deuxième objectif étant quasiment sous-entendu. D'autre part, la participation au projet GNB n'est pas un objectif en soi. Ce dernier a pour finalité de définir des orientations de gestion basée sur une comparaison entre peuplements exploités et peuplements laissés en libre évolution. C'est bien cet objectif qui est poursuivi par le gestionnaire.

*Avez-vous choisi d'appliquer le protocole par strate ? Sur quels critères cette stratification repose-t-elle ? Quels en sont les objectifs ? La taille des mailles est-elle identique pour chaque strate ?

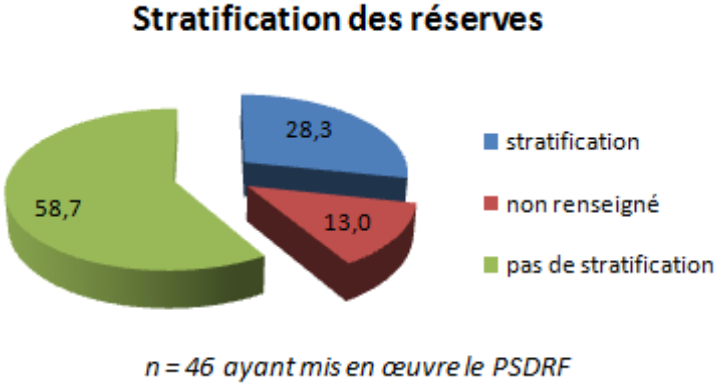


Figure 4 : Taux de stratification (% des réserves ayant mis en œuvre le PSDRF)

Dans le cas des « grandes » réserves, il est souvent conseillé de déterminer au préalable s'il est utile de procéder à un découpage du domaine d'inventaire en strates. Une strate correspond à une portion de l'espace

sur laquelle existe soit un besoin particulier d'information, soit une homogénéité spécifique. Par exemple, en cas de mise en place d'un dispositif de comparaison forêt gérée/forêt non gérée, chaque de ces deux modalités est considérée comme une strate.

La majorité des réserve n'ont pas fait l'objet d'une stratification a priori (27 réserves soit 58,7%). Ce résultat n'est pas réellement surprenant car le choix d'une stratification implique de disposer d'au moins deux unités homogènes différentes. Or, pour de nombreuses réserves, de petite surface, la forêt n'est souvent constituée que d'un seul type de peuplement et/ou n'est gérée que suivants des orientations identiques, etc. Parmi les 13 réserves ayant choisi de « découper » leur réserve, les critères de choix sont les suivants :

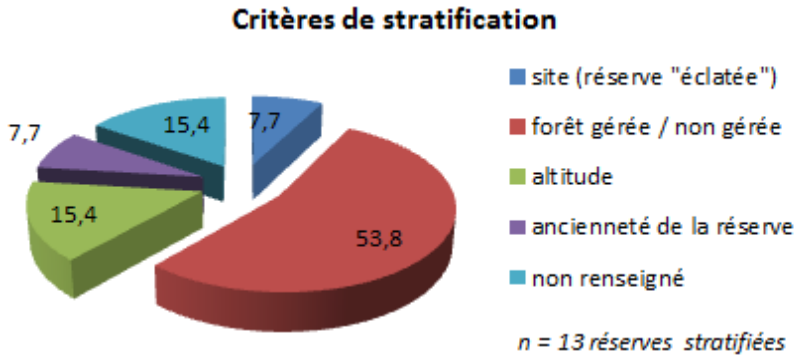


Figure 5 : Stratification de l'échantillonnage (% des réserves ayant mis en œuvre le PSDRF)

Comme le montre le graphique ci-dessus, plus de la moitié des réserves ont souhaité pouvoir comparer les peuplements gérés et non gérés (7 réserves soit 53,8%) et ainsi appréhender l'impact de la gestion sur les volumes de bois mort. D'autres ont choisi de stratifier par étage altitudinal ; c'est le cas de la RBI du Vercors (en partie incluse dans la RN des Hauts Plateaux du Vercors), pour laquelle ont été distinguées 3 strates correspondant non seulement à un étagement, mais à 3 grandes unités topographiques et à des historiques de gestion en partie différents (pente forte / plateau / pente forte). Pour certaines réserves « découpées », chaque site correspond à une strate différente.

Parmi les 13 réserves ayant stratifié, 6 ont utilisé le même maillage pour les différentes strates, 4 ont choisi d'appliquer un maillage spécifique par strate et 4 n'ont pas donné de précision quant au(x) maillage(s) utilisé(s). Le choix du maillage doit permettre d'avoir un nombre suffisant de placettes pour caractériser chaque strate.

3.2. Appui technique

« Kit protocole »

*Un « kit protocole » vous a normalement été fourni. Il comprend :

- Le protocole et sa notice,
- La liste des habitats,
- La feuille type pour la saisie de terrain,
- La notice du logiciel « Dendro » destiné aux terminaux de saisie (TDS),
- Le tableur de saisie,
- La notice du Vertex IV et du transpondeur T3.

Ce « kit protocole » vous semble-t-il suffisant ? Les différents documents sont-ils suffisamment clairs et précis ? Sinon, quelles difficultés avez-vous rencontrées ?

Parmi les 37 participants à l'enquête, 12 n'ont pas reçu le « kit protocole » dont 3 du fait qu'ils n'aient pas encore mis en œuvre le protocole et 9 car ce dernier n'existait pas encore lorsque le suivi de leurs réserves a débuté. La diffusion du « kit protocole » a donc été très efficace.

Sur les 25 personnes ayant reçu le « kit protocole », 21 en sont satisfaites (soit 84%) et 3 n'ont pas précisé leur avis sur l'ensemble des documents fournis. Une seule personne n'a pas été satisfaite de ce kit, notamment à cause du manque de directives de la notice de présentation du PSDRF quant aux cas particuliers et au manque d'aide dans le choix du nombre de placettes à implanter. Cette dernière critique a été émise par 2 personnes. Selon un participant, les définitions du terme « pourriture » et du « pourcentage de recouvrement des semis » auraient besoin d'être précisées. Malgré ces points à améliorer, il a été apprécié qu'une notice soit rédigée afin de clarifier un protocole souvent jugé complexe.

Concernant les autres documents, les participants au questionnaire ont relevé certains points qui restent à améliorer.

a) La prise en compte de la variable « taillis » nécessiterait quelques précision dans la notice de « Dendro » (logiciel de saisie direct sur TDS pour le PSDRF), notamment pour le relevé de la régénération : se fait-elle en même temps que pour les semis (un écran par essence) ou séparément (deux écrans par essence) ? Il sera donc précisé dans la notice de Dendro que le relevé de régénération doit se faire par essence et par origine végétative, donc grâce à « deux écrans » pour une même essence.

b) Certaines incohérences entre le document initial du protocole (Bruciamacchie, 2005) et la notice d'aide à la mise en œuvre de celui-ci ont été relevées. En effet, alors que le protocole limite la prise en compte des souches à celles dépassant les 40 cm de hauteur, la notice préconise de relever l'ensemble des souches, sans limite de hauteur. Cela fait partie des modifications apportées au protocole depuis son lancement en 2005. L'importance des souches inférieures à 40 cm dans le volume total de bois mort n'est en effet pas négligeable pour certaines réserves où les effets de la gestion sont encore perceptibles.

c) L'unité de mesure de la longueur des bois morts au sol est le décimètre dans le protocole initial (2005) alors que la notice de ce dernier préconise d'effectuer cette mesure en mètres. Ces incohérences entre la PSDRF et sa notice seront corrigées.

d) La liste des habitats fournie dans le « kit » n'intègre pas les descriptions qui permettraient d'identifier les habitats. Le référentiel CORINE Biotopes est accessible sur le site de l'INPN. Le rajouter dans le « kit »

ne ferait qu'alourdir le mail d'envoi. On pourra cependant envisager de préciser les liens permettant d'accéder à la description des habitats forestiers selon divers différentiels.

e) La diffusion de trois clés distinctes pour le relevé des micro-habitats a parfois semé la confusion auprès des gestionnaires. En laissant ce choix aux gestionnaires, la possibilité leur était laissée d'adopter la codification qu'ils maîtrisent le mieux, limitant ainsi l'effet observateur ; problème assez fréquemment remonté par les utilisateurs. Pour limiter cela, l'ajout d'un guide photographique a été suggéré.

f) La sémantique utilisée dans la notice a également contribuée à quelques confusions, notamment chez les forestiers. Ainsi, le terme « volis » désigne en fait les chandelles ; le « type souche » regroupe les souches et les chandelles de hauteur inférieure à 1,30 m. Ces termes, pourtant bien expliqués dans le protocole et la notice, feront l'objet d'une amélioration.

Formations

*Avez-vous reçu une formation terrain ? Par qui ?

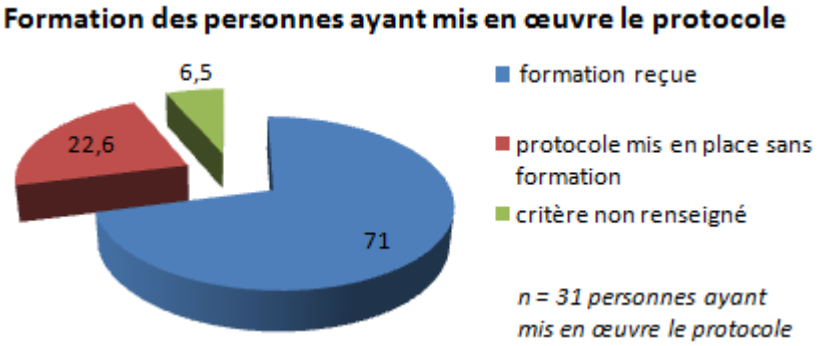


Figure 6 : taux de formation des participants (% des personnes ayant mis en œuvre le PSDRF)

La grande majorité des personnes interrogées ayant mis en œuvre le protocole (25 sur 31 soit 71%) ont reçu une formation de terrain. Cela montre que le dispositif bénéficie d'un soutien important.

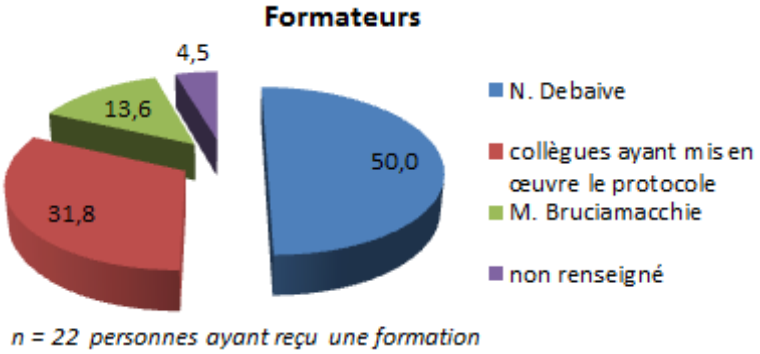


Figure 7 : Formateurs rencontrés dans le cadre de la mise en œuvre du PSDRF (% des personnes formées)

On note que 7 personnes (soit 31,8%) ont reçu une formation par des collègues ayant déjà mis en œuvre le PSDRF, ce qui témoigne d'une bonne dynamique de réseau.

Pour 50% des utilisateurs, la formation a été déployée par Nicolas Debaive, chargé de la coordination du PSDRF dans les deux réseaux de réserves, grâce à un partenariat formalisé entre RNF et l'ONF depuis 2008.

Parmi les 31 personnes interrogées ayant mis en œuvre le protocole, 9 ont eu recours à l'utilisation du logiciel de saisie « Dendro », élaboré spécifiquement en 2010 pour recueillir les données issues du PSDRF, et 66,7% des utilisateurs de ce logiciel (soit 6 personnes) ont reçu une formation de la part de N. Debaive.

Si oui, avez-vous appliqué le protocole la même année ? Dans la négative, pensez-vous que le délai plus ou moins long vous a été préjudiciable ?

- Jugez-vous les informations reçues suffisantes pour ensuite :
- mettre en œuvre le protocole ?
- utiliser le logiciel « Dendro » (si utilisé) ?

Parmi les 16 personnes ayant répondu à cette question, dont 15 ayant mis en œuvre le PSDRF, aucune réponse négative n'a été formulée. La formation est considérée comme indispensable par 5 personnes. Les enquêtés précisent d'autre part que la formation permet en particulier d'anticiper les erreurs de saisie sur le terrain mais aussi de limiter l'effet observateur (relevé des micro-habitats, estimation du degré de pourriture du bois, de la présence d'écorce, etc.)

Si dans leur ensemble les « stagiaires » semblent satisfaits de la formation délivrée, quelques critiques ont tout de mêmes été énoncées. Ainsi, deux personnes ont trouvé la formation un peu courte et un participant aurait apprécié qu'une formation portant particulièrement sur les micro-habitats soit dispensée. Enfin, une personne suggère que les bénéficiaires de la formation parcourent les documents du « kit protocole » et effectuent un test dans leurs réserves au préalable. Cela permettrait d'avoir une première idée des difficultés susceptibles d'être rencontrées et de formuler les premières questions afin de mieux rentabiliser le temps de formation. Il a été noté que la formation était plus efficace en petit groupe.

Les bénéficiaires de la formation au logiciel « Dendro » semblent satisfaits des informations reçues au cours de cette journée, aucune critique concernant cette formation n'a été formulée.

Si non, auriez-vous souhaité qu'une journée de formation vous soit dispensée ?

Parmi les 13 participants n'ayant pas reçu de formation, 4 auraient souhaité la recevoir, 4 autres souhaitant la recevoir en vue de l'application du PSDRF. Il faut de plus ajouter 2 personnes ayant reçu une formation mais qui aimeraient une « remise à niveau ».

Traitement des données

Une analyse vous a été transmise sous la forme de fichiers Excel. Les traitements réalisés vous ont-ils convenus ? En avez-vous réalisé d'autres vous-même ? Quels compléments d'analyse souhaiteriez-vous voir intégrer au traitement ?

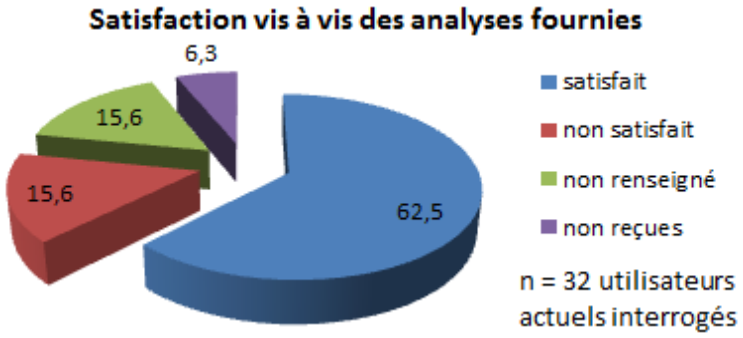


Figure 8 : taux de satisfaction quant aux analyses fournies (% des personnes ayant mis en œuvre le PSDRF)

La majorité des utilisateurs sont satisfaits des analyses transmises (20 sur 32 soit 62,5%) mais elles n'ont pas été suffisantes pour 5 participants (soit 15,6%). Certains enquêtés, non-forestiers, estiment de leur côté que les résultats ne sont pas toujours très parlants. De même, certains ont apprécié la rapidité du retour alors que d'autres n'ont pas apprécié le temps d'attente. Le manque de transparence des méthodes utilisées, notamment des tarifs de cubage, a été souligné par 2 utilisateurs.

Pour les RBI du Nonnenthal et du Hengstberg, certains résultats ont été approfondis, notamment en termes de structure du peuplement en étudiant la proportion locale de PB, BM et GB mais aussi en regardant la composition du peuplement en prenant en compte la régénération. Cette seconde analyse permet notamment de prendre en compte les trouées. Trois participants ont utilisé les résultats issus d'analyses réalisées par des stagiaires.

Il ressort de l'enquête que l'ajout des éléments suivants aux analyses serait apprécié :

- cartographie de la placette (4 demandes),
- références, comparaison avec les autres réserves (5 demandes),
- restitution orale des résultats (1 demande),
- analyse par placette (1 demande),
- cartographie du bois mort à croiser avec les habitats (1 demande),
- préciser les tarifs de cubage utilisés (1 demande),
- édition mise en forme pour ajouter soi-même la conclusion (1 demande),
- prise en compte du poids des placettes dans le cadre de maillages de taille différentes appliqués à la même strate (1 demande).

Le traitement des données par placette est d'ores et déjà fourni dans les résultats transmis aux utilisateurs. Par ailleurs, une notice de lecture des résultats est disponible au premier onglet du fichier de traitement.

Il est à noter que les macros-commandes Excel permettent de réaliser un traitement des données, mais qu'une analyse pertinente de ces résultats bruts ne peut être réalisée que par le gestionnaire puisqu'elle nécessite une bonne connaissance de la réserve.

Depuis le lancement du PSDRF en 2005, l'idée d'une base de données en ligne a plusieurs fois été évoquée. Celle-ci n'a jamais abouti malgré plusieurs rencontres avec le ministère en charge de l'écologie en 2006 et en 2008. Suite au souhait du ministère de reprendre la discussion en 2011, une plateforme de données est en cours d'élaboration. Celle-ci devrait être disponible dans le courant de l'année 2012. Ce nouvel outil permettra notamment aux utilisateurs du PSDRF de stocker les données issues des différentes campagnes de terrain. Le traitement des données sera rendu possible directement à partir de la base en ligne selon des requêtes d'analyse standards.

La mise à disposition de références et la comparaison avec les autres réserves sera rendu possible via la future plateforme de centralisation en cours d'élaboration. Les réserves pourront être regroupées selon des thématiques convergentes (contextes stationnels, vitesse de décomposition du bois mort, maturité des peuplements, etc.).

3.3. Localisation, implantation et matérialisation des placettes

*Quelle(s) solution(s) de cheminement avez-vous choisie(s) pour localiser les placettes (coordonnées GPS, topofil/boussole) ? Pourquoi ?

Cheminement et localisation des placettes

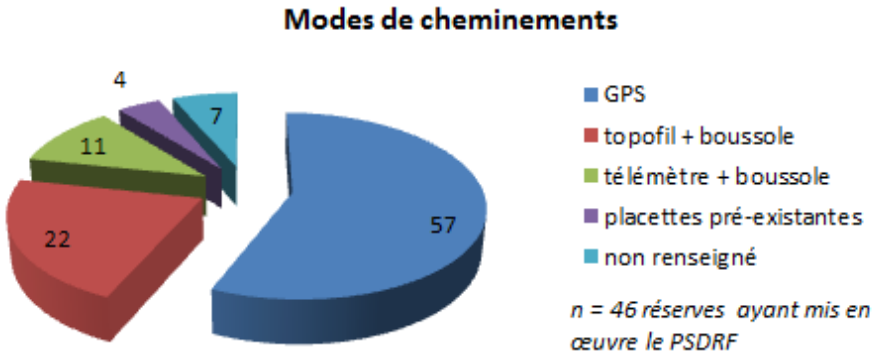


Figure 9 : taux des différents modes de cheminements (% des réserves ayant mis en œuvre le PSDRF)

Alors qu'il était fortement préconisé d'avoir recours à la méthode Topofil/boussole, les placettes ont en grande majorité été installées grâce à l'utilisation d'un GPS et des données fournies par le SIG : 26 réserves concernées, soit 57% des réserves ayant mis en œuvre le PSDRF. Il semble en effet que de nombreux utilisateurs aient été confrontés à de fortes pentes, une végétation arbustive dense et d'autres obstacles à l'utilisation du Topofil. Enfin, pour deux réserves (soit 6,5% des utilisateurs actuels interrogés), les utilisateurs ont repris des placettes préexistantes et n'ont de ce fait pas été confrontés aux choix de cheminements lors de la mise en place des placettes PSDRF.

La RN du Lac de Remoray/RBD de la Grand'Côte a testé parallèlement le cheminement au GPS et le cheminement à l'aide du Topofil et de la boussole. Il résulte de cette étude que la méthode Topofil/boussole est plus précise.

Dans les 6 réserves naturelles catalanes impliquées dans ce dispositif, le cheminement au GPS a été utilisé pour déterminer l'emplacement du jalon situé à 20 m au Nord de la placette et non pas directement le centre de la placette. Cette méthode, à préconiser pour la mise en place des futures placettes en cas de cheminement au GPS, permet d'éliminer l'effet observateur dans le "choix" du centre de placette dans les quelques derniers mètres de cheminement au GPS.

Avez- vous effectué une remesure du centre des placettes au GPS ?

La remesure du positionnement GPS du centre des placettes a été effectuée par 61% des utilisateurs du PSDRF ayant répondu (soit 19 personnes sur 32) ; 32% n'ont pas effectué cette remesure.

Parmi les 10 personnes n'ayant pas effectué de remesure, 8 ont utilisé le GPS comme moyen de cheminement et 2 ont utilisé un télémètre ainsi qu'une boussole. Or, le cheminement au GPS à partir des coordonnées théoriques fournies par le maillage réalisé à l'aide du SIG est souvent imprécis d'où l'importance supplémentaire de la remesure du centre des placettes avec un GPS le plus précis possible. Trois personnes ont prévu d'effectuer les remesures.

On insistera davantage sur l'importance de ces remesures dans la notice du protocole et lors des formations.

Avez-vous noté des détails, des repères fixes permettant de retrouver les placettes ?

Un peu plus de la moitié des utilisateurs ayant répondu (58%) ont décrit des repères fixes lors de leur cheminement vers le centre des placettes, 10% n'ont pas répondu à la question et 32% n'ont pas noté de repères.

Cet investissement est essentiel car dans de nombreux cas, notamment pour les forêts de montagne laissées en libre évolution, la recherche ultérieure des piquets posés lors du premier passage risque de s'avérer particulièrement difficile. Autant donc mettre toutes les chances de son côté, surtout si l'on considère que la majorité des remesures ne seront probablement pas effectuées par la ou les personne(s) ayant établie le cheminement lors de la première campagne.
Il faut ainsi prendre le temps de noter les éléments remarquables du paysage : rochers, cours d'eau, arbres de gros diamètre, etc.

Matérialisation des placettes

*Quels choix de matérialisation avez-vous fait afin de retrouver au mieux les placettes lors des prochains passages (fers à béton, bornes Féno, marques à la peinture, griffes, etc.) ? Avez-vous agi différemment selon que vous étiez en forêt gérée ou en forêt non-gérée ?

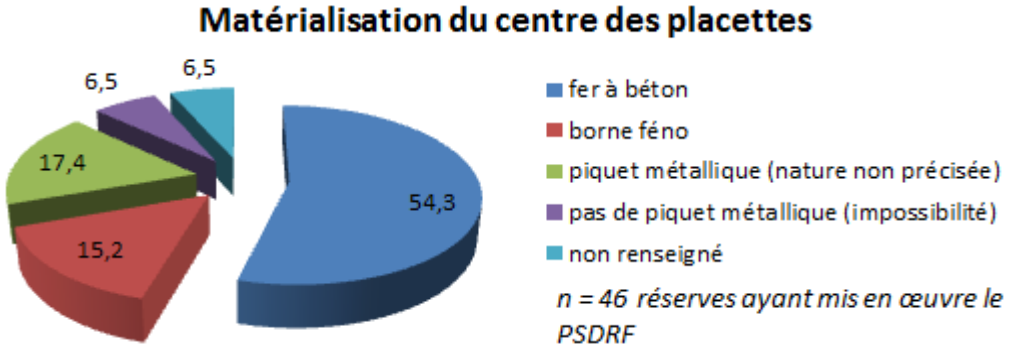


Figure 10 : taux des différents choix de matérialisation du centre des placettes (% des réserves ayant mis en œuvre le PSDRF)

L'implantation d'une borne type Féno (borne de géomètre), recommandée dans la notice du protocole, a été effectuée par 7 réserves sur 46. Le fer à béton reste le moyen de matérialisation du centre des placettes le plus utilisé (54,3% des réserves).

Ces bornes ou piquets métalliques pourront par la suite être repérés de manière assez précise à l'aide d'un détecteur à métaux. Les retours de certains utilisateurs montrent cependant que cette forme de matérialisation n'est pas toujours possible. C'est le cas par exemple des placettes sur dalle calcaire ou encore sur éboulis instables ; trois réserves interrogées ont été confrontées à ce problème. Si le piquet ne peut être implanté au centre alors il est possible de décaler le piquet métallique et de noter l'azimut et la distance au centre du piquet métallique implanté.

Il est important de noter aussi que la matérialisation du centre des placettes avec des marques de peinture n'est pas des plus efficaces car ces dernières disparaissent ou s'estompent avec le temps.

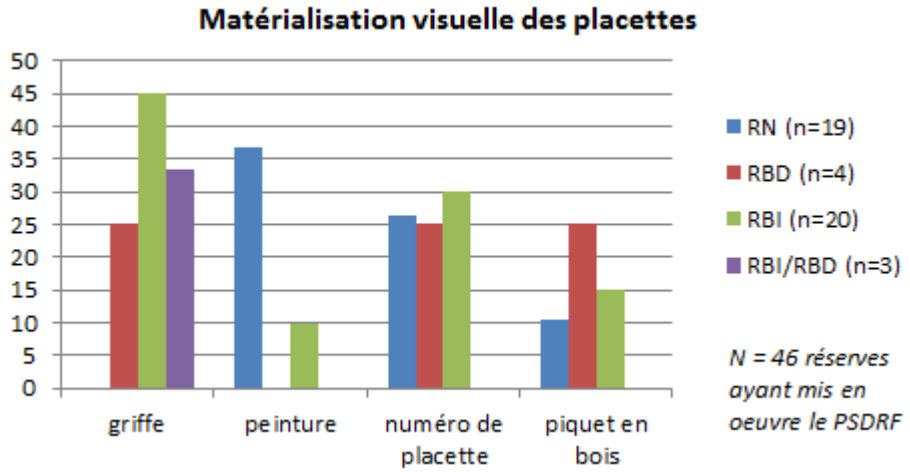


Figure 11 : choix de matérialisation visuelle des placettes (% par type de réserves, par exemple 45% des RN interrogées ont marqué des arbres à la griffe)

Outre le repérage du centre de placette (ou d'un point décalé) par une borne ou piquet métallique, pouvant donc être retrouvé ultérieurement au détecteur même s'il n'est plus visible, sur les 46 réserves impliquées dans le dispositif, 29 (soit 63%) ont choisi de signaler par des repères visuels l'emplacement des placettes. C'est le cas de 13 RBI, 11 RN, 4 réserves biologiques dirigées (RBD) et 1 RBI/RBD.

Des griffes ont été réalisées sur les arbres pour 11 réserves, des marques à la peinture pour 9 réserves et des piquets en bois ont été implantés au centre des placettes pour 6 réserves. Pour 12 réserves, les numéros des placettes sont visibles. Ils sont soit griffés sur quelques arbres (2 réserves), marqués sur des plaquettes clouées aux arbres (6 réserves) ou sur un piquet en bois (4 réserves).

Les trois quart des RBD (soit 3 réserves) et plus de la moitié des RN (52% soit 11 réserves) interrogées ont mis en place au moins une de ces matérialisation visuelles. Or, le protocole déconseille de matérialiser visuellement les placettes dans le cas de forêts gérées afin d'éviter toute influence, notamment sur les décisions de martelage.

Il est cependant vrai que la matérialisation du centre des placettes par la seule implantation d'un piquet métallique n'est pas toujours suffisante. Il arrive notamment que des sangliers déterrent ces repères ou simplement que la recherche avec le détecteur à métaux soit relativement longue, surtout lorsque les cheminements ont été mal réalisés et que la précision du GPS est faible.

En revanche, la mise en place de repères visuels ne pose a priori pas de problèmes majeurs en forêts non gérées. Pour près des 2/3 des RBI interrogées, au moins une matérialisation visuelle a été mise en place. Pour près de la moitié de ces réserves, l'application de griffes a été retenue.

3.4. Matériel

*Pour les gestionnaires de RN (non-ONF), du matériel RNF peut être mis à disposition (compas, vertex, jalons, etc.). En aviez-vous connaissance ?

Sur les 15 gestionnaires de RN interrogés, 9 avaient connaissance de la possibilité d'emprunter du matériel RNF et une seule n'en avait pas connaissance. Les 5 autres personnes ne sont pas concernés car appartenant à l'ONF. La communication concernant la possibilité d'emprunter du matériel à RNF a donc été bien menée.

3.5. Logiciel "Dendro"

*Un outil de saisie directe sur TDS, « Dendro », est déployé depuis 2010. L'avez-vous utilisé (ou comptez-vous l'utiliser) ? Êtes-vous satisfait ? Avez-vous rencontrées des difficultés particulières? Quelles améliorations pourraient être apportées ?

Les 9 utilisateurs du logiciel « Dendro » interrogés n'ont pas rencontré de difficultés particulières et sont satisfaits de l'outil. Certains proposent néanmoins quelques suggestions :

- Ajouter une mémoire des essences les plus utilisées (essences courantes parfois en fin d'alphabet) ;
- Activer l'écran 14 du logiciel et permettre la saisie des options ;
- Ajouter une case observation à l'échelle de la placette (2 demandes) ;
- Intégrer la possibilité de relever les données issues d'inventaires complémentaires ;
- Possibilité d'ajouter une essence dans la liste de Dendro directement à partir du TDS.

Il est déjà proposé aux utilisateurs de présélectionner les essences présentes sur la réserve dans la liste totale d'essences de « Dendro ». Cela permet de réduire le temps de recherche d'une essence dans la liste lors de la saisie de terrain. Il ne sera donc pas utile de faire figurer les essences les plus utilisées en tête de liste.

De plus, après analyse, il apparaît que la codification ENGREF permettant de relever les micro-habitats n'est pas cohérente avec celle intégrée au logiciel. Cela concerne notamment les arbres branchus ou de lisière, les arbres morts, la diversité en espèces autochtones et la diversité en structure horizontale. Il n'est actuellement pas possible de noter ces codes avec le logiciel « Dendro », ce qui est également un point à améliorer.

Il a été demandé l'ajout d'un champ pour préciser le référentiel utilisé pour le relevé des coordonnées GPS. Or ce champ existe déjà, il s'agit du camp « syst. GPS » qui figure sur l'écran 9 du logiciel. Ce dernier est bien destiné à préciser le système de coordonnées choisi et non le type de GPS utilisé. Cela est à préciser dans la notice de Dendro.

Le faible taux d'utilisation de « Dendro » provient du fait que ce logiciel n'est disponible que depuis 2010. Jusque-là, de nombreuses réserves avaient eu recours à la fiche terrain. Selon l'enquête, 4 personnes ont exprimé le souhait d'utiliser « Dendro » lors des remesures futures. Ce logiciel de saisie limite fortement les oublis et les erreurs de saisies sur le terrain et évite les erreurs lors de la saisie des fiches papier. Il permet également de gagner un temps non-négligeable puisque les données sont directement au format informatique.

3.6. Prise de données

Avez-vous appliqué l'ensemble des recommandations du protocole (angle fixe, maillage, matériel…) ? Sinon, quelles modifications avez-vous apportées ? Pour quelle(s) raison(s) ? A l'échelle de la réserve, les différentes équipes ont-elles suivi les mêmes modifications (matériel utilisé et méthodes de relevé) ?

La majorité des participants affirment avoir respecté l'ensemble des recommandations décrites dans le protocole et dans sa notice (24 personnes sur 31 ayant répondu à la question et mis en œuvre le PSDRF soit 75%).

Angle relascopique

Parmi les 7 personnes qui ont choisi d'apporter des modifications, 4 ont choisi d'utiliser un angle fixe de 2% au lieu de l'angle fixe de 3% préconisé dans le protocole. La possibilité de changer d'angle leur était laissée, notamment afin de pouvoir inventorier davantage de gros bois dans les jeunes peuplements. Cette adaptation n'impacte normalement pas la validité des résultats obtenus dans la mesure où la continuité du poids de l'arbre limite (diamètre de précomptabilité) a été respectée.

Autrement dit, le diamètre de précomptabilité doit être adapté à l'angle utilisé. Ainsi, pour un angle de 3%, c'est à partir d'un diamètre de 30 cm qu'on passe d'une placette à l'autre (circulaire de 10 m ou relascopique). Pour un angle de 2%, le diamètre de précomptabilité devient 20 cm.

Cette dernière règle n'a cependant pas été souvent respectée puisque quel que soit l'angle utilisé, c'est le diamètre 30 cm qui a été conservé. Il importera donc de préciser cette règle dans la notice et le protocole.

Au sein d'une même réserve (ou state si la réserve a été stratifiée), il est préférable d'utiliser le même angle. Si cela n'a pas été le cas, les comparaisons doivent se faire en se basant sur les angles fixes les plus grands car ils correspondent à la plus petite surface échantillonnée (certains arbres ne seront en conséquence pas pris en compte).

Relevé des micro-habitats

Les codifications de relevé des micro-habitats ont fait l'objet de modifications pour 2 utilisateurs. Une des « modifications » les plus souvent relevées concerne la présence de mousses. Certains utilisateurs ont ainsi jugé inutile de relever la présence de mousses du fait que ces dernières se retrouvent sur l'ensemble des arbres de la réserve. Cela pose problème si les données « micro-habitats » des réserves sont un jour agrégées. Si, pour gagner du temps, la présence de mousse n'a pas été notée pour chaque arbre du fait que tous sont porteurs, il est important que cette remarque soit au moins indiquée à l'échelle de placette afin que le code écologique correspondant soit ajouté pour les arbres concernés. Cependant, afin d'éviter tout oubli, il reste préférable de noter la présence de mousse pour chaque arbre. Un autre utilisateur du protocole a également mentionné ce problème mais n'a a priori pas modifié la notation des codes écologiques.

Pour la RBI du Mont Ventoux, des codes écologiques ont été ajoutés. Il s'agit de codes relatifs aux arbres guités - indicateurs d'état sanitaire et souvent considérés comme une source d'alimentation potentielle pour certains oiseaux - ou relatifs aux arbres écorcés (suivi des dégâts causés par le gibier).

L'enquête a également relevé que pour la RN du Marquaires et celle des Ballons Comtois, les enquêtés ont choisi de préciser l'espèce de certains lichens comme Lobaria pulmonaria. Cette espèce à faible dispersion témoignerait en effet d'une présence continue dans le temps et dans l'espace de gros bois vivant et d'un compartiment non-négligeable de bois mort. Cette précision peut être intéressante à ajouter dans les codifications écologiques.

En 2010, IRSTEA a consacré une étude spécifique à l'élaboration d'une nouvelle méthodologie de relevés des micro-habitats. Basée sur les retours d'expérience des deux premières codifications (Pro-Silva et ENGREF) et centrée sur une diminution du biais observateurs, elle est, a priori, la méthode de relevés la plus pertinente parmi les trois proposées. Elle ne satisfait cependant par encore les utilisateurs et une récente étude a permis de mettre en évidence un effet observateur persistant.

*Dans le cadre du protocole, les variables suivantes vous ont-elles posé problème :
- Taillis (arbre sur pied et régénération) ?
- Hauteur des arbres morts sur pied (lien avec les types d'arbres morts sur pied) ?
- Longueur des gros bois mort au sol (et découpe 30 cm) ?
- Chablis (arbres morts au sol) ?
- Angle (petits bois morts au sol relevés sur les transects) ?
- Pourcentage de recouvrement des semis ?

En premier lieu, l'enquête a montré que les difficultés d'appréhension de ces variables étaient sans rapport avec le fait d'avoir reçu une formation ou non. Seul l'angle des petits bois mort au sol sur les transects a posé problème à des utilisateurs du protocole n'ayant pas reçu de formation. Il faut cependant rappeler que, parmi les utilisateurs interrogés, seuls 7 ont répondu ne pas avoir été formés.

Taillis

La variable « taillis » a posé problème à 2 personnes interrogées sur 10. En ce qui concerne les relevés de régénération, il est précisé dans le protocole et dans la notice que le taillis non-précomptable (inférieur à 7,5 cm de diamètre) est à relever de la même manière que les semis (selon 3 classes).

Premièrement, la prise en compte de l'origine végétative lors du relevé de la régénération a porté à confusion. Il faut en effet distinguer, pour chaque essence, la régénération issue de semis et le pied issu de cépée.
Pour les perches, cette difficulté provient également du fait que la définition proposée dans le protocole amène à noter en taillis des essences, comme le pin à crochets, qui ne se rencontrent pas en taillis à strictement parler. En effet, au sens du protocole, toute tige à moins de 30 cm de ses voisines est relevée comme taillis. Or, en reprenant l'exemple du pin à crochet, les tâches de semis peuvent être très denses du fait que les graines germent à proximité immédiate du cône. De même, les espèces drageonnantes comme le tremble ont régulièrement été notées en taillis. Ces difficultés liées aux spécificités de certaines essences ont été rencontrées par 4 participants. Cette règle est donc à revoir afin d'éliminer tout risque de confusion et d'erreur.
Le formateur doit encore insister sur ces points car les difficultés concernant le taillis ont été rencontrées par des enquêtés formés.

Hauteurs des arbres morts sur pied

La prise en compte de la hauteur des arbres morts sur pied a également représenté une difficulté pour 3 personnes.

La difficulté réside principalement dans le fait que la majorité des hauteurs ont été estimées ; ce qui nécessite un œil exercé et pose le problème de l'effet observateur.

L'effet observateur est une source de biais lors des comparaisons entre réserves mais également entre les relevés effectués par différents opérateurs sur une même réserve.

Une autre question a par ailleurs été soulevée : faut-il prendre en compte la hauteur totale ou s'arrêter au fût ? La hauteur dont il est question pour les arbres morts sur pied est la hauteur totale. Cette précision est à apporter au protocole et aux divers documents qui font référence à cette mesure de hauteur (notice du protocole et notice du logiciel « Dendro ») afin d'éviter tout risque d'erreur.

Il ne semble pas y avoir de lien entre la formation au protocole et les difficultés rencontrées quant à ce paramètre.

Longueur des gros arbres morts au sol

La mesure de la longueur des gros bois mort au sol et la découpe à D = 30 cm a été mal appréhendé par 2 participants, soit 6,5% des enquêtés ayant mis en œuvre le protocole. La prise en compte des grosses charpentières a notamment fait débat : fallait-il échantillonner la pièce de bois de plus grande longueur (fût + charpentière la plus longue) ou billonner toutes les charpentières ? C'est la deuxième option qui a été retenue dans le protocole. En effet, les gros bois morts au sol doivent être billonnés à chaque forte décroissance de la tige, ce qui est généralement le cas entre le fût et la couronne. Toutes les charpentières dont le diamètre est supérieur à 30 cm doivent être prises en compte individuellement selon les mêmes règles.

Les difficultés concernant la longueur des bois mort au sol ne semblent pas avoir de lien avec l'absence de formation car seulement 2 utilisateurs formés sont concernés.

Chablis

Deux participants ont fait part de leurs difficultés concernant la variable « chablis », soit 6,5% des enquêtés. Dans de nombreux cas, l'utilisateur désignait comme « chablis » les pièces de bois ne portant pas de marque d'abattage. Dans ce cas, le recours à la variable "chablis" visait en fait seulement à distinguer l'origine naturelle plutôt qu'anthropique de certaines pièces de bois mort au sol, ce qui est un abus de langage. L'ajout d'une variable origine « anthropique/naturel » des bois mort au sol est peut-être à envisager.

En réalité et selon le protocole, un bois est noté comme « chablis » uniquement s'il est rattaché à la souche. Afin d'écarter tout risque de confusion, la définition relative à la variable « chablis » sera précisée dans les documents relatifs à l'application du protocole.

Une personne a par ailleurs souligné qu'il pourrait être intéressant de préciser l'appartenance des souches à un chablis.

Aucun lien entre difficulté face à la variable « chablis » et formation n'a été mis en évidence.

Angle des petits bois morts au sol

L'angle des petits bois morts au sol a posé problème à 7 participants et la formation semble avoir limité les difficultés quant à cette variable.

L'intérêt de la variable semble assez obscur pour certains participants. Or, la prise en compte de cet angle est essentielle puisqu'elle intervient directement dans le calcul du volume.

Il faut également noter que la mesure de l'angle elle-même a posé problème. Est- ce qu'on mesure par rapport à l'horizontale ? par rapport au sol ? sont les questions qui reviennent souvent. Il est vrai que la mesure n'est pas si évidente car elle dépend de la prise en compte de la pente. Ainsi, si l'opérateur dispose d'un outil (type Vertex) lui permettant de corriger la pente, il doit mesurer l'angle de la pièce de bois par rapport au sol et non par rapport à l'horizontale ; La pente doit être corrigée en utilisant des tables de correction afin de matérialiser une ligne de 20m horizontaux

Pourcentage de recouvrement des semis

Deux personnes interrogées ont eu des difficultés quant au relevé du pourcentage de recouvrement des semis. Il ne semble pas avoir de lien entre la formation au protocole et les difficultés rencontrées quand à ce relevé. Le fait qu'une partie de la régénération soit notée en pourcentage alors que l'autre partie est relevée en nombre de tiges a, semble-t-il, porté à confusion. Cependant, compter en nombre les semis de moins de 50 cm de haut n'apporterait pas d'information intéressante et compter les autres éléments de la régénération en pourcentage de recouvrement ne serait pas assez précis et poserait quelques difficultés sur le terrain. L'effet observateur sur cette variable a également été souligné par les deux utilisateurs.

Comment avez-vous pris en compte les cas particuliers suivants :
- Jumelles ?
- Pente, dans le cas où vous ne disposiez pas de correction automatique de pente ?
- Arbre mort au sol dont le stade de décomposition varie fortement ?

Prise en compte des jumelles

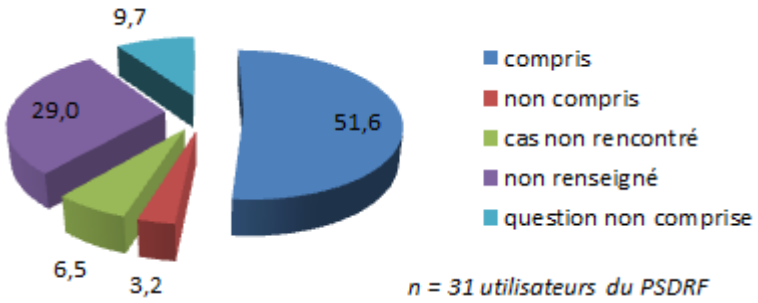


Figure 12 : taux de compréhension de la notation des jumelles (% des utilisateurs)

Près de la moitié des personnes interrogées expliquent avoir compté deux arbres lorsque la séparation se faisait à moins de 1,30 m et noté « jumelles » en observation. C'est ce qui est recommandé par le protocole et donc noté comme « compris » dans le graphique ci-dessus. Le taux d'erreur est faible (noté « non compris ») car seules 2 personnes sont concernées.

Peu d'enquêtés n'ont pas relevé les jumelles selon les préconisations du PSDRF mais aucun lien avec la formation reçue par ces derniers n'apparait.

Prise en compte de la pente

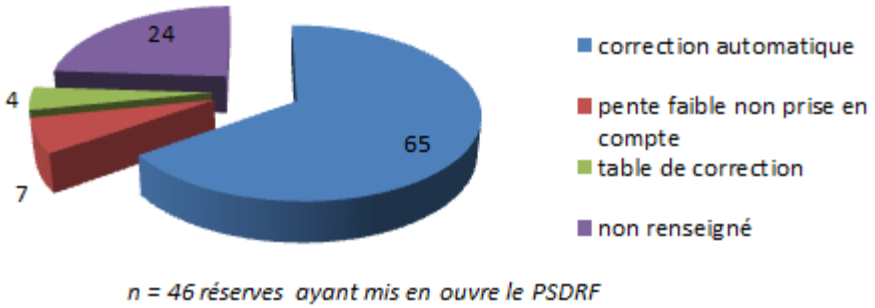


Figure 13 : taux de prise en compte correcte de la pente (% des réserves)

La grande majorité des participants au questionnaire ont effectué leurs relevés grâce à l'utilisation d'un Vertex, leur permettant ainsi de corriger la pente automatiquement lors des mesures de distance : 30 réserves interrogées (soit 65%) sont ainsi concernées. Deux réserves, représentées par le même gestionnaire, ont utilisé des tables de correction de pente. Cependant, un quart des réserves n'ont pas précisé le mode de prise en compte de la pente (représentées par 6 personnes). On ne peut donc pas conclure quant à l'absence d'erreur de prise en compte de la pente.

Il est important de rappeler ici, qu'en cas de fortes pentes, le Vertex est un outil indispensable. Sans ce matériel, cela oblige en effet les utilisateurs à prendre la pente pour chaque arbre mesuré. Car, c'est bien la distance horizontale qui est recherchée et ceci pour chaque arbre.

Gros bois morts au sol

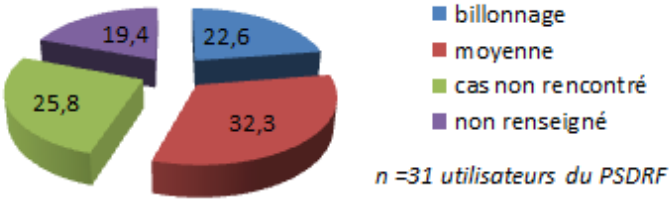


Figure 14 : taux de compréhension du relevé des gros bois morts au sol dont le stade de décomposition est très hétérogène (% des utilisateurs)

Le cas particulier des gros bois mort au sol dont le stade de décomposition est très hétérogène est la variable pour laquelle le plus d'erreurs a été enregistré. En effet, près d'un tiers des participants (soit 10 personnes) ont affirmé avoir déterminé un taux de décomposition moyen pour la majorité des pièces de bois relevés. Or, il est pourtant bien précisé, en formation et dans la notice, que doivent être découpées en billons les pièces de bois présentant des taux de décomposition variables. Autrement dit, chaque billon représente la partie la plus homogène de la pièce de bois, tant en termes de décomposition qu'en termes de diamètre. Ce travail n'a, semble-t-il, été réalisé que par moins d'un quart des personnes interrogées.

Le taux d'erreur étant non négligeable dans l'analyse des résultats, on pourra envisager la rédaction d'un guide relatif aux cas particuliers, ce qui répondrait d'autre part à la demande de certains utilisateurs (voir 3.2. Appui technique, « kit protocole »).

Parmi les participants formés au PSDRF, 7 n'ont pas relevé les gros bois mort au sol selon les préconisations du protocole et du formateur. Un délai trop long entre la formation et la mise en œuvre du PSDRF pourrait être à l'origine de ce taux d'erreur non négligeable.

Souches

Selon vous, serait-il intéressant de préciser le caractère anthropique ou naturel des souches ?

Figure 15 : taux d'intérêt pour le caractère anthropique ou naturel des souches (% des utilisateurs ayant répondu)

Sur les 29 participants ayant répondu à la question, 23 estiment que le caractère anthropique ou naturel des souches serait intéressant à relever.

L'utilisation du terme « souche » dans cette question a d'ailleurs porté à confusion. En effet, cette notion sous-entend déjà le caractère anthropique de l'objet. Or, dans le cadre du protocole, le type « souche » correspond aux arbres morts sur pied de moins de 1,30 m de haut (et comprend donc les chandelles basses). La question était donc mal posée et il aurait fallu parler de « type souche » et de non de « souche ».

Recours aux placettes miroir

Avez-vous réalisé des placettes miroirs ? Sinon, quelle solution avez-vous appliquée, dans quels cas et pourquoi ?

Cette question a très peu été comprise (20% des enquêtés), la notion de placette miroir étant en réalité assez peu connue des utilisateurs du PSDRF interrogés. Si les conversations téléphoniques ont permis de clarifier la question, ce n'est pas le cas des réponses par mail.

Pour rappel, on peut avoir recours aux placettes miroirs lorsqu'une partie de la placette sort des limites de la réserve ou est en limite de lisière. Dans ce cas, la surface au-delà de la limite est reportée dans la réserve (ce qui implique que des arbres peuvent être mesurés deux fois selon le type de placettes miroir choisi).

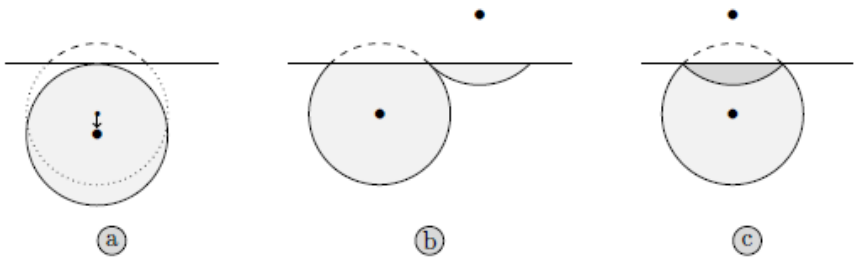


Figure 16 : Décalage des placettes (schéma a) et placettes miroirs (schémas b et c)

Sur les 31 utilisateurs du PSDRF, seuls 2 personnes ont mis en place des placettes miroir ; l'un deux n'a pas poursuivi cette démarche. Ces deux personnes étant concernées par deux réserves différentes, on peut donc en déduire que ces placettes ont en réalité été mises en place que sur une seule réserve.

Parmi les enquêtés, 20 ont affirmé ne pas avoir mis en place de placettes miroir, les autres n'ayant pas répondu à la question où ne l'ayant pas comprise. Dans le cas d'une réponse négative, les méthodes de substitution aux placettes miroir sont les suivantes :

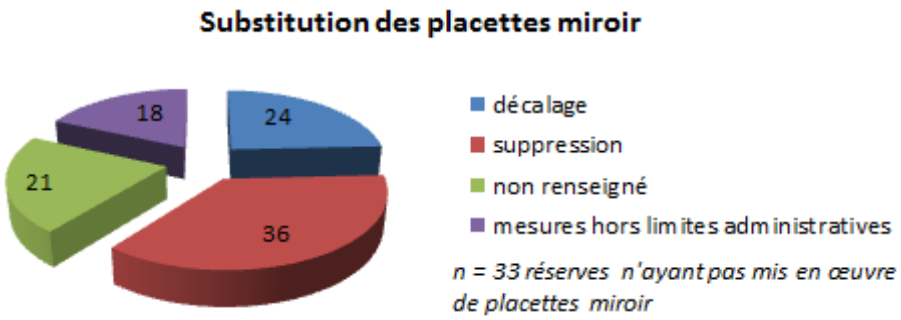


Figure 17 : choix alternatifs aux placettes miroir (% des réserves pour lesquelles les enquêtés n'ont pas mis en œuvre de placettes miroir)

La suppression pure et simple des placettes en limite de réserves ou de lisière a été effectuée pour plus d'un tiers des réserves et est en conséquence le choix alternatif aux placettes miroir le plus couramment employé.

Le décalage des placettes est le second choix alternatif (8 réserves, soit près d'un quart des réserves). Un tiers des utilisateurs n'ont pas précisé quelle(s) solution(s) alternative(s) ils avaient mis en œuvre.

Pour six réserves, représentées par le même enquêté, les relevés ont été effectués sur la totalité de la placette même lorsque celle-ci dépassait de la limite administrative de la réserve, à condition qu'elle soit en contexte forestier homogène. Cela n'est pas à préconiser. En effet, il peut y avoir une influence lorsque la forêt contiguë est gérée alors que le peuplement de la réserve ne l'est pas.

Lorsque les contours de la réserve sont très « découpés » et que le choix est fait de supprimer ou décaler les placettes, on sous-estime l'effet lisière de manière importante, et ce même dans le cas où la réserve est voisine d'une forêt gérée.

Recours à diverses options du protocole

Certaines notations étaient en option dans le PSDRF, notamment :

- L'utilisation des « sous-placettes de régénération » pour suivre le recouvrement de certaines espèces non-ligneuses (ronce, fougère, molinie, brachypode…) ;
- L'orientation générale des chablis ;
- La localisation plus précise des bois mort au sol (pour la mise en œuvre de suivis bryo, myco) ;
- La hauteur de l'arbre précomptable le plus proche du centre de la placette et de l'arbre le plus gros (noter essence, diamètre et hauteur) ;
- La hauteur moyenne estimée du peuplement, des perches et du taillis ;
- Le recensement d'éventuelles fourmilières ;

Avez-vous utilisé une ou plusieurs de ces options ? Si oui, lesquelles ? Dans quel but ?

Près de la moitié des participants ayant mis en place le protocole (13 personnes soit 42%) affirment avoir eu recours à au moins une option, ce qui représente un peu plus de la moitié des réserves interrogées (27 réserves soit 59% des réserves interrogées).

options	Nb de participants	% *
suivi d'espèces non ligneuses	7	22,6
orientation des chablis	2	6,5
localisation des GB morts au sol	8	25,8
hauteur totale de l'arbre le plus proche et de l'arbre le plus gros	3	9,7
hauteurs moyennes estimées du peuplement, des perches et du taillis	1	3,2
notation des fourmilières	7	22,6

** sur les 31 participants ayant mis en œuvre le PSDRF*

Figure 18 : nombre et pourcentage de mise en œuvre des différentes options du PSDRF

Il aurait été intéressant ici de mener cette étude en nombre de réserves. Cependant, les réponses fournies par les enquêtés ne l'ont pas toujours permis.

La localisation des gros bois mort au sol est a priori l'option la plus couramment mis en œuvre. Cependant, on peut trouver l'explication que celle-ci est désormais rendue obligatoire en cas d'utilisation du logiciel « Dendro ». La localisation des gros bois morts au sol est certainement liée à la mise en œuvre d'inventaires complémentaires, en particulier les inventaires mycologiques et bryologiques (notamment dans le cadre du projet GNB).

L'utilisation des sous-placettes de régénération pour le suivi d'espèces non-ligneuses semble avoir été assez fréquente. La RNN de la Tourbière de Machais suit ainsi le recouvrement de la myrtille dans le but d'évaluer les habitats favorables au Grand Tétras. Dans le même objectif, la RNN de la Haute-Chaîne du Jura a également relevé la présence de framboisiers et de mégaphorbiaies.

La présence de fourmilières a été notée par 7 participants. Du fait du nombre de personnes effectuant ces suivis, il est souhaitable que le protocole de relevé des fourmilières soit harmonisé.

Certaines réserves ont effectué d'autres relevés complémentaires. Par exemple, pour la RBI du Vercors/RNN des Hauts plateaux du Vercors, certaines données supplémentaires ont été relevées à l'échelle de la placette:

- notation de la xéricité (à vue): échelle de 0 à 3 ;
- notation des classes de hauteur présentes sur la placette en pourcentage selon 3 classes (10 à 15 m, 15 à 20 m et > 20 m) ;
- réalisation d'un croquis topographique ;
- indication en cas de dalle apparente (%) ;
- présence de traces d'exploitation.

Afin de préciser les tarifs de cubage pour le traitement des données, dans le cas de la RBI des Gorges de la Frau des mesures de hauteur par essence, par catégorie de diamètre et par placette ont été effectuées. Pour la RBI d'Écouves, la hauteur d'un arbre dominant par placette a été relevée.

Les démarches de ces utilisateurs sont intéressantes car elles permettent de poursuivre des objectifs particuliers et de s'adapter au contexte de la réserve tout en conservant un socle commun avec le PSDRF. Il semblerait pertinent que les réserves poursuivant des objectifs comparables se concertent dans le but d'établir des protocoles optionnels homogènes, utilisables par l'ensemble des réserves du réseau PSDRF.

3.7. Synthèse : principales difficultés rencontrées

D'une manière générale, quelles difficultés avez-vous rencontrées lors de la mise en place de ce protocole ? Avez-vous des suggestions afin d'améliorer son efficacité ?

Le tableau ci-après résume les principales difficultés rencontrées par les utilisateurs du PSDRF interrogés, hors cas particuliers et variables étudiés lors des questions précédentes.

difficultés rencontrées	Nb de participants	%*
temps de mesure	4	12,9
accessibilité	5	16,1
retrouver les placettes	1	3,2
complexité des relevés	3	9,7
prise de diamètre en cas de forte décomposition	1	3,2
localisation des gros bois morts au sol	3	9,7
notation des branches mortes dans les houppiers	2	6,5
micro-habitats (effet observateur)	6	19,4
transport du matériel (jalons)	1	3,2

** sur les 31 participants ayant mis en œuvre le PSDRF*

Figure 19 : principales difficultés rencontrées par les utilisateurs du PSDRF

Temps de mesure

Le temps de mesure, lié à un grand nombre de paramètres à mesurer, est mal perçu par quelques utilisateurs. Il faut pourtant préciser que le PSDRF correspond à une version allégée du COST E4 et que le choix des variables et des modalités d'échantillonnage était centré sur un rapport coût/précision des résultats optimal. De plus, la mise en place de placettes permanentes implique forcément que l'on passe plus de temps, notamment lors de la matérialisation mais aussi lors du relevé des coordonnées de chaque arbre. Car, il faut le rappeler, l'objectif principal du protocole est bien de suivre la dynamique forestière et ainsi d'établir des estimations quantitatives mais aussi qualitatives des flux (accroissement, nécrommasse).

Accessibilité

L'accessibilité dépend de la surface et du relief de la zone étudiée plus que du protocole en lui-même. Il est cependant envisageable, lorsque le nombre de placettes le permet, d'éliminer les placettes les moins accessibles. Cette mesure reste à appliquer de manière exceptionnelle.

Il est également possible de mettre en œuvre une maille par grappe lorsque les conditions d'accessibilité remettent en cause le maillage carré, c'est-à-dire lorsqu'un trop grand nombre de placette ne sont pas réalisables.

Matérialisation des placettes

Afin que les efforts consentis par les utilisateurs ne soient pas vains, il est essentiel que les placettes soient facilement retrouvables, y compris après 10 ans ou d'avantage. Le fait que cette difficulté soit rencontrée avant même la première campagne de remesure souligne l'importance du repérage des placettes par diverses méthodes.

Pour cela, on notera avec le plus grand soin le plus de repères de cheminement possible, notamment dans le cas des forêts gérées pour lesquelles le marquage visuel des placettes est déconseillé. Il est également conseillé de réaliser un croquis en utilisant les éléments remarquables du paysage (rochers, cours d'eau, falaises, etc.). En forêt non-gérée, des repères visuels peuvent être prévus sur la placette (marques de peinture, griffes, piquet en bois, etc.) mais aussi sur le cheminement (peinture). Cet investissement, nécessaire, est en effet négligeable face au temps qui pourrait être perdu lors de la recherche future des placettes, voire à la perte pure et simple de certaines placettes.

Mesure du diamètre des bois mort fortement décomposés

La mesure du diamètre des gros bois mort au sol dont la décomposition est très avancée est un problème soulevé par un seul participant. Cependant les réserves sont relativement jeunes et ce problème se posera plus régulièrement à l'avenir. Il convient donc d'établir une méthode de relevé spécifique à cette catégorie de bois mort.

Localisation des gros bois morts au sol

La localisation des gros bois morts au sol n'est pas une option pour les utilisateurs du logiciel « Dendro » et deux de ceux-ci ont rencontré des difficultés quant à ces mesures. Soit en raison des conditions topologiques, soit parce que méthode de localisation de ces bois n'est peut-être pas pertinente. La mesure de l'azimut et de la distance se fait normalement à partir de l'extrémité du billon la plus proche du centre. Certains utilisateurs du protocole ont choisi de prendre ces mesures à partir du centre du billon.

Relevés des micro-habitats (branches mortes dans le houppier)

Le relevé des micro-habitats selon la méthode de l'ENGREF impose de noter le nombre de branches mortes par catégorie de diamètre, et est de ce fait soumis à un fort effet observateur. Cette variable est par ailleurs assez peu pertinente dans le cas de résineux. Ces points seront abordés lors de la réunion sur les codes écologiques en mai.

Le relevé des micro-habitats est à l'origine d'un grand nombre de difficultés. L'effet observateur en est la principale source. La constitution d'un guide photographique, souvent demandée, pourrait permettre de diminuer le biais lié à l'opérateur.

Quelle codification de relevé des micro-habitats avez-vous utilisé ? Pourquoi celle-ci plutôt qu'une autre ?

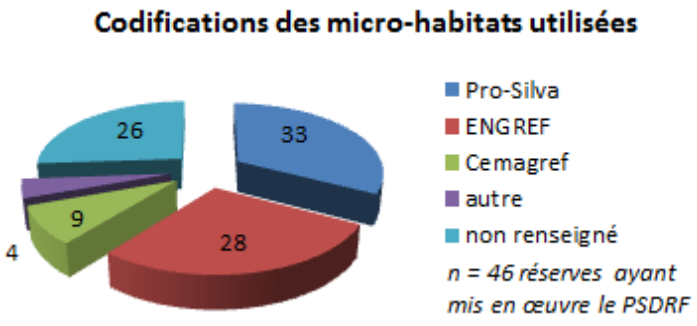


Figure 20 : taux d'utilisation des différentes codifications écologiques (%)

Pour rappel, 3 méthodologies de relevés des micro-habitats sont mis à disposition des utilisateurs via le « kit protocole ». Le fort taux d'utilisation de la codification ENGREF (28% des réserves) est certainement lié au fait qu'il s'agit, à ce jour, de la seule méthodologie installée dans le logiciel « Dendro ». Ainsi, sur les 9 personnes ayant utilisé cette codification, 6 ont utilisé ce logiciel, ce qui représente 10 réserves

La codification Pro-Silva est également utilisée pour un tiers des réserves. Il s'agit de la première méthodologie réellement mise en avant et sa relative simplicité (mémoire des codes) a certainement contribué à son « succès ». Pour plus de deux tiers des participants, c'est tout simplement la seule qui leur a été proposée.

En ce qui concerne la méthode élaborée par IRSTEA (CEMAGREF), cette dernière a particulièrement été utilisée sur des sites concernés par le projet GNB. Le faible taux d'utilisation de cette codification est certainement dû à son élaboration récente et à la concurrence de la codification ENGREF, seule codification à être intégrée dans « Dendro ».

Une proportion non négligeable des utilisateurs du PSDRF interrogés ont choisi d'utiliser une codification autre que celles proposées avec le protocole (ENGREF, CEMAGREF et Pro-sylva). Cela témoigne de l'intérêt porté aux micro-habitats. En effet, la nécessité d'adapter les critères relevés en fonction de la zone d'étude ne cesse de poser des questionnements.

Souhaiteriez-vous intégrer un groupe de réflexion sur les codes écologiques ?

Sur les 37 personnes interrogées, 9 (25%) seraient prêtes à intégrer un groupe de travail sur les codifications écologiques. Celles-ci ont toutes mis en œuvre le protocole. Cela témoigne à la fois d'une démarche volontaire de la part des gestionnaires du réseau mais aussi de la nécessité d'un tel travail.

Une réunion est prévue le 14 mai 2012 à Paris.

3.8. Inventaires taxonomiques associés

*Utilisez-vous le PSDRF et son réseau de placettes comme « base » pour mener des études complémentaires ? Si oui, lesquelles ? Quelles informations issues des données du protocole vous sont utiles pour ces études ?

Le protocole tel qu'il est actuellement vous semble-t-il satisfaisant dans le cadre de ces études complémentaires ? Quelles données supplémentaires vous seraient nécessaires ? Pourquoi ?

types d'études complémentaires	Nb réserves	%*
entomologiques, coléoptères saproxyliques	12	26,7
bryologiques	10	22,2
lichénologiques	7	15,6
mycologiques	7	15,6
chiroptères	6	13,3
relevés phytosociologiques	5	11,1
ornithologiques	2	4,4
consommation des ongulés	2	4,4
syrphes	2	4,4

** sur les 46 réserves ayant mis en œuvre le PSDRF*

Figure 21 : types d'études complémentaires menées par les réserves ayant mis en œuvre le PSDRF

Le réseau de placettes PSDRF a été le support de diverses études complémentaires mais pour l'instant, c'est surtout le support physique des placettes qui est utilisé plus que les résultats de l'application du PSDRF.

L'enquête a par ailleurs permis de faire remonter certains besoins ou demandes en termes de relevés :

- améliorer le suivi de la régénération et des dégâts de gibiers (3 demandes) ;
- relevés phytosociologiques (1 demande) ;
- localisation des petits bois morts au sol (1 demande) ;
- localisation gros bois morts au sol (1 demande) ;
- mesures de hauteurs (1 demande) ;
- description de la topographie (1 demande) ;
- notation binaire des milieux humides (1 demande) ;
- notation binaire des traces de feux potentielles (1 demande).

Cependant, dans l'optique de ne pas alourdir un protocole déjà conséquent, toutes ces propositions ne pourront pas être prise en considération. De plus, le PSDRF a pour but de fournir des éléments de base pour la mise en œuvre d'inventaires taxonomiques complémentaires et ce, sans augmenter le temps d'échantillonnage des réserves qui ne choisiraient pas de mettre en œuvre de suivi complémentaires. Rien cependant n'empêche les gestionnaires de réaliser ces relevés selon le besoin des inventaires taxonomiques associés.

Afin d'optimiser le suivi de la régénération, un participant a suggéré de noter l'abroutissement en nombre de tiges consommées plutôt qu'en variable binaire. Un second participant souhaiterait que soit utilisé l'indice de consommation élaboré par IRSTEA, ce qui peut être envisagé.

4. Conclusion

Le PSDRF semble contenter la plupart de ses utilisateurs et la dynamique de réseau dans lequel il s'inscrit a permis son large déploiement sur le territoire français. De nombreux gestionnaires d'espaces naturels expriment par ailleurs le désir de mettre en œuvre ce suivi, ce qui témoigne du fort intérêt porté à ce dernier. Certaines améliorations rendraient cependant le protocole plus compréhensible, notamment au niveau de la sémantique utilisée et des consignes face aux cas particuliers.

L'enquête a par ailleurs révélé l'importance de la formation dispensée en vue de la mise en œuvre du protocole. Nécessaire à une bonne mise en œuvre du PSDRF, elle est largement plébiscitée par les utilisateurs du protocole. De même, la diffusion du « kit protocole » est une véritable réussite. Cependant, de nombreuses erreurs de saisie sont tout de même constatées malgré la formation. Le délai entre celle-ci et la mise en œuvre effective du protocole pourrait être à l'origine de ces erreurs.

Le logiciel « Dendro » a également grandement contribué à faciliter la prise de données sur le terrain mais aussi à diminuer le temps de saisie au bureau, c'est pourquoi il a été très apprécié de ses utilisateurs. L'utilisation aisée de ce logiciel est un facteur supplémentaire qui justifie encore la satisfaction des enquêtés. Malgré ces points positifs, des améliorations restent à apporter à ce logiciel, notamment l'intégration des codifications « CEMAGREF » (IRSTEA) et « Pro-Silva ». L'activation du GPS sur cet outil devrait encore améliorer sa souplesse et apporter encore un peu plus de confort aux utilisateurs.

L'enquête a permis de mettre en exergue des « points » qui nécessitent que les recommandations actuelles soient mieux explicitées ou que de nouvelles soient intégrées. L'ensemble des recommandations sont résumées en annexe.

5. Remerciements

Je tiens particulièrement à remercier Alix BADRÉ, Bertrand BARRÉ, Pierre BELTRANDO, Vincent BENARD, Pierre-Eymard BIRON, François BLONDEL, Jean-Jacques BOUTTEAUX, Daniel CAMBON, Aurélie CELDRAN-ALCARAZ, Hervé CHIROUZE, Hervé DAVIAU, Carole DESPLANQUE, Laurent DOMERGUE, Denis DOUBLET, Vincent DRILLON, Caroline DRUESNE, Loïc DUCHAMP, Stéphane DUMAS, Cédric FICHT, Benoît FRITSCH, Frédéric GOSSELIN, Gilles GUARDIA, Thibault HINGRAY, Franck JACOBÉE, Muriel KEMPF, Lydie LALLEMENT, Dominique LANGLOIS, Romaric LECONTE, Manuel LEMBKE, Johan LESEURRE, Jean-Michel LETZ, Benjamin MOUS, Marc MULLER, Michel MULLER, Dominique NOUVELLON, Yoan PAILLET, Gérard PONTIÉ, Daniel REBOUL, Éric ROUSSET, Hubert SCHMUCK, Jérémy TERRACOL, Anne VILLAUMÉ, Olivier VINET et Gérard VIONNET pour leur participation à cette enquête et leurs remarques pertinentes au sujet de cette étude.

Un grand merci à Max BRUCIAMACCHIE, Nicolas DEBAIVE, Nicolas DRAPIER et Olivier GILG pour leurs conseils et leur soutien tout au long de cette enquête.

Enfin, je remercie chaleureusement toute l'équipe de RNF pour m'avoir laissé à disposition la salle de réunion pour mener les entretiens téléphoniques dans les meilleures conditions.

ANNEXE : Préconisations *(Annexe 4 : Compte-rendu de l'enquête d'évaluation du PSDRF, suite)*

1. Protocole

- **Sémantique utilisée**

Suite aux difficultés rencontrées pour certaines variables, la définition de ces dernières doivent être précisées. C'est notamment le cas des termes « taillis », « chablis », « souches » et « volis ».

- **Souches**

La hauteur minimale de prise en compte du « type souche » figurant dans le document initial du protocole et non dans sa notice, le choix définitif de la règle sera fait après l'étude de la contribution des éléments du « type souche » de moins de 40 cm de hauteur au volume de bois mort total.

- **Hauteurs des arbres morts sur pied**

La hauteur mesurée dans le cas des bois morts debout est bien la hauteur totale - en comptant le houppier dans le cas d'un arbre mort dont le squelette est encore présent.

- **Gros arbres morts au sol**

Les mesures de longueurs de bois morts au sol doivent être effectuées en mètres - et non en décimètres.

Enfin, le mode de relevé des gros bois mort au sol dont le stade de décomposition est très avancé ne permet pas la mesure précise d'un diamètre et doit être adapté. Dans le cadre du stage « adaptation/optimisation des protocoles de suivi des réserves forestières », une méthode adaptée à ce cas particulier sera proposé.

- **Relevé de la régénération**

Suite aux demandes concernant le suivi de l'abroutissement, le rapprochement avec la méthode utilisée par IRSTEA sera étudié.

- **Codes écologiques**

Un groupe de travail pourra être constitué afin de répondre aux demandes concernant les codes écologiques. L'enquête a permis de relever quelques pistes de réflexion :

- Ajout du suivi de certaines espèces comme *Lobaria pulmonaria ;*
- Intégrer les besoins du projet GNB ;
- Ajout de codifications relatives aux arbres guités ou écorcés ;
- Ajout de codes écologiques pour les arbres morts sur pied ;
- Adaptation de la notation des branches mortes dans le houppier;
- Ajout d'un guide photographique pour limiter l'effet observateur. Insister sur l'importance de la notation des codes écologiques pour chaque arbre même si le critère est présent pour l'ensemble de ces derniers (en particulier pour les mousses et les lichens).

- **Cas particuliers**

Une notice rappelant et détaillant les modes de relevés relatifs aux différents cas particuliers rencontrés pourra être rédigée afin de limiter les erreurs lors de la saisie sur le terrain, actuellement nombreuses.

2. Logiciel « Dendro »

Si l'occasion se présente et dans la mesure du possible, les diverses suggestions d'amélioration du logiciel « Dendro » seront prise en compte. On veillera notamment à :

- Intégrer les codifications « Cemagref » et « PRO-Silva » ;
- Rendre possible l'ajout d'une essence sur le terrain ;
- Rendre possible la notation d'observation à l'échelle de la placette ;
- Activer l'écran 14 et permettre la saisie des options ;
- Rendre possible la notation des codes écologiques correspondant aux arbres branchus ou de lisière, les arbres morts, la diversité en espèces autochtones et la diversité en structure horizontale afin que la codification « ENGREF » des micro-habitats présente dans « Dendro » soit fidèle à la codification originale.

Dans l'hypothèse où les protocoles concernant les études complémentaires ont été harmonisés, il serait également intéressant de permettre la saisie des mesures relatives à ces différents protocoles à l'aide d'un module de « Dendro » ou grâce à un logiciel, compatible avec les machines existantes.

3. Formation

Afin de rentabiliser au mieux la journée de formation parfois jugée trop courte, le formateur pourra insister pour que soit parcourue la notice. Quelques tests peuvent être également mis en œuvre avant cette journée.

Le formateur insistera sur le relevé des micro-habitats.

Les formations continueront, dans la mesure du possible, à être dispensées par petits groupes en impliquant les participants dans les mesures.

4. Analyses

Le chargé de mission RNF-ONF réalise un traitement simple, transmis aux gestionnaires. L'analyse de ces résultats est laissée aux gestionnaires. Ils sont par ailleurs encouragés à réaliser les analyses complémentaires qui leur sont nécessaires.

On essaiera d'intégrer dans la plateforme de données en cours d'élaboration la possibilité d'obtenir une représentation cartographique des éléments relevés sur les placettes et une analyse du nombre de tiges à l'hectare, par essence et par catégorie de diamètre.

5. Relevés complémentaires

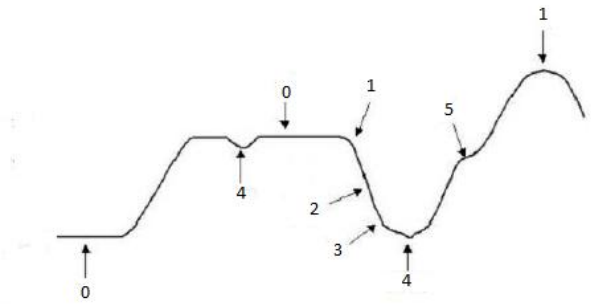
Bien que la plupart des demandes de relevés supplémentaires soient intéressantes, le protocole est déjà dense et il n'est pas envisageable de toutes les intégrer. Rien n'empêche cependant les utilisateurs de relever tel ou tel paramètre supplémentaire. Seulement, ils ne pourront pas tous être intégrés à la base de données commune.

Ainsi, la localisation des petits bois morts au sol ne sera pas intégrée au PSDRF. La localisation des gros bois mort au sol est déjà une option du PSDRF (rendue obligatoire par l'utilisation du logiciel « Dendro »).
De même, effectuer des relevés phytosociologiques est coûteux en temps, bien que les informations apportées soient très intéressante dans le cadre d'élaboration de synthèses. Ces relevés nécessitent par ailleurs des compétences particulières, ce qui limite d'autant plus l'intégration de ces relevés au PSDRF.

Le choix de ne prendre que le diamètre pour cuber les arbres était un préalable à l'élaboration de ce protocole. Les mesures de hauteur sont en effet des opérations très coûteuses en temps et qui ne sont pas toujours précises. Dans le cas des feuillus, il n'est par exemple pas toujours évident de repérer la hauteur réelle, souvent différente de la hauteur perçue. Ce biais serait donc à prendre en compte dans l'estimation du volume par l'application d'un tarif de cubage à deux entrées.

La RBI des Gorges de la Frau a effectué la mesure de la hauteur d'un arbre par catégorie de diamètre (soit trois mesures) par placette. Le temps de cette opération a été estimé à 15 minutes et permet d'affiner les tarifs de cubage à appliquer. Néanmoins, les mesures de hauteurs ne sont pas envisageables pour chaque arbre, le rapport coût/précision n'étant pas intéressant.

La description de la topographie est un relevé qui peut être envisagé sous forme de case à cocher ou d'indice. Le temps de relevé sera ainsi limité, d'autant plus que la topographie ne sera relevée qu'une seule fois. De plus, cela peut permettre de retrouver plus facilement les placettes. Cela donne également une information supplémentaire quant au déplacement éventuel des pièces de bois morts au sol. On pourra par exemple noter la position topographique comme suit :



0 : plateau ou vallée
1 : sommet, crête ou haut de versant
2 : milieu de pente
3 : bas de pente
4 : fond de vallon ou dépression
5 : replat de versant

La notation binaire (oui/non) des milieux humides ne sera pas ajoutée car cette information peut être notée en observation pour les placettes concernées.

Les traces de feux potentielles ne feront pas l'objet d'un relevé spécifique car cela concerne peu de réserve.

La demande la plus forte concerne le suivi de la régénération Un rapprochement avec la méthode utilisée par l'IRSTEA sera étudié.

Annexe 5 : Notice relatives aux cas particuliers (PSDRF)

STAGE ADAPTATION / OPTIMISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DES FORETS

Protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières

Notice relative aux cas particuliers

SOMMAIRE

1. Relevé des bois morts au sol D ≥ 30 cm hétérogènes
2. Relevé des jumelles
3. Relevé des chablis
   3.1. Arbres morts
   3.2. Arbres vivants
4. Arbres vivants penchés
5. Mesure des bois morts fortement décomposés
6. Prise en compte d'un bois mort au sol interceptant différents transects
7. Cas d'un bois mort au sol D ≥ 30 cm dont une partie de D < 30 cm est sur un transect

1. Relevé des bois morts au sol D ≥ 30 cm hétérogènes

Les critères d'hétérogénéité à prendre en compte dans le relevé des gros bois morts au sol de plus de 30 cm de diamètre sont les suivants :

- Stade de décomposition variable (état de l'écorce et stade de pourriture du bois) ;
- Contact avec le sol d'une partie de la pièce de bois mais pas de l'ensemble de cette dernière ;
- Forte décroissance de la tige.

Les bois morts au sol seront billonnés de telle sorte que chaque billon enregistré soit homogène du point de vu des critères énoncés ci-dessus.

La même règle sera appliquée pour les grosses branches de plus de 30 cm de diamètre et ce même si elles sont rattachées à une tige morte au sol de plus de 30 cm de diamètre.

Figure 1 : Billonnage d'un gros bois mort au sol en cas de forte décroissance de la tige (schéma issu du PSDRF)

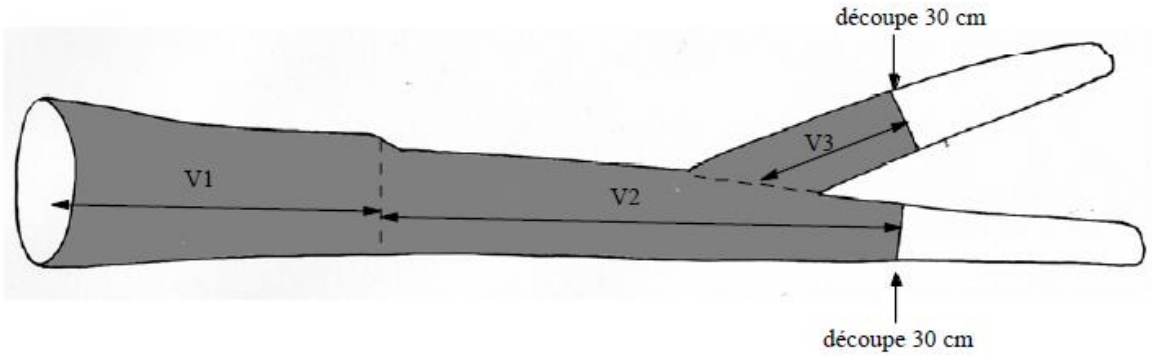
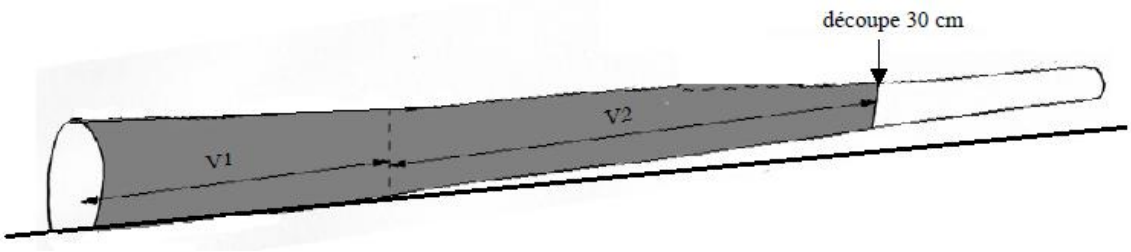


Figure 2 : Billonnage d'un gros bois mort selon le contact avec le sol

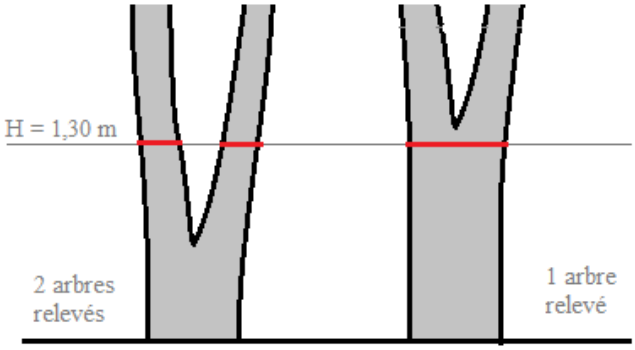


2. Relevé des jumelles

La prise en compte des jumelles dépend de la hauteur à laquelle les deux brins s'individualisent.
Si l'individualisation des brins se fait à une hauteur inférieure à 1,30 m, il est alors possible de mesurer deux diamètres et on relève les deux brins de la jumelle comme deux arbres distincts en notant « jumelle » en observation pour chacun des brins.

Si l'individualisation des brins se fait à une hauteur supérieure à 1,30 m, la jumelle est comptabilisée comme un seul arbre et on note « jumelle » en observation.

Figure 3 : Relevé des jumelles selon la hauteur d'individualisation



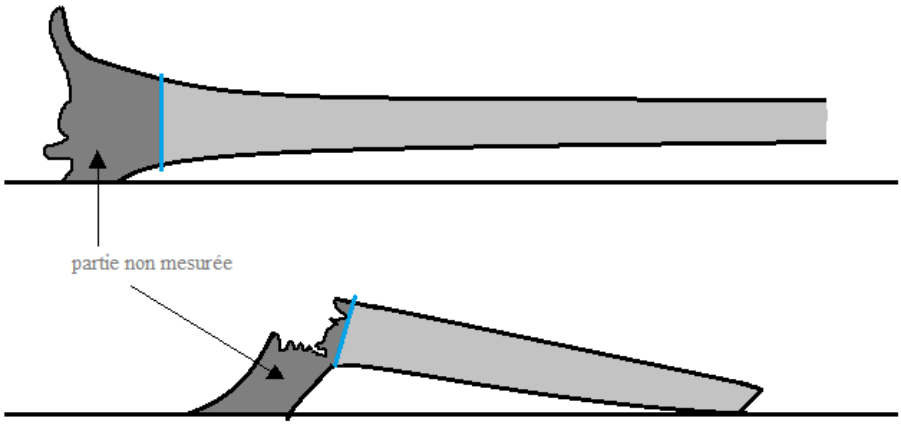
3. Relevé des chablis

3.1. Arbres morts

Rappel : sont considérés comme chablis les bois morts au sol encore rattachés à leur souche qui étaient vivants au moment de leur chute.
La variable « chablis » n'a donc pas pour vocation à préciser le caractère anthropique ou naturel d'un bois mort au sol : un volis n'est pas noté comme chablis.

Dans le cas d'un chablis, la souche et la galette ne sont pas mesurées comme bois mort au sol.

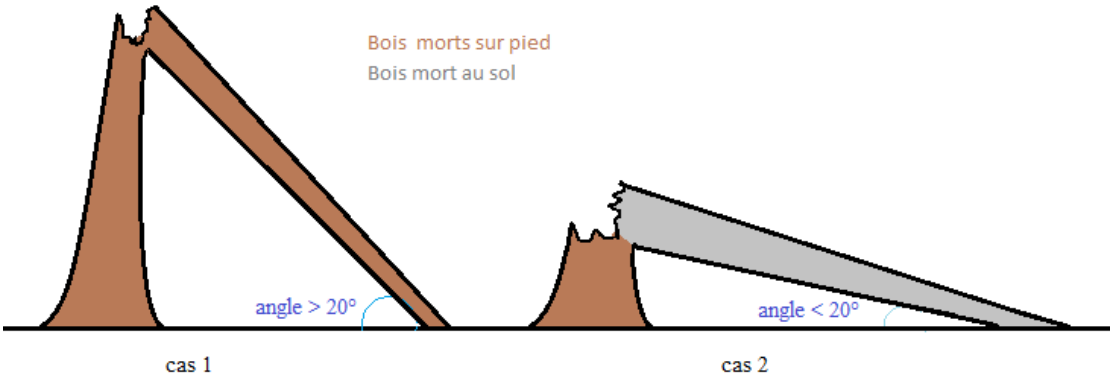
Figure 4 : Relevé des chablis



Dans le second cas, la partie non mesurée comme bois mort au sol doit être relevée comme bois mort sur pied.

Le relevé des chablis se fait de la même manière que pour les autres bois morts au sol.

Figure 5 : Chablis debout ou au sol



Si l'angle entre le fût et le sol est supérieur à 20° (cas 1 sur la figure ci-dessus), on relève un bois mort au sol et un bois mort sur pied.

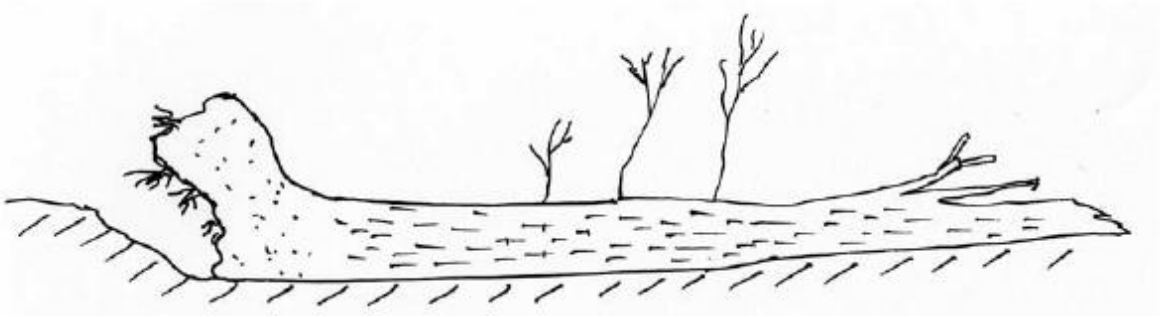
Si l'angle entre le fût et le sol est inférieur à 20° (cas 2 sur la figure ci-dessus), les deux parties sont relevées en tant que bois morts sur pied

3.2. Arbres vivants

Les arbres vivants penchés ou encroués dont l'angle avec le sol est inférieur à 20° seront notés dans la catégorie des bois mort au sol. On précisera « arbre vivants » en observation.

Les chablis qui présentent des réitérations, et qui sont donc vivants, seront notés selon cette même règle.

Figure 6 : Chablis présentant des réitérations (schéma issu du PSDRF)

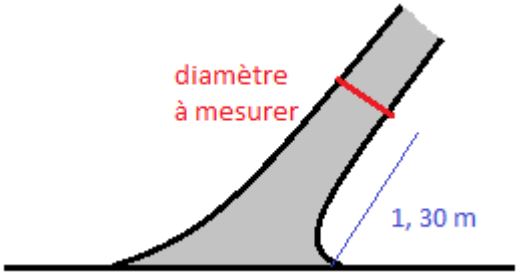


Attention : Si des chablis répondant à ces critères sont relevés, les règles d'échantillonnage des bois morts au sol s'appliquent (transect si D < 30cm, dans le rayon de 20 m sinon).

4. Arbres vivants penchés

Dans le cas des arbres vivant penchés, le diamètre est pris perpendiculairement au fût, à une longueur de 1,30 m à partir de la souche et au niveau où l'angle entre le fût et le sol est le plus petit.

Figure 7 : Règle de mesure du diamètre d'un arbre penché



Remarque : sont concernés ici les arbres vivants non déracinés. Pour les arbres déracinés, voir 3.1. (Chablis vivants).

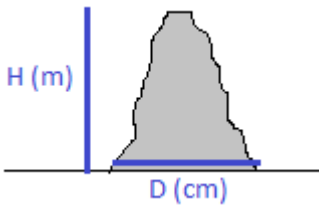
5. Mesure des bois morts fortement décomposés

Le but est d'évaluer, le plus précisément possible, le volume de la pièce de bois.
Tant que la pièce de bois reste cylindrique, le relevé se fera comme indiqué dans le protocole. Dans le cas d'une pièce de bois fortement décomposée, on prendra le ou les diamètre(s) réel(s) (initial, médian et final) de manière à estimer au mieux le volume de celle-ci.

Lorsque le degré trop important de décomposition ne permet pas la mesure d'un diamètre, le relevé du bois mort concerné devra s'adapter à la géométrie de celui-ci.

De manière générale, dans le cas d'un bois mort sur pied, si la mesure d'un diamètre est rendue impossible par un trop fort degré de décomposition, la matière restante peut s'apparentée à un cône. On relèvera alors :
- La hauteur de la pièce de bois ;
- Le diamètre à de la base de la pièce de bois.

Figure 8 : Relevé des bois morts sur pied fortement décomposé



Un bois morts au sol est quant à lieu plutôt assimilable à un parallélépipède rectangle. On relèvera dans ce cas :
- La longueur ;
- La largeur au centre du billon,
- La hauteur au centre du billon.

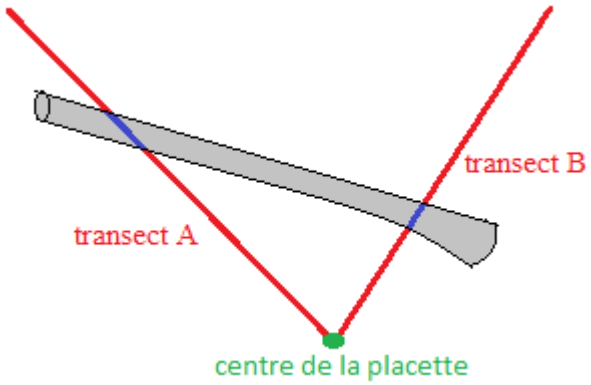
Dans tous les cas, la pièce de bois mort sera découpée virtuellement selon le diamètre ou dans la longueur autant de fois que nécessaire.

Dans tous les cas, les relevés correspondront aux valeurs constatées à l'instant de la mesure. Par exemple, on ne reconstituera pas un diamètre théorique censé correspondre à un diamètre avant une décomposition trop avancée.

6. Prise en compte d'un bois mort au sol interceptant différents transects

Si un bois mort au sol est présent sur deux transects distincts et que son diamètre est strictement inférieur à 30 cm aux deux points interceptés, il est relevé sur les deux transects de manière indépendante.

Figure 9: Cas d'un bois au sol intercepté par deux transects

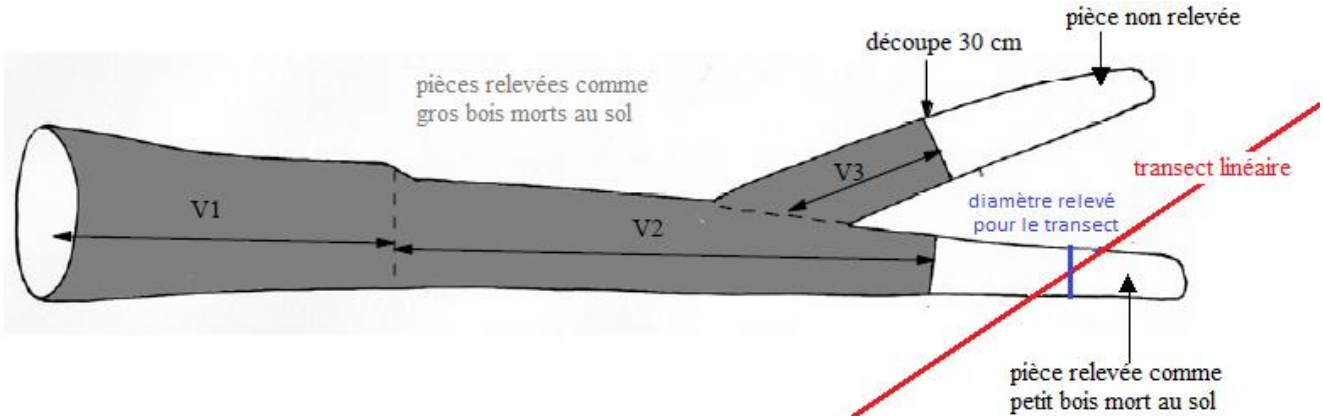


7. Cas d'un bois mort au sol D ≥ 30 cm dont une partie de D < 30 cm est sur un transect

Un gros bois mort au sol dont le diamètre est supérieur ou égal à 30 cm sur une partie de diamètre inférieure à 30 cm est interceptée par un transect est relevé comme suit :

- Le billon de diamètre supérieur ou égal à 30 cm est noté comme un gros bois mort au sol (voir paragraphe 1.) ;
- La partie de diamètre inférieur à 30 cm interceptée est relevée comme un petit bois mort au sol.

Figure 10 : Prise en compte d'un bois mort au sol selon différents échantillonnages



Annexe 6 : Compte-rendu de la réunion au sujet des codes écologiques (14 mai 2012, Paris)

STAGE ADAPTATION / OPTIMISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DES FORETS

Compte-rendu de réunion

Réunion du : 14/05/2012
À : Paris
Participants : François Blondel (ONF Picardie), Michel Chantereau (RNN de Saint Mesmin), Nicolas Debaive (RNF), Morgane Malard (RNF), Maxime Minotte (Laboratoire d'Economie Forestière, INRA Nancy), Yoan Paillet (IRSTEA), Coryse Pernot (IRSTEA).

I. Résultats obtenus lors de l'audit du protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF), cas du relevé des micro-habitats (Morgane Malard)

✓ *Relevé du nombre de branches mortes par catégorie de diamètre (codification ENGREF/Association Futaie Irrégulière)*

Un des problèmes majeurs évoqués par les utilisateurs de la codification ENGREF/AFI concerne le dénombrement des branches mortes dans le houppier par catégorie de diamètre. Ce relevé a posé problème à un nombre non négligeable d'utilisateurs du PSDRF. En effet, un fort effet observateur est constaté pour cette variable avec notamment un problème d'estimation du diamètre de ces dernières. De plus cette méthode n'est pas adaptée au cas des résineux. Enfin, de nombreux utilisateurs estiment que ce relevé est très couteux en temps.

Maxime Minotte précise que dans le cadre du réseau AFI, les résineux ne font pas l'objet du relevé des micro-habitats car la codification est plus adaptée aux feuillus. La présence de carpophores, gui, fourche, etc. est notée en observation mais pas dans la case « code écologique ».

Une des causes du temps de relevé est peut être également due à une mauvaise application de la codification ENGREF/AFI. En effet, à partir de 10 branches mortes, l'observateur n'a plus à les dénombrer (code « Z »), ce qui n'est pas toujours respecté.

Ce point de la codification ENGREF/AFI est à améliorer.

✓ *Intérêt du relevé de la présence de gui*

Lors de l'enquête au sujet du PSDRF, certains gestionnaires ont choisi de relever la présence de gui.

Bien que le gui soit une source d'alimentation pour certains oiseaux, son rôle reste ponctuel comparativement au lierre. La présence de gui n'aurait pas de lien *a priori* avec la biodiversité.

Dans un objectif de simplification des relevés des micro-habitats et d'estimation de la biodiversité, l'ajout de ce relevé ne semble pas pertinent.

Cependant, en contexte alluvial, la présence abondante de gui sur certaines essences (saule blanc) peut réduire la durée de vie. La présence de gui est très rare sur les peupliers noirs, ce qui peut donner une indication sur l'origine génétique de l'arbre porteur (les peupliers portant du gui ne sont probablement pas des peupliers noirs « purs » mais issus d'hybridation).

✓ *Temps de relevé des micro-habitats (quelle que soit la codification utilisée)*

Le temps de relevé des micro-habitats est relativement long (assez variable mais les utilisateurs s'entendent sur environ 20% du temps total de relevé). Ce temps peut être estimé à 30 secondes par arbre, mais peut considérablement augmenter selon les cas de figure.

Pour diminuer le temps de relevé, une simplification des codifications peut être envisagée pour ne garder que les micro-habitats réellement discriminants et/ou apportant une information réellement utilisable par le gestionnaire.

Cependant, le lien entre biodiversité et micro-habitats est encore assez peu documenté (cf. présentation IRSTEA par Yoan Paillet). L'un des objectifs du projet Gestion, Naturalité, Biodiversité (GNB), porté par IRSTEA en partenariat avec l'ONF et RNF, est d'apporter des premières réponses.

✓ *Limiter la hauteur de relevé des micro-habitats ?*

L'effet observateur augmente fortement avec la hauteur d'observation, ce qui est notamment dû à la diminution de la visibilité (hauteur trop importante, épaisseur du houppier, etc.).

Pour limiter l'effet observateur, il est envisageable de limiter la hauteur de relevé des micro-habitats, ce qui est déjà proposé par Laurent Larrieu (INRA Toulouse).

L'intérêt (ou l'inutilité) des catégories pied/fût/houppier n'est pas encore validée.

✓ *Ajout d'un guide photographique*

Lors de l'enquête, il a été suggéré que soit réalisé un guide photographique des micro-habitats à relever. Cette solution peut être envisagée afin de limiter l'effet observateur.

L'IRSTEA possède déjà une base de données comportant des photos de nombreux types de micro-habitats, notamment en lien avec le stage d'Aurélie Vuidot. Lucas Gleizes dispose également de clichés réalisés lors des tests des différentes codifications.

II. Etude d'un lien potentiel entre micro-habitats et biodiversité (Yoan Paillet)

Les publications traitant du lien entre micro-habitats et biodiversité sont encore rares.

Le stage d'Aurélie Vuidot (IRSTEA, 2009) a permis d'étudier le lien entre les micro-habitats et quatre paramètres à l'échelle de l'arbre : l'espèce, le diamètre et la vitalité de l'arbre ainsi que le type de gestion.

L'objectif était de déterminer si les micro-habitats pouvaient être des indicateurs indirects de la biodiversité. L'étude a été menée sur 5 sites, soit 75 placettes et 1252 arbres.

On considère ici le nombre de type de micro-habitats et non le nombre réel de micro-habitats. Par exemple, si un arbre est porteur de trois cavités, on ne retient que le micro-habitat « cavité ».
L'étude a montré que le nombre de type de micro-habitat par arbre était équivalent entre forêt exploitée et forêt non-exploitée. Ce nombre est plus important en ce qui concerne les chênes et les hêtres, et plus faible dans le cas des résineux. Il est double dans le cas des arbres morts par rapport aux arbres vivants. Le nombre de micro-habitats augmente avec le diamètre de l'arbre considéré.

Le lien entre micro-habitats et biodiversité n'est pas encore démontré.

L'effet observateur, l'exhaustivité des micro-habitats, le coût des relevés et l'échelle spatiale sont également à l'étude.

III. Etude de l'effet observateur, codification Cemagref / IRSTEA

✓ *Test de l'effet observateur*

Une autre étude était focalisée sur l'effet observateur (Stage P. Coutadeur, 2010). Réalisée sur 100 arbres en forêt de Fontainebleau, un relevé consensuel a été effectué par trois observateurs. Une quinzaine d'observateurs ont ensuite relevé les micro-habitats sur ces mêmes arbres. Leurs résultats sont ensuite comparés aux relevés issus du consensus.

Le nombre de micro-habitats observés varie de 1 à 3,5 par arbre. La probabilité d'invention évalue la probabilité qu'un observateur relève un micro-habitat non observé par le consensus. Cette probabilité varie de 0 à 0,7 selon les résultats de l'étude. La probabilité de détection évalue la probabilité qu'un observateur relève un micro-habitat qui a bien été relevé par le consensus. Selon les micro-habitats considérés, cette probabilité est très variable (variation de 0 à 1).

Le relevé des micro-habitats est donc très fortement soumis à l'effet observateur.

Afin de réduire l'effet observateur, le relevé des micro-habitats pourrait être effectué à plusieurs, mais cela pose le problème de la mobilisation des personne et donc du coût.

Certains résultats peuvent être expliqués par les seuils qui déterminent le code de certains micro-habitats. Par exemple le seuil « 25% » qui sépare les codes 531 et 532. Selon la perception de l'observateur, le code 531 sera « inventé » ou « détecté ». D'où l'importance de la formation à l'utilisation des codifications.

✓ *Effet du changement d'observateurs entre deux passages*

L'effet observateur dû aux changements d'observateurs entre deux campagnes de relevés a de fortes chances d'être confondu avec l'effet « année ».

Dans le cas du réseau AFI, l'ensemble des relevés sont effectués par un nombre restreint d'opérateurs, ce qui n'est pas le cas du réseau PSDRF.

L'utilisation de fiches de remesure sur le terrain pourrait éviter l'oubli de certains codes écologiques mais au risque que l'observateur ne recherche que les micro-habitats indiqués sur la fiche. Les micro-habitats apparus entre les deux campagnes de relevés seraient alors sous-évalués.
Dans le cadre du réseau AFI, lors des remesures, la qualité (estimée sur les 3 premiers mètres) n'est pas annoncée par le pointeur, il attend que l'opérateur annonce pour confirmer ou infirmer. Il en sera de même pour la mesure des codes écologiques. À noter également le rôle du pointeur dans l'observation des codes écologiques.

Cette technique n'a pas encore été testée.

IV. Le réseau AFI, codes écologiques : analyse et perspectives (Maxime Minotte)

Seule la codification ENGREF/AFI est utilisée par le réseau AFI. Issue d'une amélioration de la codification PRO SILVA, elle permet comme cette dernière d'attribuer une note « naturaliste » à l'ha.

Pour chaque arbre, est réalisée la somme des notes correspondant aux micro-habitats observé sur l'arbre. La même opération est ensuite réalisée à l'échelle de la placette puis ramené à l'hectare.

✓ *Résultats*

Deux tiers des arbres échantillonnés sont porteurs de micro-habitats et environ 17% des arbres ont une note supérieur à 3. Le plus souvent, cela est dû au fait que ces arbres portent plusieurs micro-habitats mais peut également indiquer la présence d'un micro-habitat avec une forte note (cavité à oiseaux ou une fente pour les chauves-souris, un arbre mort, etc.).

Sur le réseau AFI, la note est en moyenne de 200 points/ha mais les campagnes successives de relevés indiquent que ce chiffre est en augmentation (notamment avec les consignes liées à la conservation des arbres « bio »).

Il y a une réelle attente de la part du réseau AFI en ce qui concerne un éventuel système de notation commun avec les réserves. Cela permettrait pour de comparer les notes entre elles, et ainsi voir où se positionne les peuplements irréguliers par rapport à la référence de naturalité que sont les réserves.

✓ *Effet observateur lié au relevé des micro-habitats*

Le relevé en nombre des branches mortes du houppier a également posé quelques problèmes dans le réseau AFI. Comme dans le réseau des réserves, des critères de longueur des branches mortes sont utilisés afin de déterminer si une branche est à relever ou non. De même, certains ont choisi de considérer le diamètre médian des branches. Ici encore, le dénombrement est trop coûteux en temps, d'autant plus que l'information n'est pas valorisée par la suite. En effet, l'analyse est limitée par la clé Pro Silva (notation selon une limite de 3 branches mortes).

La sensibilité de l'observateur dépend du contexte global du peuplement. Par exemple, il semble que le lierre est plus fréquemment relevé par l'opérateur dans les peuplements où il est relativement rare. Et ce bien que sa notation soit soumise à un seuil (>1/2 de la surface, codification ENGREF).

Il a été proposé que soit attribuée une note plus forte à certains codes (trous de pics), ce qui permettrait de valoriser ceux-ci mais risquerait également d'augmenter l'effet observateur en cas d'oublis ou d'erreurs de relevé.

Une comparaison des notes obtenues pour le réseau AFI et le réseau des réserves forestières pourrait permettre une première évaluation des mesures de gestions préconisées par le réseau AFI.

✓ *Présentation des résultats*

L'utilisation de notes par hectare n'est pas très parlante en elle-même mais on peut ensuite regarder la répartition de ces notes par catégorie de diamètre, etc.

Une analyse est présentée pour chaque dispositif.

✓ *Evolution des analyses avec la future plateforme de centralisation des données*

Les deux bases de données PSDRF et AFI pourraient, à l'avenir, être hébergées sur la même plateforme ; ce qui supposerait le partage de certaines requêtes d'analyse et en conséquence simplifierait les possibilités de comparaisons entre dispositifs gérés et non-gérés pour les données dendrométriques et les micro-habitats.

V. Comparaison des trois codifications en contexte méditerranéen

Les tests effectués par Lucas Gleizes et Aurélie Nalin (voir annexe 2) sur les milieux forestiers de la Réserve naturelle nationale des Gorges de l'Ardèche confirment encore l'importance de l'effet observateur.

Ces deux observateurs ont également été confrontés à la difficulté du dénombrement des branches mortes dans le houppier selon la catégorie de diamètre (codification ENGREF/AFI).

La codification Cemagref / IRSTEA semble avoir été celle pour laquelle les notations des deux observateurs étaient les plus proches, notamment grâce aux seuils de discrimination proposés.

Au contraire, le manque de précision de la codification Pro-Silva, notamment en ce qui concerne les seuils (« en hauteur », « proche du sol », etc.), semble avoir contribué à l'effet observateur.

Selon ces deux observateurs, la codification ENGREF/AFI est la codification la moins évidente à utiliser, du fait du relevé des branches mortes mais également à cause d'un manque de définitions claires.

François Blondel trouve cependant que cette codification est assez facile à déchiffrer, grâce au codage alpha numérique.

Pour d'autres utilisateurs, les codes numériques sont rapidement mémorisés. Cette divergence d'opinion est en faveur de la volonté de laisser le choix de la codification aux gestionnaires.

Suite à ce test, plusieurs améliorations de la codification Cemagref/IRSTEA ont été proposées par Lucas et Aurélie :

- ajout d'un code relatif à l'accumulation de débris végétaux dans les houppiers suite aux crues ;

- ajout d'un critère de visibilité, ce qui permettrait par exemple d'expliquer la disparition d'un code entre deux campagnes ;
- présence de lichens ;
- précision de la catégorie liée aux chandelles et arbres dépérissants ;
- ajout d'un code relatif aux cavités horizontales au pied des cépées comportant de l'eau ou du terreau (dendrothelmes).

Dans le cadre du projet GNB, les dendrothelmes sont notés en observation.

VI. Objectifs prioritaires

L'ensemble des modifications apportées à la codification ENGREF/AFI seront issues d'une démarche commune entre le réseau AFI et le réseau des réserves forestières (RNF / ONF).

Du fait de l'utilisation du logiciel « Dendro » et du rapprochement avec le réseau AFI, la codification ENGREF pourra être conseillée par rapport aux autres.

✓ *Définitions des micro-habitats*

A court-terme, il est essentiel d'améliorer les codifications existantes en proposant notamment des définitions précises pour chaque micro-habitat.

Ce travail pourrait être essentiellement réalisé pour les codifications ENGREF/AFI et Cemagref/IRSTEA, la codification Pro-Silva étant *a priori* plus axée sur un objectif de production.

D'après Maxime, des définitions existent pour la codification ENGREF/AFI. Il tente de les récupérer et les transmettra à Yoan Paillet.

✓ *Correspondances entre codifications*

Une correspondance entre la codification ENGREF / AFI et la codification Pro-SIilva existe déjà. Maxime transmettra la dernière version des tables de correspondances, présentées en réunion.

Une correspondance pourra être également établie entre la codification ENGREF / AFI et la codification Cemagref / IRSTEA.

✓ *Guide photographique / croquis*

Avec l'accord de Yoan Paillet et des différents contributeurs (photographes), la base de données de l'IRSTEA pourrait être utilisée. On pourra également contacter Lucas Gleizes qui a lui-même pris de nombreuses photos dans le cadre du test comparatif des trois codifications.

✓ *A plus long-terme*

Une première analyse de la pertinence de relevés des micro-habitats identifiés dans les 3 codifications pourrait être conduite en s'appuyant sur les résultats du projet GNB. Tous ont-ils un lien avec la biodiversité ? Sont-ils exploitables par le gestionnaire ? Etc.

A plus long terme, une nouvelle codification issue des codifications ENGREF et Cemagref pourrait être proposée. Cependant, ce travail ne pourra être réalisé qu'en prenant en compte les résultats de l'étude de l'IRSTEA.

Selon ces résultats, certains codes pourraient être abandonnés s'il est mis en évidence qu'ils ne présentent aucun lien avec la biodiversité. De ce fait, l'éventuelle intégration au logiciel « Dendro » des codifications Cemagref / IRSTEA et Pro-Silva ne doit être envisagé qu'après cette réflexion.

De même, l'éventuelle redondance entre certains codes peut conduire à alourdir inutilement les relevés. Selon Maxime, une étude sur ce thème a été entamée par Max Bruciamacchie (analyse de la dispersion des codes et des notes pour un dispositif, par rapport à des facteurs explicatifs. Le but étant de voir si des codes ou des remesures de dispositifs, sont corrélés entre eux, et de trouver les facteurs explicatifs).

✓ *Cas des forêts alluviales*

Dans le cadre du passage du protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales, il semble intéressant de relever l'ensemble des micro-habitats, en choisissant une des codifications proposées dans le cadre du PSDRF.

Annexe 7 : Première réflexions pour l'élaboration d'un protocole de suivi des ripisylves

1. Objectifs

Les objectif poursuivis sont les mêmes que ceux du protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF), à savoir :

- la caractérisation du peuplement et notamment du bois mort ;
- l'analyse des flux de bois vivants et de bois morts ;
- le suivi de la composition en essences ;
- le suivi des gros bois ;
- le suivi du capital sur pied ;
- et le suivi du renouvellement.

Cependant, le PSDRF n'est pas adapté à une structure linéaire de largeur restreinte telle qu'une ripisylve. D'autre part, la dynamique particulière des ripisylves peut conduire à en faire une strate à part entière.

Il s'agit ici de présenter une technique d'inventaire adaptée au cas des ripisylves. Il ne sera pas mener d'étude relative au taux d'échantillonnage et à la précision souhaitée. Ce travail reste indispensable à la mise en œuvre d'un protocole de suivi et devra donc être mené au préalable à toute application des propositions énoncées ici.

2. Choix du type d'inventaire

Le choix du type d'inventaire est le même que celui fait par le réseau de placettes circulaires permanentes du PSDRF : un inventaire statistique sera réalisé.

Remarque : dans le cas des ripisylves de très faible largeur, de taille inférieure ou proche de 1 ha, un inventaire en plein peut s'avérer tout aussi rapide à mettre en œuvre.

3. Champ d'application

La réflexion quant à la mise en œuvre d'un protocole de suivi des ripisylves dépend du domaine d'étude que l'on considère.

Si l'on souhaite se restreindre strictement à la surface boisée correspondant aux communautés de bois tendres, le domaine d'étude n'est pas fixe au cours du temps. Dans ce cas, la mobilité et le régime particulier de perturbation des peuplements pionniers de bois tendres ne permet pas le suivi de ceux-ci à l'aide d'un réseau de placettes permanentes. On pourra envisager dans ce cas la mise en œuvre de placettes PCQM temporaires.

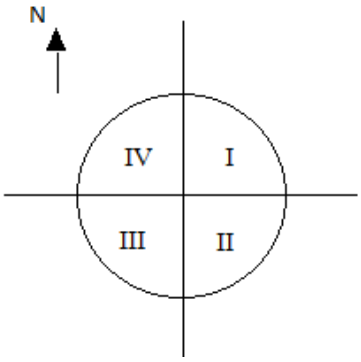
Si l'on considère non seulement les communautés de bois tendres mais également la surface en eau, il est possible de déterminer un domaine d'étude fixe au cours du temps. Il devient donc possible de caler un maillage afin de mettre en œuvre des placettes permanentes. Ainsi, la surface en eau étant prise en compte, le déplacement du cours d'eau sur une placette ne pose plus de problème. Il faut également accepter la prise en compte de quelques arbres en communauté de bois durs, c'est-à-dire en dehors de la ripisylve au sens le plus strict. Ce choix est d'autant plus adapté que le régime de perturbation lié au déplacement du cours d'eau est faible.

Dans le présent document, **le domaine d'étude considéré comprend la surface forestière en bois tendres mais également la surface en eau**. D'autre part, ce document concerne les réserves forestières présentant une ou plusieurs ripisylves de s**urface supérieure à 1 ha et dont la largeur est d'au moins 6 m de part et d'autre du cours d'eau** auquel elle(s) est (sont) liée(s).

4. Choix du type de placette

Compte tenu de la structure linéaire des ripisylves, deux choix sont à étudier : les placettes de type *point centered quarter method* (PCQM) ou alors les placettes linéaires à angle fixe.

4.1. Placettes PCQM



La placette PCQM est divisée en quartier délimités par 4 jalons selon les points cardinaux. La méthode consiste à mesurer dans chaque quart, l'élément le plus poche du centre de la placette. On mesurera ainsi un élément par catégorie de bois vivants ou morts.

Figure 1 ci-contre : schéma d'une placette PCQM

Les catégories de bois vivants seront les même que celle du PSDRF, à savoir :

- Arbre vivant $7,5 \leq D < 30$ cm ;
- Et arbre vivant $D \geq 30$ cm.

Il est également possible d'ajouter une catégorie d'arbres vivants pour prendre en compte séparément les gros bois et très gros bois. Par exemple, il est possible de mesurer pour chaque quartier un arbre $30 \leq D < 50$ cm et un $D \geq 50$ cm.

De même, on reprendra les catégories de bois morts :

- Bois mort au sol $D \geq 30$ cm ;
- Bois mort sur pied $7,5 \leq D < 30$ cm ;
- Et bois mort sur pied $D \geq 30$ cm.

Les bois morts au sol $5 \leq D < 30$ cm seront échantillonnés sur 6 transects linéaires de 10 m disposés en étoiles (soit 3 linéaire de 20 m qui se croisent en leurs milieux au centre de la placette). Cette méthode à l'avantage de fournir la même longueur d'échantillonnage linéaire que les placettes PSDRF circulaires. Le risque de corrélation spatiale n'est pas plus élevé que dans le cadre de 3 transect de 20 m.

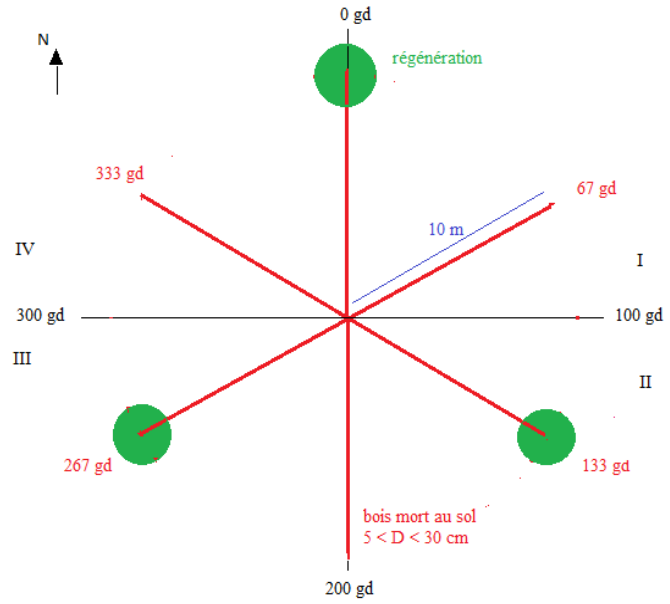
Remarque : Limiter la prospection à 20 m du centre de la placette permet de réduire le risque de mesure d'un arbre en dehors de la ripisylve en fixant une règle commune à l'ensemble des placettes. En effet, se limiter à la ripisylve conduirait à fixer des limites de prospection différentes dans chaque cas, ce qui interdirait la comparaison entre placettes.

Figure 2 : choix des transects pour les PB morts au sol

Disposition des transects	Longueur unitaire d'un transect	Nombre de transects	Longueur totale	Avantages	Inconvénients
3 linéaires en étoile	20	3	60	Aucune direction privilégiée	20m = trop long
	10	3	30		Longueur totale insuffisante
	6	3	18		
4 linéaires en croix	6	4	24	Mise en œuvre (utilisation des jalons du PCQM)	Directions N-S et E-O privilégiées
	10	4	40	Mise en œuvre (utilisation des jalons du PCQM)	- Direction N-S et E-O privilégiées - Transects un peu longs pour certaines ripisylves
	15	4	60	- Aucune direction privilégiée - Linéaire idem PSDRF initial	Transects trop longs pour certaines ripisylves
6 linéaires en étoile	10	6	60	- Aucune direction privilégiée -Longueur idem PSDRF initial - Longueur des transects adaptée	Mise en œuvre (2 jalons supplémentaires/PSDRF initial)

Remarque : Pour la comparaison avec les placettes PSDRF circulaires, on relèvera la régénération sur trois sous-placettes circulaires de 1,5 m de rayon situées à 10 m du centre de la placette, aux azimuts 0, 133 et 267 gd. Cependant, avec une telle distance, il y a un risque de « sortir » de la ripisylve au sens strict ; il est alors possible de diminuer cette dernière en prenant garde à ce que les sous placettes ne se recoupent pas.

Figure 3 : Schéma global de la placette PCQM



Remarque : Le risque d'aller chercher un arbre en dehors de la ripisylve n'est pas exclu. Cependant, il est minime comparé à celui des placettes linéaires à angle fixe.

Remarque 2 : Il est aussi envisageable, si la largeur de la ripisylve le permet, de réaliser 4 transects de relevés des petits bois morts au sol de 15 m de long ainsi que 4 sous-placettes de régénération selon les 4 points cardinaux. Cependant, les placettes seront identiques sur une même réserve : il faut s'adapter aux

variations possibles de la largeur de la ripisylve en choisissant les placettes pour lesquelles la prospection est adaptée à la largeur la plus restreinte.

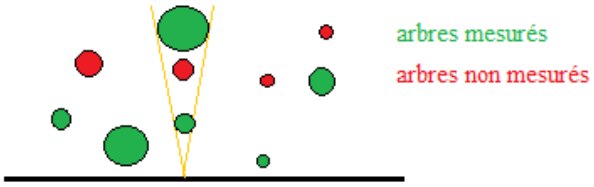
4.2. Placettes linéaires à angle fixe

Les arbres vivants sont inventoriés selon un angle fixe le long d'un transect linéaire suivant le cours d'eau.

Le transect linéaire sera matérialisé de manière permanente par deux piquets métalliques (de préférence des bornes féno) et de manière temporaire à l'aide du topofil.

4.2.1. Choix de l'angle fixe

Figure 4 : Placette linéaire à angle fixe



Avec les placettes linéaires à angle fixe, un arbre est mesuré si son diamètre (D en centimètres) est au moins égal à sa distance au transect (d en mètres) multiplié par l'angle fixe (α en %), c'est-à-dire si : $D \geq \alpha \times d$.

Du fait de la structure irrégulière des ripisylves, le choix d'un angle fixe trop important risque de sous-estimer les perches. Cependant, fixer un angle trop faible augmenterait considérablement le risque de mesurer des arbres n'appartenant pas à la ripisylve au sens strict (communauté de bois tendres). L'angle fixe doit donc être choisi en fonction du capital de la forêt étudiée et de la largeur attendue de la ripisylve de manière à éviter de sortir trop souvent de cette dernière.

Exemple : Étude du diamètre maximal au niveau des ripisylves potentielles en RBI Artoise

La RBI Artoise a mis en œuvre le PSDRF sur ripisylves, ce qui en fait un bon exemple pour étudier de l'utilité et l'efficacité des deux méthodes de suivi des ripisylves présentées dans ce document. Dans cet exemple, les données issues du PSDRF mis en œuvre sont utilisées pour déterminer l'angle fixe à choisir.
Dans les réserves n'ayant pas mis en œuvre le PSDRF, une phase de terrain sera nécessaire afin de déterminer le diamètre maximal des arbres de la ripisylve ainsi que les variations de la largeur de cette dernière.

Figure 5 : Nombre de placettes présentant un diamètre maximal supérieur à 60 ; 70 ; 80 ou 90 cm (RBI d'Artoise).

	D1 max ≥ 60 cm	D1 max ≥ 70 cm	D1 max ≥ 80 cm	D1 max ≥ 90 cm
nb de placettes	8	7	3	1

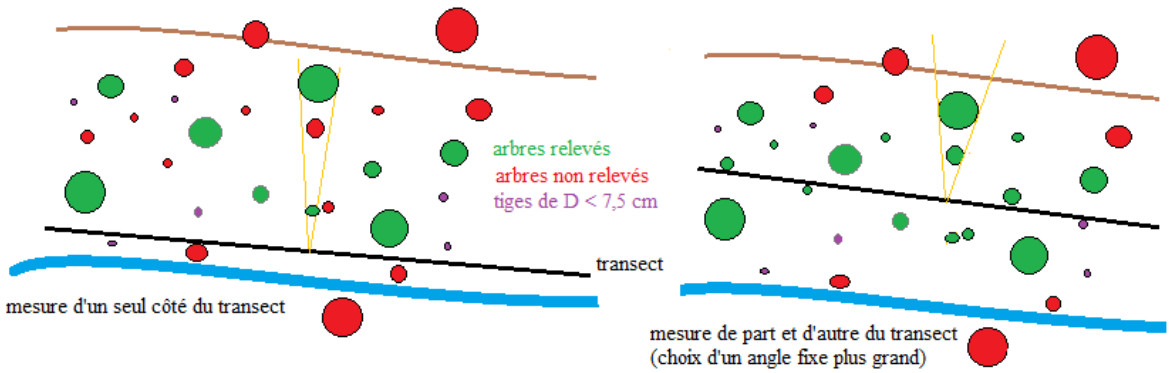
D'après la figure 5, peu de placettes présentent des arbres de diamètre supérieur à 80 cm mais la plupart comportent des arbres d'au moins 70 cm de diamètre. Il faut donc choisir l'angle de fixe de manière à ce que ces arbres soient mesurés jusqu'à une distance compatible avec la largeur de la ripisylve.
Par exemple, si la largeur de la ripisylve est de 10 m à partir du transect, un angle fixe de 7% permet de limiter la mesure des arbres de diamètre 70 cm à 10 m (3 x 7 = 70) mais la prospection pour les arbres de plus de 70 cm risque de conduire hors de la ripisylve. Un angle fixe de 8% serait donc plus adapté car il semble qu'il y ait peut d'arbre de cette dimension.

4.2.2. Choix de la longueur et du type de transect linéaire

La mesure peut se faire d'un seul côté ou de part et d'autre du transect.

Effectuer les mesures d'un seul côté du transect présente l'avantage de faciliter les mesures et donc de minimiser le temps passé sur la placette mais également de diminuer le risque d'erreur. Cependant, avec la seconde méthode, on échantillonne deux fois plus de surface à faible distance du transect et le nombre de perches mesurées est donc plus important, ce qui peut être un avantage lorsque l'angle fixe choisi est fort. De plus, cela permet d'éloigner les piquets métalliques des berges, ce qui réduit le risque de perte de ces derniers en cas de modifications importantes des berges. Enfin, les mesures de part et d'autre du transect linéaire permettent de prendre en compte les berges.

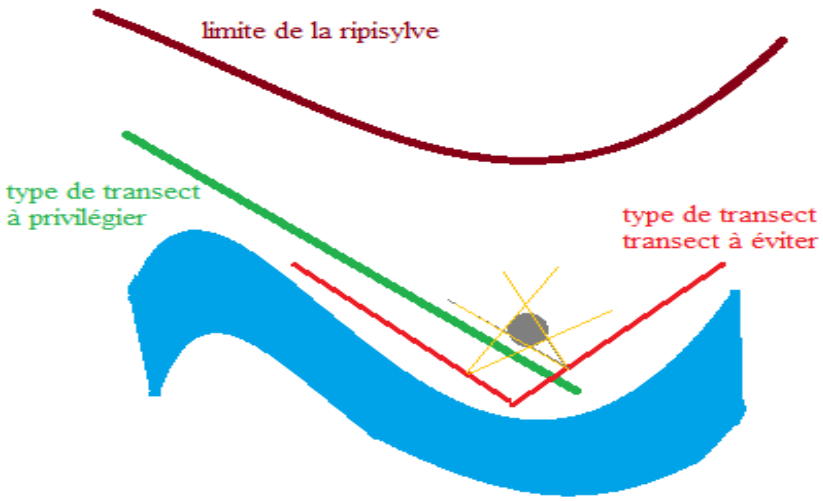
Figure 6 : Choix du type de transect



Le choix de mesurer de part et d'autre du transect est donc à privilégier. Dans ce cas, l'angle choisi sera plus grand car la distance de prospection sera plus faible. D'autre part, pour faciliter les mesures, il faut également choisir l'angle de manière à ne pas avoir à mesurer d'arbre au-delà du cours d'eau. Cependant, la surface en eau appartenant au domaine d'inventaire, si la dynamique du cours d'eau est importante, ces mesures seront à réaliser.

Dans le cas des cours d'eau sinueux, un travail sera nécessaire afin de déterminer la longueur des transects. En effet, choisir des transects qui suivent les cours d'eau est à éviter dans ce cas, au risque de mesurer deux fois le même arbre (voir schéma ci-dessous).

Figure 7 : type de transect à éviter



La longueur et la position des transect devra donc être choisie en tenant compte à la fois de la largeur de la ripisylve et de la morphologie du cours d'eau.

4.2.3. Choix de la méthode d'inventaire des arbres vivants de plus faible diamètre

Afin de mesurer un nombre de perches suffisant et de diminuer le risque de « sortir » de la ripisylve, il est possible de relever les perches sur une surface fixe.

L'angle fixe choisi et la largeur de la sous-placette à surface fixe doivent être cohérents avec le diamètre limite entre les deux catégories d'arbres vivants.
En effet, dans le premier cercle (rayon 10 m) des placettes circulaires du PSDRF, tous les arbres $7,5 \leq D < 30$ cm sont comptés alors que dans le second cercle (rayon 20 m) seuls les arbres $D \geq 30$ cm sont pris en compte. Cette limite de diamètre doit être fixée en fonction de l'angle fixe utilisé et de la taille du premier cercle. Ainsi, à 10 m avec un angle fixe de 3 % le diamètre limite doit être de 30 cm (3 x 10). Dans le cas d'un angle fixe de 2 % et avec un premier cercle de 10 m, le diamètre limite doit être de 20 cm (2 x 10).
La réflexion est similaire dans le cas des placettes linéaires à angle fixe. En reprenant l'exemple précédent, avec une distance de prospection de 3 m et un angle fixe de 8 %, le diamètre limite doit être de 24 cm. Il faut ensuite trouver le bon compromis pour faciliter la mise en œuvre sur le terrain, notamment en tenant compte de la longueur du linéaire.

Par exemple, avec un angle fixe de 20 % et une largeur de 2,5 m de part et d'autre du transect, le diamètre limite entre les deux catégories d'arbres vivants est de 50 cm. Les arbres $D < 50$ cm seront donc relevés sur la surface fixe et ceux $D \geq 50$ cm selon l'angle fixe de 20 %. Cependant, avec ce choix, l'effort d'échantillonnage risque d'être important selon la longueur du transect choisie. On peut alors prendre un angle fixe de 10 %, une distance de 2 m et un diamètre limite de 20 cm. Ce choix est à faire en fonction de la largeur de la ripisylve au sens strict.

Figure 8 : Détermination de la sous-placette fixe et de la catégorie d'arbres à y relever

Angle fixe (%)	D limite (cm)	Largeur de la sous-placette (m)	Longueur du transect (m²)	Surface de la sous-placette (m²)
10	20	2	60	240
10	20	2	80	320
20	50	2,5	60	300
10	30	3	60	360

La surface de la sous-placette de surface fixe est également à prendre en compte. Pour comparaison, la surface de la sous-placette de surface fixe d'une placette circulaire PSDRF (rayon de 10 m) est de 314 m².

Remarque : Pour une réserve donnée, il est préférable d'utiliser le même angle faute de quoi les comparaisons doivent se faire en se basant sur les angles fixes les plus grands car ils correspondent à la plus petite surface échantillonnée. Les données mesurées sur les placettes échantillonnées avec un angle plus petit seront ramenées à l'angle le plus grand (certains arbres ne seront pas pris en compte).

De même, les bois morts sur pied ou au sol d'un certain diamètre pourront être inventoriés sur une surface fixe.

Les bois morts au sol, de même que dans le cadre des placettes circulaires du PSDRF pourront être relevés sur un transect linéaire correspondant au linéaire de la placette à angle fixe. Le choix de la longueur de la placette linéaire doit donc prendre en compte ces relevés. Pour comparaison, la longueur totale de linéaire pour le relevé du bois mort est de 60 m avec une placette circulaire PSDRF classique.

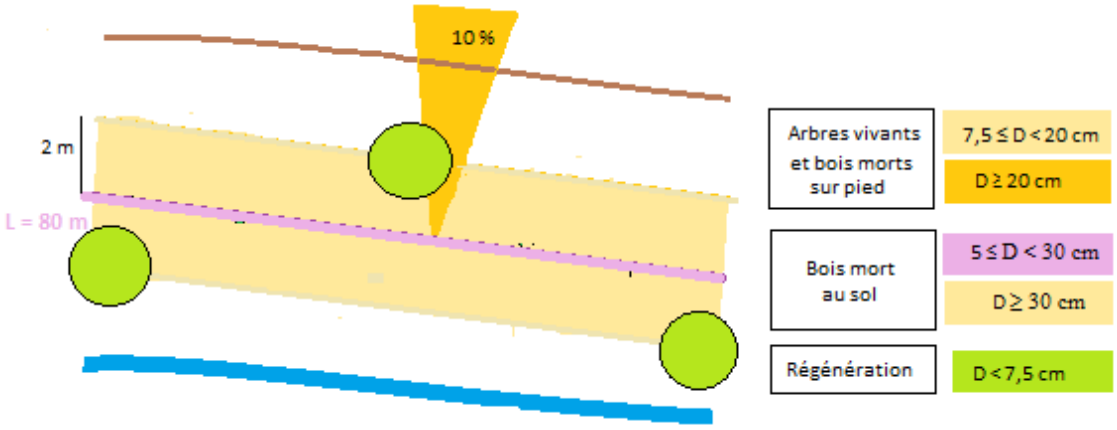
4.2.4. Suivi de la régénération

Le suivi de la régénération pourra se faire grâce à un système de sous-placettes circulaires de 1,5 m de rayon disposées de part et d'autre du transect linéaire à une distance égale à celle de la largeur de la surface fixe.

4.2.5. Conclusion : type de transect linéaire à privilégier

Le schéma ci-dessous présente le type de placette linéaire a priori le plus adapté au cas des ripisylves.

Figure 9 : Exemple de placette linéaire avec un angle fixe de 10% et une largeur de sous placette de 2 m



4.3. Avantages et inconvénients des deux types de placettes a priori

Le présent paragraphe résume les avantages et les inconvénients relatifs au choix de l'un ou l'autre des deux types de placettes précédemment présenté, et ce a priori. Une phase de terrain reste nécessaire à la comparaison de ces méthodes.

4.3.1. Placettes de type PCQM

Avantages :

- Facilité et rapidité de mise en œuvre ;
- On recherche l'élément le plus proche donc on s'éloigne peu du centre de la placette, le risque de sortir de la ripisylve est moindre par rapport aux placettes circulaires ou linéaires à angle fixe.

Inconvénients :

- Méthode moins précise pour l'estimation du capital ;
- Nécessite une bonne visibilité, ce qui peut être une contrainte en ripisylve (végétation basse dense, nombreuses lianes, etc.).

4.3.2. Placettes linéaires à angle fixes

Avantages :

- Suit la structure linéaire du cours d'eau ;
- Meilleure estimation du capital.

Inconvénients :

- Nécessiter d'implanter deux piquets par placette (coût) ;
- risque de biais lié à l'effet observateur sur la mesure de l'azimut.

4.4. Conclusion

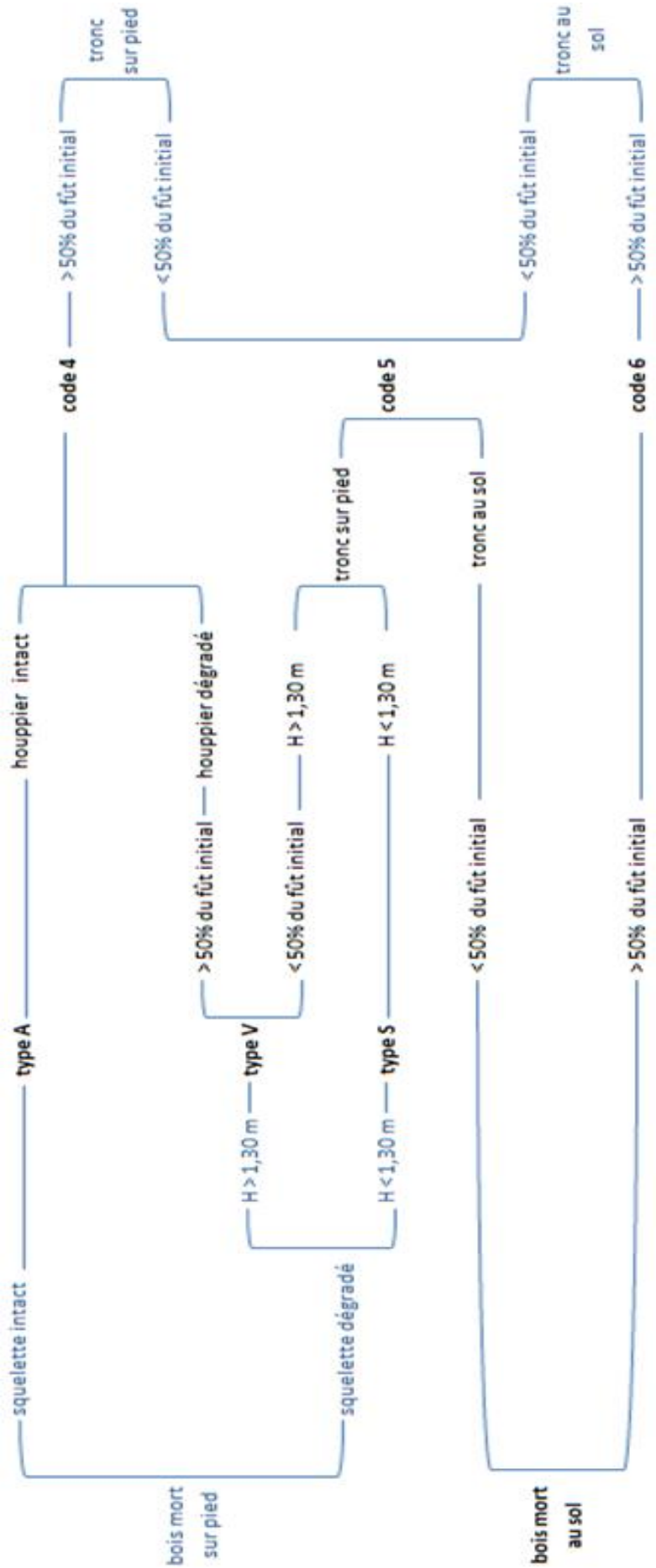
La placette linéaire à angle fixe et surface fixe est a priori plus adaptée au cas des ripisylves. Des tests sur le terrain sont cependant nécessaires pour comparer ces deux méthodes.

L'étude présentée ici ne vise qu'à présenter des méthodes d'échantillonnages potentiellement adaptées au cas des ripisylves. Il n'a pas été réalisé d'étude quant à l'effort d'échantillonnage en termes de nombre de placettes, ce qui est indispensable à la mise en œuvre d'un protocole de suivi des ripisylves. De plus, la longueur du linéaire d'une placette à angle fixe est à déterminer, notamment en tenant compte de la précision voulue quant aux estimations du volume de bois morts.

5. Mesures

On reprendra ici les mesures proposées dans le PSDRF ou dans le PSDRF-MA (module alluvial).

Annexe 8 : Clé de détermination et de transition PFA/PSDRF des types de bois morts



Annexe 9 : Méthodologie et résultats des tests statistiques (test t ou test de Wilcoxon) comparant le PFA et le PSDRF pour les différentes réserves du réseau PFA

Méthodologie :

Pour chaque réserve et chaque paramètre étudié (G en m²/ha ou N en nombre/ha), on considère les résultats issus de la mise en œuvre des deux protocoles. On obtient alors deux échantillons : l'échantillon PSDRF et l'échantillon PFA pour chaque paramètre et chaque réserve.

Les deux protocoles sont mis en place sur les mêmes placettes. Les échantillons PFA et PSDRF sont donc appariés.

Le test t de Student, qui repose sur la comparaison de moyennes, permet de comparer les deux échantillons. Ce test ne peut s'appliquer que si les échantillons comparés suivent une loi normale et présentent la même variance. L'hypothèse nulle (H_0) est la suivante : les moyennes des deux échantillons sont égales. On calcule ensuite la probabilité de rejeter H_0 à tort, c'est la « p-value ». Avec un seuil de confiance de 5 %, si p-value < 0.05, on rejette H_0 et les estimations issues des deux protocoles sont significativement différentes. Sinon, il n'y a pas de différence significative entre les échantillons ; le PSDRF et le PFA fournissent donc des estimations similaires.

Le test de Wilcoxon ne nécessite aucune supposition quant aux échantillons comparés (test non paramétrique) mais est moins robuste que le test T de Student. De même que le test t de Student, le test de Wilcoxon permet de déterminer si la différence entre les deux échantillons est significative. Ici, on compare la distribution des deux échantillons. Si p-value > 0.05, on accepte H_0 et les deux protocoles fournissent des estimations similaires. Sinon, on rejette H_0 et les estimations issues des deux protocoles sont significativement différentes.

Afin de déterminer si les échantillons suivent une loi normale, on réalise le test de Shapiro pour chacun d'entre eux. Selon H_0, l'échantillon suit une loi normale donc si p-value > 0.05, l'échantillon suit une loi normale.
Ensuite, un test de comparaison de variance est utilisé pour tester l'égalité des variances des échantillons comparés. Ici, H_0 suppose l'égalité entre les variances donc si p-value > 0.05 les échantillons ont la même variance.

Enfin, lorsque les échantillons comparés (donc correspondant au même paramètre de la même réserve) suivent une loi normale et présentent la même variance, le test t est utilisé. Si ces deux conditions ne sont pas remplies, le test de Wilcoxon est effectué.

Les boites à moustaches permettent de comparer visuellement la distribution des deux échantillons.

Résultats :

Les résultats ci-après sont détaillés par réserve.

Arrêté de Biotope de la Barthelasse

Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 3 % sur 23 placettes

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

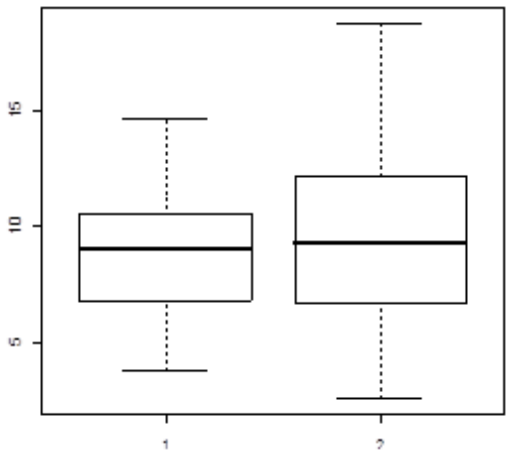
Arbres vivants D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.6418
PSDRF : p-value = 0.3296
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.1106
Les échantillons ont la même variance.

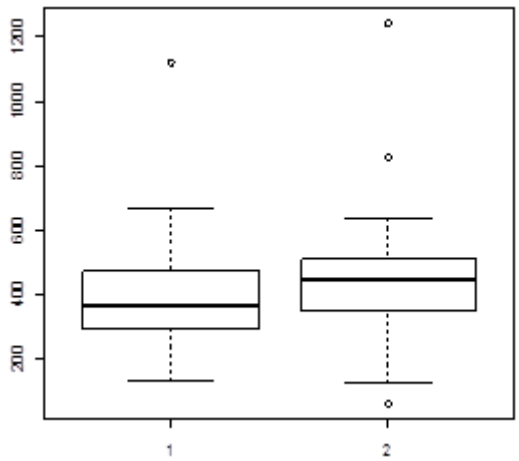
Test t : p-value = 0.2835
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.0006568
PSDRF : p-value = 0.004585
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.1729
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

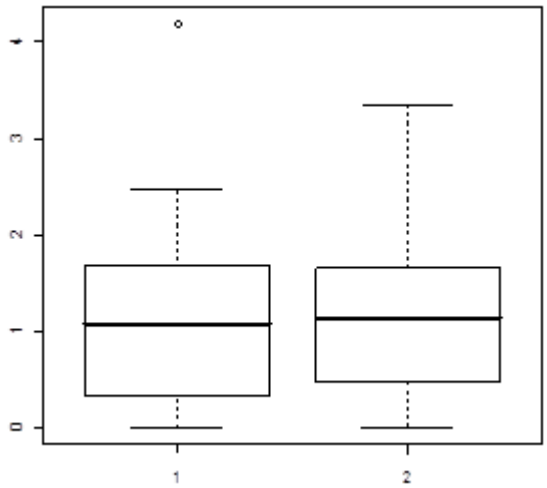


Bois mort sur pied D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.02334
PSDRF : p-value = 0.08345
L'échantillon PFA ne suit pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.7668
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

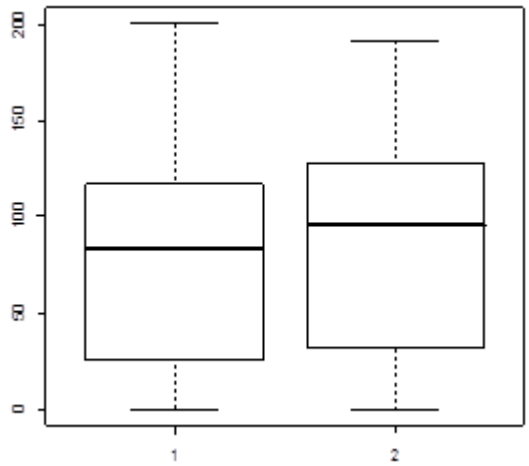


N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.09017
PSDRF : p-value = 0.05273
Les deux échantillons suivent une loi normale

Test d'égalité des variances : p-value = 0.627
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.3231
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Réserve d'Erstein

Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 3 % sur 54 placettes

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

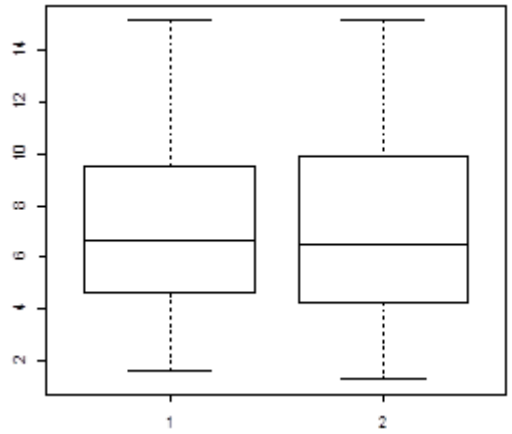
Arbres vivants D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.102
PSDRF : p-value = 0.1813
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.2812
Les échantillons ont la même variance.

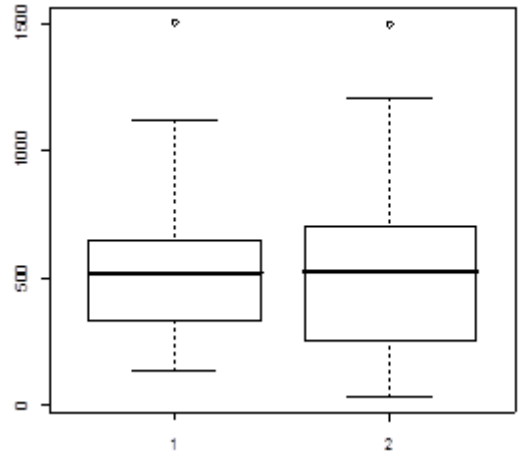
Test t : p-value = 0.7344
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.002515
PSDRF : p-value = 0.06714
L'échantillon PFA ne suit pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.9681
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

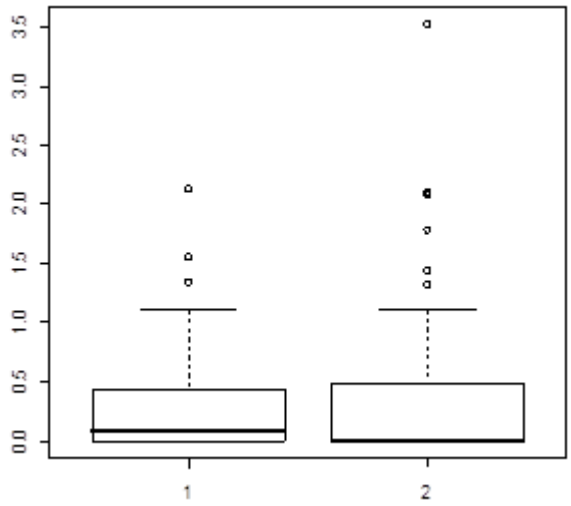


Bois mort sur pied D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.499e-08
PSDRF : p-value = 1.128e-10
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

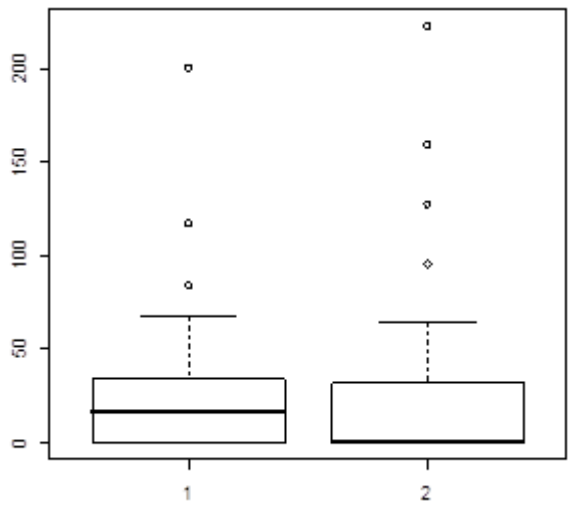
Test de Wilcoxon : p-value = 0.3120
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA :, p-value = 9.229e-10
PSDRF : p-value = 2.865e-10
Les deux échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.4214
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

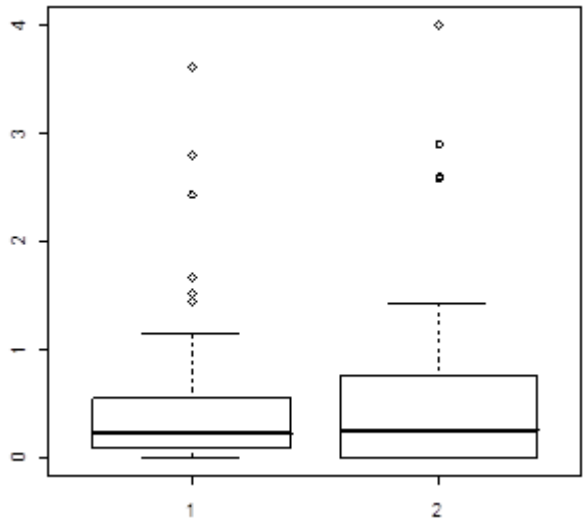


Recrutement

G(m²/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 1.755e-09
PSDRF : p-value = 5.484e-09
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

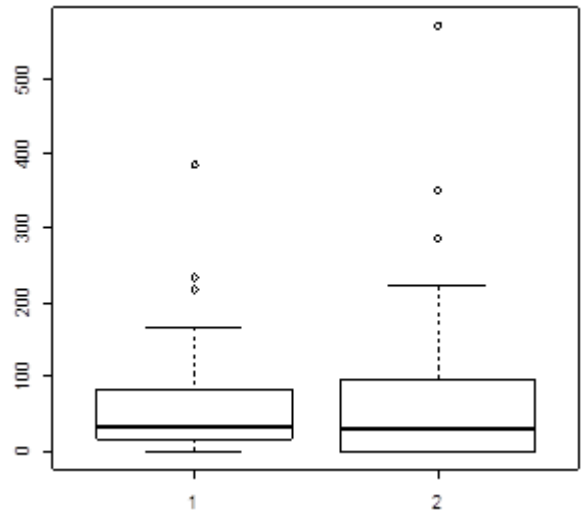
Test de Wilcoxon : p-value = 0.8443
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha) :

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 3.097e-08
PSDRF : p-value = 5.476e-09
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.7337
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Réserve des Ramières

Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 3 % sur 27 placettes

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

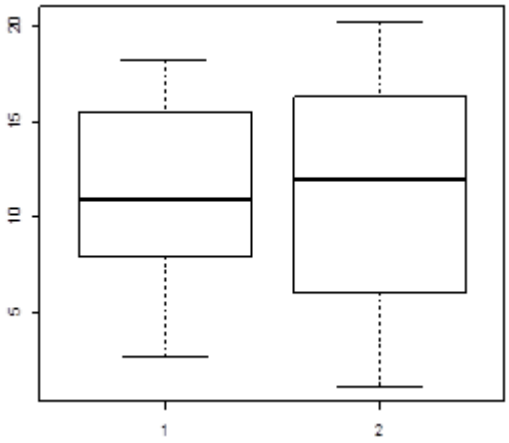
Arbres vivants D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.2371 ; PSDRF: p-value = 0.1401
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.2142
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.8105
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

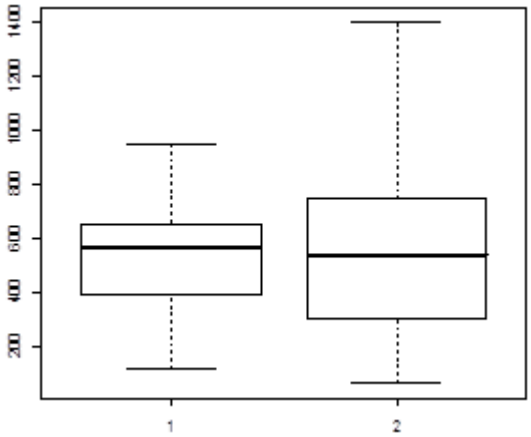


N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.6899 ; PSDRF: p-value = 0.1854
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.05926
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.6244
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

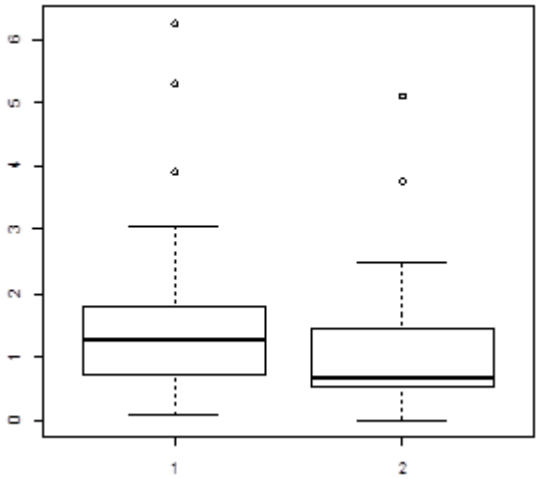


Bois mort sur pied D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.000114
PSDRF: p-value = 3.989e-05
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

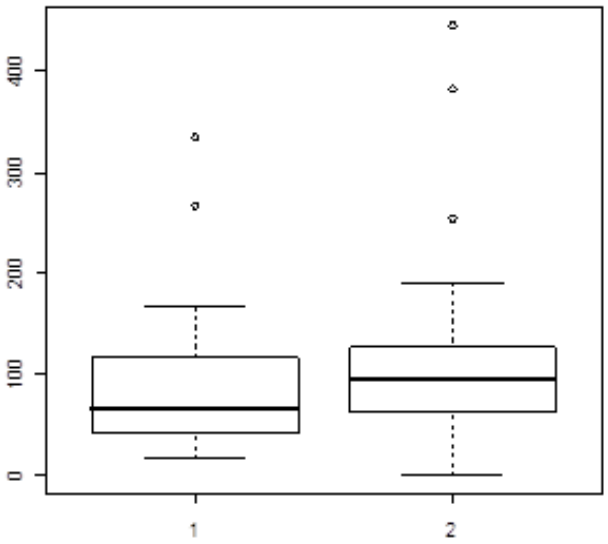
Test de Wilcoxon : p-value = 0.08359
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 9.899e-05
PSDRF: p-value = 8.496e-05
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.4875
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

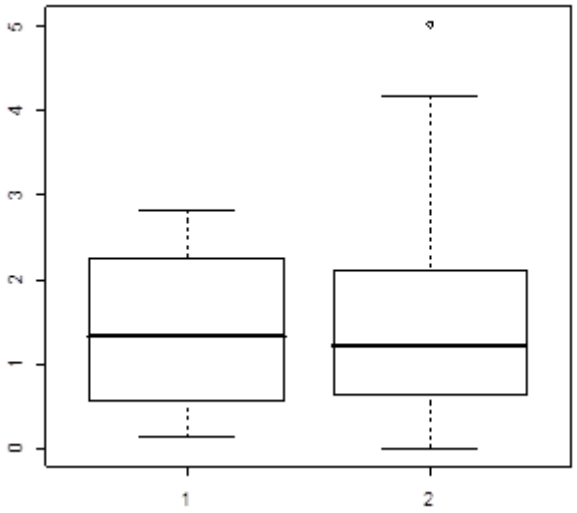


Recrutement

G (m²/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.09037
PSDRF : p-value = 0.005729
L'échantillon PSDRF ne suit pas une loi normale

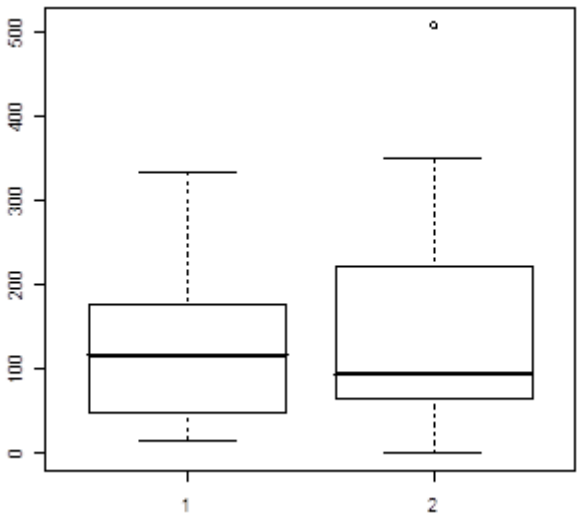
Test de Wilcoxon : p-value = 0.8763
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.1491
PSDRF : p-value = 0.004144
L'échantillon PSDRF ne suit pas une loi normale

Test de Wilcoxon : p-value = 0.5556
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Réserve de l'Ile du Rohrschollen

Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 3 % sur 76 placettes

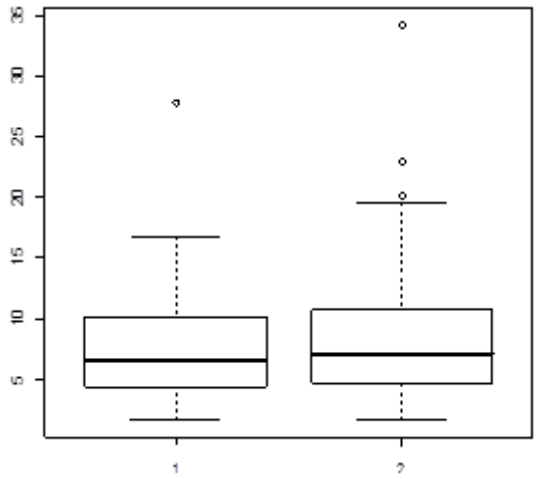
NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

Arbres vivants D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.142e-06
PSDRF: p-value = 2.076e-07
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

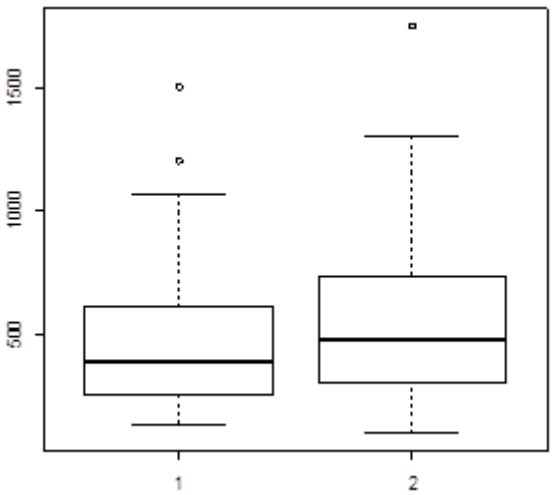
Test de Wilcoxon : p-value = 0.4735
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.402e-06
PSDRF: p-value = 1.726e-05
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.06779
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

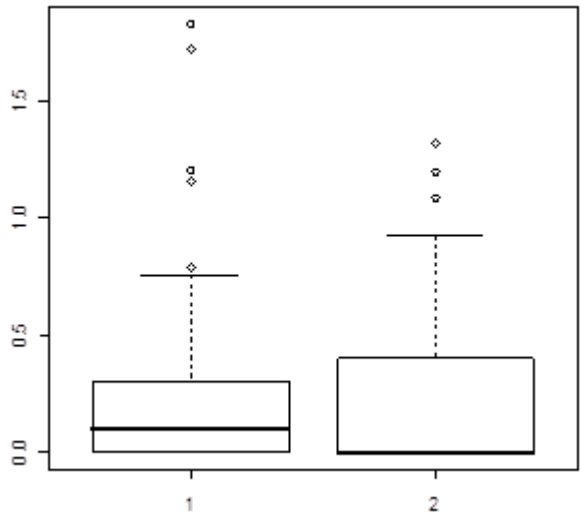


Bois mort sur pied D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 5.127e-12
PSDRF: p-value = 9.082e-11
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

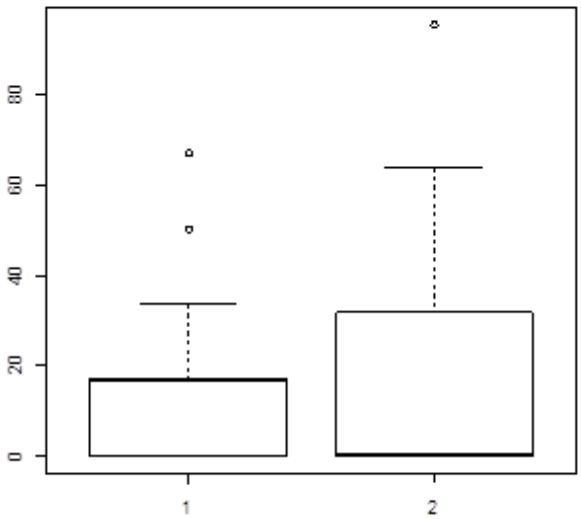
Test de Wilcoxon : p-value = 0.5418
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 4.35e-09
PSDRF: p-value = 2.060e-11
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.6626
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Réserve du Val de Loire

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

Arbres vivants D < 40 cm

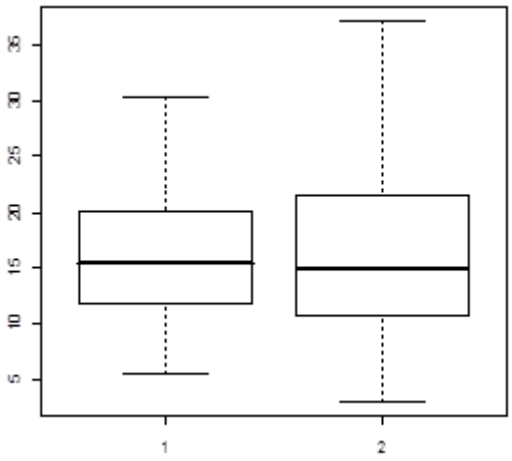
Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 4 % sur 35 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.3893
PSDRF: p-value = 0.07438
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.08145
Les échantillons ont la même variance.

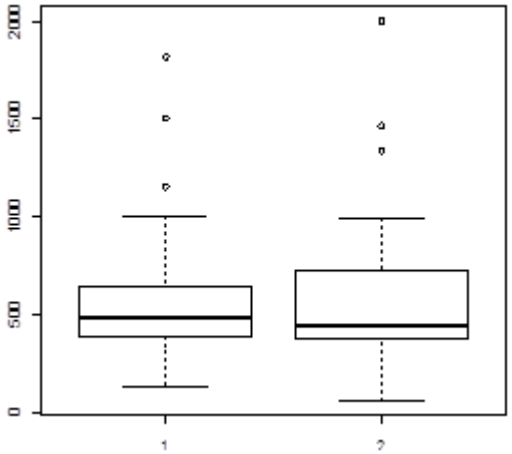
Test t : p-value = 0.8541
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.891e-05
PSDRF: p-value = 0.0001502
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.9625
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Arbres vivants D < 5 cm

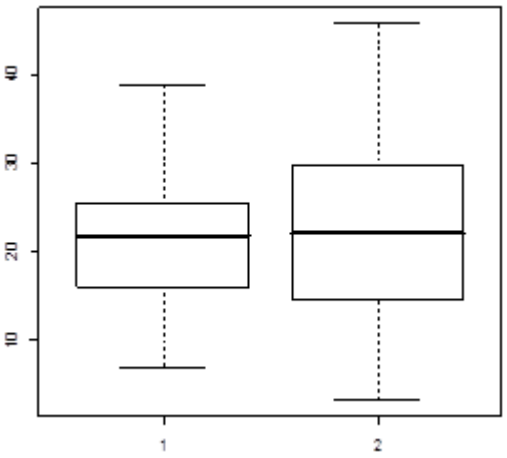
Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 5 % sur 35 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.8308
PSDRF: p-value = 0.6408
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.07185
Les échantillons ont la même variance.

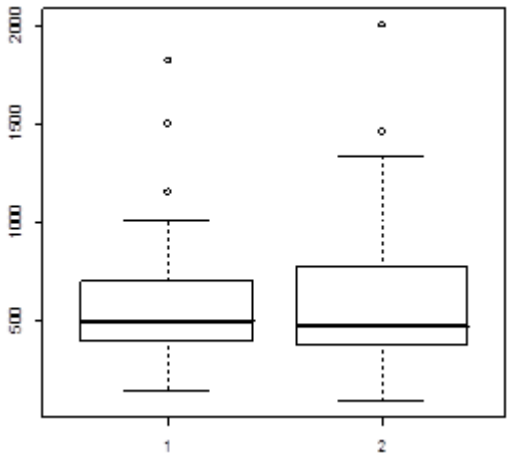
Test t : p-value = 0.6812
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 8.205e-05
PSDRF: p-value = 0.0007083
Les deux échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.8786
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



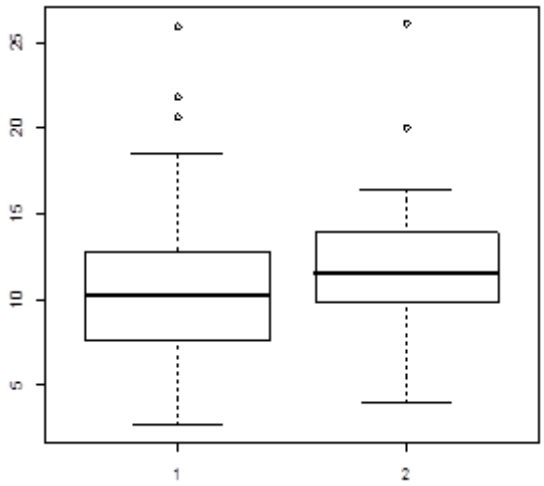
Arbres vivants D < 30 cm

Protocoles comparés : PFA sur 35 placettes et PSDRF à 3 % sur 18 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.01554
PSDRF: p-value = 0.09006
L'échantillon PFA ne suit pas une loi normale.

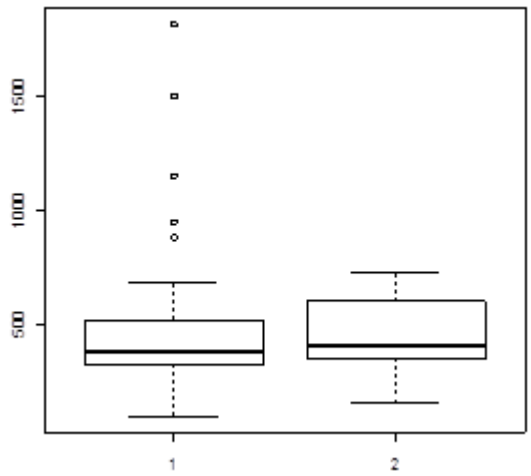
Test de Wilcoxon : p-value = 0.2209
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 5.832e-06
PSDRF: p-value = 0.5488
L'échantillon PFA ne suit pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.6452
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



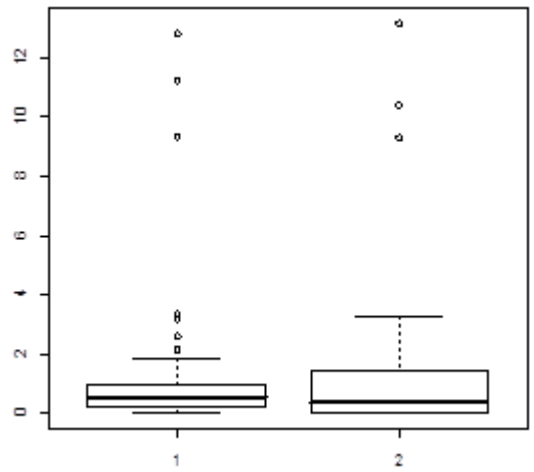
Bois morts sur pied D < 30 cm

Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 4 ou 5% sur 35 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.228e-09
PSDRF: p-value = 2.49e-09
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

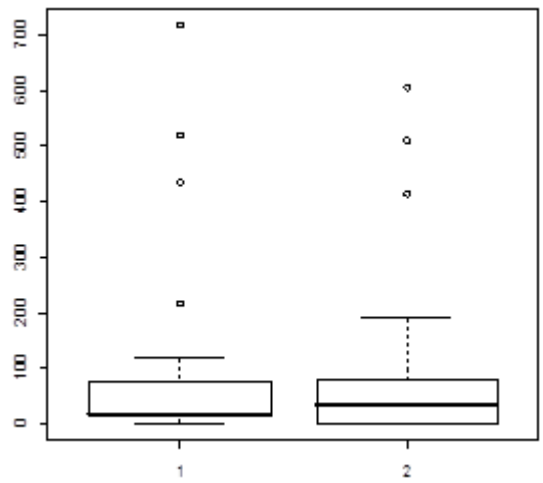
Test de Wilcoxon : p-value = 0.3320
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.182e-09
PSDRF: p-value = 1.270e-08
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.5441
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

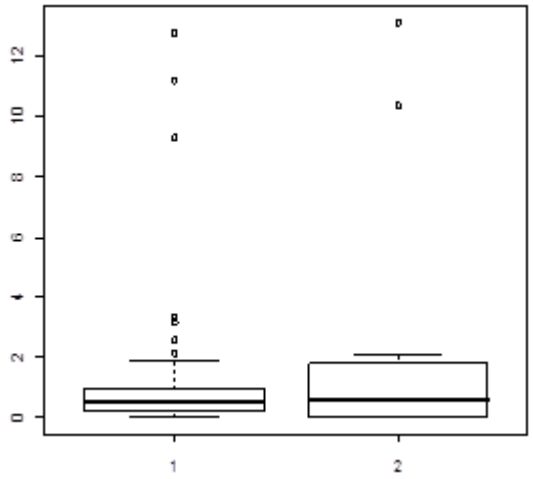


Protocoles comparés : PFA sur 35 placettes et PSDRF à 3 % sur 18 placettes

G (m^2 /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.228e-09
PSDRF: p-value = 2.769e-06
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

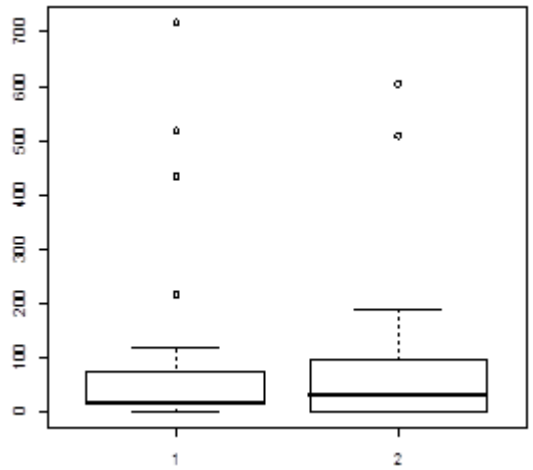
Test de Wilcoxon : p-value = 0.858
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.182e-09
PSDRF: p-value = 5.898e-06
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.9318
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Réserve de l'Ile de la Platière

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

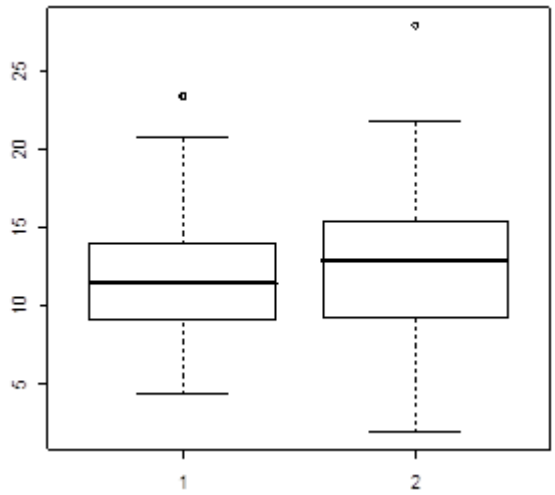
Arbres vivants D < 30 cm

Protocoles comparés : PFA sur 63 placettes et PSDRF à 3 % sur 34 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.5488
PSDRF: p-value = 0.0461
L'échantillon PSDRF ne suit pas une loi normale

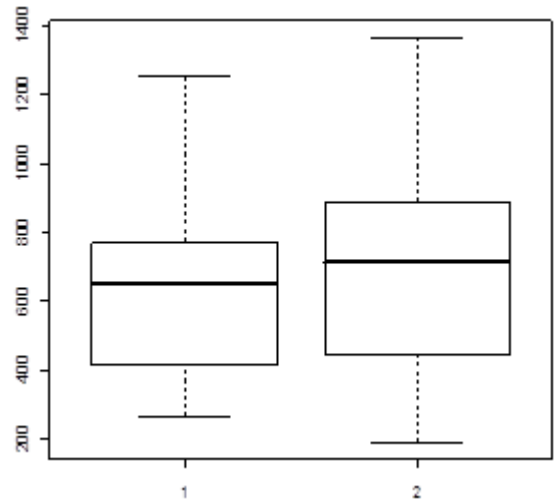
Test de Wilcoxon : p-value = 0.3275
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.6344
PSDRF: p-value = 0.004439
L'échantillon PSDRF ne suit pas une loi normale

Test de Wilcoxon : p-value = 0.3742
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Arbres vivants D < 40 cm

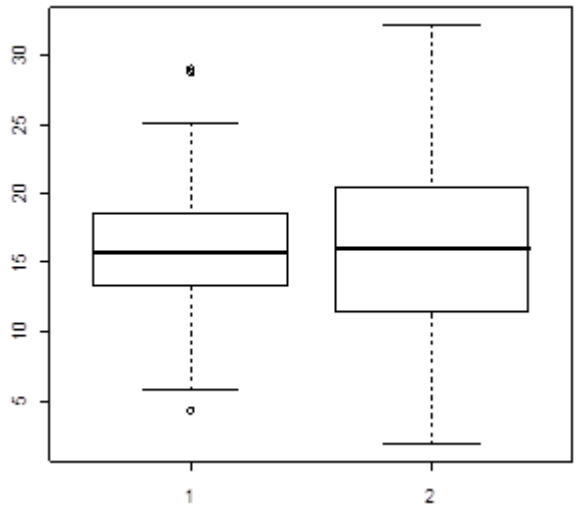
Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 4 % sur 63 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.8064
PSDRF: p-value = 0.1638
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.3281
Les échantillons ont la même variance.

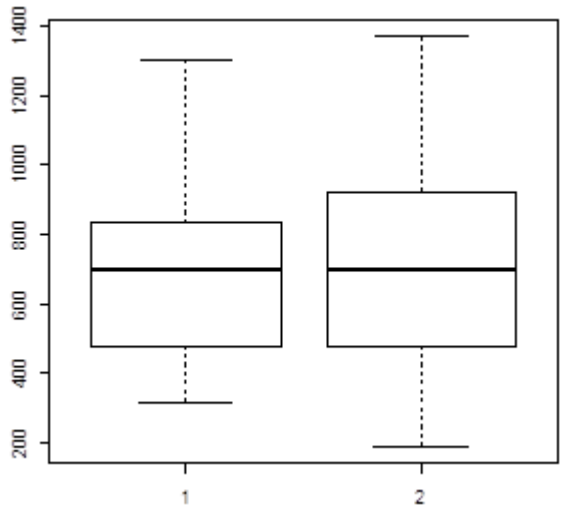
Test t : p-value = 0.9893
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.1395
PSDRF: p-value = 0.02487
L'échantillon PSDRF ne suit pas une loi normale

Test de Wilcoxon : p-value = 0.811
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Arbres vivants D < 50 cm

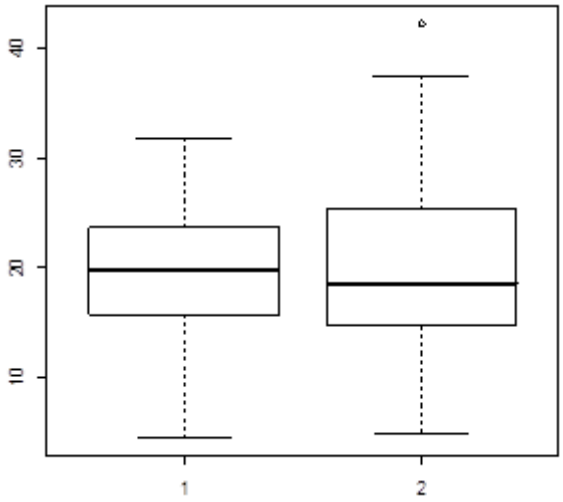
Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 5 % sur 63 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.08386
PSDRF: p-value = 0.9222
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.3240
Les échantillons ont la même variance.

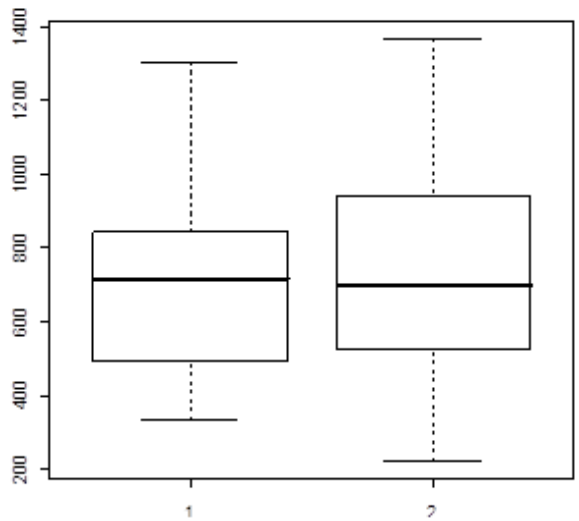
Test t: p-value = 0.9201
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.1794
PSDRF: p-value = 0.04463
L'échantillon PSDRF ne suit pas une loi normale

Test de Wilcoxon : p-value = 0.7771
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



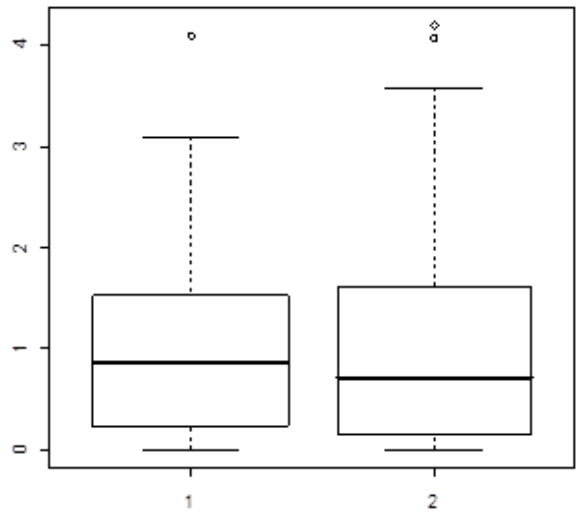
Bois morts sur pied D < 30 cm

Protocoles comparés : PFA sur 63 placettes et PSDRF à 3 % sur 34 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : W = 0.8336, p-value = 0.0001229
PSDRF: W = 0.8832, p-value = 0.001698
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

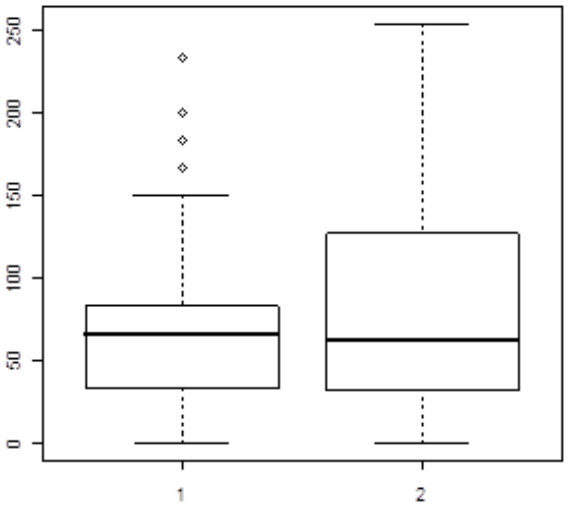
Test de Wilcoxon : W = 589.5, p-value = 0.8924
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.008145
PSDRF: p-value = 0.009154
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.7957
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

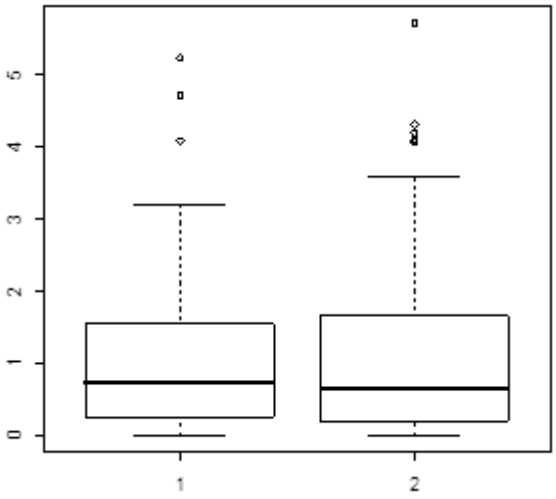


Protocoles comparés : PFA et PSDRF à 4 ou 5 % sur 63 placettes

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 3.697e-07
PSDRF: p-value = 6.98e-07
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

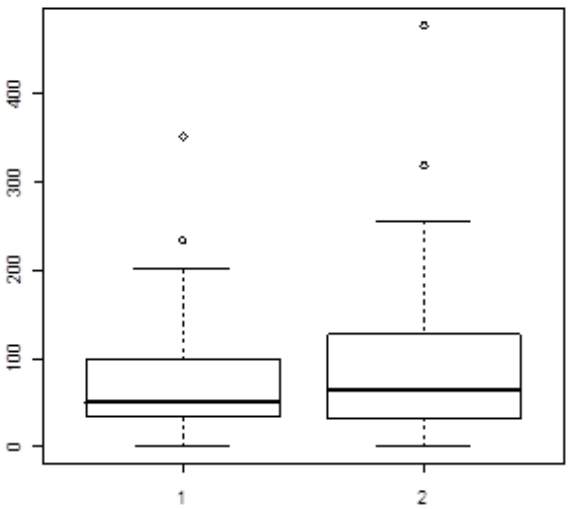
Test de Wilcoxon : p-value = 0.8317
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA p-value = 6.33e-08
PSDRF: p-value = 3.12e-06
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.6646
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

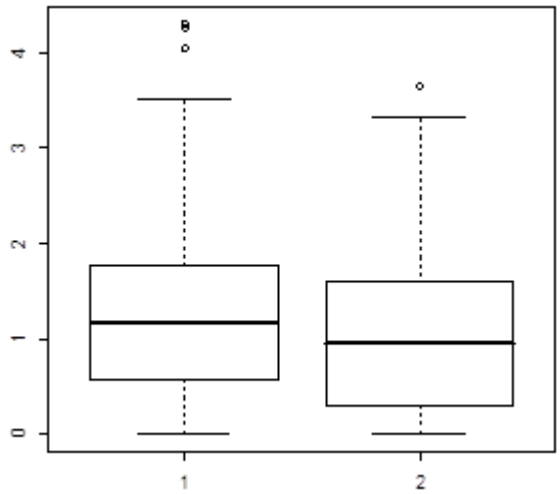


Recrutement

G(m²/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.0001692
PSDRF : p-value = 0.001168
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

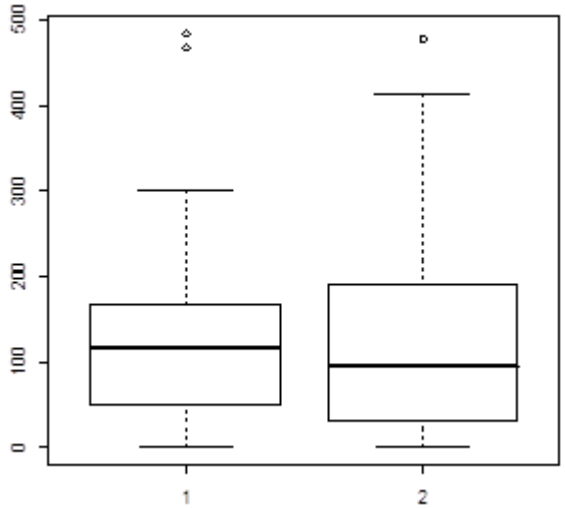
Test de Wilcoxon : p-value = 0.1149
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 5.533e-06
PSDRF : p-value = 0.0001168
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.5908
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Réserve de St Mesmin-St Pryvé

Protocoles comparés : PFA sur 37 placettes et PSDRF à 5 % sur 19 placettes

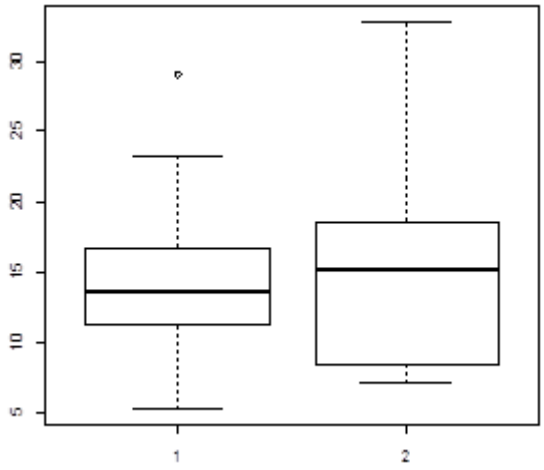
NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le PFA (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

Arbres vivants D < 50 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.02372; PSDRF: p-value = 0.3472
L'échantillon PFA ne suit pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.9317
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

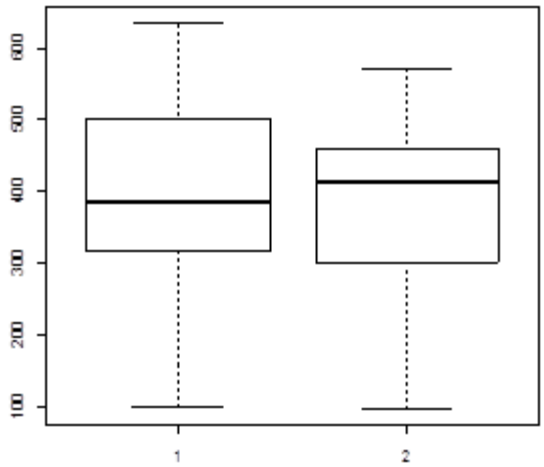


N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.3435
PSDRF: p-value = 0.9522
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.712
Les échantillons ont la même variance.

Test t: p-value = 0.7697
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

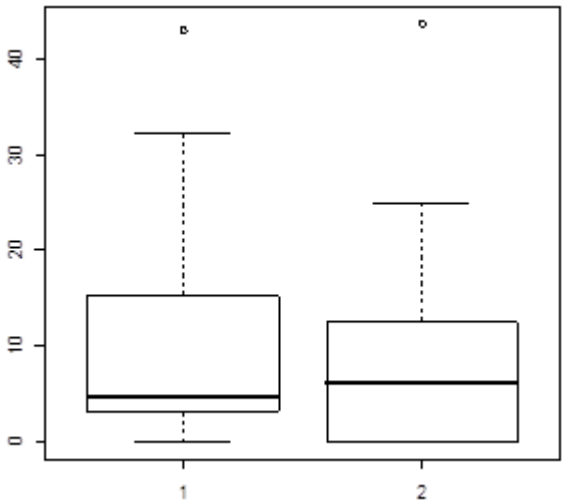


Arbres vivants D ≥ 50 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.0004343
PSDRF: p-value = 5.211e-05
Les deux échantillons ne suivent pas une loi normale.

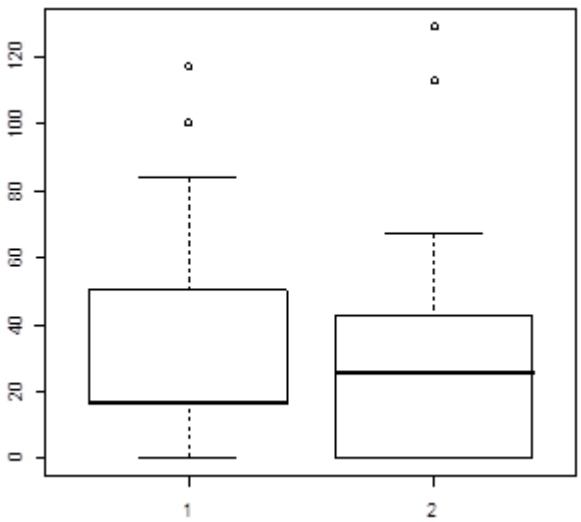
Test de Wilcoxon : p-value = 0.6747
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 0.0009597
PSDRF: p-value = 9.838e-05
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.5601
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

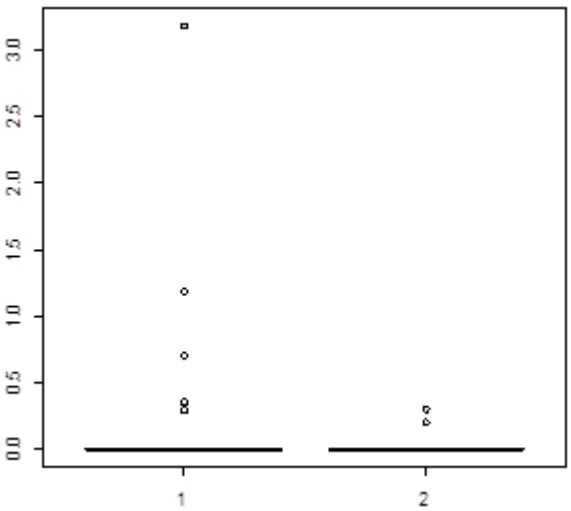


Bois morts sur pied D < 30 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 4.576e-08
PSDRF: p-value = 5.35e-12
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

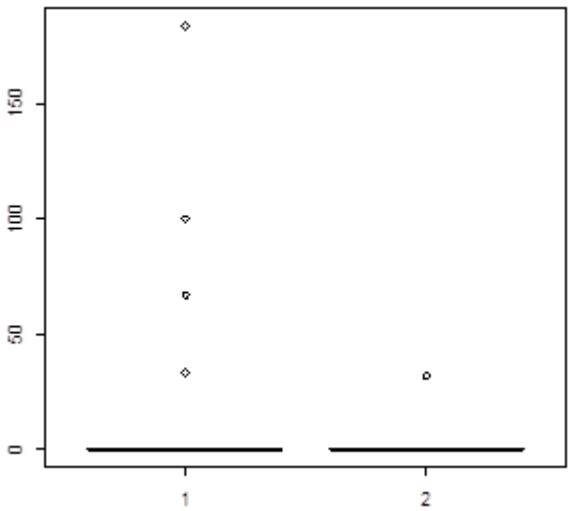
Test de Wilcoxon : p-value = 0.6733
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 3.699e-08
PSDRF : p-value = 1.904e-11
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.6514
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

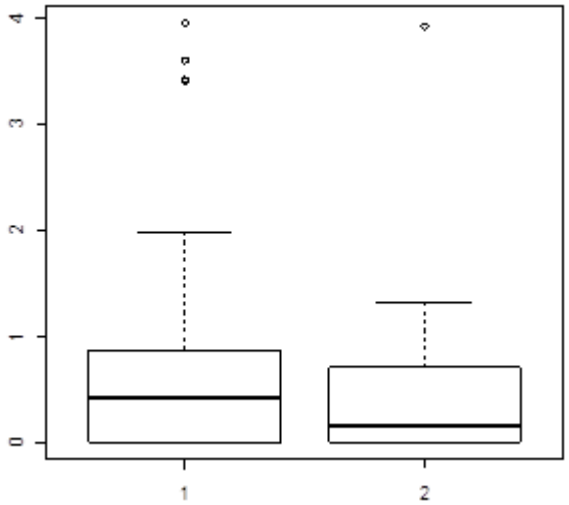


Recrutement

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.159e-07
PSDRF: p-value = 9.98e-06
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

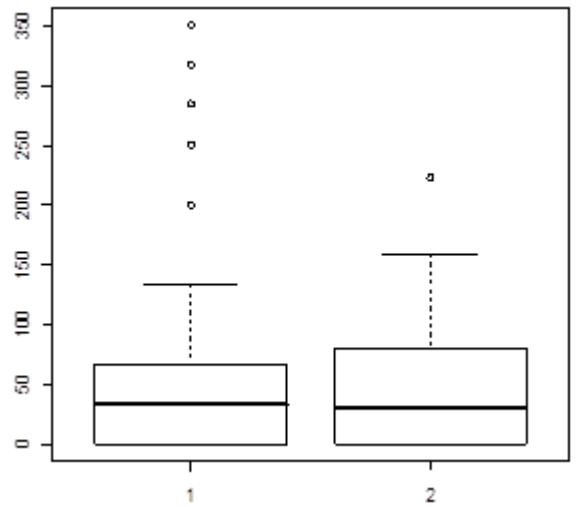
Test de Wilcoxon : p-value = 0.4569
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
PFA : p-value = 2.599e-07
PSDRF: p-value = 0.001667
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.6575
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

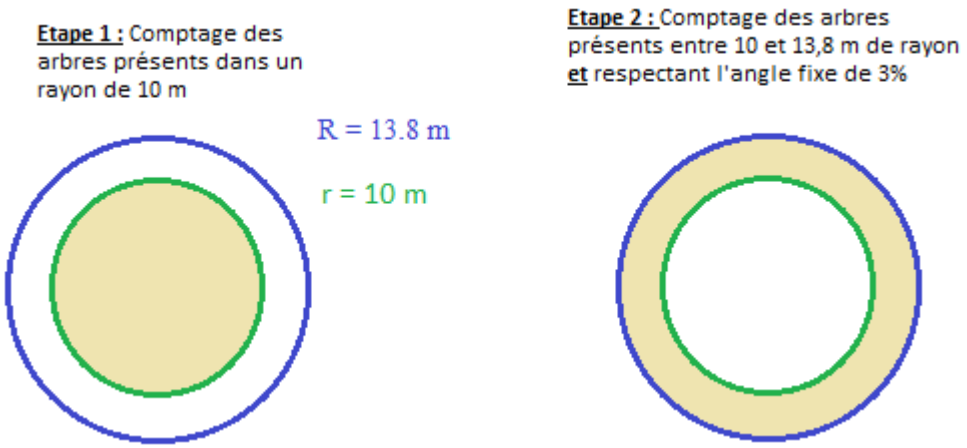


Annexe 10 : Estimation du nombre de tiges D ≥ 30 cm à mesurer dans le cadre d'un passage au PSDRF

La première étape consiste à dénombrer l'ensemble des arbres D ≥ 30 cm dans un rayon de 10 m.

La seconde étape permet d'identifier le nombre d'arbres D ≥ 30 cm compris entre 10 et 13.8 m au centre de la placette et respectant l'angle fixe de 3 %.

Figure : Schéma des étapes 1 et 2 de l'estimation du nombre de tiges selon le PSDRF



La troisième étape a pour objectif d'estimer le nombre de tiges supplémentaires qui seraient relevées selon le PSDRF et non mesurées selon le PFA. Cinq sous-étapes sont nécessaires :

Etape 3.1 : élaboration de classes de diamètre. La première classe de diamètre correspond à une distance comprise entre 13.8 et 15 m du centre. Les limites de diamètre de la classe sont déterminées selon la distance au centre et l'angle fixe de 3 %. Ainsi, la première classe contient les arbres de diamètre compris entre 41 et 45 cm (13.8 x 3 ≈ 41 et 3 x 15 = 45). Les classes suivantes correspondent à un éloignement de 1 m du centre de la placette, elles ont donc une amplitude de 3 cm.

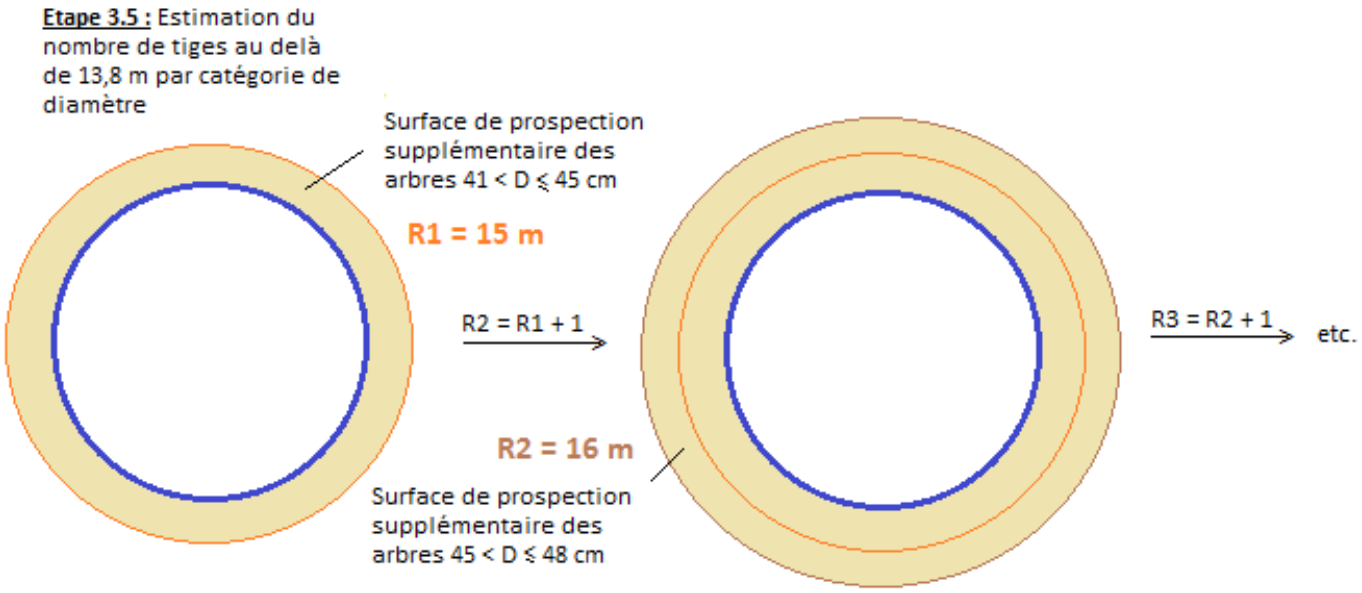
Etape 3.2 : le nombre de tiges mesurées selon le PFA est déterminé pour chaque classe de diamètre définie en 3.1.

Etape 3.3 : connaissant la surface d'échantillonnage du PFA, on détermine un nombre de tiges présentes au m² pour chaque classe de diamètre.

Etape 3.4 : la surface supplémentaire de prospection correspondant au passage au PSDRF est déterminée pour chaque classe. La surface de la première classe est de 109 m² (π x $R1^2$ - π x R^2). La formule suivante permet de connaître la surface supplémentaire de prospection des autres classes : $Sn = \pi \times Rn^2 - \pi \times R^2$; avec Sn la surface correspondant à la classe n et Rn son rayon. Par exemple, $S2 = \pi \times 16^2 - \pi \times 13{,}8^2 = 206$ m² (voir schéma ci-après).

Etape 3.5 : le nombre de tiges supplémentaires correspondant au passage au PSDRF est calculé en utilisant les résultats issus des étapes 3.3 et 3.4 (pour chaque classe de diamètre).

Figure : Schéma des étapes 3.2 à 3.5 de l'estimation du nombre de tiges selon le PSDRF



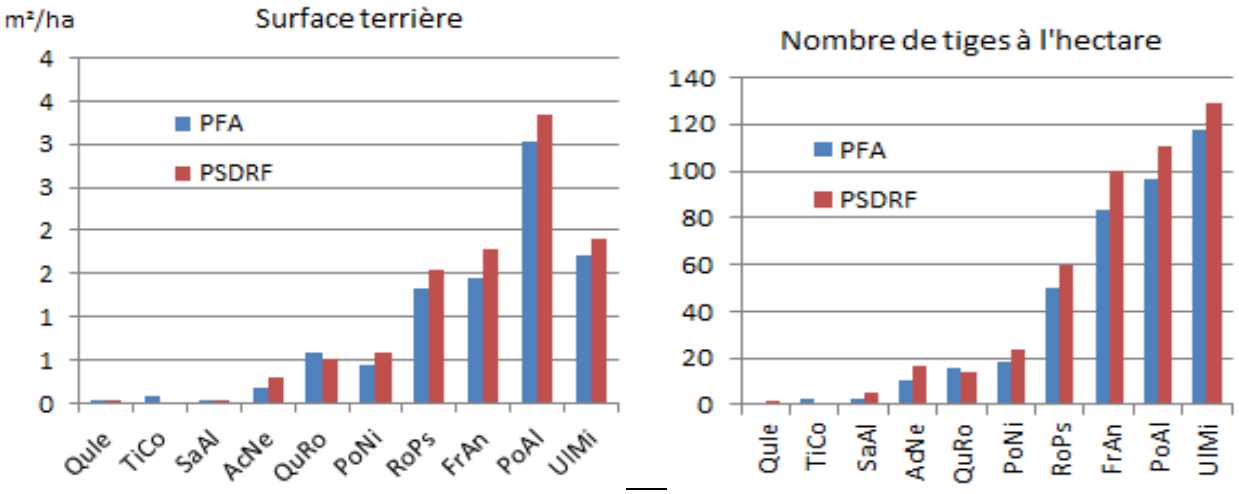
Enfin, l'estimation du nombre estimé de tiges D ≥ 30 cm qui seraient mesurées dans le cadre du PSDRF est obtenue en sommant les nombres de tiges obtenus lors des 3 étapes précédentes.

Annexe 11 : Estimations du capital en arbres vivants D ≥ 30 cm obtenues avec le PFA

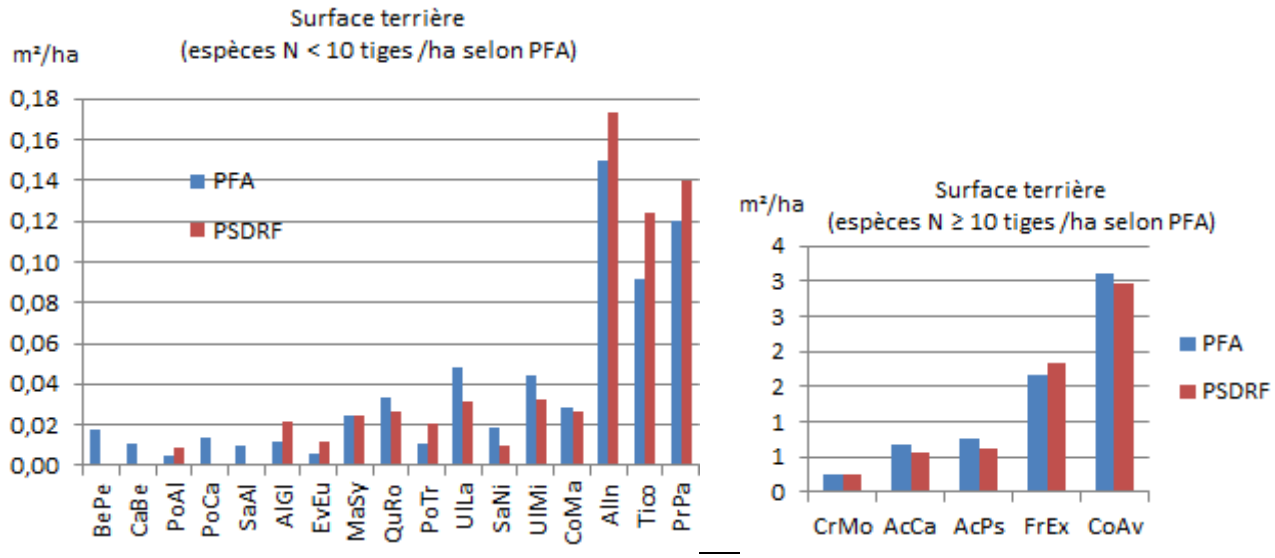
Site (année de mesure)	**Barthelasse** (2005)	**Erstein** (2004)	**Platière** (2002)	**Ramières** (2005)	**Rohrschollen** (2010)	**St Pryvé** (2002)	**Val de Loire** (2004/2005)
Nombre de placette	23	54	63	27	76	37	35
Nombre total d'arbres vivants D ≥ 30cm mesurés (réserve)	215	250	313	114	344	213	249
Nombre moyen d'arbres vivants D ≥ 30cm mesurés par placette	9,3	4,6	5,0	4,2	4,5	5,8	7,1
G (m²/ha)							
Estimation (m²/ha)	24,2	14,0	10,6	9,6	18,2	17,0	18,5
Écart type	12,5	9,3	8,3	9,8	14,9	12,2	12,6
Coefficient de variation	52%	66%	78%	101%	82%	71%	68%
Erreur relative PSDRF	22%	18%	20%	40%	19%	24%	23%
Nombre de bois morts sur pied D ≥ 30cm à l'hectare							
Estimation (nombre/ha)	156,2	77,4	83,0	70,6	75,7	96,2	118,9
Écart type	84,0	44,2	56,1	56,6	47,3	57,1	70,3
Coefficient de variation	54%	57%	68%	80%	63%	59%	59%
Erreur relative PSDRF	23%	16%	17%	32%	14%	20%	20%

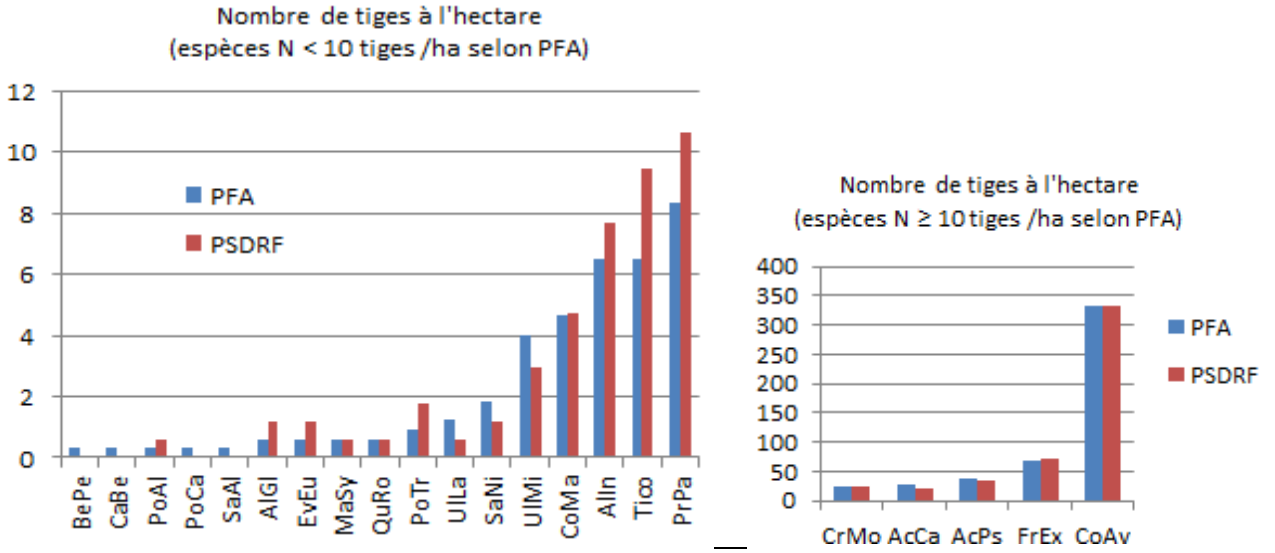
Annexe 12 : Estimations du capital en arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm (respectivement 40 et 50 cm dans le cas du PSDRF à 4 et 5 %) par essence et par réserve (réseau PFA).

Arrêté de Biotope de la Barthelasse (arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm)

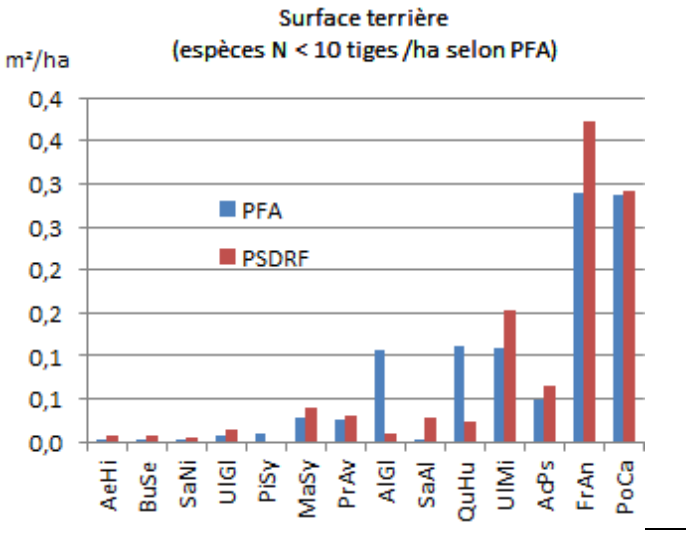


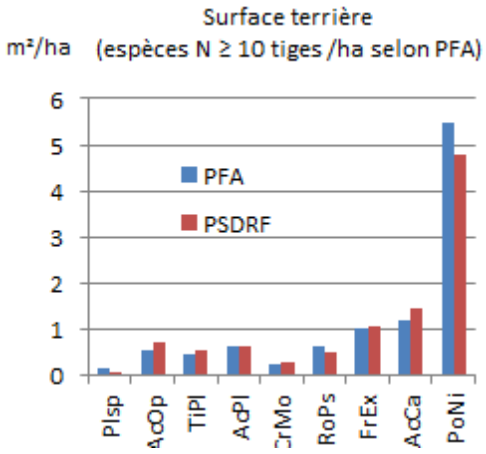
RN d'Erstein (arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm)

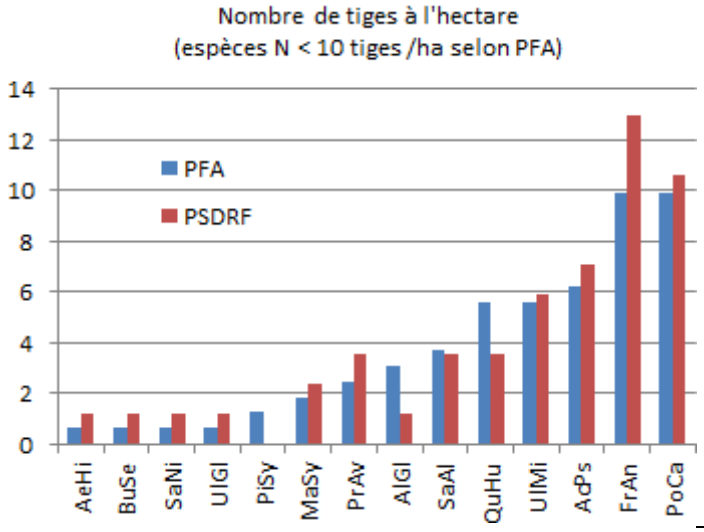


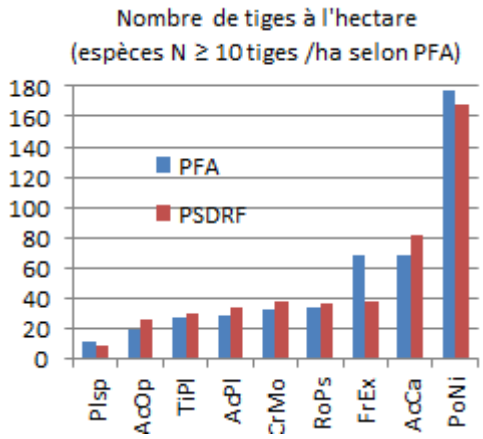


RN des Ramières (arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm)

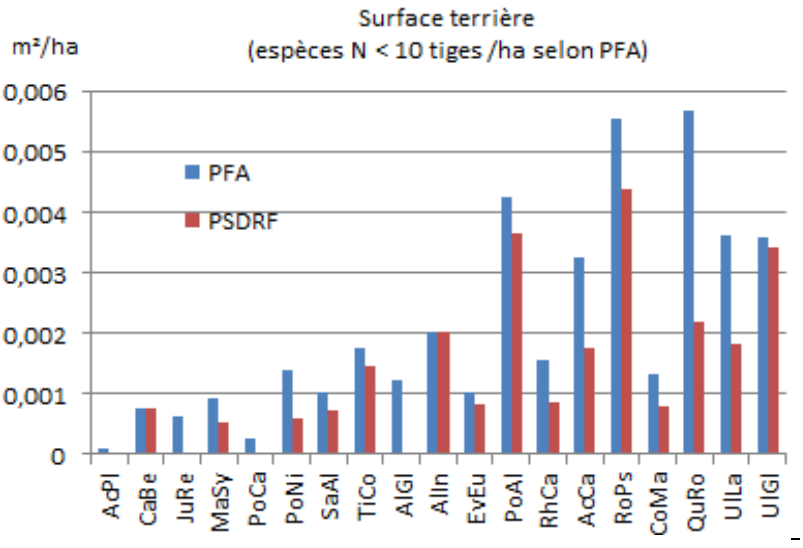


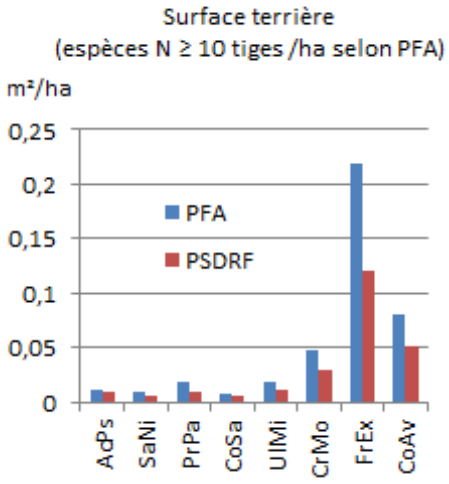


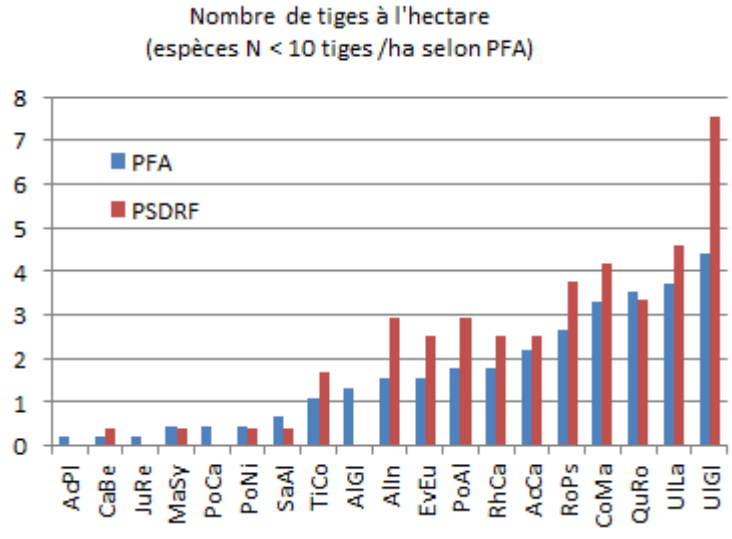


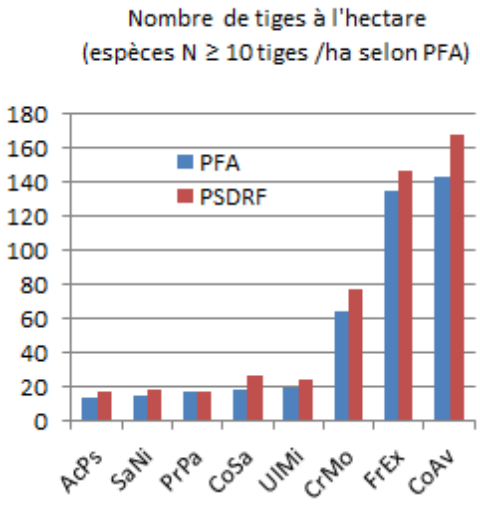


RN de Rohrschollen (arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm)



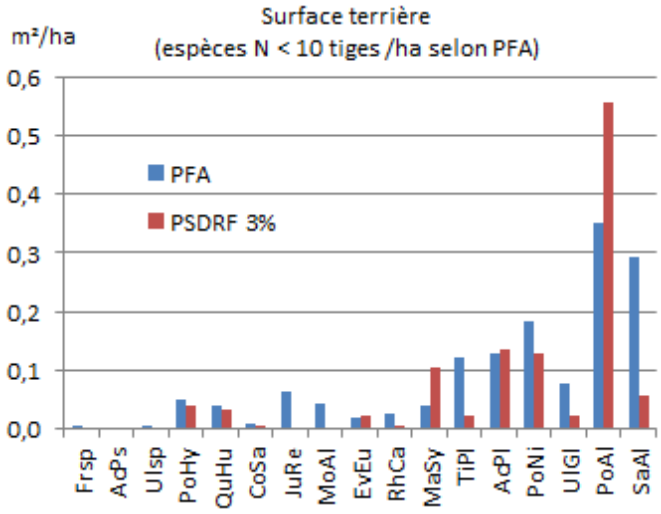


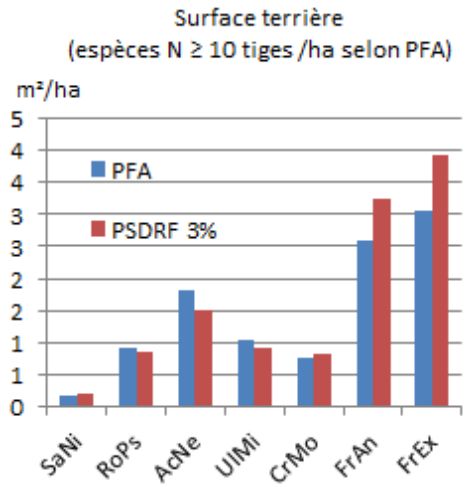


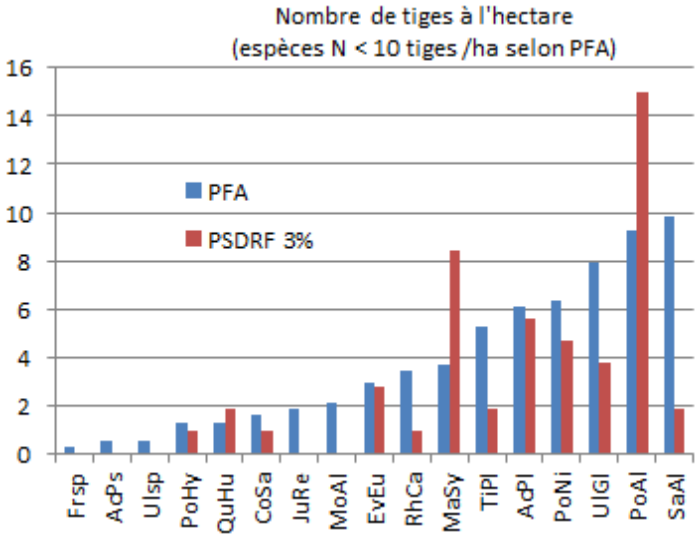


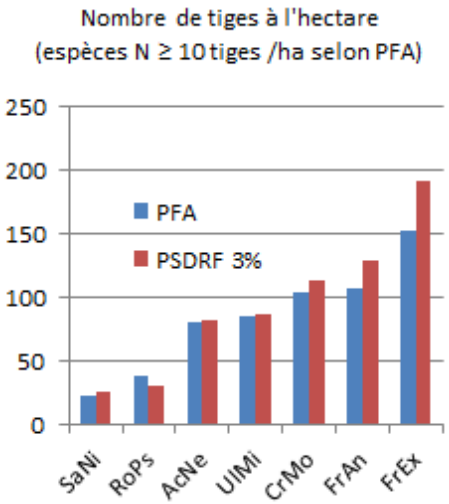
RN de l'ile de la Platière

Arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm (comparaison avec le PSDRF à 3 %)

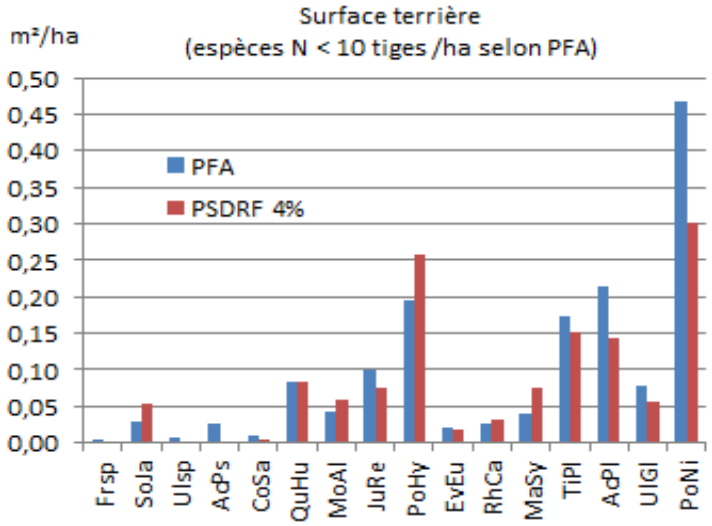


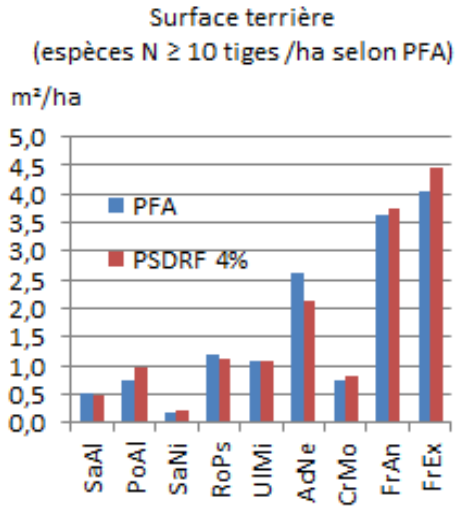


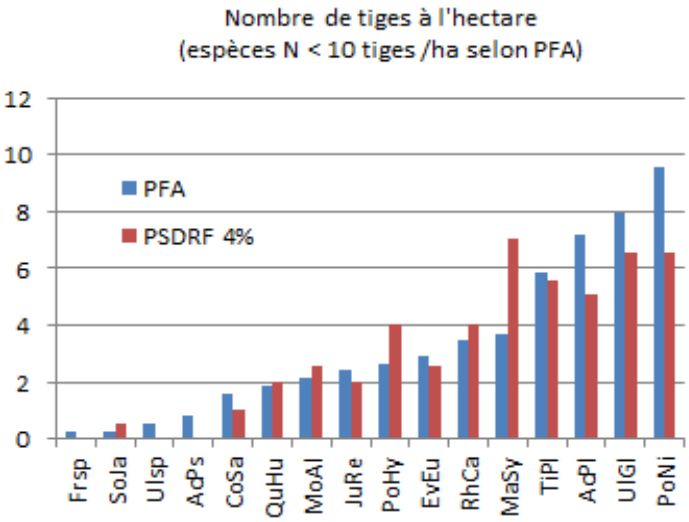


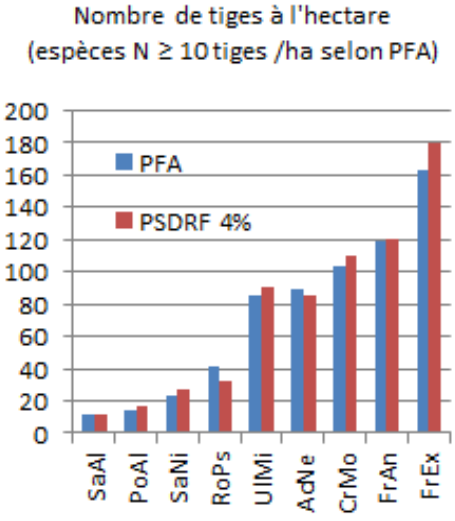


Arbres vivants 7,5 ≤ D < 40 cm (comparaison avec le PSDRF à 4 %)

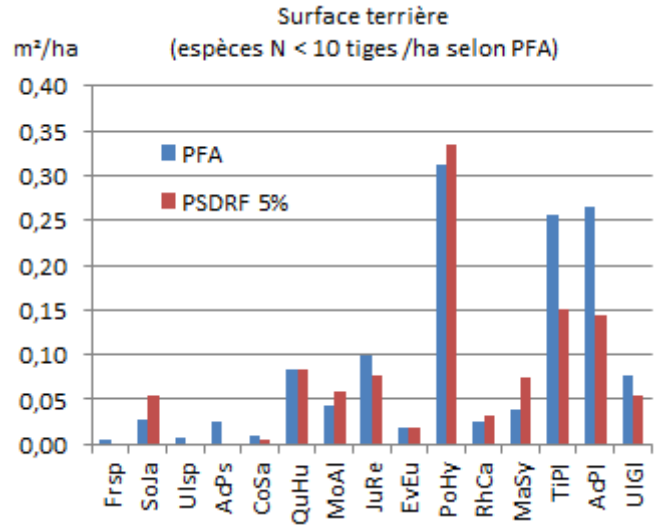


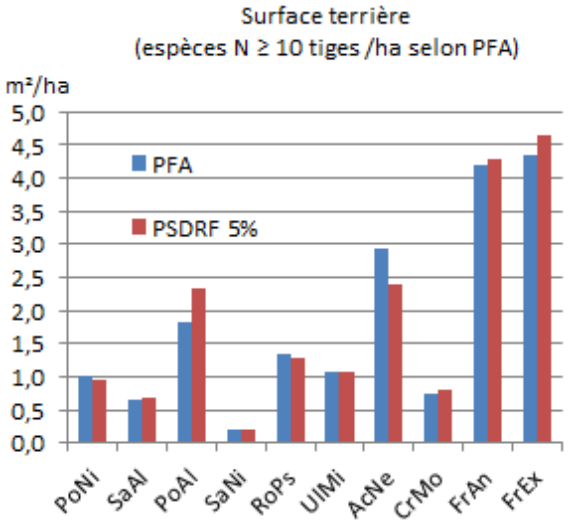




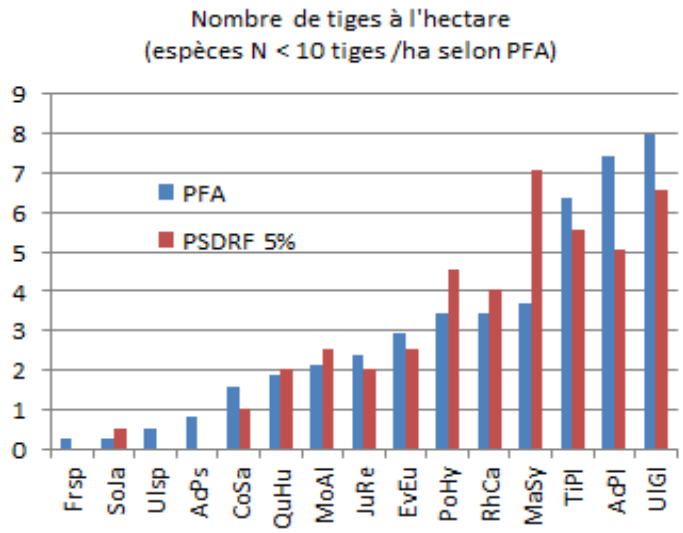


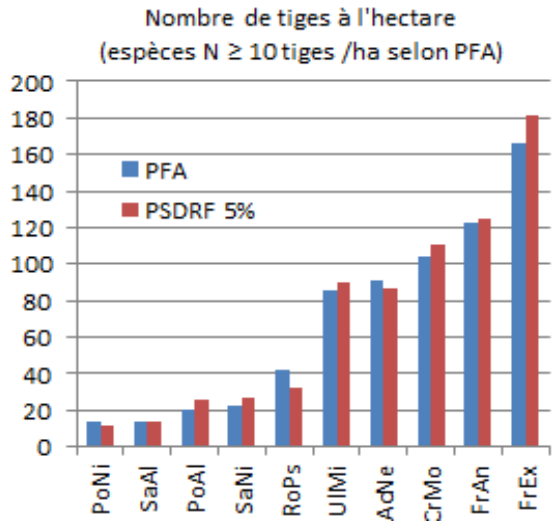
Arbres vivants 7,5 ≤ D < 50 cm (comparaison avec le PSDRF à 5 %)





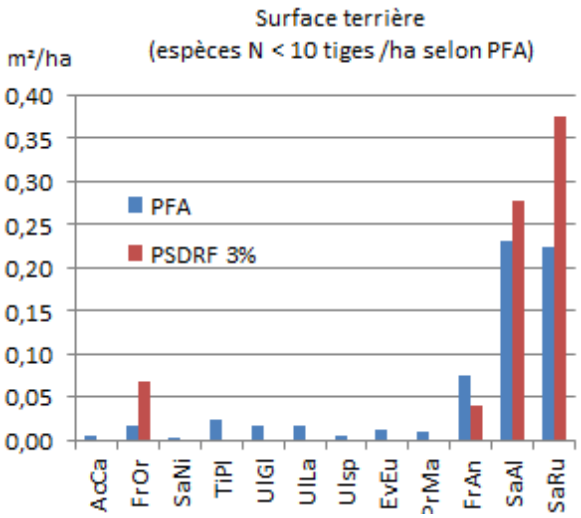
.

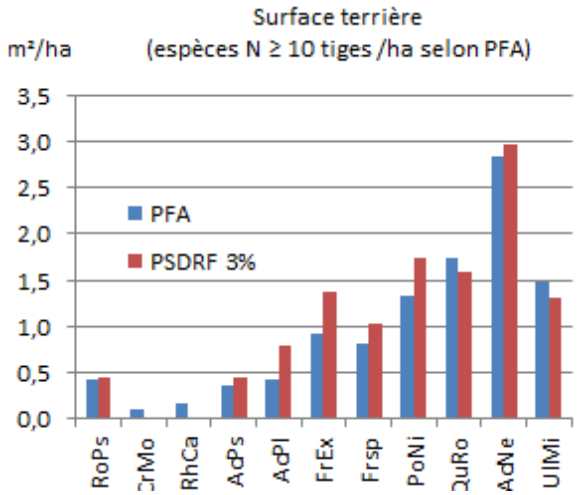


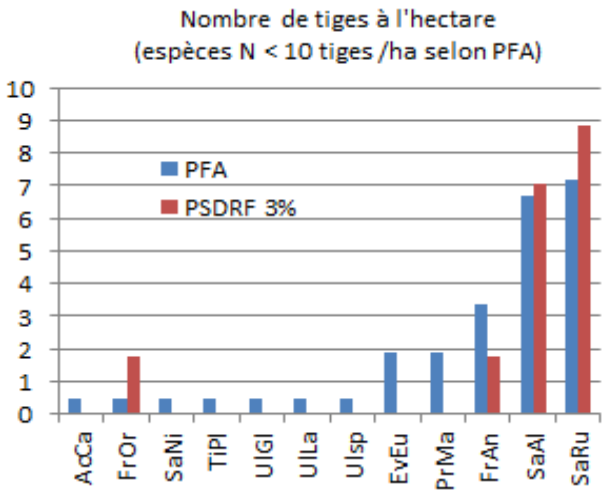


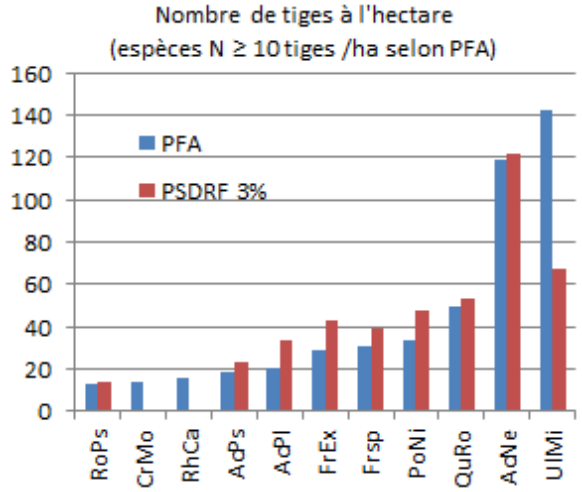
RN du Val de Loire

Arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm (comparaison avec le PSDRF à 3 %)

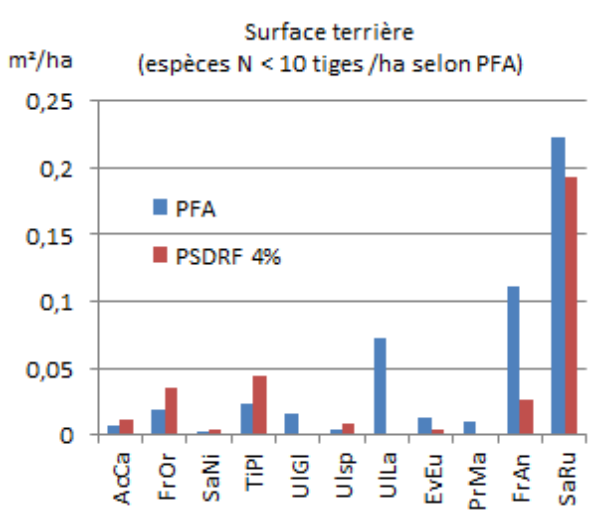


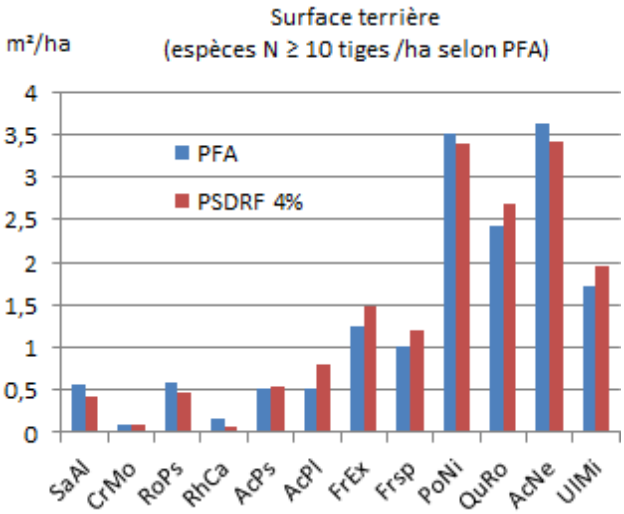


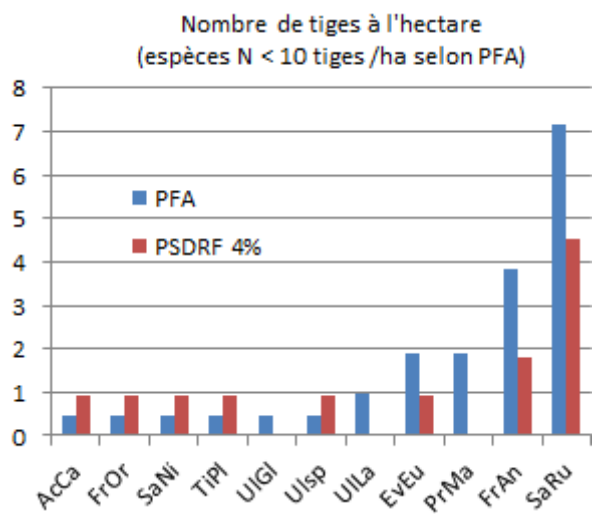


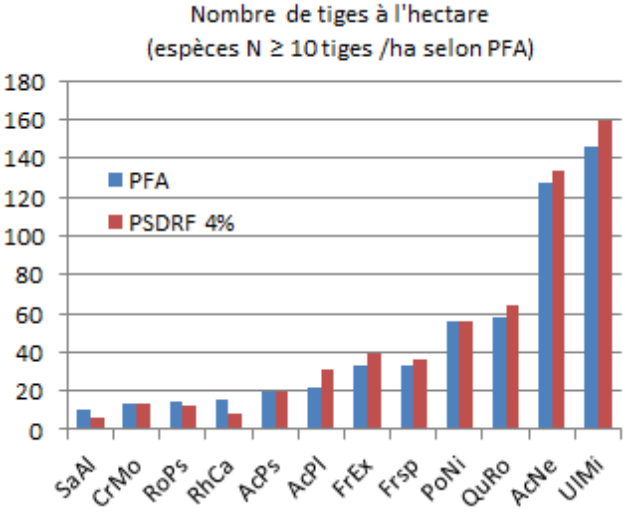


Arbres vivants 7,5 ≤ D < 40 cm (comparaison avec le PSDRF à 4 %)

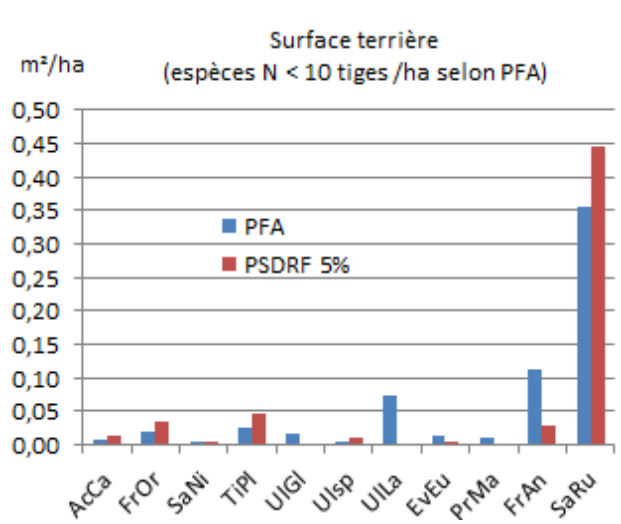


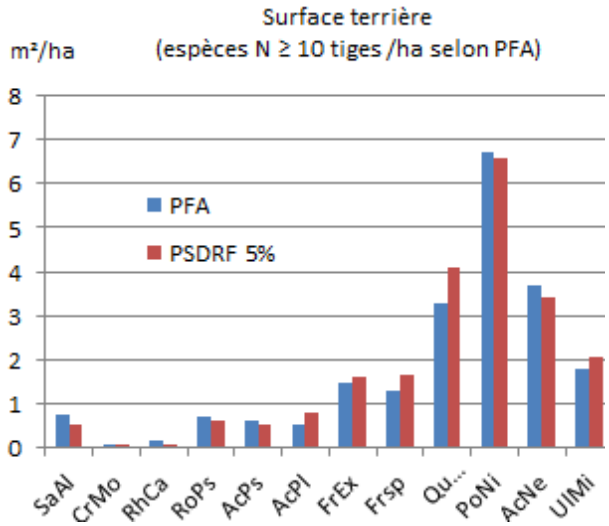


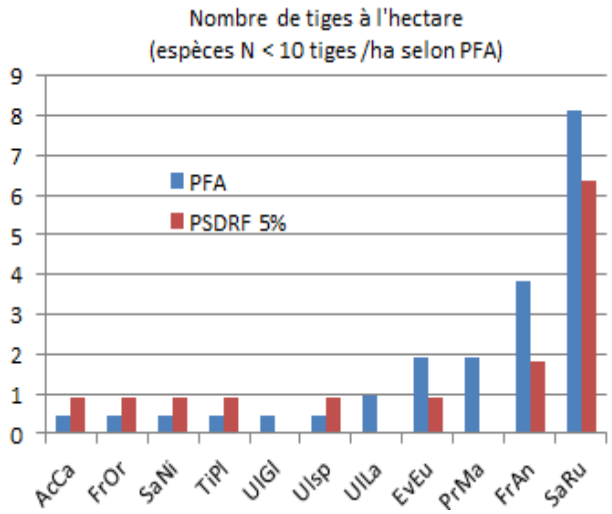


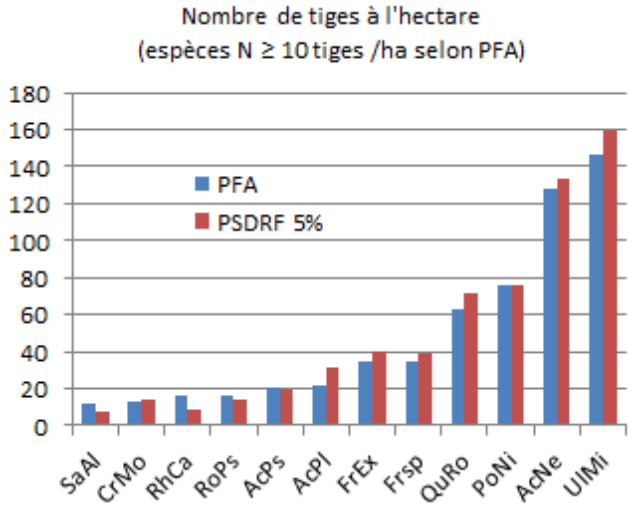


Arbres vivants 7,5 ≤ D < 50 cm (comparaison avec le PSDRF à 5 %)

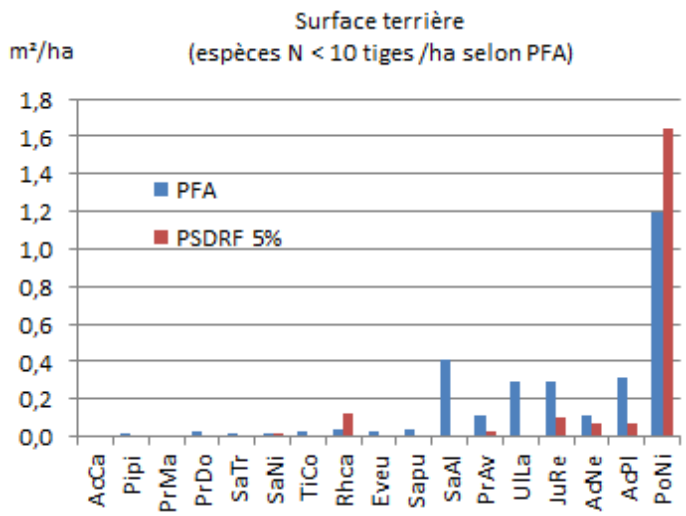


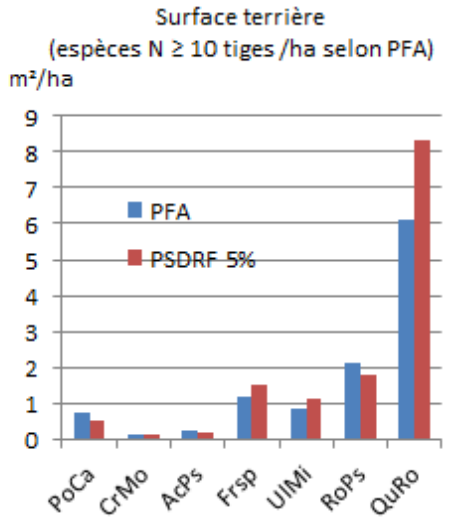


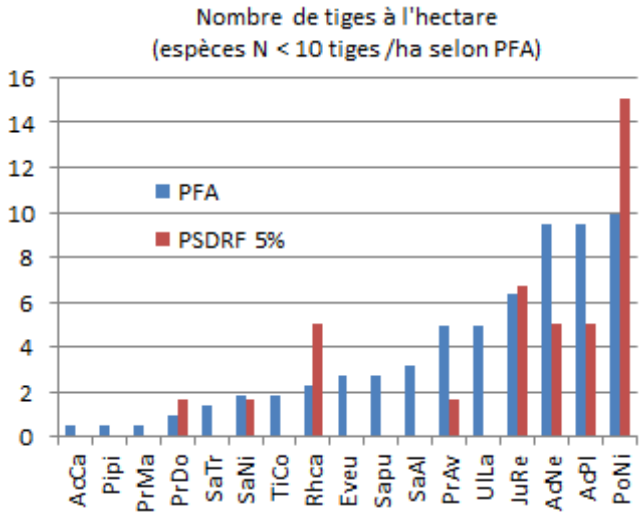


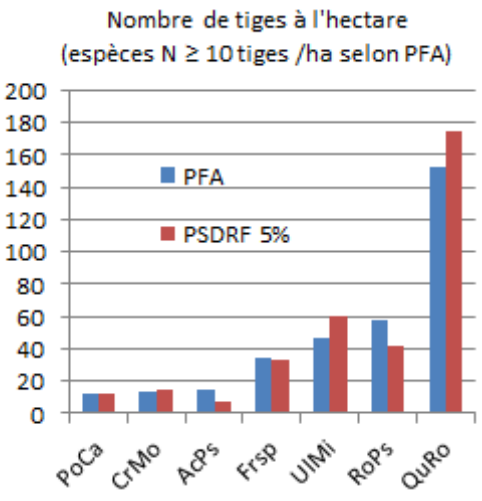


RN de St Mesmin-St Pryvé





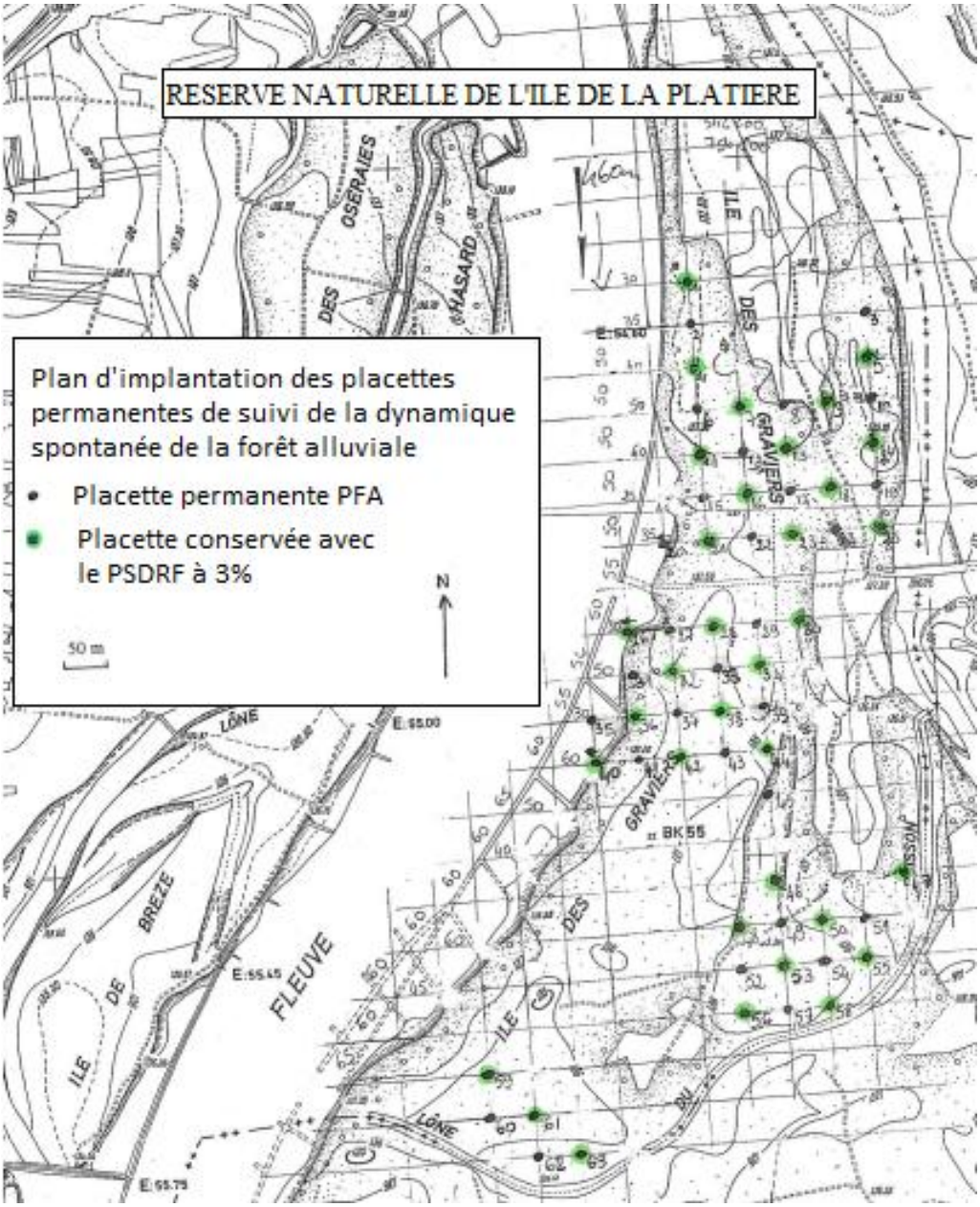




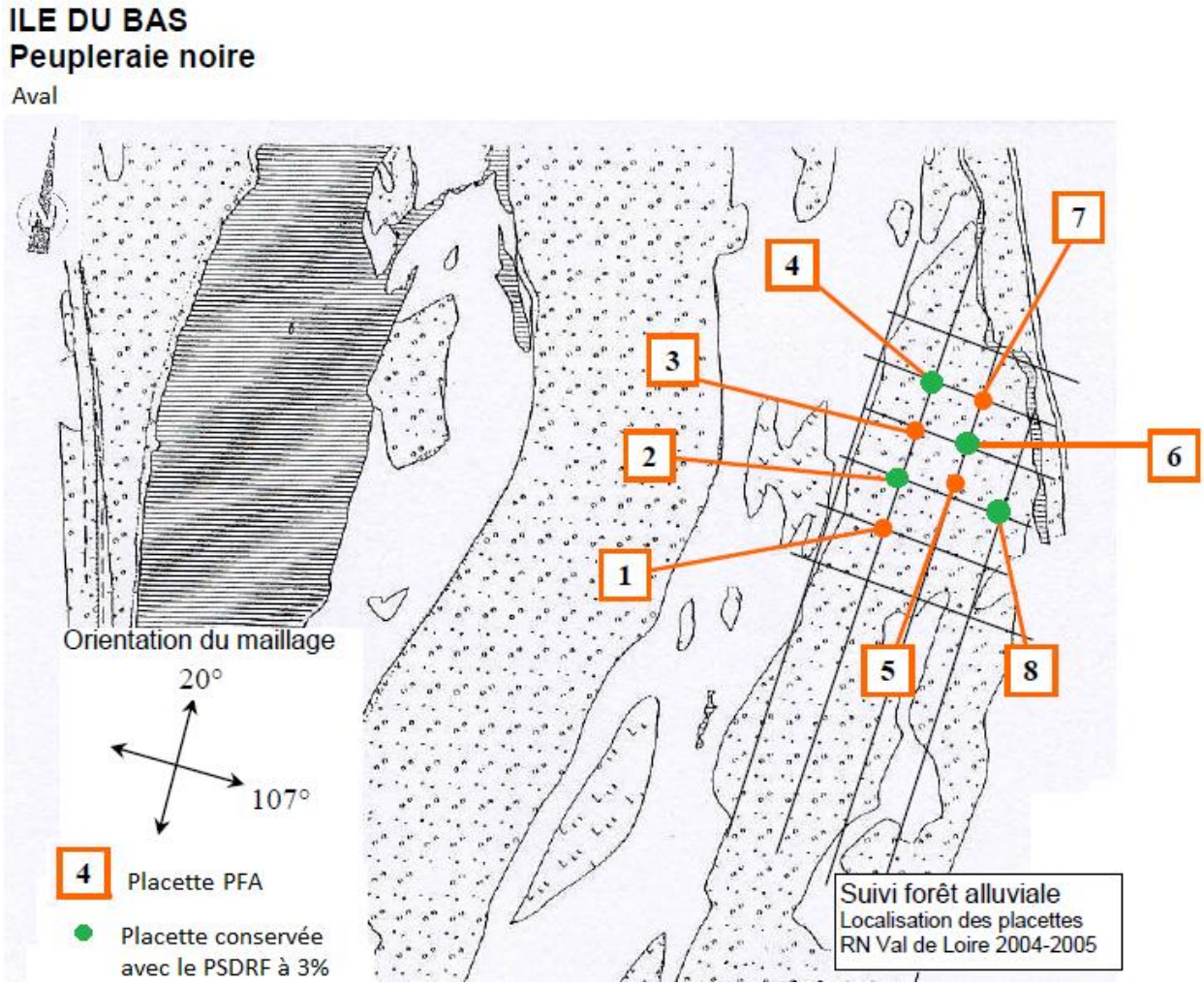
Annexe 13 : Diminution de l'effort d'échantillonnage pour les arbres vivants dans le cadre d'un passage au PSDRF.

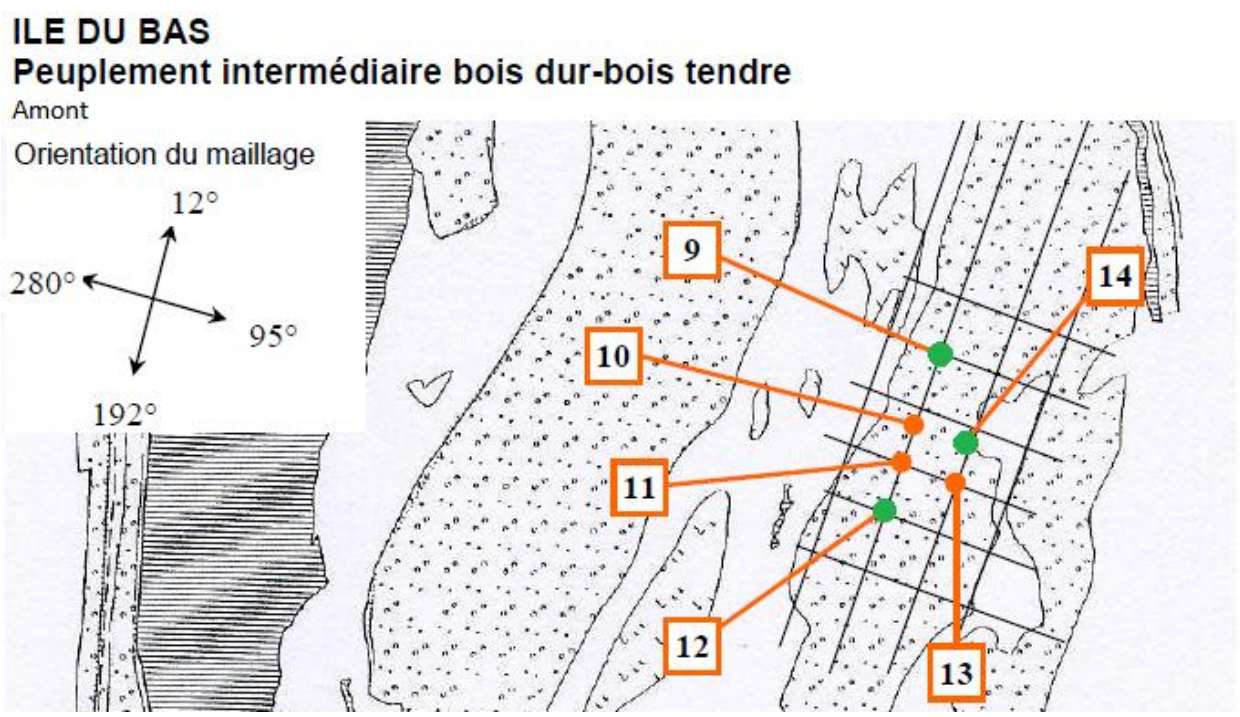
Site	**Barthelasse**	**Erstein**	**Ramières**	**Rohrschollen**
Année de mesure	2005	2004	2005	2010
Nombre de placettes	23	54	27	76
Nombre total de tiges vivantes				
PFA (nombre mesuré)	763	1955	954	2429
PSDRF (nombre estimé)	597	1236	584	1915
Différence si passage au PSDRF	-22%	-37%	-61%	-21%
Nombre moyen de tiges vivantes par placette				
PFA nombre mesuré)	33	36	35	33
PSDRF (nombre estimé)	26	23	22	26

Annexe 14 : Plan d'échantillonnage de la RN de l'Ile de la Platière

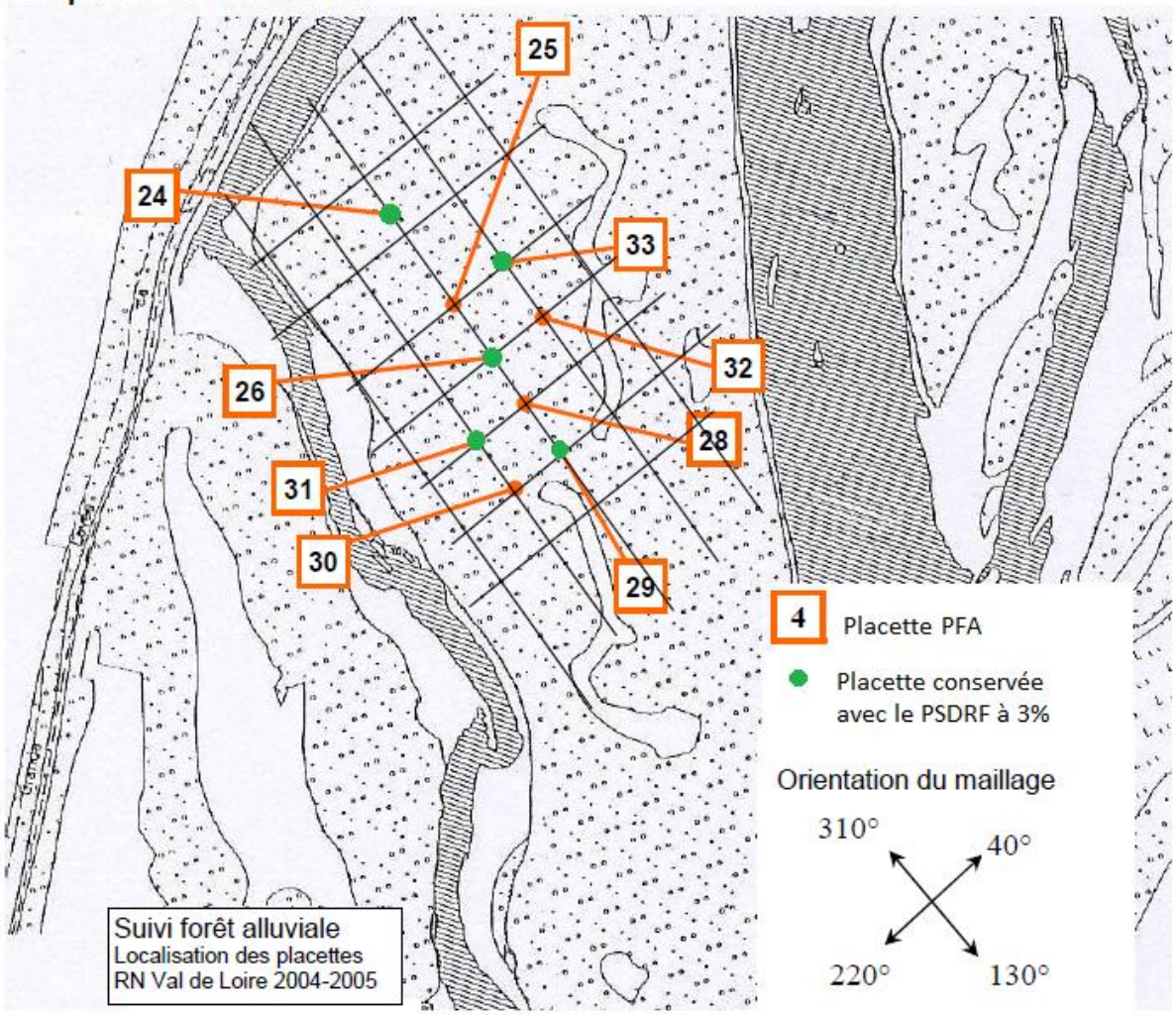


Annexe 15 : Plan d'échantillonnage de la RN du Val de Loire

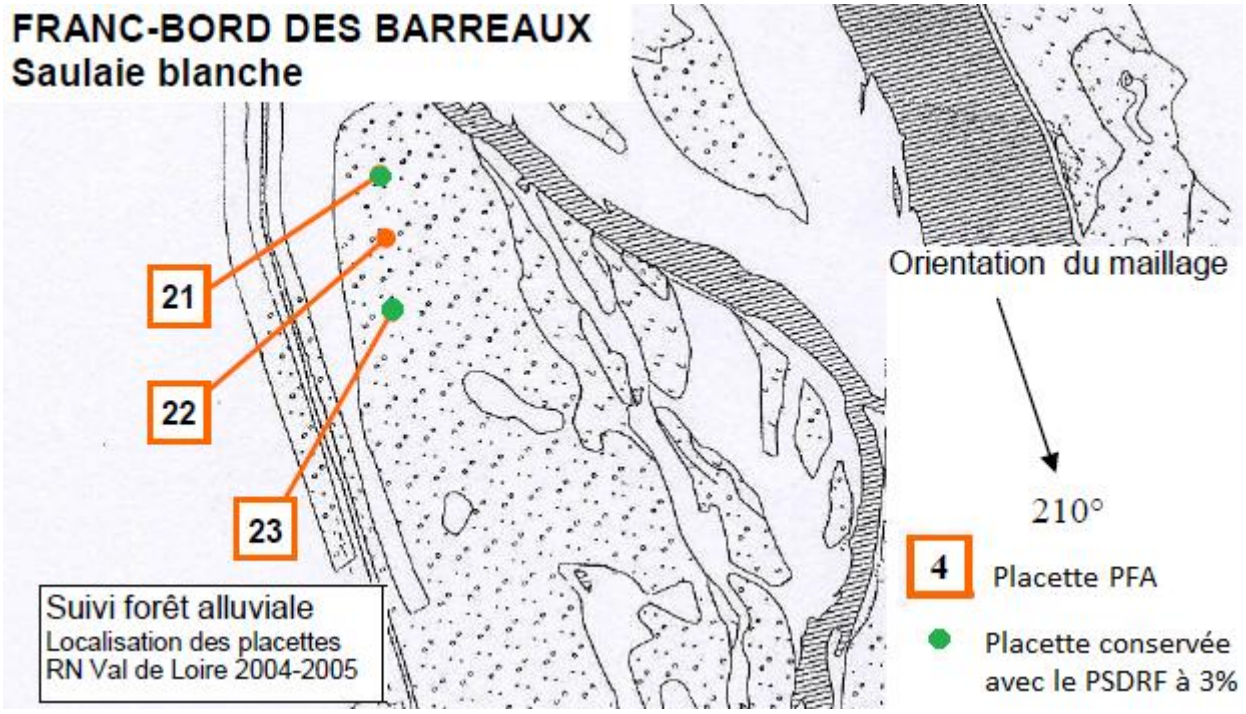


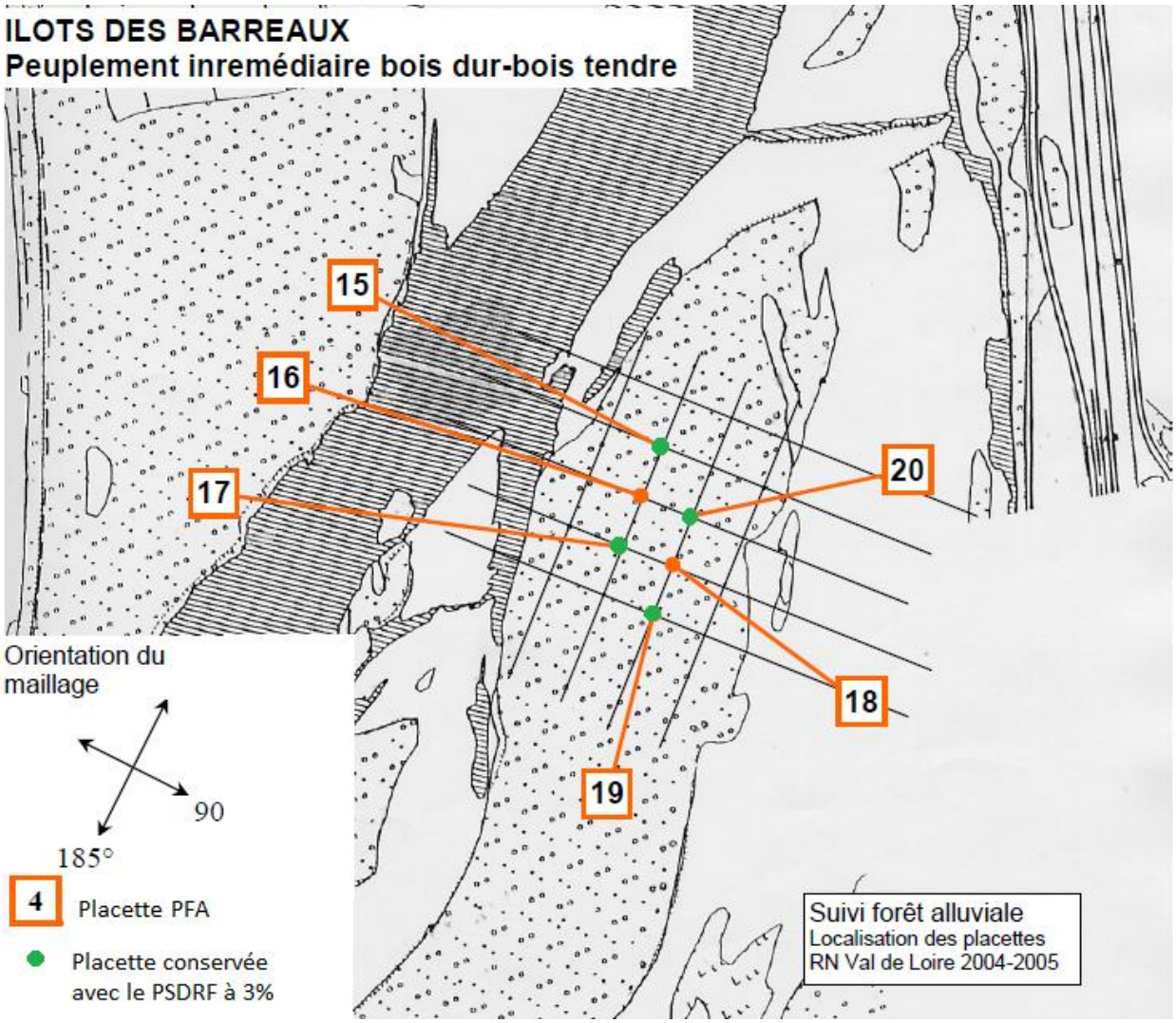


ILE DU LAC
Peuplement de bois dur

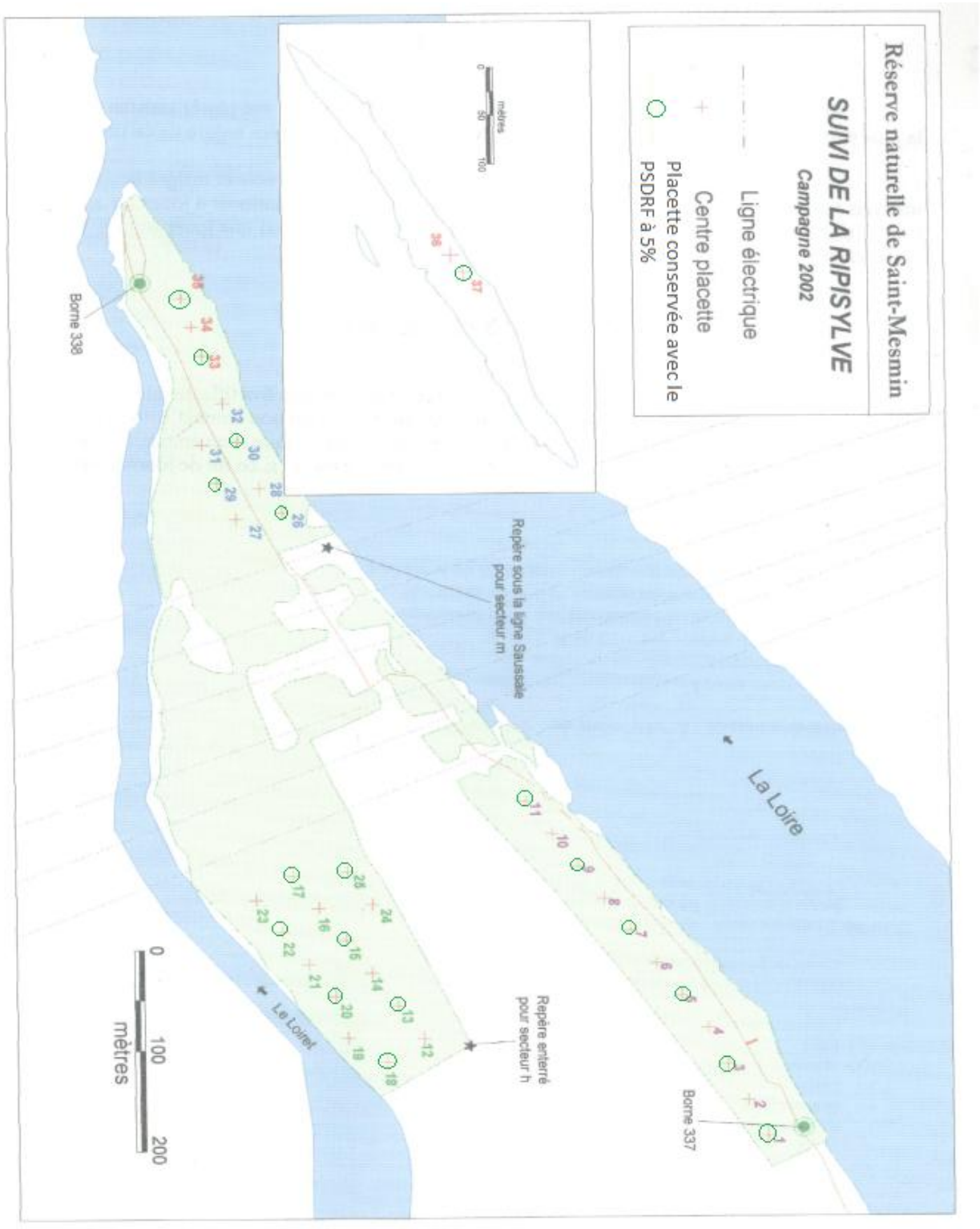


FRANC-BORD DES BARREAUX
Saulaie blanche




ILOTS DES BARREAUX
Peuplement inremédiaire bois dur-bois tendre
15
16
17
20
18
19
Orientation du maillage
90
185°
4
Placette PFA
Placette conservée avec le PSDRF à 3%
Suivi forêt alluviale
Localisation des placettes
RN Val de Loire 2004-2005

Annexe 16 : Plan d'échantillonnage de la RN de St Mesmin-St Pryvé



Annexe 17 : Résultats de la comparaison des protocoles PFA et PSDRF dans le cas d'un maillage initial non adapté

1. RN de l'Ile de la Platière (maillage 50 x 50 m)

1.1. Arbres vivants

Tableau 1 : Comparaison des surfaces terrières obtenues et de la précision de cette estimation entre le PFA et le PSDRF selon des angles fixes de 3, 4 ou 5 % pour la RN de l'ile de la Platière

Protocole	**Arbres vivants D < 40 cm**		**Arbres vivants D < 50 cm**		**Arbres vivants D < 30 cm**	
	PFA	PSDRF 4 %	PFA	PSDRF 5%	PFA	PSDRF 3%
Nombre de placettes	63	63	63	63	63	34
Nombre total de tiges mesurées	2650	1429	2736	1476	2461	755
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	42	23	43	23	39	22
G (m²/ha)						
Moyenne	16,2	16,3	19,6	19,7	11,8	12,6
Écart type	5,0	6,6	5,7	7,5	4,3	5,6
CV	31%	41%	29%	38%	37%	44%
Erreur relative	8%	10%	7%	10%	9%	15%
Nombre de tiges / ha						
Moyenne	703,1	722,0	725,9	745,8	652,9	706,8
Écart type	253,9	287,7	245,9	278,9	263,7	301,9
CV	36%	40%	34%	37%	40%	43%
Erreur relative	9%	10%	9%	9%	10%	15%

Remarque : L'erreur relative est plus élevée dans le cas du PSDRF à 3 %. Cela est dû au fait que cette grandeur dépend du nombre de placettes. Les coefficients de variation sont quant à eux comparables, ce qui nous indique que ces deux protocoles fournissent une estimation de la surface terrière et du nombre de tiges à l'hectare comparable.

Tableau 2 : Comparaison du nombre d'arbres D ≥40 cm (respectivement 50 cm et 30 cm) mesurés avec le PFA et du nombre à mesurer avec le PSDRF et un angle fixe de 4 % (resp. 5 % et 3 % pour la RN de l'ile de la Platière

Protocole	**Arbres vivants D ≥ 40 cm**		**Arbres vivants D ≥ 50 cm**		**Arbres vivants D ≥ 30 cm**	
	PFA	PSDRF 4 %	PFA	PSDRF 5 %	PFA	PSDRF 3 %
Nombre total de tiges (63 placettes) mesurées (PFA) ou estimé (PSDRF)	126	103	40	32	315	74
Nombre moyen de tiges mesurées (PFA) ou estimé (PSDRF) par placette	2	1,6	0,6	0,5	5,3	2,2

Tableau 11 : Comparaison des estimations du recrutement obtenues avec le PFA et le PSDRF à 3 ; 4 ou 5 %.

Protocole	PFA	PSDRF à 4 ou 5%	PSDRF de 3%
Nombre total de tiges mesurées (réserve)	466	241	133
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	7,4	3,8	3,9
G (m²/ha)			
Moyenne	1,4	1,1	1,0
Écart type	1,0	0,9	0,8
CV	77%	82%	82%
Erreur relative	19%	21%	29%
Nombre de tiges recrutées à l'hectare			
Moyenne	123,6	121,8	124,5
Écart type	97,5	101,9	104,7
CV	79%	84%	84%
Erreur relative	20%	21%	29%

1.2. Bois morts sur pied

Tableau 3: Comparaison des résultats obtenus quant aux bois morts sur pied avec le PFA et le PSDRF à 3 ; 4 ou 5 % pour la RN de l'ile de la Platière

Protocole	PFA	PSDRF 4 ou 5 %	PSDRF 3 %
Nombre de placettes	63	63	34
Nombre total d'individus mesurés	293	165	79
Nombre moyen d'individus mesurés par placette	4,7	2,6	2,3
G (m²/ha)			
Moyenne	1,2	1,2	1,1
Écart type	1,2	1,3	1,2
CV	104%	111%	112%
Erreur relative	26%	28%	39%
Nombre d'individus / ha			
Moyenne	77,7	83,4	74,0
Écart type	72,6	88,3	68,2
CV	93%	106%	92%
Erreur relative	24%	27%	32%

2. RN du val de Loire (maillage 50 x 50 m)

1.2. Arbres vivants

Tableau 4 : Comparaison des surfaces terrières obtenues et de la précision de cette estimation entre le PFA et le PSDRF selon des angles fixes de 3, 4 ou 5 % pour la RN du Val de Loire.

Protocole	**Arbres vivants D < 40 cm**		**Arbres vivants D < 50 cm**		**Arbres vivants D < 30 cm**	
	PFA	PSDRF 4 %	PFA	PSDRF 5 %	PFA	PSDRF 3 %
Nombre de placettes	35	35	35	35	35	18
Nombre total de tiges mesurées	1187	651	1258	691	1067	261
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	33,9	18,6	35,9	19,7	30,5	14,5
G (m²/ha)						
Moyenne	16,5	16,8	21,7	22,7	11,2	12,4
Écart type	6,3	8,5	7,8	10,7	5,0	4,9
CV	38%	51%	36%	47%	44%	252%
Erreur relative	13%	17%	12%	16%	15%	125%
Nombre de tiges / ha						
Moyenne	566,9	592,1	600,8	628,4	509,6	461,5
Écart type	355,8	397,8	346,5	391,2	366,1	157,6
CV	63%	67%	58%	62%	72%	293%
Erreur relative	22%	23%	20%	21%	25%	146%

Tableau 5 : Comparaison du nombre d'arbres D ≥40 cm (respectivement 50 cm et 30 cm) mesurés avec le PFA et du nombre à mesurer avec le PSDRF et un angle fixe de 4 % (resp. 5 % et 3 % pour la RN du Val de Loire.

Protocole	**Arbres vivants D ≥ 40 cm**		**Arbres vivants D ≥ 50 cm**		**Arbres vivants D ≥ 30 cm**	
	PFA	PSDRF 4 %	PFA	PSDRF 5%	PFA	PSDRF 3%
Nombre total de tiges (mesurées (PFA) ou estimé (PSDRF)	128	118	57	49	249	172
Nombre moyen de tiges mesurées (PFA) ou estimé (PSDRF) par placette	3,7	3,4	1,6	1,4	7,1	9,6

2.2. Bois morts sur pied

Tableau 6: Comparaison des résultats obtenus pour les bois morts sur pied avec le PFA et le PSDRF à 3 ; 4 ou 5 % pour la RN du Val de Loire.

Protocole	**PFA**	**PSDRF 4 ou 5%**	**PSDRF 3%**
Nombre de placettes	35	35	18
Nombre total d'individus mesurés	178	90	57
Nombre moyen d'individus mesurés par placette	5,1	2,6	3,2
G (m²/ha)			
Moyenne	1,6	1,5	2,0
Écart type	3,1	3,1	3,7
CV	187%	198%	54%
Erreur relative	64%	68%	27%
Nombre d'individus / ha			
Moyenne	85,0	81,9	100,8
Écart type	157,3	143,9	173,4
CV	185%	176%	58%
Erreur relative	64%	60%	29%

3. RN de Saint Mesmin-Saint Pryvé (maillage 30 x 30 m)

3.1. Arbres vivants

NB : Les tiges D ≥ 50 cm n'étant pas mesurées au-delà de 13,8 m, le capital en arbres vivants D ≥ 50 cm obtenu avec le PSDRF peut être légèrement surestimé.

Tableau 14 : Comparaison des résultats obtenus avec le PFA et avec le PSDRF pour les arbres vivants

Catégorie de tiges	**Arbres vivants D < 50cm**				**Arbres vivants D ≥ 50 cm**			
Grandeur estimée	G (m²/ha)		Nombre de tiges / ha		G (m²/ha)		Nombre de tiges / ha	
Protocole	PFA	PSDRF	PFA	PSDRF	PFA	PSDRF	PFA	PSDRF
Nombre de placette	37	19	37	19	37	19	37	19
Nombre moyen de tiges mesurées par placette	23,5	15,2	23,5	15,2	1,8	1,4	1,8	1,4
Moyenne	14,4	15,2	393,0	382,0	9,9	8,9	30,7	30,9
Écart-type	4,8	7,6	126,8	135,5	10,7	11,3	30,1	37,5
Coefficient de variation	34%	50%	32%	35%	109%	127%	98%	121%

Tableau15 : Comparaison des résultats obtenus avec le PFA et le PSDRF à 5 % quant au recrutement

Grandeur estimée	**G (m²/ha)**		**Nombre de tiges / ha**	
Protocole	PFA	PSDRF	PFA	PSDRF
Moyenne	0,77	0,61	66,9	63,7
Écart-type	1,10	0,85	93,8	102,4
Coefficient de variation	143%	140%	140%	161%
Erreur relative	48%	67%	47%	78%

3.2. Bois morts sur pied

Tableau 16 : Comparaison des estimations PFA et PSDRF du capital en bois morts sur pied D < 30 cm

Protocole	**PFA**	**PSDRF**
Nombre de placettes	63	34
Nombre total d'individus mesurés (réserve)	25	2
Nombre moyen d'individus mesurés par placette	0,7	0,1
G (m²/ha)		
Moyenne	0,15	0,03
Écart type	0,56	0,08
CV	364%	306%
Erreur relative	121%	148%
Nombre d'individus / ha		
Moyenne	11,3	3,4
Écart type	35,7	10,0
CV	316%	300%
Erreur relative	105%	144%

Annexe 18 : Notice du PSDRF-module alluvial

NOTICE POUR LA MISE EN PLACE ET LA SAISIE DES DONNEES DU PROTOCOLE DE SUIVI DENDROMETRIQUE DES RESERVES FORESTIERES *MODULE ALLUVIAL*

Bref rappel du contexte et des objectifs

La survie de plus de 20% des espèces forestières européennes est liée au volume, à la diversité et à a la continuité du bois mort. A l'heure où le concept de naturalité est en plein développement, prônant une gestion plus proche de la nature, de nombreux éléments de la dynamique naturelle du bois mort dans les forêts européennes restent néanmoins méconnus.

Développé, discuté, testé puis validé par l'ENGREF, RNF, l'ONF, le CEMAGREF et l'IFN, le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) est un **protocole dendrométrique simple** permet d'appréhender de façon simultanée :

- la caractérisation du peuplement et notamment du bois mort ;
- l'analyse des flux de bois vivants et de bois morts ;
- le suivi de la composition en essence ;
- le suivi des gros bois ;
- le suivi du capital sur pied ;
- et le suivi du renouvellement.

Le PSDRF permet non seulement de participer à l'évaluation de l'état de conservation initial de la forêt étudiée mais par l'installation de placettes permanentes, il permet aussi un suivi de la dynamique de ces peuplements dans le temps et dans l'espace - suivi particulièrement fin en ce qui concerne l'origine et le type de bois mort (arbres morts sur pied, chablis, volis).

Plus ancien, un protocole de suivi de la dynamique spontanée des forêts alluviales est coordonné dans le réseau des réserves naturelles depuis 1994. Afin d'optimiser ce suivi et de le rapprocher avec le PSDRF, un module alluvial au PSDRF est ici proposé.
Ce module alluvial (PSDRF-MA) présente plusieurs intérêts :

- il fournit une précision équivalente pour un effort d'échantillonnage réduit ;
- il s'inscrit dans la dynamique de réseau du PSDRF ;
- il évite de perdre les possibilités d'analyse diachronique issues des campagnes de relevés antérieurs.

Afin d'assurer la continuité avec les relevés antérieurs, certains relevés complémentaires sont nécessaires lors de la mise en œuvre de la campagne de transition. Ainsi, sont ici notés **:**

- en noir les relevés commun avec le PSDRF « de base » ;
- en bleu les relevés spécifiques au module alluvial ;
- en verts les relevés de la période transition**.**

Le PSDRF-MA cible les massifs forestiers alluviaux d'une taille supérieure à 5 ha à condition qu'elles soient de forme très compacte. En cas de périmètre très découpé, il est préférable de porter le seuil à 15-20 ha. Le protocole pourra également être utilisé pour des ilots de sénescence, à condition de respecter les seuils précédents.

1. Préparation (maillage, cheminements…)

1.1. Nombre de placettes

Le nombre de placettes à implanter est déterminé par la formule en fonction de la précision souhaitée (er) et du coefficient de variation (CV).

$$e_r = \frac{tCV}{\sqrt{n}}$$

Elle peut facilement être mise en œuvre à l'aide de la figure ci-dessous.

	Erreur relative			
	5%	10%	15%	20%
10%	2,0	1,0	0,7	0,5
15%	3,0	1,5	1,0	0,8
20%	4,0	2,0	1,3	1,0
25%	5,0	2,5	1,7	1,3
30%	6,0	3,0	2,0	1,5
35%	7,0	3,5	2,3	1,8
40%	8,0	4,0	2,7	2,0
45%	9,0	4,5	3,0	2,3
50%	10,0	5,0	3,3	2,5
55%		5,5	3,7	2,8
60%		6,0	4,0	3,0
65%		6,5	4,3	3,3
70%		7,0	4,7	3,5
80%		8,0	5,3	4,0
90%		9,0	6,0	4,5
100%		10,0	6,7	5,0
110%			7,3	5,5
120%			8,0	6,0

CV/er	n
0,8	5
1,1	7
1,4	10
1,6	12
1,8	15
2,1	20
2,4	25
2,7	30
2,9	35
3,1	40
3,5	50
3,9	60
4,2	70
4,5	80
4,8	90
5,0	100
5,5	120
6,0	140
6,4	160
6,8	180
7,2	200
7,5	220
7,9	240
8,4	275
8,8	300
9,2	325
9,5	350
9,8	375
10,2	400

Exemple : si le coefficient de variation est estimé à 50% et la précision souhaitée fixée à 10%, cela conduit à mettre en place environ 100 placettes.

En pratique, il n'est pas souhaitable d'échantillonner plus d'une placette à l'hectare. Pour les grandes réserves, il est inutile d'avoir plus de 250 placettes par strate.

Les valeurs ci-dessous fournissent des ordres de grandeur.

5 ha : 10 placettes
15 à 50 ha : 1 placette / ha
100 ha : 80 placettes
250 ha : 180 placettes
500 ha : 200 placettes
1000 ha : 250 placettes

1.2. Répartition des placettes

Les placettes sont installées de manière systématique suivant une maille carrée. En fonction du nombre de placettes choisi ci-dessus et de la surface échantillonnée, il est possible de déterminer la distance entre chaque point par une formule simple :

$$D = \frac{\sqrt{(Sx10000)}}{\sqrt{n}}$$

D étant un côté de la maille carrée, S la surface en ha et n le nombre de placettes préalablement choisi.

Par exemple, pour une surface de 500 ha, on a choisi d'implanter 200 placettes. Dans ce cas, on pourra choisir un maillage 150x150 m.

Remarque : Etant entendu que chaque placette a un rayon d'au moins 20 m, les centres des placettes devront au minimum être **espacées de 60 m les uns** des autres voire plus.
Stratification : Dans le cas des « grandes » réserves, il convient au préalable d'examiner l'intérêt de procéder à un découpage du domaine d'inventaire en strates. Le protocole sera alors appliqué par strates.

NB : une strate correspond à une portion de l'espace sur laquelle existe soit un besoin particulier d'information, soit une homogénéité plus grande.
En cas de mise en place d'un dispositif de comparaison forêt gérée/forêt non gérée, chaque modalité est considérée comme une strate. On se ramène donc au cas précédent.
Il est en général inutile d'avoir plus de trois strates. De même, il n'est en général pas nécessaire de stratifier par type de peuplement, sauf si au moment de la mise en place du dispositif, l'espace à échantillonner présente de grosses différences.
Par principe, l'appartenance à une strate ne doit pas dépendre de l'opérateur et ne doit pas être déterminée a posteriori.

1.3. Localisation des placettes

Afin de déterminer les cheminements jusqu'au centre des placettes, on peut caler le maillage choisi sur une carte de la réserve par le biais d'un logiciel SIG (arcview, geoconcept, mapinfo…). Si les cartes sont géoréférencées, on dispose de la position géographique des placettes, ce qui peut permettre, dans d'idéales conditions et en l'absence de points de repère, de les retrouver sur le terrain grâce à l'utilisation d'un GPS. Autrement, en faisant apparaître les lignes de parcelles, les chemins forestiers, etc. il est possible de décider d'un cheminement à l'aide de l'azimut et de la distance.

Exemple : Prendre le chemin forestier *a*. Celui-ci coupe la ligne de parcelle *x*. La suivre vers le nord pendant 125 m puis suivre l'azimut 250 gr sur 158 m.

Remarques :
- L'écartement entre placettes correspond à des distances horizontales mais le plan de localisation des placettes indiquera les **distances parcourues selon la pente**.
- Le cheminement devra être assez précis pour que les centres des placettes soient connus à 5 m près.
- Il convient d'éviter des cheminements trop longs.
- Les placettes doivent si possible être accessibles directement **à partir d'une origine et non pas à partir d'une autre placette.**

2. Equipement

Sont nécessaires sur le terrain les outils suivants :

- 1 GPS
- 1 compas
- 1 mètre ruban long (pour mesurer la circonférence dans le cas d'arbres de très gros diamètres)
- 1 vertex (avec correction de pente si possible)
- 1 relascope (jauge correspondant à l'angle relascopique choisi)
- 1 boussole en grades
- 1 topofil
- 1 quantité jugée suffisante de tiges métalliques (fer à béton de plus de 50 cm) ou bornes de géomètre (ex : bornes FENO) pour matérialiser le centre de placette
- 1 marteau
- 6 jalons de 1 m (bois, métal, plastique)
- fiches terrains
- crayon et gomme

Pour les mesures de hauteur, on pourra utiliser le Vertex ou un dendromètre Suunto.

Remarque : Dans le cas où la surface échantillonnée est en zone intégrale, il est possible de mieux matérialiser la placette. Dans ce cas, des plaques numérotées peuvent être emportées (elles pourront être posées sur 3 arbres en triangle autour du centre de la placette).

3. Implantation et matérialisation de la placette sur le terrain

Comme expliqué précédemment, les placettes sont matérialisées si possibles à partir de points fixes (lignes de parcelles, angle de propriété, borne). En cas d'absence de points de repère, les placettes seront installées au GPS.

Les placettes seront matérialisées de manière permanente par un piquet métallique (fer à béton, borne de géomètre) au centre. Les informations nécessaires à la recherche ultérieure de la placette seront notées avec soin sur la feuille de terrain (schéma et annotations).

- Plan de cheminement par rapport à un repère stable (si plus de repères peuvent être utilisées ou si le cheminement emprunté diffère de celui arrêté dans le plan de localisation des placettes)
- Repérage du centre par rapport à deux ou trois objets caractéristiques : marque sur un rocher, arbre d'essence ou de dimension particulière (ne pas oublier de préciser le type de matérialisation utilisée : fer à béton, borne de géomètre, etc.),
- Coordonnées GPS (Système de coordonnées, longitude, latitude, précision au moment de la mesure).

Remarque : Il est préférable de cumuler les informations facilitant la recherche ultérieure. Un plan définitif de localisation des placettes sera réalisé (format A4 ou A3).

Il est également important de noter :

- Le nom de la forêt
- Le numéro de la placette
- L'équipe qui réalise l'échantillonnage
- La date de l'échantillonnage

A l'échelle de la placette et sur un **rayon de 20 m** sont également relevés, dans le cadre du module alluvial, les indices de présences des herbivores sauvages à l'aide des codifications suivantes :

Indice	Castor	Frottis	Boutis de sangliers
0	absent	absent	absent
1	quelques brins	quelques brins	< 5% de la placette
2	< 50% des brins	< 50% des brins	de 5 à 50% de la placette
3	> 50% des brins	> 50% des brins	> 50% des brins

Enfin, il est indispensable de préciser l'habitat dans lequel l'échantillonnage est effectué. Sur la feuille de terrain, veuillez noter le **code CORINE** qui correspond à l'habitat de la placette. Afin de le déterminer à posteriori ou pour apporter des précisions, il peut se révéler intéressant de noter les **caractères stationnels ou les informations phytoécologiques** principales caractérisant le milieu.

Dans le cadre du module alluvial, en dizaine de %, le recouvrement des strates suivantes est à relever dans un **rayon de 10 m**:

- herbacée basse (plantes herbacées < 50 cm)
- herbacée haute (plantes herbacées > 50 cm)
- buissonnante et arbustive (ligneux < 7 m)
- arborée (ligneux > 7 m)

Un relevé phytosociologique complet est également à réaliser pour chaque strate (les deux strates herbacée seront confondues), dans un **rayon de 10 m**, en utilisant le coefficient d'abondance-dominance :
+ : recouvrement < 1%
1 : 1 à 5%
2 : 5 à 25%
3 : 25 à 50%
4 : 50 à 75%
5 : > 75%

Lors de la première campagne, un sondage pédologique à la tarière est à réaliser jusqu'à butter sur un horizon grossier (graviers, galets) ou jusqu'à la rencontre de la nappe phréatique. On relèvera alors :

- la profondeur d'apparition de la nappe ou du plancher graveleux ;
- la profondeur d'apparition des traces d'hydromorphies temporaires et permanentes (séparément) ;
- le profil textural (diagnostic sommaire au toucher).

Le trou de sondage sera rebouché car il constitue un piège pour les petits mammifères et les insectes.

Remarque : afin d'éprouver rapidement la qualité du plan de localisation, les placettes peuvent être toutes matérialisées par une équipe puis échantillonnées par une autre. Lors du passage de la deuxième équipe, le manque d'informations pour localiser certaines placettes pourra être souligné et le plan de localisation amélioré dès la première campagne. Dans le cadre du module alluvial, l'équipe de matérialisation des placettes peut dans le même temps réaliser le relevé pédologique et/ou le relevé phytosociologique.

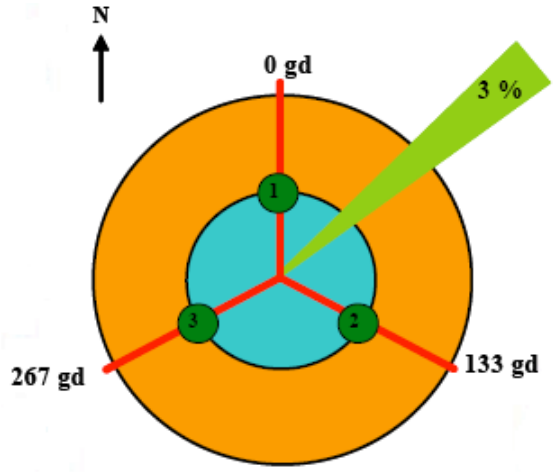
4. Echantillonnage

4.1. Temps de réalisation

Sous des conditions idéales (plaine, plusieurs repères, lignes…), deux personnes expérimentées peuvent échantillonner jusqu'à 8 placettes par jour. Si le terrain est accidenté, il est rare que plus de 4 placettes soient achevées, ceci dû en particulier au temps de déplacement entre les placettes. Pour donner un ordre d'idée et en incluant le temps de formation, de déplacement, de saisie des données, on arrive facilement à un total de **120 jours homme** pour la mise en place de 180 placettes.

4.2. Types et techniques d'échantillonnage

4.2.1. Cas où les placettes sont espacées d'au moins 100 m



Vivant	D1.30>=30	Angle fixe de 3%
	7.5<D1.30<30	Cercle de 10 m de rayon
	D1.30<7.5	3 cercles de 1.5 de rayon
Mort sur pied	D1.30>=30	Cercle de 20 m de rayon
	7.5<D1.30<30	Cercle de 10 m de rayon
Mort au sol	5<diam<30	Echantillonnage linéaire
	Diam>30	Cercle de 20 m de rayon Cubage par billons

L'échantillonnage est réalisé par **au moins deux personnes**. L'une, au centre de la placette, prend les azimuts et saisie les données sur la feuille de terrain, l'autre prend les mesures, juge l'intérêt écologique de chaque arbre et donne sa distance au centre de la placette.

Il n'y a pas d'ordres définis pour réaliser l'échantillonnage. Certains voudront commencer par les transects et la régénération, d'autres préfèreront finir avec ces relevés. Cependant, au début, il peut être utile de laisser ces deux opérations pour la fin ; les jalons permettant de visualiser plus rapidement les distances.

Au départ, plusieurs tours seront certainement nécessaires pour réaliser les relevés. Par exemple, on peut décider de prendre « tous les plus de 30 » (vivants, morts sur pied, morts au sol) en un tour (pour éviter les erreurs, commencer à 0 grade en tournant dans le sens horaire) ; puis, lors du deuxième tour, de prendre les perches vivantes et mortes sur pied.
Remarque 1 : une fois la technicité et le coup d'œil acquis et dans de bonnes conditions, un seul tour peut être suffisant pour relever les arbres précomptables et les perches.

Remarque 2 : la règle suivante sera utilisée pour distinguer les arbres vivants des arbres morts. Si la partie vivante est très réduite et si plus de 50% du volume est en train de se décomposer, l'arbre sera considéré comme mort. En observation, il sera noté qu'il possède encore des branches vivantes.

Remarque 3 : Dans le cas d'arbres vivants, penchés ou encroués, si l'angle avec le sol est inférieur à 20°, ils seront rangés dans la catégorie des arbres au sol. En observation, il sera noté que ces arbres sont vivants. Les autres chablis qui présentent des réitérations, et qui par conséquent sont encore vivants, seront également inventoriés avec les autres pièces de bois au sol avec l'annotation « vivant » en observation.

4.2.2. Cas où les placettes sont espacées de moins de 100 m

Dans le cas où les placettes sont espacées de moins de 100 m, il y a un risque de chevauchement des placettes.

Afin d'utiliser le réseau de placettes établi dans le cadre du protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales, certaines modifications sont à apporter au PSDRF-MA.

Maillage de 50 x 50 m (cas des RN de l'Ile de la Platière et du Val de Loire)

En utilisant le maillage initial de 50 x 50 m, le risque de chevauchement des placettes est considérablement réduit avec un angle fixe de 5 %.

Avec un tel angle fixe, le diamètre limite entre les catégories de bois vivant doit être de 50 cm et non pas de 30 cm comme c'est le cas avec l'angle fixe initial de 3 %. Les paragraphes 4.3. et 4.4. doivent donc être respectivement appliqués aux arbres vivants $D \geq 50$ cm et $7{,}5 \leq D < 50$ cm.

Cependant, il est plus efficace d'utiliser un angle fixe de 3 % en diminuant le nombre de placettes. L'effort d'échantillonnage est considérablement réduit, pour une estimation de qualité équivalente.

Maillage de 30 x 30m (cas de la RN de st Pryvé-St Mesmin)

Dans un tel cas, il y a chevauchement des placettes (cercle de 20 m). Il faut donc diminuer le nombre de placettes mais cela ne suffit pas : l'angle fixe doit être de 5 %.

Les paragraphes 4.3. et 4.4. doivent être respectivement appliqués aux arbres vivants $D \geq 50$ cm et $7{,}5 \leq D < 50$ cm.

4.3. Arbres vivants de diamètre ≥ 30 cm

Ces arbres sont échantillonnés avec des placettes de type « **angle fixe** ». L'angle retenu correspond à 3%. Autrement dit, un arbre sera compté si son diamètre (cm) est supérieur à 3 fois la distance (m) au centre.

Remarque 1 : Il est possible d'utiliser un relascope de Bitterlich pour identifier les plus « probants ». Mais, il reste indispensable d'aller vérifier les diamètres et la distance au centre pour chacun d'eux afin de vérifier s'il rentre bien dans le ratio de 3%. Dans le cas contraire, l'arbre peut être noté en **arbre limite**. Cet arbre n'interviendra pas dans les calculs de volume, d'accroissement en volume mais sera, par contre, utilisé dans d'autres bases de données.

Remarque 2 : L'angle fixe couramment utilisé est de 3% ; cependant, il est possible de l'adapter au contexte stationnel (le diminuer pour échantillonner plus d'arbres dans le cas de peuplements jeunes ou au contraire, l'augmenter pour diminuer le nombre de tiges pré comptables dans le cas de vieux peuplements). **Une fois déterminé et utilisé, l'angle ne peut être changé**.

Pour ces arbres, on relèvera :

- L'essence (voir la liste sur la feuille de terrain et les abréviations utilisées ; essayer de toujours aller jusqu'à l'**espèce**),
- L'azimut **en grades,**
- La distance au centre en mètres,
- *La pente dans le cas où la pente n'est pas automatiquement corrigée*,
- **Deux** diamètres perpendiculaires (D1 correspondant au diamètre perpendiculaire au rayon de la placette),
- Le code écologique (codification au choix, voir annexes).

Remarque : dans le cas des arbres penchés, le diamètre est pris perpendiculairement au fût, à une longueur de 1,30 m à partir de la souche et au niveau où l'angle entre le fût et le sol est le plus petit.

Dans le cadre du module alluvial, on relèvera également :

- la hauteur de la première branche vivante (estimation en mètre, voir ci-après);
- la hauteur totale (estimation en mètre, voir ci-après) ;
- la présence de liane (« code liane ») ;
- le diamètre des lianes (si D > 7,5 cm) ;
- L'état sanitaire (code « état sanitaire »).

Lors de la saisie informatique des données, un « numéro arbre » sera attribué à chaque **arbre de franc pied** mesuré par concaténation des champs azimut, placette, code réserve, essence et enfin distance. **Ce numéro devra être identique tout au long de la vie de l'arbre et restera inchangé à sa mort. Il est donc important que l'azimut, la distance et l'essence soient inchangés entre les différentes campagnes.** Pour s'assurer de cela, les remesures des placettes se feront à l'aide des relevés issus de la campagne précédente.

Cas des lianes D ≥ 7,5 cm :

Les lianes D ≥ 7,5 cm seront échantillonnées comme les arbres vivants 7,5 ≤ D < 30 cm (voir paragraphe 4.4.) et on relèvera en plus le « numéro arbre » de l'arbre porteur.

Estimation des hauteurs :

La hauteur totale et la hauteur de la première branche vivante seront mesurées pour les trois arbres les plus proches du centre de la placette. Ces mesures serviront d'étalonnage pour l'estimation des hauteurs des autres arbres de la placette.
En cas de mauvaise visibilité, on pourra choisir trois autres arbres dans la placette.

Codes « Etat sanitaires » :

0 : Absence de symptôme de dépérissement.
Houppier opaque, ramification fine dense.
1 : rameaux fins desséchés dans la périphérie du houppier ;
Et/ou présence de « fenêtres disjointes » ;
Et/ou rameaux en « fouets ».
2 : Branches desséchées dans le houppier, mais moins de 50% ;
Et/ou échancrure nette dans le houppier ;
Et/ou feuilles en paquets.
3 : Branches mortes composant plus de 50% du houppier.

Remarque : les arbres dont le houppier est mort mais qui présentent des rejets sont considéré comme morts. On notera « vivant » en observation et on pourra éventuellement préciser si les rejets sont issus de la souche ou du fût. Les brins issus de rejets seront considérés comme un nouvel individu.

Codes « liane »

Code liane	espèce
ClVi	Clematis vitalba
HeHe	Hedera helix
HuLu	Humulus lupulus
PaIn	Parthenocissus inserta
PaQu	Parthenocissus quinquefolia
ViSi	Vitis vinifera ssp silvestris
ViVi	Vitis vinifer ssp vinifera

Remarque : Un travail concernant le relevé des micro-habitats (codes écologiques) est en cours. En attendant les résultats de ces études, la codification « ENGREF » (alphanumérique) est à privilégier.

4.4. Arbres vivants de diamètre < 30 cm

Ces arbres sont échantillonnés sur un cercle de 10 m de rayon. Les informations relatives au PSDRF « de base » à collecter (écrits en noir) sont les mêmes que pour les arbres de diamètre ≥ 30 cm, mis à part qu'un seul diamètre sera mesuré : les arbres de petite dimension ne sont en général pas méplats. On relève donc :

- L'essence (voir la liste sur la feuille de terrain et les abréviations utilisées ; essayer de toujours aller jusqu'à l'**espèce**),
- L'azimut **en grades,**
- La distance au centre en mètres,
- *La pente dans le cas où la pente n'est pas automatiquement corrigée*,
- **Deux** diamètres perpendiculaires (D1 correspondant au diamètre perpendiculaire au rayon de la placette),
- Le code écologique (codification au choix, voir annexes).

Dans le cadre du module alluvial, on relèvera en plus:
- La hauteur totale (estimation en mètre) ;
- La présence de liane (« code liane ») ;
- L'état sanitaire (code).

Un « numéro individu » sera attribué de la même manière que dans le cas des arbres vivants D≥30cm.

Cas des cépées :

Dans le cas des cépées, les tiges issues d'une même souche porteront le même « numéro individu ». Afin de les différencier, on relèvera pour chacun d'entre elles un « numéro brin ». La tige de plus gros diamètre portera le numéro T1 et les suivant T2, T3, etc.

Un « numéro arbre » sera créé par concaténation du « numéro individu » et du « numéro brin ». Ce numéro sera unique et propre à chaque tige vivante.

Bien que dans le cadre du protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales les relevés étaient effectués uniquement pour le brin le plus gros, **les différents paramètres cités plus haut seront relevés indépendamment pour chacun des brins.**

Remarque : Les données pour les arbres vivants seront notées dans le même tableau sur la fiche de terrain.

Remarque 2 : Le diamètre se mesure, côté amont en cas de pente, en évitant les excroissances, au-dessus des contreforts de l'empattement de l'arbre et sur l'écorce dégagée du lierre, des mousses, etc. Dans le cas de tiges jumelles, si leur soudure est située à une hauteur supérieure à 1,30 m, on la considère comme un seul arbre et une seule mesure est prise. Si elle est au-dessous, on mesure séparément chaque tige.

Remarque 3 : Dans le cadre du module alluvial, les différents brins d'une même cépée ont le même numéro d'arbre car ils sont considérés comme un seul individu.

4.5. Régénération

Les tiges seront comptabilisées sur 3 placettes de rayon 1,5 m disposées en étoile à 10 m du centre de la placette. La première est installée au nord, la deuxième à 133 grades, la troisième à 267 grades. Noter qu'en utilisant les jalons, ces placettes correspondent à cercle de rayon 1,5 m dont les centres sont les 3 jalons situés à 10 m.

On relèvera ici :

- Le **numéro** de la sous-placette (noté 1, 2 et 3 et non A, B et C).
- L'essence
- L'origine végétative du pied (O ou N),
- Le **nombre de tiges** de la même essence pour chaque classe de diamètre
- Le **pourcentage** de recouvrement de semis (moins de 50 cm de hauteur) issus de la même essence (on notera 1% dès lors qu'un semis de telle ou telle essence est échantillonné sur la sous-placette),
- Si l'essence est abroutie ou non. (dans le cadre du module alluvial, ce critère sera relevé grâce aux « code abroutissement » et non en présence/absence).

Remarque : Le taillis non précomptable (tiges de plus de 50 cm de haut et de 2,5 cm de diamètre) est également à relever. Comme pour les semis, on distinguera 3 classes.

Exemple :

Ss-placette	Essence	Taillis	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Recouvrement	Abroutissement
2	HET	N	2	3	0	5%	N
2	HET	O			1		N

Classes de semis (rappelées sur la feuille de terrain).
Classe 1 : 0,5 < H < 1,5 m
Classe 2 : H > 1,5 m et D < 2,5 cm
Classe 3 : 2,5 cm < D < 7,5 cm
Semis < 50 cm noté en recouvrement (%).

Code d'abroutissement :
0 : absent
1 : quelques brins
2 : < 50 % des brins de l'essence concernée
3 : > 50% des brins de l'essence concernée

Remarque : la présence de semis d'essences présentes sur la placette (dans un rayon de 20 m) et non relevée dans le cadre des sous-placettes de régénération peut être relevée.

Optionnel : Ces sous-placettes de régénération peuvent également servir à suivre le recouvrement d'une ou plusieurs espèces. Ce peut être, par exemple, des plantes considérées comme un frein au processus de régénération ou bien comme indicatrices de certains stades de développement.

4.6. Arbres morts au sol de diamètre ≥ 30 cm

En fonction de la longueur de la pièce au sol ou d'autres critères (décroissance significative, fourche, stades de décomposition très différents), on peut choisir de **découper l'arbre en billons** de longueur variable. Si le billon < 5 m de long, possibilité de ne prendre que le diamètre médian (Dm). Dans le cas où le billon est > 5 m de long, mesurer les 3 diamètres (Dini, Dfin, Dm). Dans le seul cas des arbres morts au sol (≥ 30 cm et transects), un arbre pourra être représenté par une ou plusieurs lignes (plusieurs billons, branches d'un même individu).

Pour chaque arbre échantillonné, indiquer :

- Le numéro de billon (puisque différents billons peuvent appartenir à un même arbre),
- L'essence (si l'identification semble impossible, noter R.D ou F.D ou IND),
- L'azimut (au niveau du diamètre médian),
- La distance au centre (au niveau du diamètre médian),
- Le diamètre médian (cm) et si L≥5m les diamètres initiaux et finaux,
- La longueur de la pièce de bois (en m) – ne pas oublier de ne prendre en compte que la partie de l'arbre dont le diamètre est supérieur à 30 cm,
- La proportion du billon en contact avec le sol (%),
- L'origine de la pièce au sol (origine chablis naturel ou exploitation) : O / N,
- Le stade de décomposition du billon noté 4-3

Rappel : Du fait de la découpe 30 cm, **les diamètres médians, initiaux et finaux doivent tous être supérieurs à 30 cm.**

Remarque 1 : Lorsque la pièce de bois est limite, **seule la partie à l'intérieur de la placette est mesurée.**

Remarque 2 : En cas de chablis, le volume de la galette n'est pas mesuré. La longueur devra être prise au niveau du collet.

Stades de décomposition

Ecorce	Pourriture du bois
1. Présente sur tout le billon	1. Dur ou non altéré
2. Présente sur plus de 50% de la surface	2. Pourriture <1/4 du diamètre
3. Présente sur moins de 50% de la surface	3. Pourriture entre 1/4 et 1/2 du diamètre
4. Absente du billon	4. Pourriture entre 1/2 et 3/4 du diamètre
	5. Pourriture supérieure à 3/4.

Dans le cadre du module alluvial, on relèvera :

- l'orientation des fûts (azimut du tronc à partir de la souche) ;
- les coordonnées polaires de la souche (azimut en grades et distance au centre de la placette en mètres).

ATTENTION :

Dans le cas des fûts (et des branches physiquement rattachées à des fûts) correspondants à des arbres relevés lors de la campagne précédente, le « numéro arbre » attribué doit correspondre au numéro noté lors de la dite campagne. **Il est donc important que l'azimut, la distance et l'essence correspondent à ceux relevés pour cet arbre lors de la précédente campagne.** Pour s'assurer de cela, les remesures des placettes se feront à l'aide des relevés issus de la campagne précédente.

Dans le cas des fûts (et des branches physiquement rattachées à des fûts) non relevés lors d'une campagne antérieur, le « numéro arbre » sera attribué par concaténation des données suivantes : azimut de la souche, placette, code réserve, essence et enfin distance de la souche.

Dans le cas de branches non physiquement rattachées à un fût, le « numéro arbre » sera obtenu ainsi : BRA+azimut du centre de la branche.

Dans les trois cas précédent, le **« numéro arbre »** sera **commun à l'ensemble des billons provenant du même individu physique**. Les billons seront ensuite différenciés à l'aide d'un « numéro billon » (B1, B2, etc.)

Lors de la campagne de transition, on indiquera dans le cas des fûts relevés :

- le diamètre à 1,30 m des éléments mesurés dont la souche est dans un rayon de 13,8 m ;
- indiquer si longueur est plus ou moins importante que la moitié la hauteur du fût initial.

4.7. Arbres morts au sol de diamètre compris entre 5 et 30 cm

L'échantillonnage est ici constitué de **3 transects linéaires de 20 m de longueur, disposées en étoile** (azimuts nord, 133 et 267 grades - soit une distance totale échantillonnée de 60 m par placette). Ces transects peuvent être matérialisés de différentes manières :

- Par l'implantation de jalons à 10 et 20 m ou
- Par l'utilisation de « décamètres » réenrouleurs

Les données issues de l'échantillonnage linéaire seront intégrées de cette façon :

- Numéro du transect : 1, 2 ou 3 (possibilité de localiser plus précisément la pièce de bois en notant 11 si elle appartient aux 10 premiers mètres du premier transect, 12 si elle appartient aux 10 derniers mètres du premier transect, etc.),
- Essence (si l'identification semble impossible, noter R.D, F.D ou IND),
- Diamètre (mesuré au niveau de l'intersection),
- Angle de la pièce par rapport à l'horizontal (degrés). Systématiquement **inférieur à 50 deg**rés,
- Contact avec le sol sous forme d'une variable binaire : O / N,
- Origine de la pièce de bois au sol (chablis): O / N,
- Stade de décomposition.

Stade de décomposition

Remarque : Ici, le stade de décomposition ainsi que le fait qu'il y ait contact ou non avec le sol sont appréciés **à l'endroit de la prise de diamètre**

On relèvera, dans le cas des fûts, les mêmes critères « module alluvial » que dans le cas des bois morts au sol D≥30cm :

- Le numéro de l'arbre ;
- l'orientation des fûts (azimut du tronc à partir de la souche) ;
- les coordonnées polaires de la souche (azimut en grades et distance au centre de la placette en mètres).

Le « numéro arbre » attribué lors de la saisie informatique des données devra répondre aux mêmes critères que précédemment (voir paragraphe 4.3.). On prendra donc soin de noter le même azimut ainsi que la même distance en utilisant les relevés de la campagne précédente.

Lors de la campagne de transition, l'ensemble des fûts $7 \leq D < 30$ cm dont la souche se situe dans un rayon de 13,8 m sont relevés. On notera les mêmes paramètres que dans le cas des bois morts au sol D≥30cm :

- le diamètre à 1,30 m des éléments mesurés dont la souche est dans un rayon de 13,8 m ;
- indiquer si longueur est plus ou moins importante que la moitié la hauteur du fût initial.

Les fûts interceptés par les transects seront distingués par la présence du numéro de transect. Il est donc très important de ne pas omettre ce critère.

Remarque : Ici encore, le numéro de l'arbre est un identifiant individuel unique, le « numéro de l'arbre » doit être identique entre les deux campagnes, même en cas de changement de statut.

4.8. Arbres morts sur pied

Les arbres morts sur pied sont, en général, relevés en même temps que les arbres vivants. Ils correspondent aussi bien aux arbres qui viennent de dépérir qu'aux volis et aux souches. Ils sont inventoriés en utilisant deux cercles concentriques de 10 et 20 m de rayon. Pour le cercle de 10 m, le diamètre de précomptage est de 7,5 cm. Il est de 30 cm pour le cercle de 20 m.

Les deux types d'arbres requièrent des relevés identiques, que sont :

- L'essence,
- L'azimut (gr) depuis le centre de la placette,
- La distance (m) au centre,
- Le diamètre (à 1,30 m pour les types A ou V, médian autrement),
- La hauteur (m),
- Le type : A (arbre), V (volis), SA (souche d'origine anthropique), SN (souche d'origine naturelle) ;
- Le stade de décomposition,
- Le code écologique (codification au choix, voir annexes).

Dans le cadre du module alluvial, on relèvera de plus la présence de liane (code « liane »).

Le « numéro arbre » attribué à un arbre mort sur pied lors de la saisie informatique des données devra correspondre à celui attribué à ce même arbre lors de la campagne précédente, que ce dernier ait été relevé mort ou vivant (voir paragraphe 4.6.).

Lors de la campagne de transition, on indiquera si la hauteur des types V relevés est plus ou moins importante que la moitié la hauteur du fût initial.

Remarque 1 : Les données pour les arbres morts sur pied quelque soit leur diamètre seront saisies dans le même tableau sur la fiche de terrain.

Remarque 2 : la codification des codes écologiques choisie doit être la même pour les arbres vivants et les arbres morts.

Remarque 3 : le numéro de l'arbre est un identifiant individuel unique. Si l'arbre mort sur pied relevé était vivant lors de la campagne précédente, le numéro de l'arbre doit être identique entre les deux campagnes.

Types d'arbres morts sur pied

Type A : il correspond aux bois morts qui peuvent être cubés en utilisant le même tarif de cubage que pour les arbres vivants. C'est le cas des arbres qui viennent de dépérir, ou bien des arbres qui ont perdu une partie de leurs rameaux fins, mais pas de parties importantes de leur squelette.

Type V : il comprend les volis de hauteur supérieure à 1,30 m, ainsi que les arbres ayant perdu une partie importante de leur squelette. Ces objets seront cubés en appliquant au diamètre à 1,30m une décroissance métrique par défaut de 1cm/m et en estimant sur le terrain une hauteur. Le choix de la décroissance métrique pourra être adapté localement.

Type S : il comprend les volis de hauteur inférieure à 1,30 m, ainsi que les souches non déracinées. Les souches sont échantillonnées quelle que soit leur hauteur. Ce type de bois mort sur pied sera cubé à partir d'un diamètre médian et d'une hauteur (formule du cylindre). On distinguera les souches d'origine naturelle (SN) et les souches d'origine anthropique (SA), issues de la gestion forestière.

Annexe 19 : Méthodologie et résultats des tests statistiques (test t ou test de Wilcoxon) comparant le COST et le PSDRF pour les RBI du Capitaine Monté et de Guebwiller

Méthodologie :

Pour chaque réserve et chaque paramètre étudié (G en m²/ha, V en m^3/ha ou N en nombre/ha), on considère les résultats issus de la mise en œuvre des deux protocoles. On obtient alors deux échantillons : l'échantillon PSDRF et l'échantillon COST pour chaque paramètre et chaque réserve.

Les deux protocoles sont mis en place sur les mêmes placettes. Les échantillons COST et PSDRF sont donc appariés.

Le test t de Student, qui repose sur la comparaison de moyennes, permet de comparer les deux échantillons. Ce test ne peut s'appliquer que si les échantillons comparés suivent une loi normale et présentent la même variance. L'hypothèse nulle (H_0) est la suivante : les moyennes des deux échantillons sont égales. On calcule ensuite la probabilité de rejeter H_0 à tort, c'est la « p-value ». Avec un seuil de confiance de 5 %, si p-value < 0,05 on rejette H_0 et les estimations issues des deux protocoles sont significativement différentes. Sinon, il n'y a pas de différence significative entre les échantillons. Le PSDRF et le COST fournissent donc des estimations similaires.

Le test de Wilcoxon ne nécessite aucune supposition quant aux échantillons comparés (test non paramétrique) mais est moins robuste que le test T de Student. De même que le test t de Student, le test de Wilcoxon permet de déterminer si la différence entre les deux échantillons est significative. Ici, on compare la distribution des deux échantillons. Si p-value > 0,05 on accepte H_0 et les deux protocoles fournissent des estimations similaires. Sinon, on rejette H_0 et les estimations issues des deux protocoles sont significativement différentes.

Afin de déterminer si les échantillons suivent une loi normale, on réalise le test de Shapiro pour chacun d'entre eux. Selon H_0, l'échantillon suit une loi normale donc si p-value > 0.05, l'échantillon suit une loi normale.
Ensuite, un test de comparaison de variance est utilisé pour tester l'égalité des variances des échantillons comparés. Ici, H_0 suppose l'égalité entre les variances donc si p-value > 0.05 les échantillons ont la même variance.

Enfin, lorsque les échantillons comparés (donc correspondant au même paramètre de la même réserve) suivent une loi normale et présentent la même variance, le test t est utilisé. Si ces deux conditions ne sont pas remplies, le test de Wilcoxon est effectué.

Les boites à moustaches permettent de comparer visuellement la distribution des deux échantillons.

Résultats :

Les résultats ci-après sont fournis par réserves

RBI du Capitaine Monté

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le COST (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

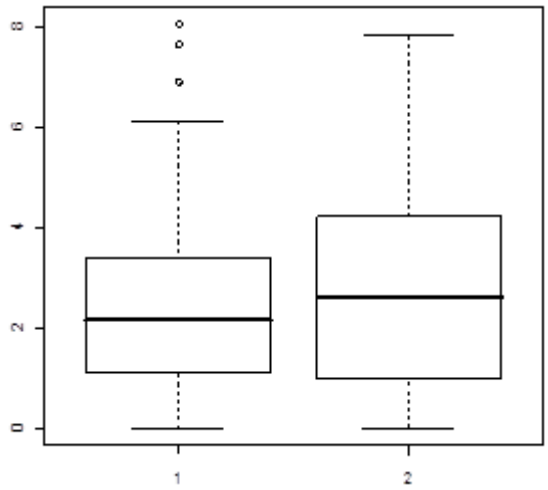
Protocoles comparés : COST sur 63 placettes et PSDRF à 3 % sur 61 placettes

Arbres vivants 7,5 ≤ D < 17,5 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 0.000366
PSDRF: p-value = 0.01257
L'échantillon COST ne suit pas une loi normale.

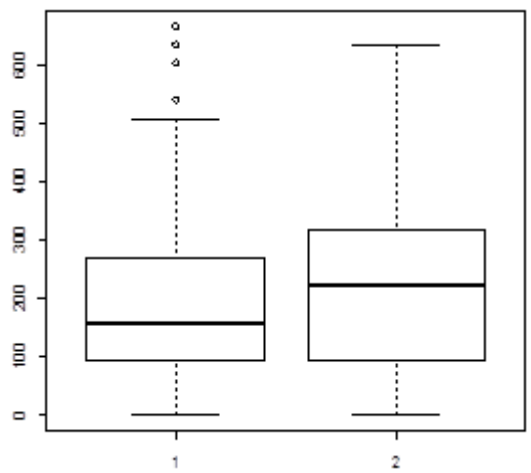
Test de Wilcoxon : p-value = 0.6049
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 2.85e-05
PSDRF: p-value = 0.005489
L'échantillon COST ne suit pas une loi normale

Test de Wilcoxon : p-value = 0.4687
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



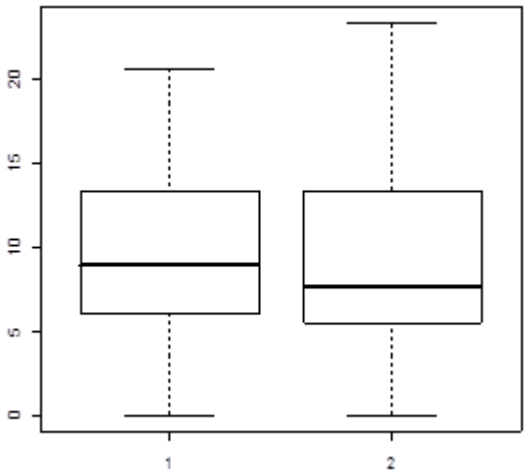
Arbres vivants 17,5 ≤ D < 40 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 0.3145
PSDRF: p-value = 0.05266
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.5022
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.4192
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

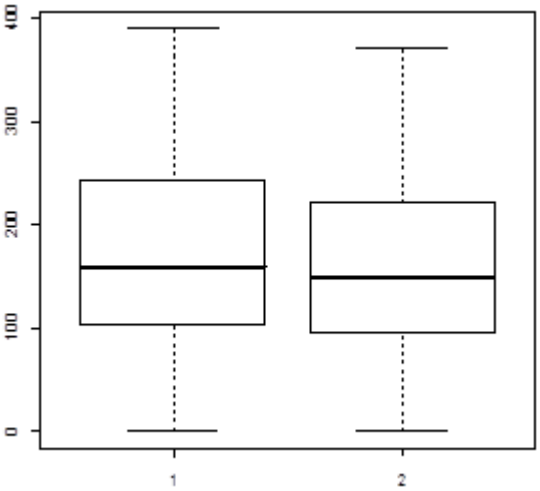


N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 0.1550
PSDRF: p-value = 0.1745
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.9645
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.4605
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



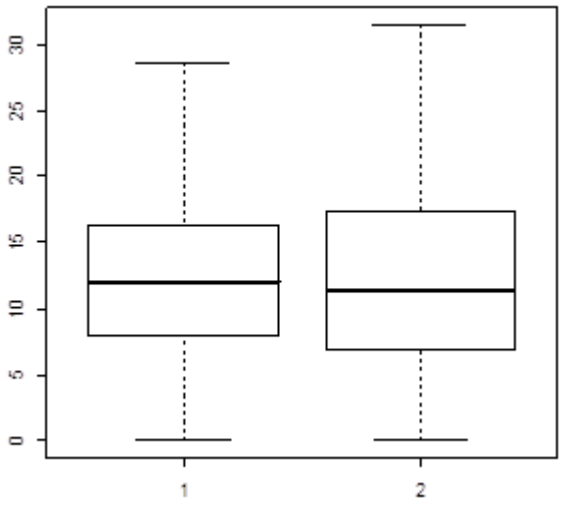
Arbres vivants D ≥ 40 cm

G (m² /ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 0.7207
PSDRF: p-value = 0.1476
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.05138
Les échantillons ont la même variance.

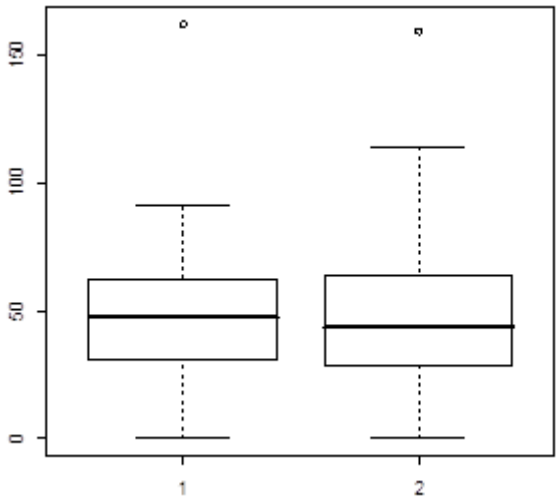
Test t : p-value = 0.5989
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 0.003597
PSDRF: p-value = 0.01130
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.8533
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

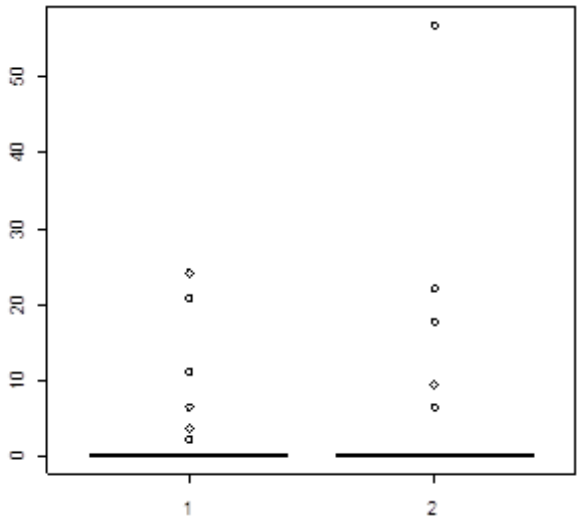


Bois morts sur pied 17,5 ≤ D < 40 cm

V (m^3 /ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 5.703e-16
PSDRF: p-value = 4.363e-16
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

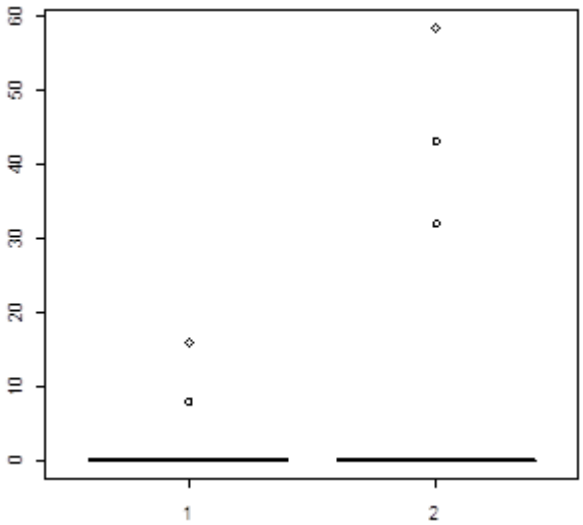
Test de Wilcoxon : p-value = 0.8394
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 2.502e-15
PSDRF: p-value = 2.463e-15
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.9193
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

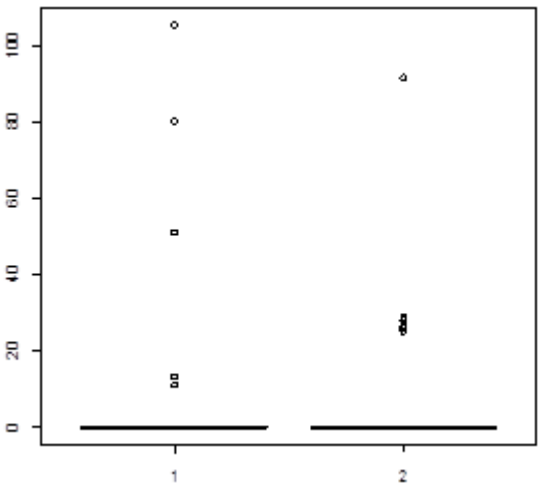


Bois morts sur pied D ≥ 40 cm

V (m^3 /ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 2.966e-16
PSDRF: p-value = 1.615e-15
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

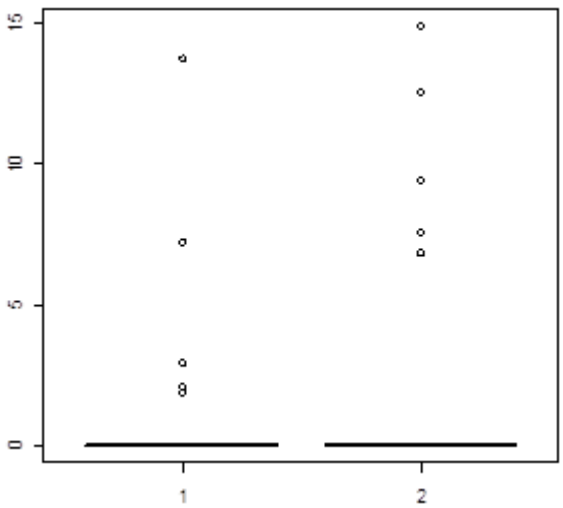
Test de Wilcoxon : p-value = 0.7228
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value < 2.2e-16
PSDRF: p-value = 6.399e-15
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.6484
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

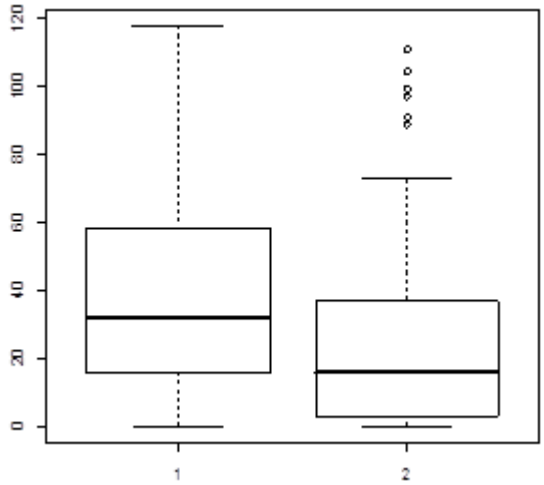


Bois mort au sol 10 ≤ D < 30 cm

V (m^3 /ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 0.001408
PSDRF: p-value = 5.364e-08
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.0007905
La différence entre les deux échantillons est significative.



Part des arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm

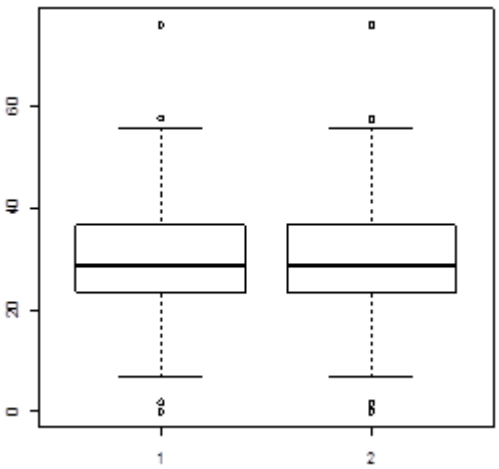
Protocoles comparés : COST sur 63 placettes avec ou sans les arbres vivants 5 ≤ D < 7,5 cm

G (m^2/ha)

Test de Shapiro :
"COST avec" : p-value = 0.07412
"COST sans" : p-value = 0.06831
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.06831
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.958
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.

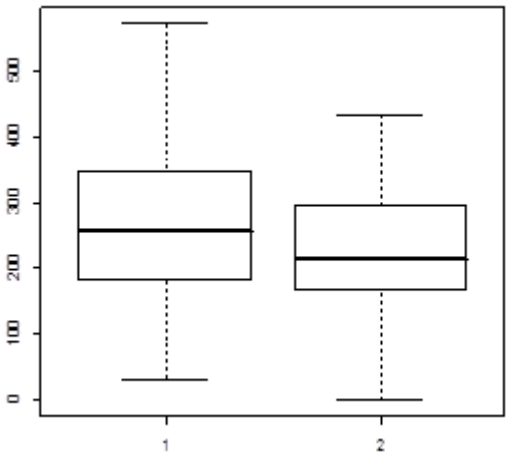


N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
"COST avec" : p-value = 0.789
"COST sans" : p-value = 0.6972
Les deux échantillons suivent une loi normale.

Test d'égalité des variances : p-value = 0.2361
Les échantillons ont la même variance.

Test t : p-value = 0.04279
Il **y a une différence significative entre les deux échantillons.**



RBI de Guebwiller

NB : les figures présentées correspondent aux boites à moustaches obtenues avec le COST (1) et le PSDRF (2) pour chacune des variables présentées.

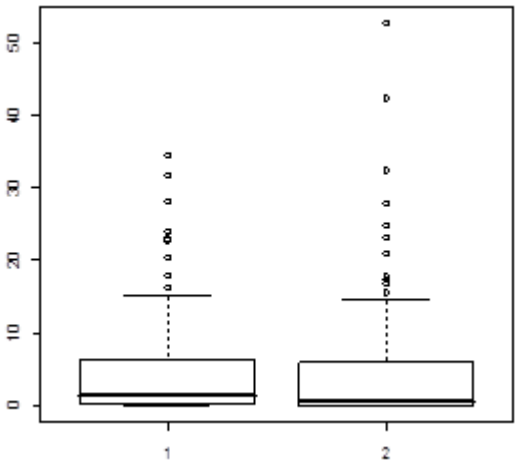
Bois morts sur pied 10 ≤ D < 30 cm

Protocoles comparés : COST et PSDRF sur 112 placettes

V (m^3/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 5.616e-14
PSDRF: p-value = 4.01e-16
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

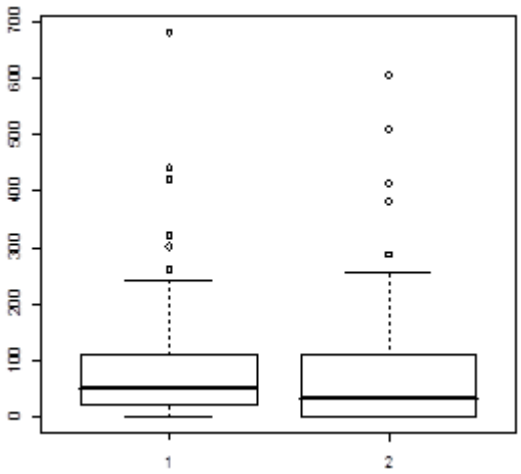
Test de Wilcoxon : p-value = 0.1575
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



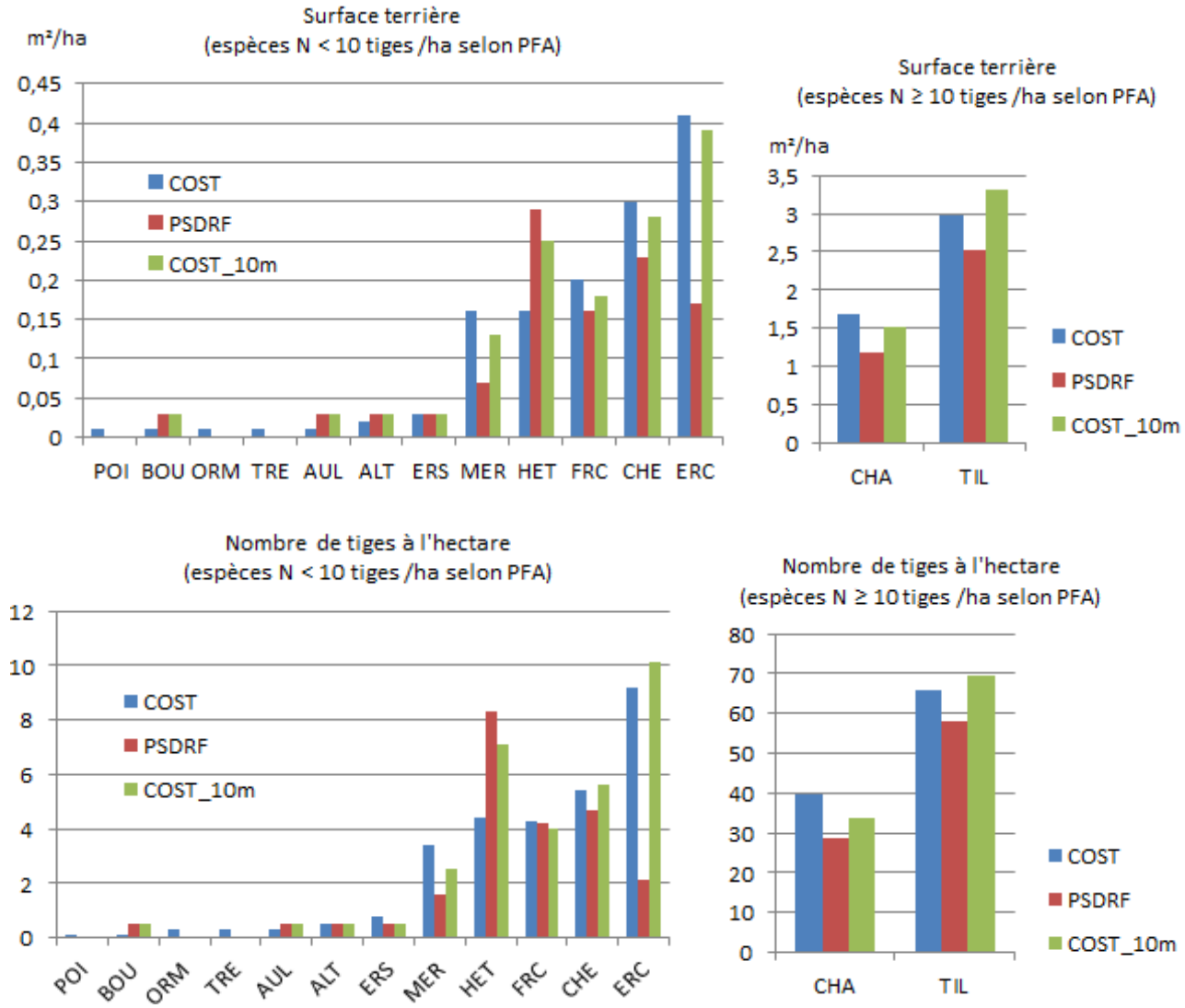
N (nombre de tiges/ha)

Test de Shapiro :
COST : p-value = 1.77e-13
PSDRF: p-value = 1.152e-13
Les échantillons ne suivent pas une loi normale.

Test de Wilcoxon : p-value = 0.4683
Il n'y a pas de différence significative entre les deux échantillons.



Annexe 20 : Comparaison des résultats obtenus par essence pour les arbres 17,5 ≤ D < 30 cm en RBI du Capitaine Monté avec le COST et le PSDRF mis en œuvre ainsi qu'avec la réduction du rayon à 10 m dans le cas du COST.



Annexe 21 : Part des bois morts sur pied 5 ≤ D < 7,5 cm dans l'estimation du capital en bois morts sur pied, RBI du Capitaine Monté.

grandeur estimée	**Volume (m3/ha)**			**Nombre d'éléments à l'hectare**		
Dimension	5 ≤ D < 7,5 cm	D ≥7,5 cm	D ≥ 5 cm	5 ≤ D < 7,5 cm	D ≥7,5 cm	D ≥ 5 cm
moyenne	0,2	6,2	6,5	2,5	6,4	8,9
Écart type	1,4	20,8	21,2	11,9	25,6	34,1
CV	6,1	3,3	3,3	4,7	4,0	3,8
Erreur relative	1,5	0,8	0,8	1,2	1,0	1,0

Annexe 22 : Fiche récapitulative de l'étude concernant les forêts alluviales à destination des gestionnaires

Réserves Naturelles DE FRANCE

Office National des Forêts

STAGE ADAPTATION / OPTIMISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DES FORETS

Optimisation du protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales

Remarques

On utilisera ici l'abréviation PFA pour désigner le protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales. De même, le sigle PSDRF fera référence au protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières.
Ce document constitue un résumé des résultats obtenus suite à l'étude d'un rapprochement éventuel entre le PSDRF et le PFA sur la base du PSDRF. Il est destiné à faciliter la mise en œuvre des campagnes initiales et de transition pour les gestionnaires intéressés par le suivi de leurs forêts alluviales.

Des protocoles aux objectifs communs

Avec la mise en œuvre de placettes permanentes selon un échantillonnage systématique, le PSDRF et le PFA sont des dispositifs proches et qui partagent des objectifs communs. C'est notamment le cas du suivi du capital en bois morts et vivants. Cependant, si le PFA est spécifique aux forêts alluviales, le PSDRF n'est pas adapté au suivi de ces milieux. D'autre part, le PSDRF n'est pas uniquement destiné à être mis en œuvre dans des forêts laissées en libre évolution. La différence notable entre ces deux dispositifs réside en réalité dans les types d'échantillonnage utilisés.

Présentation d'une placette PSDRF

Le PSDRF combine la mise en œuvre de trois techniques d'échantillonnage distinctes : surface fixe, angle fixe et transects linéaires. En ce qui concerne le PFA et en dehors des relevés de régénération, les éléments, vivants comme morts, sont relevés sur une placette de 13,8 m de rayon.

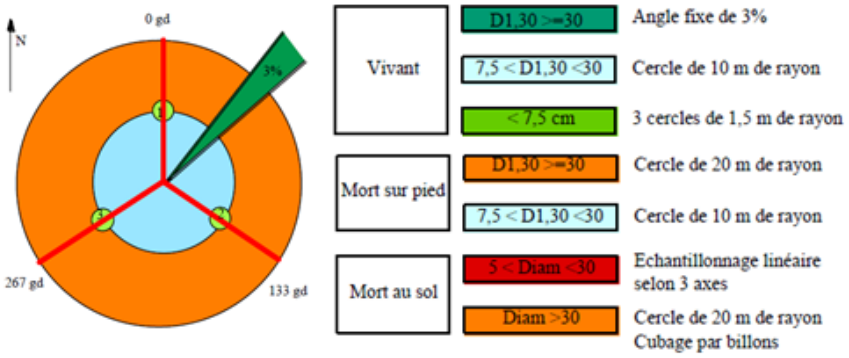


Figure ci-contre : schéma d'une placette PSDRF

NB : Dans la suite du document, les arbres vivants relevés dans le cercle de 10 m seront nommés « arbres de première catégorie » et ceux relevés selon l'angle fixe, « arbres de seconde catégorie ».

Pourquoi un rapprochement entre les protocoles ?

L'intérêt principal d'un rapprochement réside dans la comparaison des données relevées et l'optimisation du suivi. Si les dispositifs sont proches, les seuils choisis, les techniques d'échantillonnage utilisées sont différentes ; et en conséquence leur efficacité diffère. Le PSDRF a été élaboré par un groupe d'experts (ENGREF, ONF, RNF) dont le leitmotiv était d'obtenir le meilleur ratio temps/précision possible.

Malgré sa complexité apparente, de nombreuses réserves (biologiques et naturelles) ont mis en œuvre le PSDRF. Ce dernier est par ailleurs coordonné par le biais d'une convention établie entre RNF et l'ONF depuis 2008. Ce partenariat comprend la mise en place de formations et un traitement simples des données. Depuis 2010, un logiciel de saisie « Dendro » a par ailleurs été élaboré afin de faciliter la prise de donnée. Une plateforme de centralisation et de traitement des données est également en cours d'élaboration. Un rapprochement entre le PFA et le PSDRF sur la base de leurs objectifs communs pourrait permettre que l'ensemble des gestionnaires bénéficient de ces outils et services.

Un gain d'efficacité pour l'estimation du capital sur pied à l'échelle de la réserve

Arbres vivants de seconde catégorie

Les arbres de cette catégorie sont relevés selon un angle fixe. C'est-à-dire, si l'angle est de 3%, tant que son diamètre (cm) est supérieur à 3 fois sa distance au centre (m).

L'utilisation de l'angle fixe permet en effet de s'adapter au capital sur pied. Une réduction de l'angle fixe permet d'augmenter le nombre de tiges relevées et inversement. D'autre part, cette méthode est connue pour offrir une meilleure estimation du capital en gros bois.

Comparativement au PFA, l'utilisation d'un angle fixe de 3 % pourrait conduire à augmenter l'effort d'échantillonnage d'environ une tige de cette catégorie par placette.

Avec cette technique, la surface d'échantillonnage n'est plus fixe. Le risque de chevauchement des placettes doit alors être pris en compte dès que la densité du maillage excède 100 x 100 m. Or, certaines RN ayant mis en œuvre le PFA ont été échantillonnées selon un maillage plus serré.

Dans le cas d'un maillage de 50 x 50 m, le passage au PSDRF nécessite soit une diminution du nombre de placettes soit une augmentation de l'angle fixe. Avec un angle fixe de 4 ou 5 %, le risque de chevauchement des placettes devient acceptable. Ces deux solutions doivent être mises en œuvre simultanément dans le cas des maillages de 30 x 30 m.

L'angle peut être défini selon d'autres critères. En forêts alluviales, la visibilité peut être réduite (lianes très abondantes, végétation arbustive dense, etc.) et certains arbres peuvent être oubliés. Avec un angle de 3 %, un arbre de 90 cm de diamètre peut être relevé jusqu'à 30 m. Le choix d'un angle plus important peut alors être envisagé. Attention, une fois choisi, l'angle ne peut plus être modifié.

Le choix de l'angle fixe

Selon l'angle fixe choisi, il est nécessaire d'adapter le diamètre seuil entre les deux catégories d'arbres vivants afin de respecter la continuité du poids d'un arbre entre ces dites catégories :

Angle fixe (%)	Première catégorie (cercle de 10 m)	Seconde catégorie (angle fixe)
2	7,5 ≤ D < 20 cm	D ≥ 20 cm
3	7,5 ≤ D < 30 cm	D ≥ 30 cm
4	7,5 ≤ D < 40 cm	D ≥ 40 cm
5	7,5 ≤ D < 50 cm	D ≥ 50 cm

Exemple : RN de l'Ile de la Platière avec un maillage initial de 50 x 50 m et 63 placettes

Deux choix sont possibles dans ce cas :

- ✓ Angle fixe de 4 ou 5 % avec 63 placettes ;
- ✓ Angle fixe de 3 % avec 34 placettes.

La diminution du nombre de placette s'effectue de manière à conserver un maximum de placettes. Pour cela, on conserve une « diagonale de placettes » sur deux (voir ci-contre).

Figure ci-contre : Extrait du plan d'implantation des placettes, RN de l'Ile de la Platière.

Arbres vivants de première catégorie

Comme pour le PFA, les arbres vivants relevés sont localisés grâce à leur azimut et leur distance par rapport au centre de la placette. Pour comparer l'efficacité, il suffit donc de ne considérer que les tiges présentes dans un rayon de 10 m (au lieu de 13,8 m avec le PFA).

À l'échelle de la placette, l'effort d'échantillonnage – c'est-à-dire le nombre de tiges relevées – est divisé de moitié environ avec le PSDRF. Cela concorde avec la diminution de la surface d'échantillonnage. De plus, les tests statistiques réalisés ont permis de mettre en évidence qu'il n'y a pas de différence significative entre les estimations du PFA et du PSDRF pour la surface terrière et le nombre de tiges à l'hectare ; et ce quel que soit le cas de figure (modification de l'angle fixe et/ou du nombre de placettes selon la densité du maillage).

Du point de vue de l'estimation du capital à l'échelle de la réserve, le choix le plus efficace dans le cas des maillages de 50 x 50 m est celui de la réduction du nombre de placettes ; l'effort d'échantillonnage est encore plus réduit. D'autres éléments seront cependant à prendre en compte (voir page 3).

La mise en œuvre du PSDRF permet d'obtenir une précision équivalente à celle du PFA pour un effort d'échantillonnage réduit au moins de moitié. **Le PSDRF est donc plus efficace que le PFA pour l'estimation du capital en arbres vivants de première catégorie.**

Conclusion

Le PSDRF est plus efficace que le PFA pour les estimations du capital en arbres vivants à l'échelle de la réserve.

Efficacité du PSDRF concernant les éléments relativement rares

À l'échelle de la réserve, le PSDRF est plus efficace que le PFA pour l'estimation du capital en arbres vivants mais qu'en est-il au sujet des éléments plus rares ?

Suivi du recrutement

Une tige recrutée est une tige mesurée lors d'une campagne mais qui n'avait pas été mesurée lors de la campagne précédente (lors de celle-ci son diamètre étant trop faible).

Malgré la rareté de ces éléments, la réduction de l'effort d'échantillonnage dans le cadre du PSDRF ne nuit pas à la précision des estimations les concernant (surface terrière et nombre à l'hectare).

Ce résultat est également valable dans le cadre d'une augmentation de l'angle fixe et surtout d'une diminution du nombre de placettes.

Le PSDRF est donc plus efficace que le PFA concernant le suivi du capital en tiges recrutées (m²/ha et N/ha).

Suivi des espèces rares à l'échelle de la réserve

Sont considérées pour cette étude les espèces estimées à moins de 10 tiges/ha selon les estimations du PFA.

En moyenne, avec un maillage de 100 x 100 m, plus des trois quart des espèces « rares » détectées par le PFA le sont également avec le PSDRF. De plus, les estimations de la surface terrière et du nombre de tiges vivantes de première catégorie par espèce sont comparables.

Les conclusions sont similaires dans le cas d'une augmentation de l'angle fixe (4 ou 5 %).

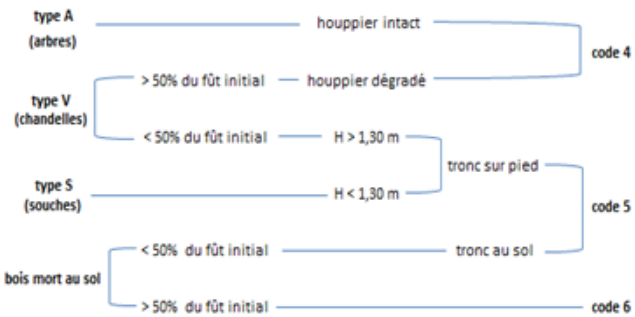
Cependant, **la réduction du nombre de placettes porte préjudice au suivi des espèces rares.** Par exemple, pour la RN du Val de Loire, le taux de détection par le PSDRF des espèces « rares » selon le PFA est de 73 % avec les 35 placettes du dispositif initial et de 42 % avec les 18 placettes retenues pour l'application de l'angle fixe de 3 %. Dans le cas de la RN de l'Ile de la Platière, ce taux passe de 93 % à 76 % lors de la réduction du nombre de placettes.

Que faire si le suivi des espèces rares est un objectif prioritaire ?

Dans le cas des maillages de 50 x 50 m, l'angle fixe de 4 ou 5 % sera privilégié. En ce qui concerne les maillages de 30 x 30 m, il est nécessaire d'envisager la mise en œuvre d'un inventaire spécifique. Par exemple, après avoir listé les espèces que l'on souhaite étudier, celles-ci peuvent être relevées sur un rayon de 20 m.

L'estimation du capital en bois mort

Afin de comparer les deux protocoles quant aux bois morts, il est indispensable de considérer les mêmes objets. Une clé de transition entre les « codifications bois morts» du PSDRF et du PFA a donc été établie :



Le choix de l'angle fixe ne modifie pas les catégories de bois morts car ces critères sont relevés pour des arbres échantillonnés sur une surface fixe ; on gardera 30 cm comme seuil de diamètre entre les deux catégories dans tous les cas de figure.

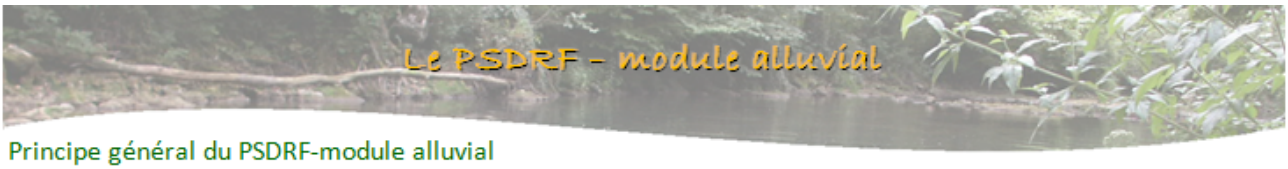
En ce qui concerne les bois morts sur pied D < 30 cm, la situation est identique à celle des arbres vivants de même dimension (réduction du diamètre de la placette de 13,8 à 10 m). Ici encore, le PSDRF présente un gain d'efficacité comparativement au PFA.

Pour les bois mort au sol de diamètre compris entre 5 et 30 cm, non seulement les seuils sont différents (5 cm pour le PSDRF) mais les types d'échantillonnages ne sont également pas comparables. Le passage de la surface fixe au linéaire pourrait cependant induire une diminution de l'effort d'échantillonnage. A noter d'autre part que l'échantillonnage linéaire fournit un volume à l'hectare, alors que le PFA estimait une surface terrière. **Une campagne de transition est nécessaire pour assurer la continuité du suivi entre les données passées et futures.**

Pour les bois mort D ≥ 30 cm, au sol ou sur pied, la surface d'échantillonnage est doublée avec le PSDRF ; ce qui peut être intéressant dans le cadre des réserves « jeunes » où ces éléments sont rares. Le PSDRF insiste cependant sur le billonnage de fûts homogènes. Autrement dit, une grume pourra être échantillonnée en plusieurs fois.

Conclusion

Le passage au PSDRF est envisageable pour le suivi des éléments rares et du bois mort à l'échelle de la réserve.



Principe général du PSDRF-module alluvial

Le module alluvial (PSDRF-MA) a pour objectif de relever les paramètres dendrométriques selon les technique du PSDRF tout en permettant le suivi de paramètres plus spécifiques aux forêts alluviales. Ainsi, les réserves alluviales pourront bénéficier de la dynamique créée autour du PSDRF sans pour autant perdre les données déjà existantes.

L'importance du suivi individuel

Avec le PFA comme avec le PSDRF, les arbres vivants sont identifiés par leurs coordonnées polaires (azimut et distance du pied de l'arbre au centre de la placette). Mais seul le PFA identifie les fûts morts au sol avec ces mêmes critères, mesurés au niveau de leur souche. Les arbres conservent donc leur identifiant suite à leur mort.

Afin de conserver cette spécificité, chaque billon relevé sera identifié dans le module alluvial par l'identifiant de l'arbre auquel il appartient ainsi que par un numéro de billon. Cela permet de conserver le suivi individuel tout en observant la possibilité de billonner selon le PSDRF.

La période de transition

Pour les réserves ayant mis en œuvre le PFA, une période de transition est nécessaire pour assurer la continuité entre deux campagnes.

En ce qui concerne les bois morts, les critères précisés par les deux dispositifs seront relevés afin de permettre la comparaison entre les données déjà acquises avec le PFA. On notera alors si la pièce de bois mesurées correspond à plus ou moins de la moitié de la longueur/hauteur du fût initial. Les fûts seront distingués des branches du fait de leur lien à une souche.

Pour les bois morts au sol D < 30 cm, on relèvera le diamètre à 1,30 m des fûts sur un rayon de 13,8 m afin d'estimer la surface terrière de ces éléments.

La régénération

Les modes d'échantillonnages du PFA et du PSDRF sont équivalents tant au niveau du type d'inventaire que de la surface échantillonnée mais le système en étoile du PSDRF présente l'intérêt de ne privilégier aucune direction. Le PSDRF-MA reprend donc cette dernière méthodologie.

L'abroutissement

En ce qui concerne l'abroutissement, les deux protocoles proposent chacun un élément intéressant. Le PFA propose de noter cette variable selon un indice à quatre degrés selon l'intensité de l'abroutissement. Le PSDRF relève l'abroutissement par essence. Le PSDRF-MA reprend simultanément ces deux notations.

Autres indices de présence des herbivores sauvages

Les dégâts liés aux castors, les frottis de cervidés et les boutis de sangliers seront relevés suivant les indices proposés dans le PFA en utilisant la placette de 20 m.

Structure du peuplement et caractérisation stationnelle

Les recouvrements relatifs aux différentes strates ainsi que le relevé phytosociologique complet seront relevés dans le cercle de 10 m, en respectant les règles du PFA.

De même, les données pédologiques seront collectées suivant le PFA.

Suivi de la vitesse de décomposition

Pour l'ensemble des bois morts, la notation du degré de pourriture du PSDRF est reprise dans le PSDRF-MA afin de permettre le suivi de la vitesse de leur décomposition.

Premiers tests du PSDRF-MA

Quatre placettes du PSDRF-MA ont été testées sur la RN de l'Ile de la Platière au printemps 2012. Le temps relevé moyen est de 3h14 par placette mais il faut tenir compte du fait que certains ajustements du protocole ont été effectués.

Il a été vérifié que le PSDRF-MA permet la continuité avec les jeux de données PFA.

Conclusion

Le PSDRF-MA est plus efficace que le PFA pour l'estimation du capital à l'échelle de la réserve et des solutions adaptées aux différentes réserves peuvent être proposées pour les éléments les plus rares. De plus, la continuité du suivi des paramètres non dendrométriques est assurée par l'intermédiaire du module alluvial. Cependant, une campagne de transition est nécessaire dans le cas des réserves ayant mis en œuvre le PFA, travail non négligeable mais indispensable dans l'objectif de continuité entre données anciennes et nouvelles.

Annexe 23 : Fiche récapitulative de l'étude concernant le protocole COST à destination des gestionnaires

Réserves Naturelles DE FRANCE

Office National des Forêts

STAGE ADAPTATION / OPTIMISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DES FORETS

Passage du COST au PSDRF : des données comparables ?

Remarques

Sauf mention du contraire, sont considérés ici sous le terme COST les dispositifs de placettes circulaires permanentes et non les *core areas*. On utilisera ici l'abréviation PSDRF pour désigner le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières. Ce document constitue un résumé des résultats obtenus quant à la possibilité d'un passage du COST au PSDRF. Il est destiné à faciliter ce travail si tel est le choix du gestionnaire.

Un enjeu européen

Afin d'uniformiser les dispositifs de suivi des réserves forestières, des réflexions à l'échelle européenne ont eu lieu dès 1995, notamment avec l'élaboration d'un groupe de travail du COST (*European cooperation in science and technology*) qui a proposé des recommandations pour caractériser et inventorier les réserves forestières intégrales (recommandations COST E4). Sur la base de ces dernières, le suivi de certaines réserves biologiques intégrales (RBI) en France a été entamé.

Cependant, malgré cette volonté de standardisation, les protocoles mis en œuvre en France sur la base des recommandations du COST ne sont pas toujours comparables. En effet, les techniques d'échantillonnage diffèrent entre les RBI, de même que les définitions ou encore les seuils retenus.

Des protocoles aux objectifs communs

Avec la mise en œuvre de placettes circulaires permanentes disposées selon un échantillonnage systématique, le PSDRF et le COST sont des dispositifs proches.

De plus, ces deux protocoles partagent également des objectifs communs. C'est notamment le cas du suivi du capital en bois morts et vivants. Ainsi, la plupart des relevés sont communs aux deux protocoles, ce qui facilite un éventuel passage du COST au PSDRF.

Un déploiement inégal des protocoles

Si le protocole COST a peu été mis en œuvre en France du fait de sa lourdeur et de sa complexité, il a profondément inspiré le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) élaboré par un groupe d'experts (ONF, RNF, CEMAGREF, IFN) animé par l'ENGREF. Leur leitmotiv : obtenir le meilleur ratio temps/précision possible.

La mise en œuvre de ce protocole est désormais coordonnée par le biais d'une convention établie en 2008 entre Réserves naturelles de France (RNF) et l'Office national des forêts (ONF). Au 01/03/2012, 46 réserves biologiques (RB), 25 réserves naturelles (RN), 2 parcs nationaux et 4 sites « autres » ont mis en œuvre le PSDRF sur le territoire français.

Quel intérêt y a-t-il à passer du COST au PSDRF ?

L'intérêt principal réside dans la comparaison des données relevées et l'optimisation du suivi. Il s'agit notamment de proposer aux gestionnaires une méthode se suivi alternative moins lourde et permettant de valoriser les données existantes.

D'autre part, le partenariat entre RNF et l'ONF comprend une aide à la mise en œuvre du PSDRF avec notamment la mise en place de formations et un traitement simple des données. Depuis 2010, un logiciel de saisie « Dendro » a par ailleurs été élaboré afin de faciliter la prise de donnée sur le terrain. Une plateforme de centralisation et de traitement des données est également en cours d'élaboration.

Présentation d'une placette PSDRF

Le PSDRF combine la mise en œuvre de trois techniques d'échantillonnage distinctes : surface fixe, angle fixe et transects linéaires. Cette particularité se retrouve dans le protocole mis en œuvre sur la RBI du Capitaine Monté mais les autres versions françaises du COST basent leur échantillonnage sur une surface fixe uniquement (hors régénération).

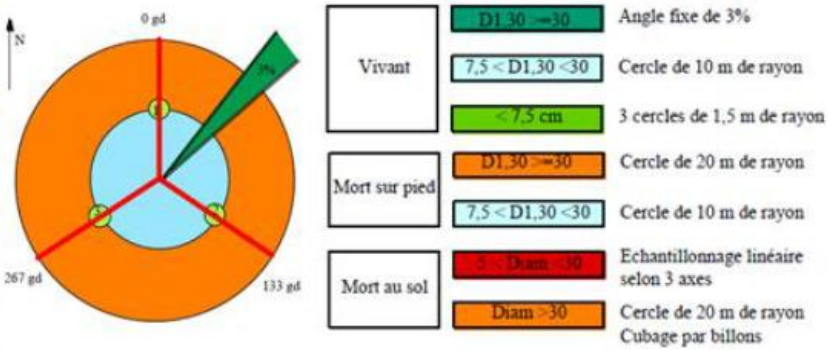


Figure ci-contre : schéma d'une placette PSDRF

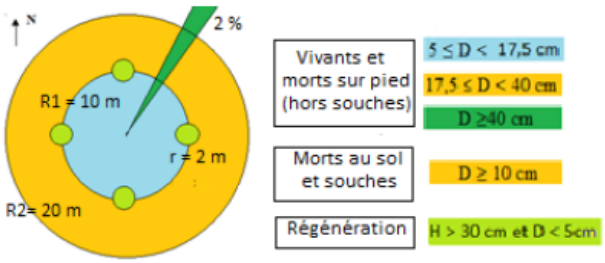
NB : Dans la suite du document, les arbres vivants relevés dans le cercle de 10 m seront nommés « arbres de première catégorie » et ceux relevés selon l'angle fixe, « arbres de seconde catégorie ».

Les différents dispositifs COST

Quatre RB ayant mis en œuvre des réseaux de placettes circulaires permanentes de type COST ont été étudiés. Les données ont été récupérées pour deux de ces sites (RBI du Capitaine Monté et de Guebwiller).

En RBI de Lutzelhardt-Adelsberg et en forêt de Chaux, l'ensemble des éléments (hors régénération) sont relevés sur une placette de 17,82 m de rayon. La même technique d'échantillonnage est utilisée en RBI de Guebwiller mais avec un rayon de 12,6 m. Enfin, le COST mis en œuvre en RBI du Capitaine Monté est plus complexe (voir ci-dessous).

Figure : schéma d'une placette COST en RBI du Capitaine Monté



La régénération est échantillonnée selon le même principe que le PSDRF, sur des sous-placettes circulaires de surface fixe dont la taille et le nombre varient en fonction du protocole considéré. Comparativement au PSDRF, la surface échantillonnée dans le cadre du COST est généralement supérieure (jusqu'à être double dans le cas la RBI du Capitaine Monté). Le suivi de la régénération est plus approfondi avec la mise en œuvre de core areas (voir encadré) où des surfaces plus vastes sont échantillonnées en plein (jusqu'à 16 ares en forêt de Chaux).

Les *core areas*

Contrairement aux placettes circulaires permanentes COST ou PSDRF, les *core areas* n'ont pas pour objectif de caractériser la réserve (ou la forêt) dans sa globalité. Ces outils permettent de suivre l'évolution de certains paramètres à une échelle plus locale, selon le type de peuplement ou autre facteur déterminant.

Face à l'importance du travail de relevé, **les *core areas* seraient à réserver pour les sites au sein desquels un nombre satisfaisant de placettes ne peut pas être implantées** (peuplements sous-représentés, ilots de sénescence, etc.). En effet, la mise en œuvre du PSDRF est *a priori* plus efficace pour le suivi des peuplements emblématiques de la réserve. Les *core areas* peuvent être également mis en place afin de suivre précisément la régénération ou la pression du gibier.

Un éventuel passage des *core areas* au PSDRF ne peut donc concerner que les peuplements emblématiques de surface suffisante au sein de la réserve. Dans ce cas, l'état initial établi (volume sur pied et de bois mort) avec les *core areas* peuvent être conservé mais pas les données concernant le suivi individuel (arbres vivants ou bois morts).

En 1996, des *core areas* ont été implantés en RN du Plan de Tueda. En 2012, le PSDRF a été mis en œuvre sur le même massif forestier. Dans ce cas, les gestionnaires ont décidé de conserver les deux systèmes de suivi (COST et PSDRF), ce qui pourrait permettre une comparaison future.

Un gain d'efficacité pour l'estimation du capital sur pied à l'échelle de la réserve

Estimation du capital en arbres vivants

À l'échelle de la placette, l'effort d'échantillonnage des arbres vivants est diminué dans le cadre d'un passage au PSDRF (conséquence directe de la réduction de la surface de la placette).

Par exemple, dans le cas de la RBI du Capitaine Monté, non seulement le nombre de tiges 17,5 ≤ D < 30 cm mesurées est diminué de trois quart avec le PSDRF (angle fixe de 3 %) mais les estimations du capital (surface terrière et nombre à l'hectare) pour ces arbres sont comparables. Les tests statistiques réalisés montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre ces estimations. Avec un effort d'échantillonnage considérablement diminué, le PSDRF fourni donc une estimation de qualité comparable : Le PSDRF est donc plus efficace ici que le COST.

Selon le PSDRF, les arbres de seconde catégorie sont relevés selon un angle fixe – autrement dit, si l'angle est de 3%, tant que son diamètre (cm) est supérieur à 3 fois sa distance au centre (m). L'utilisation de l'angle fixe permet en effet de s'adapter au capital sur pied. Une réduction de l'angle fixe permet d'augmenter le nombre de tiges relevées et inversement.
Cette méthode est reconnue pour offrir une très bonne estimation du capital en gros bois.

De manière générale, le PSDRF est plus efficace que les différentes versions du protocole COST concernant le capital (G/ha et N/ha) en arbres vivants à l'échelle de la réserve.

De plus, le passage du COST au PSDRF n'implique pas de perte de données quant au suivi individuel.

Intérêt des mesures de hauteurs

Les mesures de hauteurs, réalisées uniquement dans le cadre du COST, permettent l'utilisation d'un tarif de cubage à deux entrées et ont vocation à préciser l'estimation du volume.

Cependant, ces mesures sont très coûteuses en temps d'autant plus qu'elles ne sont pas toujours précises. En effet, la visibilité n'est pas toujours favorable à ces mesure et la hauteur perçue - c'est-à-dire mesurée - est souvent différente de la hauteur réelle (notamment dans le cas des feuillus). C'est pourquoi elles ne sont pas effectuées dans le cadre du PSDRF ; le choix de ne prendre que le diamètre pour cuber les arbres étant un préalable à l'élaboration de ce protocole. Les mesures de hauteur ayant grandement contribué à la lourdeur des protocoles COST, il semble que les mesures de hauteurs ne soient pas à conserver. Rien n'empêche cependant les gestionnaires de relever ce paramètre de manière optionnelle afin d'obtenir une seconde estimation du volume pour les arbres vivants, notamment lors de la transition entre les deux protocoles.

Suivi de l'accroissement individuel

Le poids d'un arbre dépend de son mode d'échantillonnage. Autrement dit, avec le PSDRF comme avec le protocole mis en œuvre sur la RBI du Capitaine Monté, ce poids dépend du diamètre de l'arbre. Afin de permettre un suivi individuel, le poids d'un arbre doit être continu entre les différentes catégories de diamètres définies. C'est pourquoi, dans cadre du PSDRF, selon le choix de l'angle fixe, il est nécessaire d'adapter le diamètre seuil entre les deux catégories d'arbres vivants (voir encadré). Lorsque cette condition essentielle est respectée, le PSDRF est plus efficace que le COST mis en œuvre en RBI du Capitaine Monté quant au suivi de l'accroissement individuel. En effet, les règles d'échantillonnage de ce dernier pour les deux premières catégories d'arbres vivants définies peuvent conduire à un accroissement négatif. Par exemple, un arbre ayant un diamètre de 10 cm en 2002 et de 18 cm en 2012 présente un accroissement moyen réel de 0,013 m²/an. Or, en tenant compte de la variation de son poids entre ces deux périodes, l'accroissement est estimé à -0,28 m²/ha/an.

Le choix de l'angle fixe

Selon l'angle fixe choisi, il est nécessaire d'adapter le diamètre seuil entre les deux catégories d'arbres vivants du PSDRF afin de respecter la continuité du poids d'un arbre entre ces dites catégories :

Angle fixe (%)	Première catégorie (cercle de 10 m)	Seconde catégorie (angle fixe)
2	7,5 ≤ D < 20 cm	D ≥ 20 cm
3	7,5 ≤ D < 30 cm	D ≥ 30 cm
4	7,5 ≤ D < 40 cm	D ≥ 40 cm
5	7,5 ≤ D < 50 cm	D ≥ 50 cm

Conclusion

Le PSDRF est plus efficace que le COST pour les estimations du capital en arbres vivants à l'échelle de la réserve. En RBI du Capitaine Monté, cela est également valable pour le suivi de l'accroissement individuel.

Efficacité du PSDRF concernant les éléments relativement rares

À l'échelle de la réserve, le PSDRF est plus efficace que le COST pour l'estimation du capital en arbres vivants mais qu'en est-il au sujet des éléments plus rares ?

Suivi des espèces rares à l'échelle de la réserve

L'étude a été menée pour la RBI du Capitaine Monté. Sont considérées ici comme espèces « rares » les espèces estimées à moins de 10 tiges/ha selon le COST.

Comme expliqué plu haut, avec un passage au PSDRF, l'effort d'échantillonnage est diminué de trois quart pour les arbres vivants $17,5 \leq D < 30$ cm. Malgré cela, les trois quart des espèces rares de cette catégorie de diamètre détectées par le COST le sont également avec le PSDRF (soit 9 espèces sur 12). De plus, les estimations de la surface terrière et du nombre de tiges vivantes $17,5 \leq D < 30$ cm par espèce sont comparables sur un rayon de 10 ou 20 m.

Si le suivi des espèces rares est un objectif du gestionnaire, il peut être nécessaire d'envisager la mise en œuvre d'un inventaire spécifique. Par exemple, après avoir listé les espèces que l'on souhaite étudier, celles-ci peuvent être relevées sur un rayon de 20 m.

Estimation du capital en bois morts

Afin de comparer les deux protocoles quant aux bois morts, il est indispensable de considérer les mêmes objets. Or les souches sont considérées comme bois morts au sol (COST) ou sur pied (PSDRF) ; les appellations du PSDRF ont été utilisées pour cette étude.
La nature des bois morts sur pied est précisée avec le PSDRF (arbre entier, chandelle ou souche) ; ce qui peut être relié aux codes de dégradation du houppier COST parfois relevés (RBI de Lutzelhardt-Adelsberg).
Pour le COST de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg, un arbre est considéré sur pied est si l'angle du fût par rapport à la verticale n'excède pas 45° ; de même selon le PSDRF mais avec un seuil de 70°. Ces cas sont généralement rares, mais à prendre en compte si leur nombre est important. Lors de la campagne de transition, il peut donc être nécessaire de repérer les individus concernés.
Le passage à l'une ou l'autre des « codification bois morts » est donc relativement simple. Des clés schématiques ont été établies afin de faciliter ce travail.

Les bois morts sont relativement rares dans les réserves « jeunes », ce qui est le cas de la plupart des réserves français. Or la surface d'échantillonnage de certains types de bois morts est considérablement réduite du COST au PSDRF. C'est par exemple le cas en RBI du Capitaine Monté avec les bois morts sur pied de diamètre 17,5 à 30 cm ; où la situation est identique à celle des arbres vivants de même dimension (surface d'échantillonnage réduite de trois quart du COST au PSDRF). Bien que l'écart entre les estimations issues des deux protocoles soit plus notable que dans le cas des tiges vivantes, les tests statistiques réalisés montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre celles-ci. Le PSDRF est donc plus efficace que le COST (RBI du Capitaine Monté) pour l'estimation du capital en bois morts sur pied $17,5 \leq D < 30$ cm.
De manière générale, on note une plus grande efficacité du PSDRF que des dispositifs COST pour l'estimation du capital en bois morts sur pied D < 30 cm.

Pour les bois mort $D \geq 30$ cm, au sol ou sur pied, la surface d'échantillonnage est du même ordre de grandeur entre les différents protocoles COST et le PSDRF (cerde de 17,82 ou de 20 m). **Le PSDRF insiste cependant sur le billonnage de fûts homogènes (tant en termes de diamètre que de décomposition), ce qui peut considérablement augmenter le temps de relevé** ; une grume au sol pouvant être échantillonnée en plusieurs fois.

Enfin, pour les bois mort au sol de diamètre inférieur à 30 cm, non seulement les seuils sont différents (5 cm pour le PSDRF, généralement 10 cm pour les COST) mais les types d'échantillonnages ne sont pas comparables.
Le choix du seuil à 5 cm de diamètre permet de tenir compte des branches mortes tombées au sol ou de résidus d'exploitation. L'échantillonnage par transect linéaire dans le cadre du PSDRF permet d'estimer le volume à l'hectare par le seul relevé du diamètre. **Le temps de mesure des petits bois mort au sol est donc considérablement réduit avec le PSDRF**, d'autant plus que les déplacements de l'opérateur sont limités comparativement à l'échantillonnage par surface fixe.

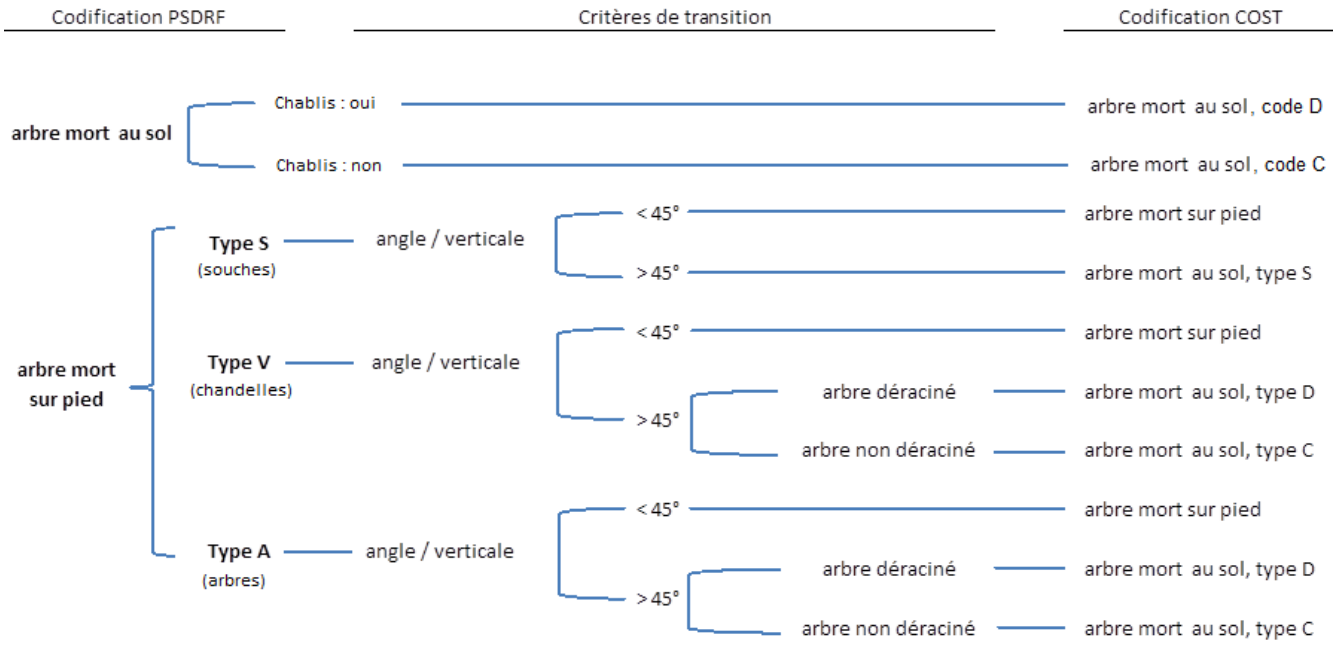
Suivi de la vitesse de décomposition

Le relevé de l'état de dégradation des bois morts permet le suivi de leur vitesse de décomposition. Le PSDRF comme les COST proposent un indice pour l'estimation degré de pourriture ; en quatre ou cinq degrés (selon des tiers ou quarts du diamètre). Ces notations sont proches et ne s'opposent pas à la continuité du suivi.

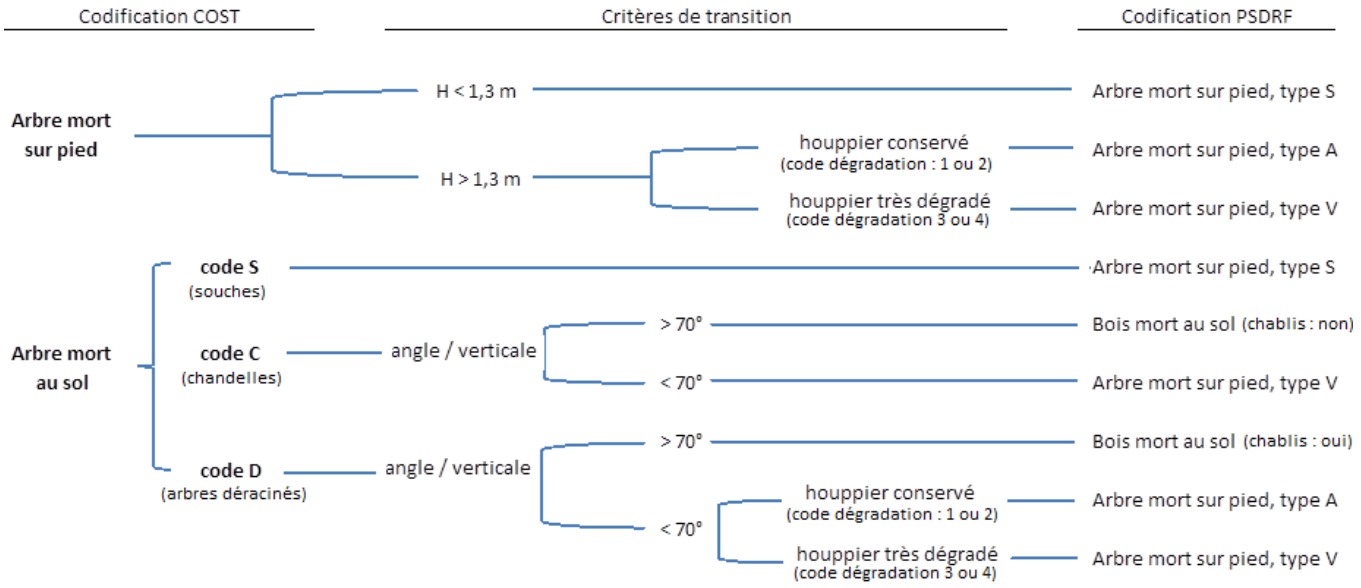
Conclusion
Le passage au PSDRF est envisageable pour le suivi des éléments rares et du bois mort à l'échelle de la réserve.

Annexe 24 : Clés de transition entre les codifications bois morts PSDRF et COST de la RBI de Lutzelhardt-Adelsberg

Passage du PSDRF au COST :



Passage du COST au PSDRF :



RÉSUMÉ

Dans un souci de gestion durable des forêts, nombreux sont les gestionnaires qui recherchent des consignes de gestions concrètes. Le suivi des milieux forestiers protégés ou laissés en libre évolution permet non seulement de mieux appréhender la dynamique forestière spontanée mais également de comprendre les relations entre certains paramètres forestiers (volume de bois morts, présence de gros bois, etc.) et la biodiversité. Différents protocoles sur ce thème ont alors vu le jour mais tous n'ont pas bénéficié du même appui. Ainsi, la valorisation des données issues du *protocole de suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales* ou encore du « COST E4» (*European Cooperation in Science and Technology)* est moins avancée que dans le cas du *protocole de suivi des réserves forestières* (PSDRF). C'est pourquoi ce dernier pourrait servir de base dans le cadre d'un rapprochement entre ces trois protocoles. Il est mis en évidence dans le présent rapport que l'efficacité du PSDRF est globalement supérieure à celle des deux autres protocoles et que le passage de ces derniers au PSDRF est possible, moyennant quelques adaptations.