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

CRPF

Evaluation de la pertinence de l'Indice de biodiversité potentielle au niveau d'une forêt

Mémoire de fin d'études

Romain MANI
FIF 19ème promotion
2008-2011

Août 2011

Illustration de la couverture : taillis sous futaie de la forêt du Bois de Misery, à d'Huison-Longueville (Essonne).
Source : R.MANI

AgroParisTech
Formation des ingénieurs forestiers

Centre régional de la propriété forestière
de l'Ile-de-France et du Centre

Evaluation de la pertinence de l'Indice de biodiversité potentielle au niveau d'une forêt

Mémoire de fin d'études

Romain MANI
FIF 19ème promotion
2008-2011

Août 2011

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

Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech-ENGREF	**TRAVAUX D'ÉLÈVES**
TITRE : Evaluation de la pertinence de l'Indice de biodiversité potentielle au niveau d'une forêt.	**Mots clés : biodiversité, peuplement, massif, virées, échantillonnage**
AUTEUR(S) : Romain MANI	**Promotion : 19**
Caractéristiques : 4 volumes ; 128 pages ; 22 figures ; 17 tableaux ; 27 annexes ; 10 cartes ; bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Centre Régional de la propriété forestière de l'Ile-de-France et du Centre

Nom du responsable : Marc LAPORTE
Fonction : Ingénieur chargé de l'environnement

Nom du correspondant ENGREF (pour un stage long) : Yves EHRHART

Tronc commun ☐ **Option ☐** **D. d'approfondissement X** **Gestion des milieux naturels**	**Stage en entreprise ☐** **Stage à l'étranger ☐** **Stage fin d'études X** **Date de remise : 07/09/2011**	**Autre ☐**

Contrat avec Gref Services Nancy ☐ OUI X NON

SUITE À DONNER (réservé au service des études)

☐ Consultable et diffusable

☐ Confidentiel de façon permanente

☐ Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable

RESUME

L'indice de biodiversité potentielle (IBP) créé en 2004 est un outil d'aide à la décision permettant d'estimer de façon simple et rapide la capacité d'accueil d'un peuplement forestier. L'extension de son domaine d'utilisation à l'échelle d'un massif (propriété forestière) est actuellement à l'étude. Au travers de tests réalisés sur deux forêts des régions Centre et Ile-de-France, ce rapport présente une analyse comparative permettant de choisir la méthode de relevé la plus adaptée pour évaluer la biodiversité sur un massif. Des méthodes de calcul d'un IBP Massif sont proposées et mises en application afin de souligner l'intérêt d'un tel indice et de donner des pistes de réflexion pour sa construction.

SUMMARY

The potential biodiversity index (IBP) created in 2004 is a tool which enables to do a rapid estimate of biodiversity in a forest planting. The possibility to use it at the scale of a forest is being studied. Based on tests carried out on two forests situated in the Centre and the Paris region, this report presents a comparative analysis which enables to choose the best method to evaluate biodiversity in a forest. Some calculation methods are presented and tested to show the interest of an indicator usable at the scale of a forest, and to give some leads for its construction.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je souhaite remercier Marc LAPORTE, mon maître de stage, ingénieur chargé de l'environnement au CRPF de l'Ile-de-France et du Centre, pour m'avoir suivi tout au long de cette étude, ainsi que pour les nombreux conseils qu'il m'a prodigués aussi bien lors de ma phase de terrain que lors de ma phase d'analyse et de rédaction.

Un grand merci également à Eric SEVRIN, directeur-adjoint du CRPF, pour l'aide précieuse qu'il m'a apporté tout au long de mon stage, pour sa disponibilité et sa patience.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance à l'ensemble du personnel du CRPF pour leur accueil et pour le temps qu'ils m'ont consacré.

De la même manière, j'adresse de chaleureux remerciements à l'ensemble du personnel du Parc naturel régional du Gâtinais Français.

J'aimerais remercier en particulier Nicolas BOCK pour son aide et son soutien lors des deux mois que j'ai passé en Essonne, ainsi que pour les quelques jours au cours desquels il m'a accompagné sur le terrain.

Egalement un grand merci à Mickaël CHATENET, membre du CRPF Ile-de-France Centre en poste sur le PNR, qui m'a apporté à plusieurs reprises une aide précieuse sur l'utilisation du logiciel SIG Mapinfo.

Je n'oublie pas Frédéric GOSSELIN, chercheur au CEMAGREF de Nogent sur Vernisson, dont les conseils en matière de traitements statistiques se sont révélés précieux. Dans ce domaine, je tiens aussi à remercier Damien MARAGE et Jean-Daniel BONTEMPS, enseignants-chercheurs à l'AgroParisTech-ENGREF, pour les réponses utiles qu'ils m'ont apportées.

Egalement merci à Pierre GONIN et Simon MARTEL, de l'IDF Toulouse, pour les précisions qu'ils m'ont apportées concernant l'indice de biodiversité potentielle.

Je voudrais également adresser de vifs remerciements à Bertrand MONTHUIR, gérant de la société Forestis, pour avoir accepté avec autant d'enthousiasme de m'offrir la possibilité de mener une partie de mon étude sur le domaine du Bois Landry. J'en profite également pour remercier Christophe LAUNEY, Sébastien HERMELINE, ainsi que toutes les autres personnes travaillant sur ce domaine pour leur accueil, leur bonne humeur et l'aide qu'ils ont pu m'apporter sur le terrain.

Mes remerciements iront également à M. DE SURVILLE grâce à qui j'ai pu mener mon étude sur le Bois de Misery, et qui m'a également apporté de précieuses informations et conseils pour mener à bien ma tâche.

Ces remerciements seraient incomplets sans évoquer le rôle qu'a joué Yves EHRHART, enseignant-chercheur à l'AgroParisTech-ENGREF, qui a accepté d'endosser le rôle de référent de stage. Il a su me dispenser tout au long de mon stage de nombreux conseils avec une grande disponibilité.

Enfin, je ne remercierai jamais assez mes amis et camarades de la FIF ainsi que mes proches et en particulier mes parents, pour l'aide et le soutien qu'ils m'ont apportés au cours de ce stage, comme ils le font depuis tant d'années.

TABLE DES MATIERES

Remerciements 1

Table des matières 2

Table des annexes 3

Introduction 5

1. Présentation de l'étude 6

1.1. L'indice de biodiversité potentielle (IBP) 6
1.1.1. Objectifs 6
1.1.2. Choix des facteurs pris en compte par l'indice 6
1.1.3. Calcul de l'indice et interprétation des résultats 8
1.1.4. Domaine d'utilisation et limites actuelles de l'indice 10

1.2. Objectifs et contenu de l'étude 10
1.2.1. Présentation des zones d'étude 10
1.2.2. Méthodologies utilisées 12
1.2.2.1. Phase préliminaire aux relevés IBP 12
1.2.2.2. Méthode par virées 14
1.2.2.3. Méthode par échantillonnage 15

1.3. Bilan des impressions de terrain à l'issue de la phase de relevés 16
1.3.1. Difficultés suscitées par les méthodes sur le terrain 16
1.3.2. Difficultés particulières liées à la phase d'apprentissage 18
1.3.3. Premières impressions sur la mise en place des deux méthodes 18

2. Comparaison des résultats des méthodes de relevé par virées et par échantillonnage 20

2.1. Etude de la relation entre IBP par échantillonnage (IBPe) et IBP par virées (IBPv) pour la note globale liée à la gestion 20
2.1.1. Caractéristiques des données 20
2.1.2. Test non paramétrique de Wilcoxon 25

2.2. Analyse des différences entre méthodes pour chacun des facteurs de l'IBP lié à la gestion 27
2.2.1. Présentation des données 27
2.2.1.1. Bois Landry 27
2.2.1.2. Bois de Misery 28
2.2.2. Méthodes d'analyse des différences entre méthodes 29
2.2.2.1. Test des signes 29
2.2.2.2. Test de Kruskal-Wallis 30
2.2.3. Résultats 31

2.3. Analyse des différences entre méthodes pour chacun des facteurs de l'IBP lié au contexte 39
2.3.1. Présentation des contextes 39
2.3.2. Comparaison des résultats des méthodes pour les milieux aquatiques et rocheux (facteurs I et J) 41

2.4. Conclusion et discussion sur le choix de la méthode 42
2.4.1. Bilan comparatif des deux méthodes 42
2.4.2. Choix de la méthode de relevé 44

3. Etudes et propositions pour l'extension de l'IBP à l'échelle d'un massif forestier 45

3.1. Intérêts de l'utilisation d'un IBP Massif 45
3.2. Propositions pour le calcul d'une note Massif 46
3.3. Préconisations de gestion intégrant les données IBP du massif 55
3.3.1. Définition des grands types de peuplements les deux forêts d'étude 55
3.3.2. Caractéristiques de l'IBP au sein des types de peuplement 57
3.3.3. Exemples de préconisations de gestion intégrant l'IBP Massif 59

Conclusion 61

Références bibliographiques 64
Liste des contacts 66

Table des annexes 67

Annexe 1 : Description des facteurs permettant de calculer l'IBP sur un peuplement 69

Annexe 2 : Présentation du Domaine du Bois Landry 70

Annexe 3 : Présentation du Bois de Misery 73

Annexe 4 : Protocole de relevé IBP par virées 76

Annexe 5 : Carte des placettes mises en place sur les deux forêts étudiées 80

Annexe 6 : Protocole de relevé IBP par échantillonnage 81

Annexe 7 : Typologie des peuplements feuillus pour les régions Centre et Ile-de-France (CRPF) 83
Annexe 8 : Modes de calcul de l'IBP à l'échelle d'un peuplement à partir d'un ensemble de placettes 84
Annexe 9 : Questions diverses sur les relevés de terrain pour l'IBP 85

Annexe 10 : Test sur le terrain de l'existence d'un effet apprentissage de la méthode de relevé par virées, sur deux sous parcelles du Bois Landry 86
Annexe 11 : Test de comparaison de la méthode par échantillonnage avec une référence (inventaire en plein) 87
Annexe 12 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois Landry 88

Annexe 13 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois de Misery 90

Annexe 14 : Régressions linéaires sur les notes IBPgestion peuplement obtenues avec les méthodes par virées et par échantillonnage 92
Annexe 15 : Résultats des tests des rangs signés de Wilcoxon sur les notes IBPgestion peuplement 95
Annexe 16 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié à la gestion) pour les peuplements du Bois Landry 96
Annexe 17 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié à la gestion) pour les peuplements du Bois de Misery 103
Annexe 18 : Attribution des classes de « qualité des relevés par virées » pour les peuplements du Bois Landry 110
Annexe 19 : Synthèse des résultats des tests de Kruskal-Wallis entre la différence de note IBPgestion des 2 méthodes et divers variables 111
Annexe 20 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié au contexte) pour les peuplements du Bois Landry 112
Annexe 21 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié au contexte) pour les peuplements du Bois de Misery 114
Annexe 22 : Esquisses de méthodes de prise en compte de la répartition spatiale des bois morts sur pied, bois morts au sol et très gros bois sur un massif 116
Annexe 23 : Propositions de Marc LAPORTE pour la notation de nouveaux facteurs à inclure dans l'IBP Massif 121
Annexe 24 : Typologie synthétique des peuplements du Bois Landry 123

Annexe 25 : Carte de la typologie synthétique des peuplements du Bois Landry 124

Annexe 26 : Définition des types de peuplements du Bois de Misery 125

Annexe 27 : Cartes des types de peuplements du Bois de Misery 126

INTRODUCTION

Depuis maintenant une dizaine d'années, la prise de conscience de l'impact des activités humaines sur l'environnement s'est considérablement développée, tant auprès des professionnels que du grand public. Elle se manifeste notamment par la volonté d'abandonner ou de faire évoluer certaines pratiques en vigueur jusqu'alors car considérées aujourd'hui comme dommageables à l'environnement, ainsi que par la promotion de modes de gestion permettant de mieux concilier activité économique et respect de l'environnement.

A ce titre, le milieu forestier est un bon exemple de domaine d'activité où la prise en compte de ces différents aspects est essentielle.

La multi fonctionnalité des forêts est un concept existant depuis longtemps déjà, mais qui connaît d'importantes évolutions. Elle consiste à appliquer une gestion prenant en considération l'aspect économique des forêts au travers de la production de bois, les dimensions patrimoniale et écologique des milieux forestiers ainsi que la dimension sociale liée à l'accueil du public.

La responsabilité des gestionnaires forestiers dans ce domaine est d'autant plus importante que la forêt constitue aujourd'hui l'un des derniers grands refuges de biodiversité. En dehors d'un aspect éthique, la préservation de la biodiversité en forêt s'avère également nécessaire pour assurer un bon fonctionnement des écosystèmes sur le long terme, garant d'une production forestière optimale.

Le concept de biodiversité se révèle être large et très complexe, difficile à appréhender dans le cadre de la gestion sur le terrain. Il se décline à plusieurs niveaux, tels que la diversité taxonomique (diversité des espèces), la diversité génétique au sein d'une ou plusieurs populations, la diversité écosystémique (diversité des écosystèmes) et la diversité écologique (diversité des groupes fonctionnels).

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'indicateur direct facile à mettre en œuvre pour évaluer rapidement cette biodiversité et suivre son évolution. Des indicateurs indirects ont cependant été mis au point ces dernières années, comme l'Indice de biodiversité potentielle (IBP), élaboré à partir de 2004 par Laurent LARRIEU et Pierre GONIN. Il s'agit d'indicateurs corrélés à la biodiversité, simples à relever sur le terrain.

L'IBP est ainsi un outil fonctionnel permettant d'estimer facilement et rapidement la biodiversité potentielle d'un peuplement forestier. Après quatre années de mise au point dans le Piémont méditerranéen, il doit être validé pour être utilisé à l'échelle du peuplement forestier. Mais un autre objectif est d'étendre son utilisation à l'échelle d'un massif forestier.

La pertinence de l'indice à cette échelle est ainsi testée en 2011 sur plusieurs massifs forestiers situés dans le sud-ouest, en région Centre et en Ile-de-France. L'objectif poursuivi lors de ce stage est de participer à la réflexion sur cette extension à l'échelle du massif[(1)] et de contribuer à une amélioration des méthodes de relevé de l'indice.

Après une présentation détaillée de l'indice de biodiversité potentielle, des objectifs et du travail de terrain réalisé pour l'étude, le présent rapport expose les résultats d'une analyse comparative permettant de choisir la méthode de relevé à utiliser en fonction de l'objectif poursuivi. La dernière partie présente l'intérêt de calculer l'indice à l'échelle d'un massif et expose plusieurs propositions de notation, appliquées aux zones d'étude.

(1) *: massif au sens d'une propriété forestière*

1. Présentation de l'étude

1.1. L'indice de biodiversité potentielle (IBP)

1.1.1. Objectifs

La construction de cet indice a débuté en 2004. Il a été créé par Pierre Gonin (Institut pour le développement forestier de Toulouse) et Laurent Larrieu (Centre régional de la propriété forestière de Midi Pyrénées). Sa conception a été motivée par la volonté des gestionnaires forestiers de mettre en avant la qualité de leur travail, en montrant de façon concrète les liens entre la gestion d'un peuplement forestier et la biodiversité associée.

Il a pour objectif d'estimer la biodiversité taxonomique potentielle d'un peuplement forestier « sans préjuger de sa biodiversité actuelle » réellement présente. Il s'agit d'un outil fonctionnel, rapidement utilisable par le gestionnaire sur le terrain, qui ne nécessite pas d'inventaire complexe. Il se focalise en effet sur des facteurs simples qui influent le plus sur la biodiversité ordinaire présente en forêt et non sur la biodiversité remarquable.

Il doit également permettre de déterminer des éléments améliorables par la gestion. Son rôle n'est pas de donner des consignes de gestion précises mais d'être un outil d'aide à la décision (LARRIEU et GONIN, *Revue forestière française* n°6, 2008).

1.1.2. Choix des facteurs pris en compte par l'indice

Il s'appuie sur le relevé de dix facteurs précis. Sept sont des facteurs directement liés à la gestion forestière, les trois autres au contexte, aussi bien historique que stationnel. Chacun de ces dix facteurs se voit attribuer une note de 0, 2 ou 5 selon des seuils prédéfinis. Le tableau 1 présente les facteurs pris en compte et les seuils correspondants. Leur définition est détaillée en *Annexe 1*.

Tableau 1 : Facteurs entrant en compte dans l'Indice de biodiversité potentielle peuplement

		FACTEURS	Note = 0	Note = 2	Note = 5
Facteurs dépendants de la gestion		**Végétation**			
	A	Richesse en essences forestières autochtones	1 ou 2 genres	3 ou 4 genres	5 genres et plus
	B	Structure verticale de la végétation	1 ou 2 strates	3 strates	4 strates
		Microhabitats liés aux arbres			
	C	Bois mort sur pied de "grosse" circonférence	< 1 pied/ha	1 ou 2 pieds/ha	3 pieds/ha et plus
	D	Bois mort au sol de "grosse" circonférence	< 1 tronc/ha	1 ou 2 troncs/ha	3 troncs/ha et plus
	E	Très gros bois vivants	< 1 pied/ha	1 à 4 pieds/ha	5 pieds/ha et plus
	F	Arbres vivants porteurs de microhabitats	< 1 pied/ha	1 à 5 pieds/ha	6 pieds/ha et plus
		Habitats associés			
	G	Milieux ouverts	0%	< 1 % ou > 5 %	1 à 5 %
Facteurs liés au contexte	H	Continuité temporelle de l'état boisé	peuplement ne faisant pas partie d'une forêt ancienne	peuplement jouxtant une forêt ancienne ou ayant été partiellement défriché	peuplement faisant nettement partie d'une forêt ancienne
		Habitats associés			
	I	Habitats aquatiques	absent	1 seul type	2 types et plus
	J	Milieux rocheux	absent	1 seul type	2 types et plus

Son élaboration s'est appuyée sur de nombreuses données bibliographiques pour déterminer les critères les plus explicatifs de la biodiversité taxonomique, permettant ainsi de fixer les seuils de notation pour chaque critère. Certains choix nécessaires pour simplifier les relevés de terrain ont également été réalisés en se basant sur de nombreux relevés tests sur le terrain et sur les connaissances scientifiques actuelles.

Facteurs dépendants de la gestion :

Le facteur A concernant la composition de la strate arborée ne prend pas en compte les essences forestières exotiques, qui présentent dans notre contexte un potentiel biologique *(1)* nettement inférieur aux essences indigènes. D'autre part, seuls les genres sont relevés, pas les espèces. La capacité d'accueil en espèces *(1)* est en effet généralement plus proche entre deux espèces du même genre qu'entre deux espèces de genres différents. Ceci permet en outre de simplifier les relevés et de limiter les erreurs. Enfin, les arbustes ne sont pas comptabilisés pour des questions de temps de relevé.

Le facteur B comptabilise le nombre de strates. La première concerne les espèces herbacées et les semi-ligneux tels que la callune, le genêt ou encore la myrtille, mais ne prend pas en compte les semis. Les trois autres strates correspondent aux ligneux de moins de 7 m de hauteur, de 7 à 20 m et de plus de 20 m de hauteur.

Les facteurs C et D concernent tout deux le bois mort. Le poids important du bois mort dans l'indice se justifie par le fait qu'une grande part (20 %) des espèces forestières est inféodée à cet habitat, notamment de nombreux champignons et insectes saproxyliques. La distinction entre bois mort au sol et sur pied s'explique par la différence de cortège qui leur est associé.

Il a été décidé de ne relever les bois morts qu'à partir d'une circonférence de 120 cm. Certaines communautés saproxyliques sont en effet spécifiques des bois morts de gros diamètre, du fait de leur décomposition plus lente.

Les arbres de grosse dimension, âgés, présentent un potentiel biologique plus élevé avec des cortèges spécifiques, d'où leur place dans l'indice avec le facteur E. Le seuil retenu pour comptabiliser les très gros bois est de 220 cm de circonférence.

Les arbres à microhabitats jouent également un rôle important pour la biodiversité car ils abritent des taxons spécifiques. Le facteur F prend ainsi en compte plusieurs types de microhabitats, détaillés en annexe 1. Ils ne sont relevés que sur les arbres vivants, et plafonnés pour chaque type à 2 par hectare.

Le facteur G prend en compte tous les milieux caractérisés par une végétation spécifique de milieux ouverts et qui diffère du reste du peuplement. Il comprend les trouées et clairières ainsi que les lisières avec des milieux ouverts. Les relevés sont réalisés en pourcentage de la surface du peuplement.

(1) D'après Branquart et Dufrene, 2005

Facteurs dépendants du contexte :

La continuité temporelle de l'état boisé (facteur H) a une influence reconnue sur la composition floristique, certaines espèces étant caractéristiques des « forêts anciennes ». Cette ancienneté est évaluée à l'aide de la carte de Cassini ou de l'ancienne carte d'Etat-Major, qui permettent de différencier les peuplements appartenant à une forêt qui existait déjà avant 1830 d'une zone boisée plus récemment.

Les habitats associés que sont les milieux aquatiques (facteur I) et les milieux rocheux (facteur J) favorisent la présence de taxons spécifiques. Ils ont été regroupés en plusieurs types, détaillés en annexe 1, pour être pris en compte dans l'IBP lié au contexte.

1.1.3. Calcul de l'indice et interprétation des résultats

Les notes de ces facteurs sont additionnées, en distinguant les sept facteurs liés à la gestion d'une part et les trois facteurs liés au contexte d'autre part. On obtient une note sur 35 et une note sur 15, qui peuvent être exprimées en pourcentage de la valeur maximale théorique. Ces deux notes bien distinctes permettent alors de juger l'importance de la biodiversité potentielle du peuplement, suivant les échelles de notation présentées sur le tableau 2.

Tableau 2 : Interprétation des valeurs de l'IBP

1ère valeur : biodiversité potentielle dépendant de la gestion		
Note absolue	**Note relative (% de la note maximale théorique)**	**Biodiversité potentielle liée à la gestion**
0 à 6	0 à 19 %	faible
7 à 13	20 à 39 %	assez faible
14 à 20	40 à 59 %	moyenne
21 à 31	60 à 90 %	forte
32 à 35	91 à 100 %	très forte

2ème valeur : apport des facteurs liés au contexte à la biodiversité potentielle globale		
Note absolue	**Note relative (% de la note maximale théorique)**	**Apports des facteurs liés au contexte**
0	< 10 %	nuls
2 à 9	10 à 60 %	assez importants
10 à 15	> 60 %	importants, constituent un avantage indéniable

L'IBP permet également de mettre en évidence les éléments pouvant être améliorés par la gestion. Pour cela, une représentation graphique sous forme de radars permet une interprétation claire et rapide de la situation

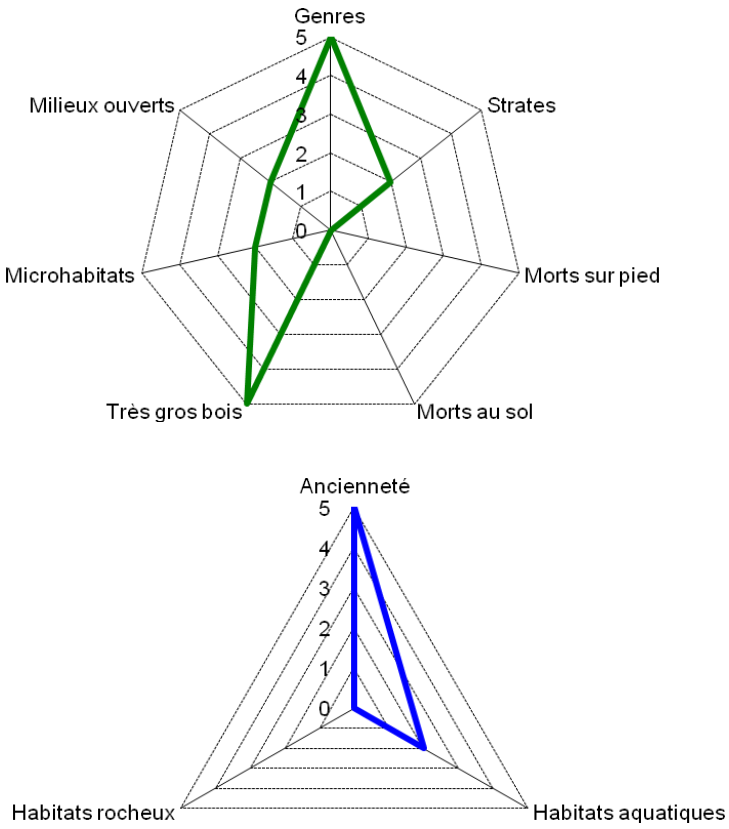
.

Exemple des résultats du relevé IBP peuplement sur la sous parcelle 29b du Domaine du Bois Landry.

Tableau 3 : Note IBP globale et par facteurs pour le peuplement 29b :

Sous-parcelle	Facteurs liés au peuplement et à la gestion							Facteurs liés au contexte			Note IBP	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	A-G	H-J
	Genres	Strates	Morts sur pied	Morts au sol	Très gros bois	Microhabitats	Milieux ouverts	Ancienneté	Habitats aquatiques	Habitats rocheux	(%)	(%)
29b	5	2	0	0	5	2	2	5	2	0	46	47

Figure 1 : Représentation graphique des résultats :



Ce peuplement 29b présente une valeur d'IBP de 46 % + 47 %. La biodiversité potentielle liée à la gestion est moyenne et les apports des facteurs liés au contexte sont assez importants. Afin d'améliorer la biodiversité potentielle du peuplement, un effort pourra notamment être réalisé sur le maintien d'arbres morts de grosse dimension sur pied et au sol, ainsi que secondairement sur la conservation des arbres vivants porteurs de microhabitats. La diversité en essences et la présence de nombreux très gros bois devront être maintenues. L'entretien du milieu aquatique présent sera également nécessaire pour préserver les apports qu'il confère pour la biodiversité.

1.1.4. Domaine d'utilisation et limites actuelles de l'indice

L'indice de biodiversité potentielle a été conçu pour être utilisé à l'échelle du peuplement forestier. Un relevé est réalisé au niveau d'une unité de gestion homogène du point de vue du peuplement. Cette méthode permet d'évaluer la biodiversité potentielle des peuplements, mais elle n'a pas été conçue pour calculer une note à l'échelle d'un massif forestier. Il serait pourtant utile de faire ressortir des préconisations de gestion globale, dans le cadre d'un Plan simple de gestion par exemple.

L'extension de la notion d'IBP à un niveau supérieur est apparue comme une possibilité intéressante. Elle doit apporter des informations liées à la biodiversité ne pouvant être évaluées à l'échelle du peuplement, par exemple la diversité des habitats présents sur le massif ou encore les notions de continuité écologique.

Il a été décidé d'appliquer l'IBP peuplement sur une dizaine de massifs tests, répartis dans différentes régions et présentant des conditions climatiques, stationnelles et sylvicoles variées. L'étude de la pertinence de l'extension de l'indice à l'échelle du massif sera ensuite réalisée. Elle s'appuiera sur une recherche bibliographique préalable et des analyses statistiques.

1.2. Objectifs et contenu de l'étude

L'étude que j'ai menée au cours de mon stage avait deux grands objectifs, à savoir participer aux tests de mise en place de l'IBP au niveau massif et participer à l'élaboration d'un protocole de relevé par échantillonnage. Dans le cadre des tests d'extension de l'IBP à l'échelle du massif forestier, j'ai pu mettre en place l'indice sur deux forêts privées de nature bien différente. D'autre part, j'ai mis en œuvre au cours de mes relevés de terrain deux méthodes de relevé distinctes, une par virées et une par échantillonnage.

J'ai pu réaliser cette étude grâce au Centre régional de la propriété forestière d'Ile-de-France et du Centre. Dans le cadre de ses actions pour développer de nouveaux outils de gestion en forêt privée, le CRPF collabore avec les auteurs de l'IBP pour participer à son amélioration.

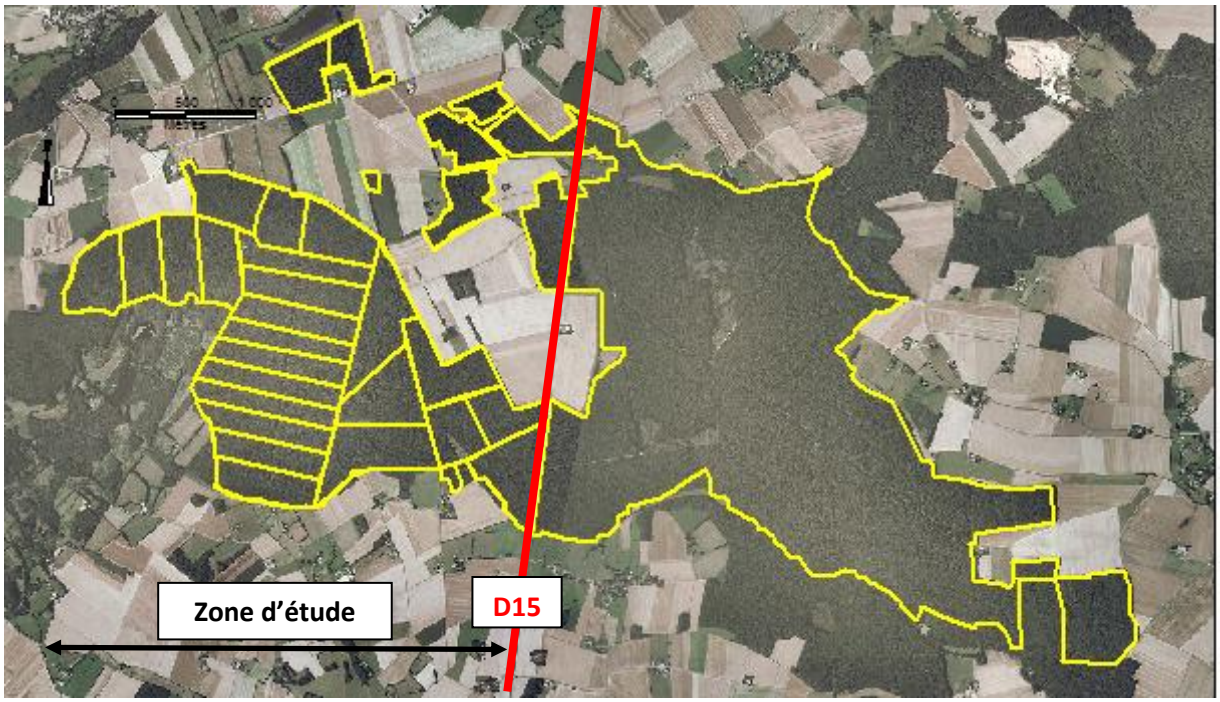
1.2.1. Présentation des zones d'étude

La première propriété étudiée, le Domaine du Bois Landry *(annexe 2),* est un massif forestier de 1 125 ha situé en Eure-et-Loir, dans la région forestière du Perche. Il s'agit d'une forêt présentant de bonnes potentialités forestières, fortement dominée par le Chêne et relativement homogène. La grande majorité des peuplements, anciens taillis sous futaie en conversion, est assez représentative des peuplements forestiers rencontrés en région Centre. Les 65 parcelles qui la composent sont réparties sur plusieurs communes, principalement celle de Champrond-en-gâtine. Il s'agit d'un massif d'un seul tenant, à l'exception de quelques parcelles isolées.

Le propriétaire actuel, qui a récemment décidé de réaliser un inventaire typologique des peuplements en vue du renouvellement de son Plan simple de gestion (PSG) à l'horizon 2012-2013, s'est montré très intéressé par la possibilité de mettre en place sur le domaine un indicateur tel que l'IBP. Il n'était toutefois pas envisageable de mettre en place l'indice sur la totalité du massif dans le temps imparti pour le stage. Il a donc été décidé de se

concentrer sur une petite moitié de la propriété, située à l'ouest de la route départementale 15, coupant le massif en deux du nord au sud *(carte 1)*. L'indice a été mis en place sur 30 parcelles recouvrant au total une surface de 504 ha. Les résultats de mon étude et les améliorations de la méthode qui devraient en découler pourront ensuite être mis à profit pour mettre en place l'IBP sur le reste du massif.

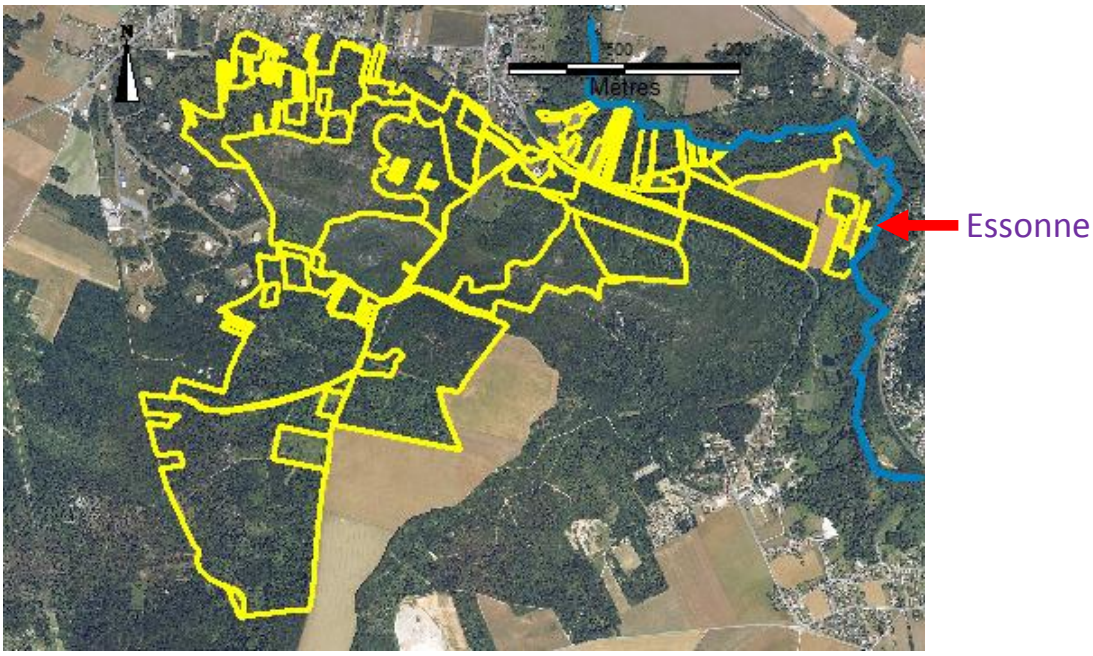
Carte 1 : Parcellaire de la zone d'étude sur le Domaine du Bois Landry



La seconde propriété, le Bois de Misery *(annexe 3)*, est située dans l'Essonne, dans le périmètre du Parc naturel régional du Gâtinais Français. Cette forêt familiale de 287 ha, répartis sur les communes limitrophes de d'Huison-Longueville et Vayres sur Essonne, présente une grande variété de peuplements et d'habitats, dont une partie jugée remarquable du point de vue de la biodiversité telles que les platières sur dalle gréseuse. Les potentialités forestières sont globalement moyennes à très faibles. La moitié de la surface est composée de taillis simple, le reste comprenant essentiellement des taillis sous futaie avec réserves et des plantations résineuses.

De part la variété de ses peuplements et la présence d'habitats remarquables, le Bois de Misery est une propriété intéressante pour la mise en place de l'IBP à l'échelle du massif. Il a ainsi été retenu parmi les dix forêts supports au test national concernant l'IBP, évoqué dans la première partie. J'ai donc pu mettre en place l'indice sur l'ensemble de la propriété.

Carte 2 : Parcellaire du Bois de Misery



Les deux forêts étudiées présentent des faciès bien différents, tant au niveau du contexte naturel que des peuplements en place, ce qui s'avère intéressant pour tester l'IBP dans des contextes variables. L'indice a tout d'abord été relevé sur le Domaine du Bois Landry entre la mi-janvier et le mois de mars, puis sur le Bois de Misery aux mois d'avril et mai. Pour les deux forêts, deux méthodes de relevés ont été utilisées.

1.2.2. Méthodologies utilisées

La méthode de relevé par virées, qui consiste à parcourir les peuplements en plein suivant des virées parallèles successives, a été mise au point et testée lors de la phase d'élaboration de l'indice, entre 2004 et 2008, et est aujourd'hui fonctionnelle. Toutefois, cette méthode peut paraître assez « lourde » à mettre en place. On peut notamment s'interroger sur la pertinence d'un parcours en plein dans le cas de peuplements très homogènes recouvrant de grandes surfaces. C'est pourquoi on m'a demandé de tester une méthode par inventaire statistique avec l'objectif de réduire le temps de relevé ou d'améliorer la qualité des informations recueillies sur le terrain.

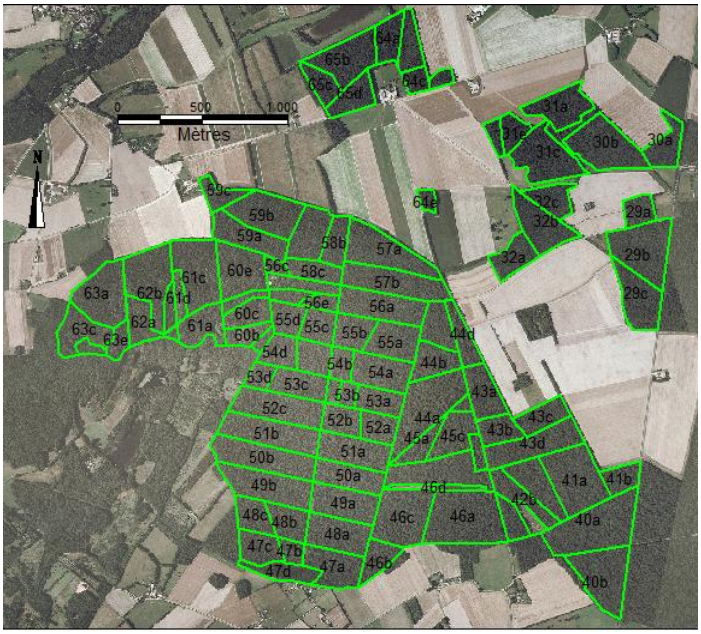
L'utilisation en parallèle de ces deux méthodes au cours de mon stage avait pour objectif de mettre en évidence les atouts et les inconvénients de chacune. Elle m'a ainsi permis de mettre au point, à l'aide d'analyses statistiques, une méthode de notation de l'IBP qui soit la moins coûteuse possible tout en reflétant au mieux la réalité de terrain.

1.2.2.1. Phase préliminaire aux relevés IBP

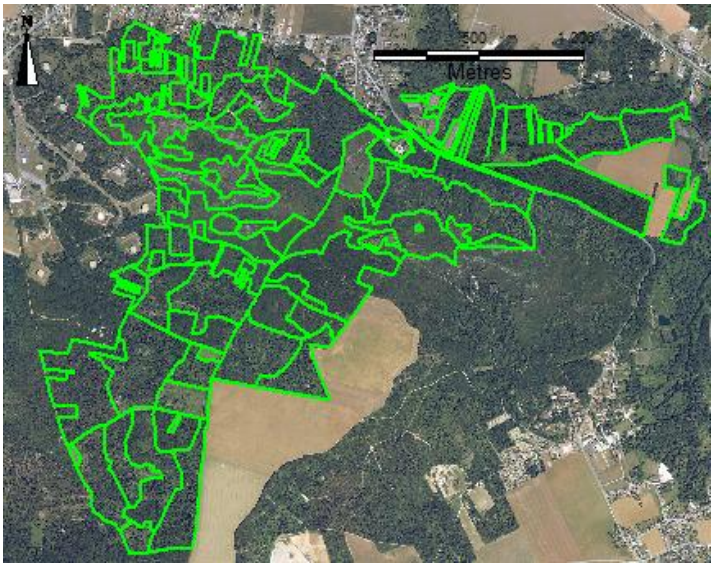
Un relevé IBP peuplement doit être réalisé sur un peuplement relativement homogène du point de vue de sa composition et de sa structure. Il est donc nécessaire de définir des « peuplements » ou « sous-parcelles » qui répondent à cette exigence d'homogénéité.

Remarque : cette étape préalable est indispensable dans le cas de la méthode par virées. Dans le cas de la méthode par échantillonnage, la définition des « sous-parcelles » peut être faite a posteriori si un inventaire typologique a été réalisé sur les placettes de relevé de l'IBP.

Carte 3 : Sous parcelles du Bois Landry



Carte 4 : Sous parcelles du Bois de Misery



La distinction de peuplements homogènes s'est d'abord appuyée sur des observations par photo interprétation. L'analyse des photographies aériennes de 2003, consultables sur le site internet Géoportail, a permis d'établir des limites qui ont été affinées lors d'une phase de reconnaissance sur le terrain. Cette phase préliminaire, qui a nécessité cinq jours de terrain pour le Bois Landry et 4 jours pour le Bois de Misery, a abouti à la définition de 100 sous parcelles pour la première forêt et 58 pour la seconde.

La forêt du Bois Landry présente de nombreux layons bien visibles. Ses limites de parcelles sont ainsi facilement identifiables sur le terrain. Etant donné que des parcelles voisines présentent fréquemment des peuplements ou des traitements différents, il est apparu préférable de tenir compte des limites de parcelles lors de la définition des peuplements homogènes pour relever l'IBP. Chaque parcelle a été divisée en plusieurs sous parcelles en fonction de la diversité des peuplements rencontrés.

Le cas de figure du Bois de Misery est différent. Les parcelles figurant dans le PSG actuel sont basées sur des limites de peuplement souvent approximatives ou difficiles à repérer précisément sur le terrain. Pour cette forêt, il a donc été décidé de ne pas prendre en compte les limites de parcelles lors de la définition des peuplements homogènes.

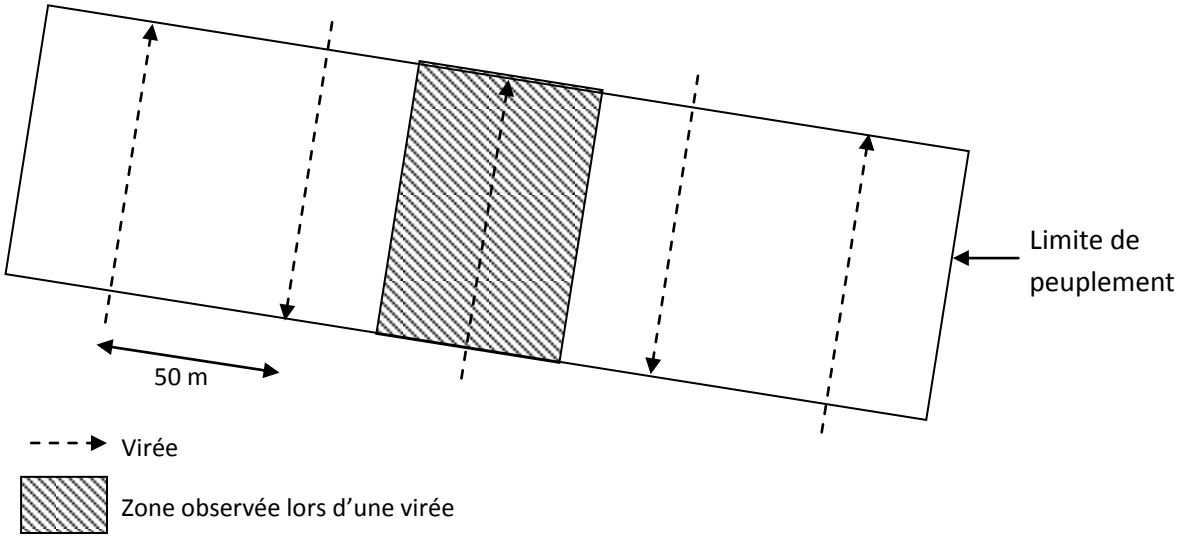
Une première phase de relevés a été menée, en suivant la méthode d'inventaire en plein par virées successives. La méthode de relevé par échantillonnage n'a été appliquée que dans un second temps afin de limiter les risques de biais. En effet, commencer par la méthode par échantillonnage aurait pu apporter des informations susceptibles de m'influencer lors de mes virées, conduisant par exemple à passer davantage de temps dans les zones présentant plus de biodiversité d'après l'échantillonnage.

1.2.2.2. Méthode par virées

La méthode par virées consiste à parcourir l'ensemble du peuplement étudié, en réalisant des virées parallèles successives. On détermine une direction, généralement perpendiculaire à la plus grande longueur du peuplement. On définit l'azimuth et on espace les virées de 20 à 50 m selon la visibilité au sein du peuplement *(figure 2)*.

La plupart des peuplements rencontrés sur le Bois Landry offrent une bonne visibilité au niveau du sol. De plus, les relevés sur cette forêt ont été réalisés entre le mois de Janvier et le mois de Mars, ce qui a permis de réaliser des virées espacées de 50 m. A l'inverse, les relevés sur le Bois de Misery ont été effectués en période feuillée, dans des peuplements présentant parfois une visibilité réduite. L'espace entre les virées a parfois du être réduit sur cette forêt. Il a également été nécessaire d'adapter la méthode de parcours en fonction de la topographie. Les virées en zone d'éboulis ont ainsi été réalisées non pas de façon parallèles entre elles mais parallèlement aux courbes de niveau.

Figure 2 : parcours d'un peuplement suivant la méthode par virées



Des observations sont réalisées sur le parcours du peuplement, de part et d'autre de la virée, jusqu'à 25 m de chaque côté dans le cas d'un espacement de 50 m. Les éléments remarquables pris en compte par l'indice tels que les essences, les bois morts au sol et sur pied, les très gros bois, les microhabitats et les milieux ouverts, aquatiques et rocheux sont comptabilisés au fur et à mesure. Tout en suivant l'azimuth défini précédemment, il est parfois nécessaire de se détourner de ce cheminement pour observer de plus près certains de ces éléments remarquables. Le résultat obtenu en fin de parcours ne constitue pas un inventaire exhaustif de ces éléments. Il permet néanmoins de calculer pour chaque peuplement et pour chaque facteur une note de 0, 2 ou 5 (tableau 1 de la partie 1). Les seuils retenus (tableau 1) prennent en compte le caractère non exhaustif de la méthode.

La mise en œuvre de cette méthode de relevé a nécessité douze journées de terrain pour le Bois Landry et huit sur le Bois de Misery, soit un rendement moyen de 42 ha/homme/jour.

1.2.2.3. Méthode par échantillonnage

Pour les deux forêts, la méthode par échantillonnage a été mise en œuvre une fois l'ensemble des virées réalisées. Il a été décidé d'utiliser une méthode d'échantillonnage systématique à raison d'un point par hectare sur l'ensemble des zones d'études. Ce choix était nécessaire pour pouvoir coupler la méthode avec un inventaire typologique à raison d'un point par ha. 504 placettes de 0,20 ha ont ainsi été observées au Bois Landry et 285 au Bois de Misery *(annexes 4).* Une surface de 0,20 ha a été retenue de préférence à une surface plus grande pour des raisons de temps de relevé sur la placette et pour se rapprocher de la surface inventoriée en typologie (environ 25 m de rayon).

Un relevé de l'IBP a été réalisé sur chaque placette suivant le protocole détaillé en annexe 5. Une modification a été apportée au protocole de relevé IBP par échantillonnage au cours de mon stage. Elle concernait la méthode de relevé des strates de végétation (facteur B). Lors des relevés effectués sur le Bois Landry, seule l'information « supérieur à 10 % » ou « inférieur à 10 % » était notée pour le recouvrement de chacune des quatre strates considérées. Pour le Bois de Misery, le recouvrement de chacune de ces strates a été évalué à 20 % près, de façon à pouvoir ensuite calculer une moyenne du recouvrement entre placettes d'un même peuplement.

Un inventaire typologique a également été effectué sur les placettes, en suivant la « typologie des peuplements feuillus » pour les régions Centre et Ile-de-France *(annexe 6).* La distinction des essences lors du relevé de la surface terrière a été uniquement réalisée pour le Bois de Misery. Certaines informations supplémentaires ont été relevées en vue de l'extension de l'indice à l'échelle du massif, comme la position topographique et le type d'humus. Sur le Bois Landry, le type d'habitat a également été identifié en se basant sur la *Clé de reconnaissance des habitats forestiers (C.Gauberville , 2003).* Une détermination rapide de la station forestière a été réalisée sur le Bois de Misery, s'appuyant sur le *Guide des essences en Pays d'Yveline et d'Essonne (*CRPF de l'Ile-de-France et du Centre, 2002).

Le centre de chaque placette a été matérialisé sur le terrain, par marquage de l'arbre central à la peinture. Les coordonnées GPS de ces arbres ont également été enregistrées. Ces mesures permettront à l'avenir d'effectuer un suivi de la biodiversité potentielle des peuplements et de voir l'effet de la gestion sylvicole sur son évolution.

Le temps nécessaire pour réaliser ce travail a été chronométré sur environ 70 placettes du Bois Landry. En moyenne, dix minutes sont consacrées au relevé de l'IBP lui-même et 5 minutes à l'inventaire typologique. En intégrant les temps de déplacement et de matérialisation de la placette, un temps minimum de 20 minutes par placette est nécessaire. Si une placette par ha est mise en place, le rendement est estimé à 20-25 ha/homme/jour. Il est nettement plus variable sur le Bois de Misery, pour lequel la topographie et la nature des peuplements influe grandement sur les temps de parcours et de relevé.

Calcul de l'IBP peuplement à partir des données de placettes :

Les notes d'IBP obtenues sur chaque placette n'ont aucun sens. Les surfaces des placettes sont en effet trop faibles pour que la notion de biodiversité potentielle puisse leur être appliquée. Il est toutefois intéressant d'étudier la variabilité des *données brutes* de chaque placette au sein d'un même peuplement, comme nous le faisons dans la dernière partie de ce rapport, consacrée à l'étude de l'IBP à l'échelle du massif forestier.

A partir des relevés réalisés sur les placettes, l'IBP a été calculé à l'échelle des peuplements définis lors de la phase préliminaire (voir page 14). Les calculs d'une note « peuplement » à partir des données brutes de plusieurs placettes s'appuient sur des raisonnements différents pour chacun des facteurs pris en compte par l'IBP.

Pour les facteurs C (bois morts sur pied), D (bois morts au sol), E (très gros bois) et F (arbres vivants porteurs de microhabitats), la note peuplement est obtenue par somme des éléments observés sur l'ensemble des placettes du peuplement, rapportée à la somme des surfaces de ces placettes. Il s'agit donc d'une moyenne des données brutes par placette. A l'inverse, on comptabilise toutes les essences observées sur les placettes au niveau peuplement, quelle que soit leur fréquence, pour le facteur A. Cela revient à ne réaliser qu'une observation. Les données des facteurs B (nombre de strates) et G (milieux ouverts) sont quant à elles relevées sous forme de pourcentage de recouvrement (voir le tableau 1). La note au niveau peuplement pour les facteurs A, B et G ne correspond pas à une moyenne. Ces calculs, détaillés dans le protocole situé en annexe 8, permettent d'estimer la biodiversité potentielle de chaque peuplement.

Comme toute estimation, les résultats obtenus avec cette méthode par échantillonnage comportent une part d'erreur. Traditionnellement, la précision d'une estimation calculée à partir d'une méthode d'échantillonnage est évaluée grâce à un intervalle de confiance, le plus souvent calculé sur la moyenne. La note d'IBP lié à la gestion d'un peuplement n'étant pas égale à la moyenne des notes des placettes, il n'est pas possible de calculer un intervalle de confiance pour cette note peuplement. Il est toutefois envisageable de calculer un intervalle de confiance sur la moyenne des données brutes des facteurs, mais uniquement ceux dont la note peuplement s'appuie sur une moyenne des données brutes des placettes, c'est-à-dire les facteurs C, D, E et F.

Cependant, la distribution des données de ces facteurs ne suit pas une loi normale mais une loi quelconque. Il est alors impossible de calculer un intervalle de confiance sur ces données, à moins d'avoir un nombre de points suffisamment important pour que l'on puisse considérer que la distribution d'échantillonnage de la moyenne est normale. Or, sur les forêts étudiées, le nombre de points par peuplement est de 5 à 6 en moyenne, et il dépasse rarement 10. L'approximation de la loi normale n'est donc pas possible.

Nous sommes confrontés au cas de petits échantillons issus d'une distribution quelconque, pour lesquels il n'existe pas de solution standard permettant de calculer un intervalle de confiance de la moyenne. Des méthodes plus complexes pourraient peut-être permettre de réaliser ces calculs, mais elles ne seront pas évoquées dans ce rapport. La précision des estimations de la méthode par échantillonnage n'étant pas connue, il conviendra de considérer les résultats de cette méthode avec prudence.

1.3. Bilan des impressions de terrain à l'issue de la phase de relevés

1.3.1. Difficultés suscitées par les méthodes sur le terrain

Au cours des nombreux relevés réalisés pour mettre en place l'indice sur les deux forêts d'étude, un certain nombre de difficultés et de questions sont apparues, concernant l'une ou l'autre des méthodes, mais aussi parfois l'indice de façon plus générale.

L'indice de biodiversité potentielle prend en compte un grand nombre d'éléments, parfois difficiles à repérer. La visibilité constitue donc un critère essentiel pour la bonne réussite des relevés IBP, et ce quelque soit la méthode. La mise en place de cet indice peut ainsi être délicate dans certains peuplements, notamment lorsque le sous étage est abondant. On peut être amené à sous-estimer la biodiversité de ces peuplements, notamment la présence des microhabitats. Ce problème de visibilité est fortement dépendant de la saison, et réaliser les relevés en dehors de la période de végétation est fortement conseillé. Compte-tenu de ces éléments, les résultats de certains relevés réalisés sur le Bois de Misery doivent être considérés avec prudence, notamment dans les peuplements de taillis sous futaie pour lesquels la visibilité est parfois très réduite. Ceci est d'autant plus vrai que les relevés sur cette forêt ont été réalisés en période feuillée, entre Avril et Mai.

La plupart des éléments relevés pour l'IBP sont simples et ne posent pas d'ambiguïté. Le facteur G concernant la présence de milieux ouverts est un peu plus complexe et sa définition diffère selon les observateurs. Selon le protocole de l'indice, un milieu de type trouée ou lisière doit être comptabilisé en tant que milieu ouvert lorsqu'il présente une végétation spécifique, qui constitue un apport supplémentaire pour la biodiversité du peuplement. Cette végétation dépend du type de station, et certaines situations sont sujettes à discussion. C'est par exemple le cas de certaines stations très pauvres rencontrées sur le Bois de Misery. Dans des peuplements très clairs, il est fréquent de ne trouver que la callune et la fougère aigle en strates basses. Le choix de définir un tel peuplement comme ayant une végétation de milieux ouverts ou non, ce qui influe directement sur la note de l'IBP lié à la gestion, dépendra de l'interprétation de l'observateur, ce qui ne doit pas être le cas.

D'autres difficultés ont pu affecter plus spécifiquement l'une des deux méthodes de relevé testées. Le problème de visibilité, déjà évoqué, semble avoir a priori plus d'impact sur la méthode par virées, pour laquelle les arbres sont souvent observés de façon éloignée par rapport aux relevés par placettes. L'impénétrabilité de certains peuplements est un problème souvent lié au manque de visibilité. Les virées nécessitent de traverser les peuplements avec un espacement de 50 m au maximum, contre 100 m dans le cas d'un échantillonnage au taux d'un point par ha. La probabilité de traverser un peuplement impénétrable est donc plus forte en virées et les résultats de cette méthode peuvent en être affectés.

Plusieurs zones du Bois de Misery présentent une strate arbustive essentiellement constituée d'Aubépine ou de Prunelier, qui constitue parfois une véritable barrière très difficile à franchir sans outils adaptés. Traverser ces peuplements est à la fois très compliqué et très long, rendant la méthode par virées inadaptée. Il est possible dans le meilleur des cas d'effectuer un parcours très partiel du peuplement dans les zones les plus praticables, complété par des observations réalisées depuis l'extérieur du peuplement. De tels cas se sont présentés à plusieurs reprises dans des peuplements de TSF jeunes, assez homogènes et présentant peu d'arbres susceptibles d'entrer en compte dans l'IBP, en raison de leurs faibles dimensions. Si une sous estimation de l'IBP à cause de ce problème apparait inévitable, son effet semble a priori limité et chiffrable en termes de note.

La validité de l'ensemble de ces impressions est discutée au cours de la phase d'analyse présentée dans la partie 2.2. Un ensemble de questions d'ordre plus pratique posées tout au long du stage sont récapitulées dans l'annexe 9.

1.3.2. Difficultés particulières liées à la phase d'apprentissage

Comme tout protocole de terrain, le protocole de relevé de l'IBP nécessite une phase d'apprentissage, au cours de laquelle le rendement mais aussi parfois la qualité du travail peuvent être affectés. Au cours de la réalisation des relevés par virées, j'ai ainsi pu constater que j'avais pu sous-estimer ou passer à côté de certaines informations, notamment au début de cette phase de relevé. La capacité à repérer en virées de nombreux éléments, et notamment les microhabitats de petite taille, ne s'acquiert qu'après quelques jours de terrain. Mais d'autres points ont pu me poser problème, de façon plus personnelle.

J'ai ainsi pu me rendre compte au bout de quelques temps que mon œil n'était pas suffisamment bien calé au niveau de l'estimation des diamètres des arbres, me conduisant bien souvent à sous-estimer leurs dimensions, ce qui pourrait s'être traduit par une sous-estimation du nombre de très gros bois par ha dans les peuplements. D'autre part, la reconnaissance de certaines essences m'a aussi posé des difficultés au début, sur des individus à morphologie particulière ou bien dans le cas de jeunes perches. Cela a probablement été le cas pour l'Alisier torminal, très disséminé et souvent peu reconnu lors des premières virées. La diversité en essences forestières de certains peuplements a pu en être affectée.

Un test a été effectué à la fin de la phase de relevé, au cours duquel j'ai réalisé un nouveau relevé par virées sur deux sous-parcelles parmi celles étudiées au début de mon stage. Les résultats de ce test de terrain, détaillés en Annexe 10, montrent que le nombre d'éléments remarquables observés est assez similaire entre les deux passages en virées, sauf le nombre de très gros bois, largement sous-estimé lors du premier passage, ainsi que la diversité en essences. Ce simple test confirme les impressions ressenties, bien que les deux sous parcelles testées ne suffisent pas à prouver statistiquement cette tendance.

Lors de la phase d'analyse des données (partie 2.2.3.), l'existence d'un effet de type « apprentissage de la méthode » prenant en compte ces impressions de terrain sera testé sur l'ensemble des sous parcelles. Un tel test apparait nécessaire pour vérifier la pertinence des données de terrain, mais également pour rappeler l'importance d'un bon étalonnage de l'observateur avant d'entreprendre toute phase de relevé. Ce principe, valable pour tout protocole, est particulièrement important dans le cas de l'IBP, indice nécessitant de bonnes capacités d'observations en temps relativement restreint.

1.3.3. Premières impressions sur la mise en place des deux méthodes

Avant toute analyse ou calcul des données peuplements, le relevé des données brutes sur le terrain a suscité de nombreuses interrogations quant à l'intérêt de chacune des deux méthodes et la cohérence de leurs résultats. Comme on le laissait entendre dans la partie 1.2.2.2. consacrée à la présentation de la méthode par virées, cette dernière ne constitue en aucun cas un relevé exhaustif des bois morts au sol et sur pied, très gros bois ou encore microhabitats présents dans un peuplement. Les seuils de notation pour chacun de ces facteurs prennent en compte ce manque d'exhaustivité et sont adaptés à la pression d'échantillonnage de la méthode par virées.

La pratique successive des deux méthodes m'a rapidement conduit à poser l'hypothèse d'une différence de pression d'observation entre les deux méthodes. Les arbres sont globalement observés de plus près lors d'un relevé sur une placette que lors d'une virée, et pas uniquement d'un seul côté.

Par ailleurs le temps passé à effectuer un relevé est plus important avec la méthode par échantillonnage lorsqu'on le rapporte à la surface. Les observations par placettes seraient donc à la fois plus faciles, plus complètes mais aussi plus longues, permettant potentiellement de réaliser des relevés plus proches de l'exhaustivité. Il est nettement moins probable de ne pas apercevoir un microhabitat avec la méthode par échantillonnage. De cette façon, la pression d'observation serait différente, conduisant à sous-estimer la biodiversité potentielle liée à la gestion avec la méthode par virées par rapport à l'échantillonnage.

D'autre part, la méthode par échantillonnage pâtit des défauts propres à tout échantillonnage dès lors que l'on mesure des variables réparties de façon hétérogène dans l'espace. Les peuplements homogènes définis lors de la phase préliminaire précédant le terrain comportent forcément une part de variabilité pour certains facteurs. Ceci est surtout vrai pour les bois morts, les très gros bois, les microhabitats et les milieux ouverts. Le problème se pose encore davantage pour les milieux aquatiques et rocheux, pour lesquels on ne relève pas une densité mais une simple présence, qui peut être constatée hors placettes. Dès lors, la méthode par échantillonnage pourrait être à l'origine d'une perte d'information significative pour l'IBP lié au contexte par rapport à la méthode par virées.

Pour mettre en évidence la réalité de ces erreurs potentielles de la méthode par échantillonnage, un test a été effectué sur le terrain. Dans une sous parcelle de 7,1 ha, un inventaire en plein a été réalisé. Pour chacun des arbres vivants présents, l'essence, le diamètre et la présence de microhabitats ont été notés. Les bois morts au sol et sur pied ont également été inventoriés. Cet inventaire peut donc être considéré comme un relevé exhaustif des éléments pris en compte par l'IBP et être utilisé comme référence à laquelle comparer les données de l'échantillonnage.

Les résultats de ce test sont détaillés en annexe 11. Ils révèlent des différences au niveau des données brutes, qui impliquent des différences de note pour deux facteurs : le nombre de bois morts sur pied est ici surestimé par l'échantillonnage car parmi les 3 bois morts sur pied présents sur la sous parcelle, 2 sont situés dans le rayon de deux placettes. A l'inverse, le nombre de microhabitats est sous-estimé : certains types de microhabitats fréquents sur la sous parcelle, comme les arbres présentant plus de 20 % de branches mortes dans le houppier, sont absents des placettes.

Ce test effectué sur une seule sous parcelle ne permet pas de tirer des conclusions générales sur les résultats de la méthode par échantillonnage à 1 point par ha pour chaque facteur. Il devrait pour cela être réalisé sur de nombreuses sous parcelles, ce qui demanderait beaucoup de temps et ce n'était pas l'objet de mon stage. La réalisation d'un tel inventaire sur une parcelle de 7,1 ha a en effet nécessité un temps de 3 heures 45 à deux personnes. Cependant, un tel test met en évidence les imprécisions auxquelles la méthode par échantillonnage à un point par ha peut parfois conduire, notamment pour les peuplements couverts par un trop faible nombre de placettes. Ce nombre devra être déterminé par des tests lors de prochaines études.

2. Comparaison des résultats des méthodes de relevé par virées et par échantillonnage

L'objet de cette partie est d'étudier la cohérence et les différences entre les résultats obtenus par application de deux méthodes de relevé. L'analyse de ces différences et leur interprétation devra mettre en évidence les problèmes posés par chacune des deux méthodes et répondre aux hypothèses et aux impressions soulevées lors de la phase de terrain. On appliquera ainsi une démarche simple consistant à réaliser une première analyse portant sur la note globale d'IBP lié à la gestion, à l'issue de laquelle certaines tendances pourront être dégagées. Puis, l'étude des résultats de chacun des sept facteurs liés à la gestion devra permettre d'éclairer ces tendances et de déterminer précisément les points à l'origine d'éventuels problèmes de cohérence entre méthodes. Les facteurs liés au contexte seront étudiés de la même manière.

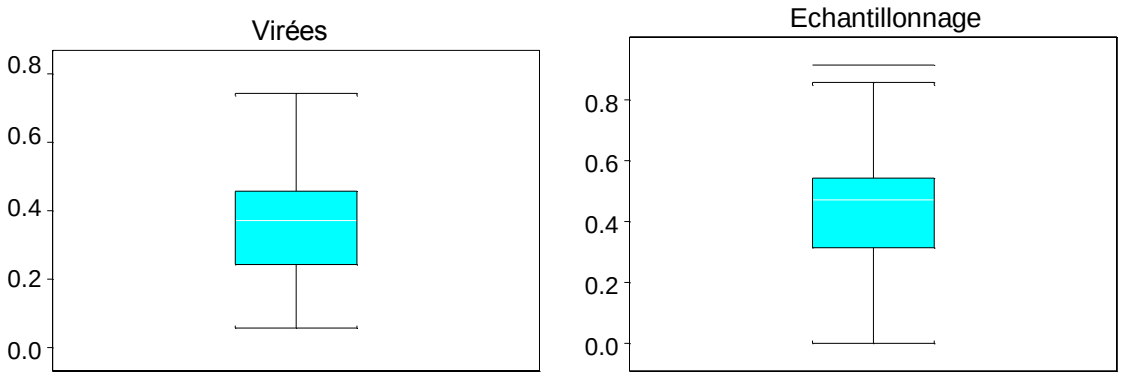
2.1. Etude de la relation entre IBP par échantillonnage (IBPe) et IBP par virées (IBPv) pour la note globale liée à la gestion

La première comparaison des résultats porte sur la note globale de l'IBP lié à la gestion. Le choix des tests statistiques utilisables est directement lié à la nature des données. L'IBP global lié à la gestion constitue une variable quantitative ordinale prenant 35 valeurs entières comprises entre 0 et 35, puisqu'elle est égale à la somme de sept notes pouvant prendre les valeurs 0, 2 ou 5. Seule la valeur 1 ne peut être prise par la note globale. Ramener ces valeurs à un pourcentage du maximum théorique, en divisant la note par 35, ne modifie pas la nature de la variable. Travailler sur une variable quantitative ordinale permet d'utiliser des méthodes statistiques intéressantes, notamment les modèles linéaires tels que la régression linéaire et l'analyse de variance. C'est pourquoi nous utiliserons dans cette partie la donnée « IBPgestion » telle qu'elle a été calculée précédemment, avec une valeur exprimée en pourcentage.

2.1.1. Caractéristiques des données

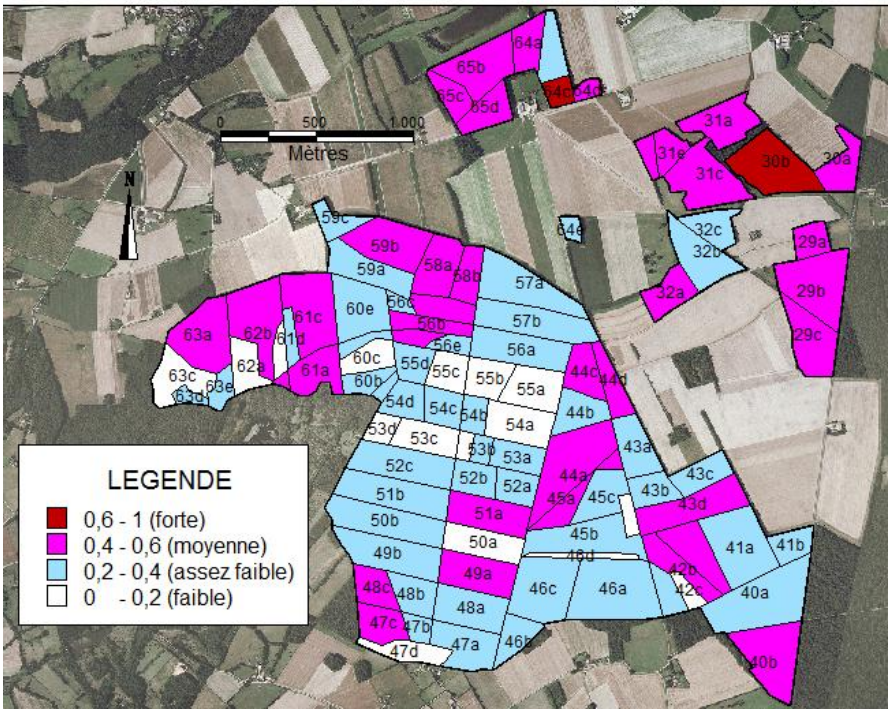
- **Bois Landry**

Figure 3 : IBP lié à la gestion des peuplements du Bois Landry

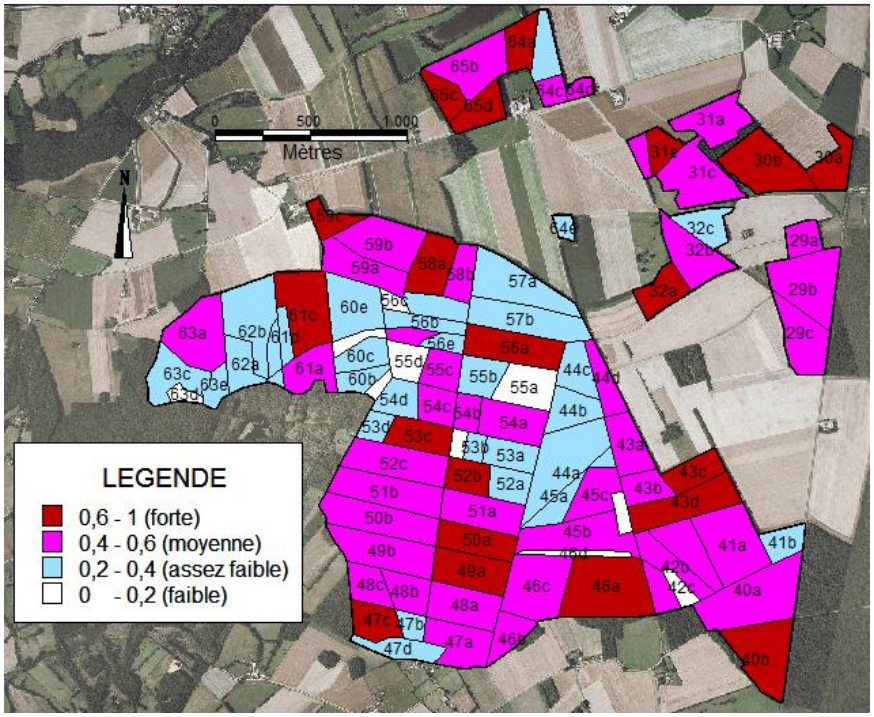


La valeur moyenne d'IBP lié à la gestion calculée sur les 100 sous parcelles du Bois Landry est de 35,1 % en virées (biodiversité assez faible) avec un écart-type de plus de 13 %. Elle est et de 44,9 % avec l'échantillonnage (biodiversité moyenne) avec un écart-type dépassant les 18 %. Dans les deux cas, il existe une grande variabilité entre peuplements, visible sur les cartes 5 et 6 (et en annexe 12), avec des notes allant de 5 % à plus de 80 %.

Carte 5 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois Landry (méthode par virées)



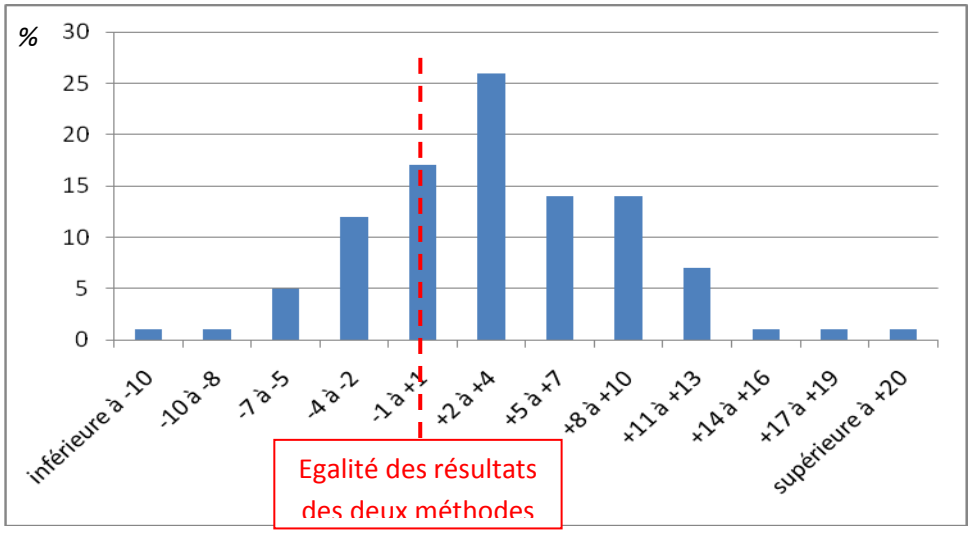
Carte 6 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois Landry (méthode par échantillonnage)



La grande majorité des peuplements présente une biodiversité potentielle assez faible ou moyenne. On trouve quelques peuplements avec une faible biodiversité potentielle (< 20 %), principalement parmi les plantations résineuses et les zones de taillis simple ou de régénération. Les peuplements à forte biodiversité potentielle sont quasiment absents par virées, mais représentent plus de 20 % de la surface par échantillonnage.

La note IBPgestion par échantillonnage (IBPe) est en moyenne supérieure à la note par virées (IBPv) de près de 10 %. Cet écart est très variable d'une sous-parcelle à l'autre, comme le montre la figure 4.

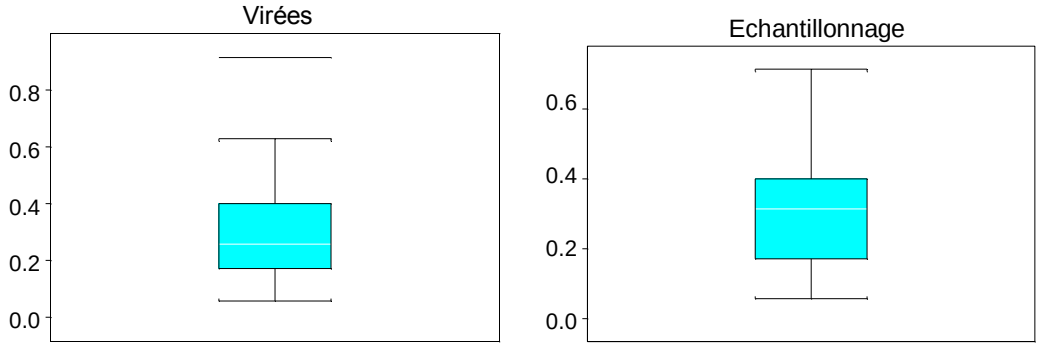
Figure 4 : Répartition des différences (IBPe – IBPv) pour le Bois Landry



Elle représente la proportion de peuplements en fonction de la différence de note IBPgestion pour les 2 méthodes. Par commodité, cette différence a ici été calculée non pas à partir des notes IBP exprimées en pourcentage, mais des notes exprimées comme un nombre entier allant de 0 à 35. Il semblerait que la distribution de ces différences se rapproche d'une loi normale, non centrée en 0. Les différences nulles sont minoritaires. Les valeurs de différence les plus fréquentes sont comprises entre +2 et +4, soit en pourcentage une supériorité de la note par échantillonnage de 5 à 12 %. Mais la part des peuplements pour lesquels l'écart est supérieur est également importante. Sur cette forêt, les résultats montrent une sous-estimation de la note IBPgestion obtenue avec la méthode par virées ce qui est conforme aux impressions de terrain.

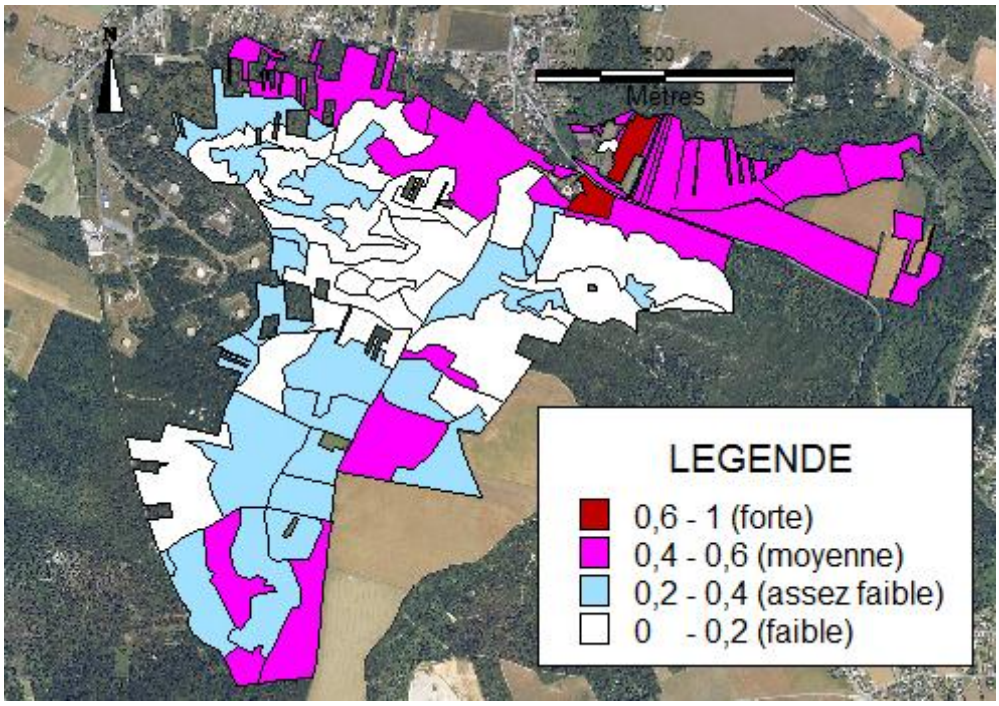
- **Bois de Misery**

Figure 5 : IBP lié à la gestion des peuplements du Bois de Misery

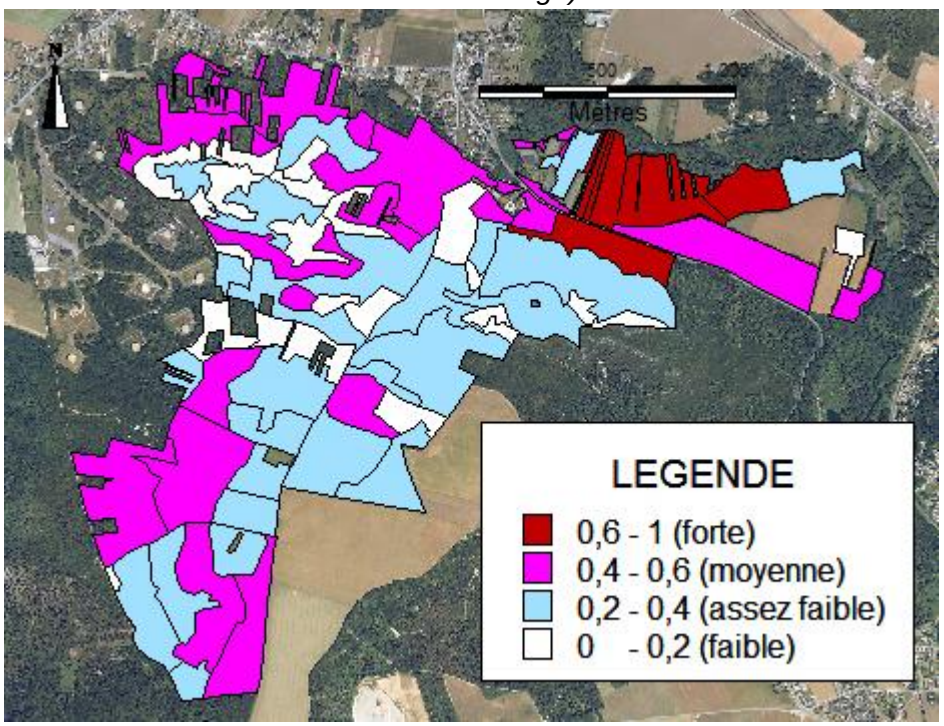


La valeur moyenne d'IBP lié à la gestion calculée avec la méthode par virées est de 29,5 % sur cette forêt (biodiversité potentielle assez faible) avec un écart-type de 16 %. Elle est et de 31 % avec l'échantillonnage (biodiversité potentielle assez faible) avec un écart-type supérieur à 18 %. Une grande variabilité de note entre peuplements est constatée pour les deux méthodes (cartes 7 et annexes 8 et en annexe 13).

Carte 7 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois de Misery (méthode par virées)



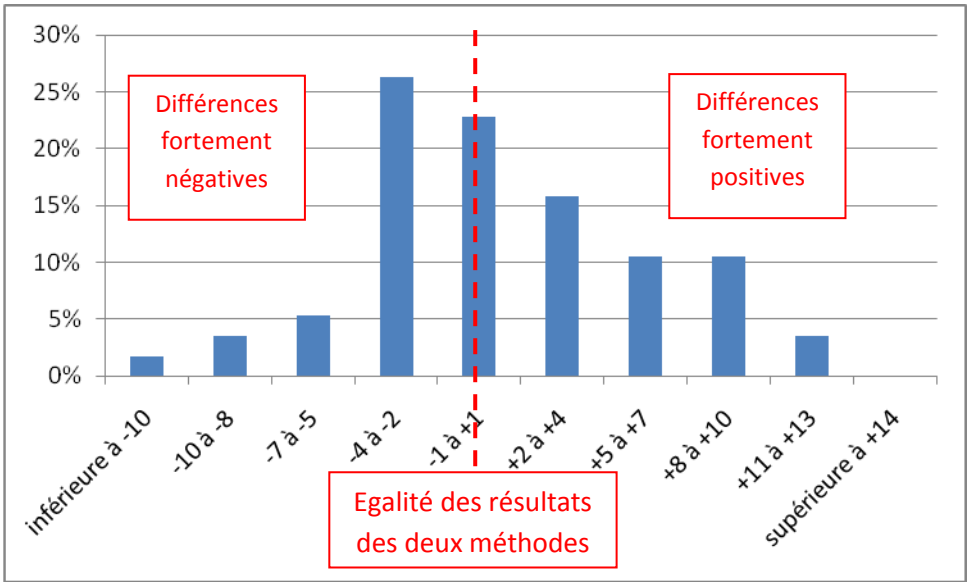
Carte 8 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois de Misery (méthode par échantillonnage)



On observe une majorité de peuplements à biodiversité potentielle assez faible ou moyenne dans les deux cas. Les peuplements à faible biodiversité représentent une proportion importante, notamment en virées. Il s'agit surtout de plantations résineuses et de taillis simples, présents par exemple sur les zones de chaos ou de dalle gréseuse. Les rares peuplements à biodiversité potentielle forte sont situés au nord-est de la forêt, sur des stations plus riches ou situées en bordure de l'Essonne.

La valeur moyenne de la différence IBPe – IBPv est de + 1,7 % seulement, soit une légère sous estimation de la note en virées par rapport à l'échantillonnage. Il semblerait que cette tendance soit beaucoup moins marquée pour le Bois de Misery que pour le Bois Landry. Ceci est du à l'existence de nombreuses différences positives mais aussi négatives, comme le montre la figure 6.

Figure 6 : Répartition des différences IBPe – IBPv pour le Bois de Misery



La répartition des différences de note est fortement dissymétrique. Elle ne dépasse pas 4 en valeur absolue pour la majorité des peuplements, soit un peu moins de 12 %. Les écarts de résultats entre méthodes sont assez limités pour la majorité des peuplements. On trouve dans ce cas aussi bien des valeurs positives que des valeurs négatives, ne permettant pas de dégager de réelle tendance. Toutefois, lorsque l'écart entre méthodes est important, dépassant 5 en valeur absolue, on trouve nettement plus de valeurs positives que de valeurs négatives. Les peuplements pour lesquels la note par virées est très supérieure à celle par échantillonnage sont rares, alors que près de 25 % des peuplements ont une note nettement supérieure par échantillonnage.

Ces premières analyses visuelles ne rendent pas compte des tendances sur la différence de résultat entre les deux méthodes d'évaluation de l'IBP gestion. Si les résultats de la forêt du Bois Landry semblent pencher vers une supériorité des notes avec la méthode par échantillonnage, cela n'est pas aussi net à Misery. La différence de résultat entre forêts s'explique peut-être par l'effet « apprentissage » de la méthode évoqué dans la partie précédente. Toutefois, la forte variabilité des résultats entre peuplements, pour les deux forêts, ne permet pas de tirer de réelle conclusion. La réalisation de tests statistiques s'impose alors pour tenter de dégager des tendances significatives.

Dans un premier temps, nous souhaitions pouvoir chiffrer précisément la différence de résultats obtenus avec les deux méthodes de relevé, en établissant entre les deux notes une relation du type :

IBPv = a * IBPe + b + epsilon

(a et b prenant des valeurs fixes, epsilon étant un résidu prenant une valeur très faible)

Des régressions linéaires sur IBPe et IBPv ont ainsi été réalisées. Les résultats obtenus, présentés en annexe 14, sont intéressants mais pas suffisamment fiables d'un point de vue statistique et donc peu exploitables. La grande variabilité des données, associée à des problèmes concernant leur distribution (non normale) et l'hétérogénéité de la variance (hétéroscédasticité) nous ont conduits à abandonner cette méthode pour nous intéresser à l'utilisation de tests non paramétriques.

2.1.2. Test non paramétrique de Wilcoxon

Les tests non paramétriques sont souvent considérés comme moins puissants que les tests paramétriques. Ils ont cependant l'avantage d'avoir des conditions de validité beaucoup plus étendues. Ils peuvent notamment être utilisés dans le cas de données présentant une distribution non normale et une variance hétérogène. Ils offrent alors des résultats bien plus robustes que les tests paramétriques. A l'inverse, lorsque les conditions d'utilisation des tests paramétriques sont vérifiées, la perte de puissance induite par l'utilisation de tests non paramétriques est souvent peu importante.

La plupart des tests non paramétriques sont basés sur l'étude des rangs des données et non sur des valeurs. Cela peut conduire à une légère perte d'information, mais ça permet également de diminuer la sensibilité des résultats aux valeurs aberrantes. Ces dernières peuvent avoir un effet désastreux dans le cas des tests paramétriques, qui donnent un poids important aux valeurs extrêmes. Dans le cas de tests non paramétriques, la prise en compte du rang des données aberrantes diminue leur impact. Pour ces différentes raisons, l'utilisation de ces tests non paramétriques semble ici judicieuse.

Le test des rangs signés de Wilcoxon est un test de comparaison de deux échantillons appariés. Les méthodes basées sur des échantillons appariés sont plus puissantes que celles pour échantillons non appariés. L'utilisation de ce type de test est conseillée lorsqu'on dispose de données avec échantillons appariés, comme c'est le cas quand on compare le résultat de deux méthodes de relevé appliquées sur de mêmes individus.

Chaque peuplement *i* de la zone d'étude présente une note IBPvirées et une note IBPéchantillonnage, qui constituent une paire. Le test de Wilcoxon consiste à former pour chaque paire la différence de notes, notée *di*, puis à en calculer la valeur absolue.

$$|di| = |IBPgestion(échantillonnage) – IBPgestion(virées)|$$

Après élimination des paires pour lesquelles $|di| = 0$, les valeurs $|di|$ restantes sont classées par ordre croissant. On attribue à chaque paire un rang. La paire présentant le plus petit écart en valeur absolue se voit attribuer le rang 1. On calcule ensuite la somme des rangs des différences positives d'une part et la somme des rangs des différences négatives d'autre part, notées respectivement T^+ et T^-. Le principe du test des rangs de Wilcoxon consiste à voir s'il existe une différence significative entre les valeurs de T^+ et de T^-

On réalise un premier test sur les variables IBPgestion(échantillonnage) et IBPgestion(virées) dont les hypothèses sont :

H0 : « $T^+ = T^-$ »

H1 : « $T^+ \neq T^-$ »

Le résultat du test (détaillé en annexe 15) est significatif pour le Bois Landry, on rejette donc l'hypothèse nulle et on en conclut à l'existence d'une différence significative entre les notes IBPgestion des deux méthodes. On réalise alors le même test de façon unilatérale, qui propose les hypothèses suivantes :

H0 : « $T^+ = T^-$ »

H1 : « $T^+ > T^-$ »

Le résultat est aussi significatif. La somme des rangs des différences positives est significativement supérieure à celle des différences négatives. Les notes IBPgestion obtenues par échantillonnage sont significativement supérieures à celles de la méthode par virées pour le Bois Landry.

Lorsqu'on réalise la même démarche pour les données du Bois de Misery, le résultat du test est non significatif. L'hypothèse H0 est conservée et on ne peut pas conclure à l'existence d'une différence significative des résultats des deux méthodes sur cette forêt.

A l'issu de ces tests, on peut affirmer qu'il existe une différence entre les résultats des deux méthodes de relevés, mais que cette différence n'est significative que pour le Bois Landry. Ces résultats nous amènent à poser deux hypothèses pour expliquer l'origine des différences entre les deux forêts.

L'écart entre les deux méthodes pourrait n'être du qu'à une imprécision des mesures réalisées sur le Bois Landry. C'est sur cette forêt que les tous premiers relevés ont été réalisés, relevés au cours desquels certaines difficultés sont apparues, comme on l'a évoqué dans la partie 1.3. consacrée au ressenti de la phase terrain. Elles ont peut-être altéré les résultats de façon significative sur ce massif. Il s'agirait d'un effet « apprentissage » sur le Bois Landry.

On peut également supposer que les différences de résultats entre les deux méthodes sont inhérentes aux méthodes elles-mêmes. Nous avons notamment déjà évoqué les doutes concernant la pression d'observation, qui semble supérieure lors des relevés par échantillonnage. Cette différence, si elle est significative, pourrait logiquement conduire à obtenir des résultats différents pour les deux méthodes, comme c'est le cas pour le Bois Landry. Comment alors expliquer que cet effet « méthode » ne s'exprime pas dans le cas du Bois de Misery ? On peut imaginer que la nature des peuplements étudiés ait une influence sur cet effet. Les peuplements du Bois de Misery, globalement bien différents de ceux rencontrés sur le Bois Landry, ne permettent peut-être pas de détecter les écarts entre méthodes. Il apparait dès lors nécessaire d'analyser ces écarts non plus sur la note IBPgestion mais facteur par facteur, afin de dégager d'éventuelles tendances pour chacune des forêts.

Les deux hypothèses que nous venons de soulever peuvent toutes les deux être valides et expliquer chacune une part de l'écart des résultats des deux méthodes. Le chapitre suivant permet de démêler l'origine des différences constatées pour chaque facteur, grâce à leur analyse successive.

2.2. Analyse des différences entre méthodes par facteurs de l'IBP lié à la gestion

2.2.1. Présentation des données

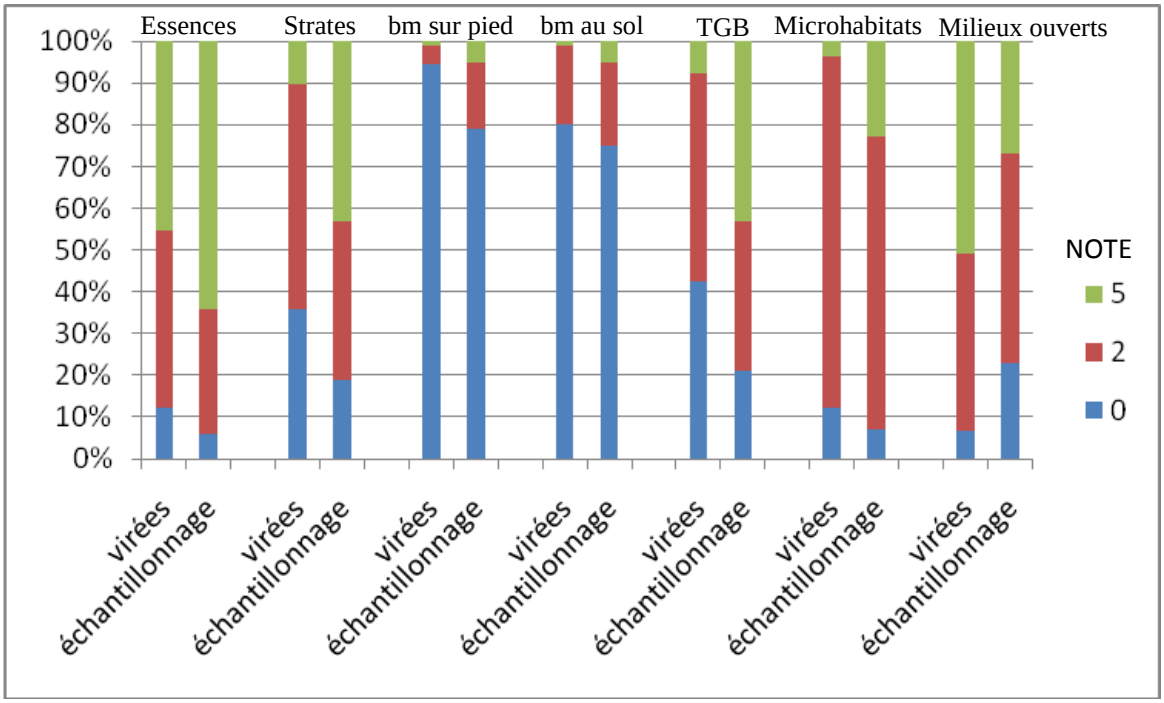
La partie précédente a permis de mettre en évidence l'existence d'une différence significative entre les notes d'IBP lié à la gestion calculées à partir des deux méthodes. Cette note correspondant à la somme des notes de sept facteurs, seule une étude détaillée des résultats de chacun de ces facteurs, pris séparément, peut permettre d'interpréter les différences entre méthodes de relevé.

Un des premiers choix réalisé avant de commencer l'étude des résultats par facteurs concernait le type de données analysées. On pouvait envisager de travailler à partir des notes IBP obtenues pour chacun des facteurs et pour chaque sous parcelle ou à partir de leurs données brutes. L'utilisation de ces dernières a toutefois été écartée, car les données relevées lors de la mise en œuvre de la méthode par virées ont été plafonnées. Pour de nombreuses sous parcelles, le relevé de certains microhabitats a notamment été arrêté lorsque le seuil de deux microhabitats du même type par ha était atteint, conformément au protocole de relevé. Ces plafonds n'ont toutefois jamais été atteints pour certains facteurs (bois mort sur pied et au sol notamment). Des analyses sur les données brutes ont donc pu être réalisées dans ces cas uniquement.

Une première observation des résultats des relevés sur les figures 7 et 8 (ainsi que sur les annexes 15 et 16) permet de dégager les caractéristiques des deux forêts étudiées.

2.2.1.1. Bois Landry

Figure 7 : Proportions de notes 0, 2 et 5 sur le Bois Landry pour les 7 facteurs liés à la gestion



- Méthode par virées

On observe une très large majorité de notes 0 pour les facteurs C et D, correspondant repectivement aux bois morts sur pied et au sol. La plupart des peuplements rencontrés sur la zone étudiée présentent donc moins d'un bois mort sur pied et moins d'un bois mort au sol de grosse circonférence par hectare. Ce manque explique en grande partie la quasi absence de peuplements à forte biodiversité potentielle, puisque ces deux facteurs représentent à eux seuls près du tiers de la note totale. Les facteurs E (très gros bois), F (microhabitats) et B (strates de végétation) présentent également peu de notes égales à 5. La majorité des peuplements présente pour ces facteurs une note de 2.

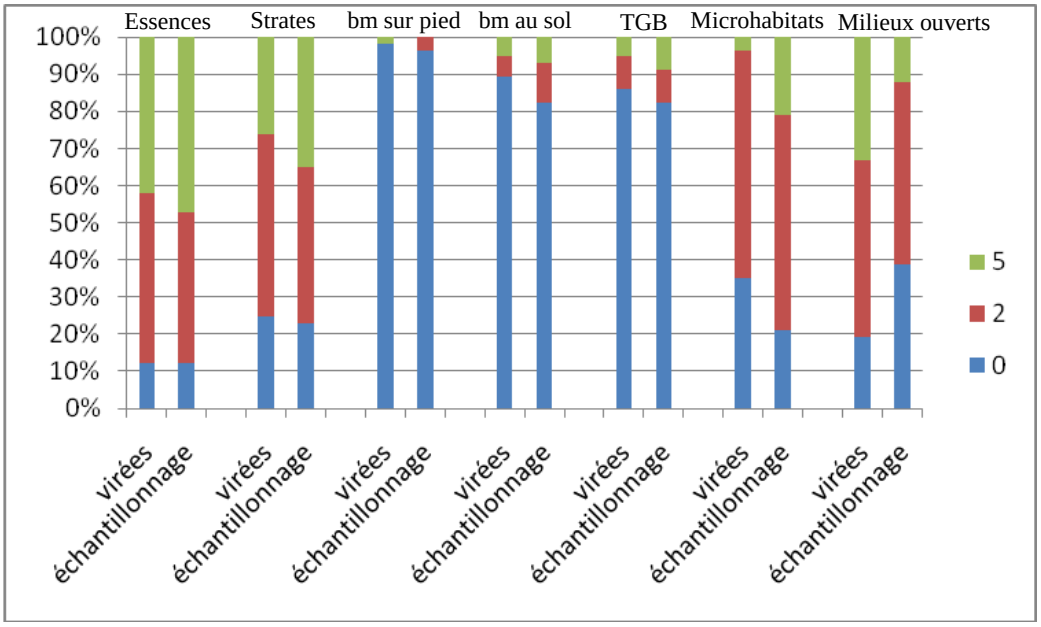
Seuls les facteurs A et G correspondant à la diversité en essences et à la présence de milieux ouverts semblent avoir un apport important en termes de biodiversité potentielle sur de nombreux peuplements. Malgré la très large dominance du chêne, les peuplements rencontrés comprennent en effet souvent plusieurs essences secondaires, qu'il s'agisse des essences présentes dans le taillis comme le charme et le bouleau, ou de feuillus précieux disséminés tels que l'alisier torminal, le merisier et le frêne notamment. La forme très découpée de la partie nord du massif ainsi que la présence de larges allées implique par ailleurs l'existence de nombreuses lisières avec des milieux ouverts, qui contribuent à l'attribution d'une note élevée pour le facteur G.

- Méthode par échantillonnage

Les résultats témoignent notamment d'une faible quantité de bois morts sur pied et au sol dans la grande majorité des peuplements, comme en virées. Les facteurs A (diversité en essences), E (très gros bois), F (microhabitats) et B (strates de végétation) présentent de nombreuses notes égales à 2, mais aussi bon nombre de notes égale à 5 par rapport aux virées. La différence de note pour l'IBP gestion est principalement due à ces quatre facteurs. Seul le facteur G (milieux ouverts) présentent de moins bons résultats par échantillonnage.

2.2.1.2. Bois de Misery

Figure 8 : Proportions de notes 0, 2 et 5 sur le Bois de Misery pour les 7 facteurs liés à la gestion



- Méthode par virées :

Plus de 85 % des peuplements présentent moins d'un très gros bois à l'hectare et ont par conséquent une note de 0 pour ce facteur (E). Il en va de même pour les bois morts sur pied et les bois morts au sol (C et D). Ceci s'explique en partie par la pauvreté chimique de nombreuses zones, occupées principalement par du taillis de bouleau et sur lesquelles les bois moyens et les gros bois sont quasiment absents. Les microhabitats (F) sont également assez peu fréquents sur la plupart des peuplements, qui présentent souvent une note de 2 ou de 0. Seuls 10 % des peuplements présentent une note de 5 pour le facteur B correspondant à l'étagement de la végétation, témoignant de l'absence quasi-systématique d'au moins une strate, en l'occurrence souvent la strate supérieure à 20 m, absente des peuplements de taillis simple. La relative diversité en essences (facteur A) et la présence fréquente de milieux ouverts (facteur G) participe grandement à rehausser la note de l'indice dans de nombreus cas.

- Méthode par échantillonnage

Les résultats semblent assez proches des virées pour les facteurs A, B, C, D et E. Plus de 20 % des peuplements présentent une note de 5 pour le facteur F (microhabitats), soit environ autant que de notes 0. Les milieux ouverts sont quant à eux moins fréquents dans les relevés par échantillonnage, comme en témoigne l'importante proportion de notes 0 pour ce facteur au dépens des notes 5, par rapport aux virées.

Dans les parties suivantes, une analyse comparative des résultats des deux méthodes est menée. L'étude de chacun des sept facteurs s'est appuyée sur des analyses graphiques, mais également sur les résultats de divers tests non paramétriques. Dans un premier temps, nous avions cherché à utiliser des tests paramétriques, notamment le test d'analyse de variance. Mais la distribution non normale des données ainsi que l'hétérogénéité de leur variance n'ont pas permis de dégager de résultats suffisamment fiables ni interprétables. C'est pourquoi l'utilisation de tests non paramétriques s'est imposée. Outre leur domaine d'utilisation plus étendu, certains de ces tests sont particulièrement intéressants dès lors qu'il s'agit de travailler à partir de variables ordinales, comme c'est le cas des notes de chacun des facteurs de l'IBP. Deux types de tests ont été utilisés pour chaque facteur.

2.2.2. Méthodes d'analyse des différences entre méthodes

2.2.2.1. Test des signes

Le test de signes est une méthode statistique permettant de comparer deux échantillons appariés. Comme pour le test des rangs signés de Wilcoxon, il s'appuie sur l'étude des différences de valeur de chaque paire, notée *di*.

di = note facteur (échantillonnage) – note facteur (virées)

Ce test est adapté à tout type de variable, y compris ordinale, dès lors qu'il est possible de déterminer, pour chaque paire observée, si une valeur est plus grande que l'autre. Le nombre de paires dont la valeur *di* est négative permet de déterminer la probabilité que *di* prenne une valeur négative, notée $\pi = P(di<0)$. Les hypothèses testées dans le cas d'un test bilatéral sont alors les suivantes :

H0 : « $\pi = ½$ »
H1 : « $\pi \neq ½$ »

Dans le cas d'un test unilatéral, l'hypothèse alternative H1 est « $\pi < ½$ » (respectivement « $\pi > ½$ ») lorsqu'on souhaite savoir si l'échantillon « IBPgestion(échantillonnage) » prend des valeurs significativement plus faibles (respectivement plus grandes) que l'échantillon « IBPgestion(virées) ».

Contrairement au test des rangs signés de Wilcoxon, le test des signes s'intéresse au sens de l'écart de la variable *di*, et non à son amplitude. Les variables étudiées ne peuvent ici prendre que trois valeurs, 0, 2 ou 5. Il s'agit en outre de notes, obtenues suivant des seuils précis et irréguliers, dans le sens où les intervalles entre chaque note ne sont pas aussi larges les uns que les autres. L'écart de l'amplitude de différence entre notes est donc une information inutilisable dans notre cas, et le test des signes apparait plus adapté.

Ce test est basé sur l'étude des paires pour lesquelles la différence *di* n'est pas nulle, c'est-à-dire ici les peuplements pour lesquels la note du facteur considéré est différente entre les méthodes par échantillonnage et par virées. Les paires présentant une différence *di* nulle ne sont pas prises en compte pour déterminer la significativité du test. L'information qu'il apporte est donc incomplète, c'est pourquoi une analyse graphique est également nécessaire pour comparer les résultats.

2.2.2.2. Test de Kruskal-Wallis

Les différences significatives éventuellement révélées par le test des signes peuvent parfois avoir des causes extérieures, et non pas inhérentes aux méthodes de relevés. Différentes variables peuvent avoir un effet significatif sur le relevé d'un facteur donné avec l'une ou l'autre méthode lorsqu'elles provoquent une perte de précision lors de la réalisation des relevés ou lors du calcul des notes. Nous avons testé plusieurs variables susceptibles de jouer un tel rôle :

- Variable « qualité » : variable prenant en compte un effet « apprentissage », qui pourrait être à l'origine de certaines erreurs de relevé lors de l'application de la méthode par virées sur la forêt du Bois Landry, comme on l'a évoqué dans la partie 1.3.1. Estimer a posteriori la qualité des relevés effectués étant à la fois difficile et subjectif, il a été décidé de créer 3 classes de qualité, et de répartir dans chacune de celles-ci environ un tiers des relevés, classés par ordre chronologique de réalisation. Ainsi, la classe de qualité 1 est attribuée au premier tiers de relevés réalisés. La répartition de cette variable est visible sur la carte en annexe 18.

- Variable « nombre de placettes » : les notes peuplement de la méthode par échantillonnage sont calculées à partir des données relevées sur des placettes de 0,20 ha réparties tous les ha. Pour certains peuplements de petites surfaces, le

nombre de placettes réalisé est très réduit. Ceci peut être à l'origine d'un manque de précision de la note par échantillonnage calculée à l'échelle du peuplement. Un éventuel lien entre un faible nombre de placettes et de forts écarts de note entre méthodes a ainsi été étudié. On peut imaginer a priori que la précision de l'estimation par échantillonnage augmente lorsque le nombre de placettes augmente, puis se stabilise au-delà d'un nombre donné de placettes. Après détermination de ce seuil, le but de l'analyse est donc de voir si les peuplements pour lesquels le nombre de placettes est en dessous du seuil de précision présentent une différence de note entre méthodes plus importante. Après quelques tests, nous avons choisi de retenir le seuil de 5 placettes, couramment retenu pour ce type d'analyse. Une variable binaire a ainsi été construite. La valeur 0 est attribuée aux peuplements présentant moins de 5 placettes, les autres prenant une valeur de 1.

- Variables « visibilité » et « parcours » : le manque de visibilité et de pénétrabilité des peuplements peuvent conduire à manquer certains éléments remarquables pris en compte par l'indice. Comme on l'a dit dans la partie 1.3.1., ce type de difficulté est rencontré sur de nombreux peuplements du Bois de Misery, en raison notamment de leur taillis ou de leur strate arbustive parfois très denses. Deux variables à trois modalités chacune ont ainsi été créées. Pour chaque peuplement de cette forêt, deux notes de 1 à 3 ont été attribuées sur le terrain, en fonction de la difficulté ressentie à observer ou parcourir le peuplement.

- Divers variables liées à la composition des peuplements : les caractéristiques mêmes des peuplements peuvent avoir un effet sur l'écart de résultats entre méthodes. La surface terrière, la structure ainsi que la composition en essences des peuplements ont ainsi été testées.

Nous avons calculé pour chaque peuplement la différence de notes des deux méthodes par facteurs. L'existence d'un lien entre cette différence et l'une des variables évoquées est testée à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis. Dans son principe, ce test non paramétrique est équivalent au test d'analyse de variance paramétrique, mais il donne de bien meilleurs résultats lorsque les distributions des données étudiées ne sont pas normales.

2.2.3. Résultats

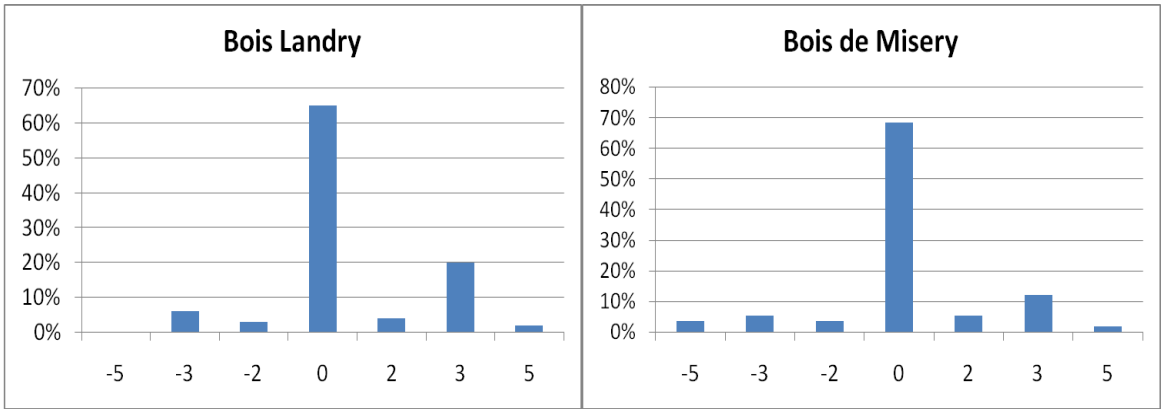
On calcule pour chaque facteur de l'IBP la différence *di = note(échantillonnage)-note(virées).* Cette différence peut prendre 7 valeurs différentes, soit 7 modalités :

- -5, -3 et -2 correspondent aux cas où la note du facteur considéré est supérieure avec la méthode par virées,
- 0 lorsque la note du facteur est identique avec les deux méthodes,
- 2, 3 ou 5 quand la note du facteur est supérieure avec la méthode par échantillonnage.

Pour chacun des facteurs de l'IBP, On représente alors graphiquement les proportions de chacune de ces modalités pour les différents facteurs de l'IBP.

- Facteur A (richesse en essences forestières autochtones)

Figure 9 : Différences de notes pour le facteur A (échantillonnage – virées)



Environ deux tiers des sous-parcelles présentent une note identique avec les deux méthodes sur les deux forêts. Les résultats semblent donc relativement cohérents pour ce facteur. Ceci paraît relativement logique, compte-tenu de la façon dont il est relevé : on comptabilise pour les deux méthodes l'ensemble des essences forestières autochtones observées, sans prendre en considération des notions d'abondance ou de recouvrement.

Des différences existent toutefois. Dans 10 à 15 % des cas, la note par échantillonnage est inférieure à la note par virées. Cette différence peut-être expliquée par la présence dans ces peuplements d'essences rares et disséminées, qui ont pu être observées lors des virées mais sont absentes des rayons des placettes. Une telle différence, assez peu marquée, serait due au principe même de l'échantillonnage aléatoire.

A l'inverse, on dénombre d'assez nombreux cas où la note obtenue par échantillonnage est supérieure à celle obtenue par virées. Cette tendance est plus marquée pour le Bois Landry, où elle concerne plus de 25 % des peuplements. Elle pourrait s'expliquer par des observations incomplètes lors des virées. Cet aspect peut avoir deux origines, un manque de visibilité ou la non reconnaissance des essences.

Le test des signes n'est pas significatif pour le Bois de Misery, contrairement à Bois Landry. Il y a significativement plus de différences positives que négatives pour le facteur « essences » pour cette forêt. La note de ce facteur est globalement plus élevée par échantillonnage. Cette tendance ne se retrouvant que pour le Bois Landry, on peut supposer qu'elle est liée à un effet « apprentissage ».

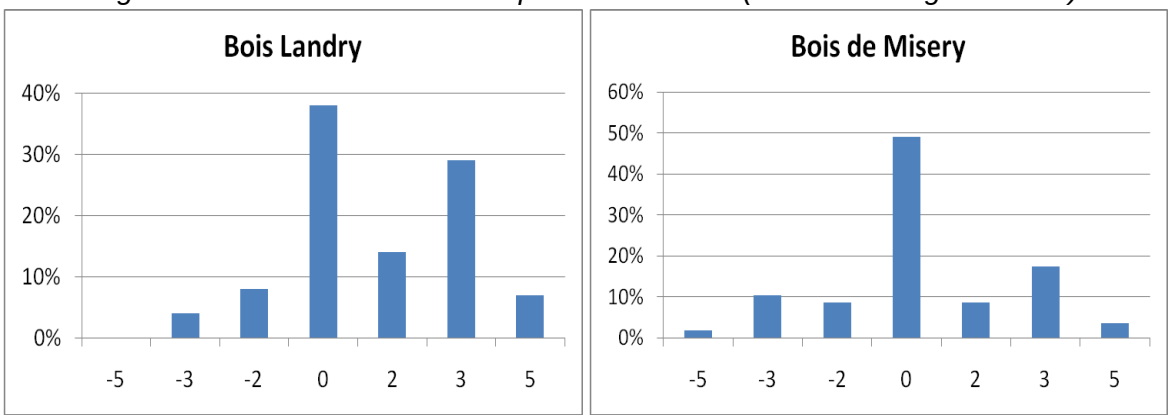
La réalisation d'un test de Kruskal-Wallis permet de tester l'existence d'un effet significatif de la variable « qualité » sur la différence de note pour le facteur « essences ». La probabilité critique obtenue, inférieure à 5 %, nous conduit à rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle la variable « qualité » n'a pas d'effet significatif. On démontre alors que la différence entre les notes des deux méthodes est significativement plus importante pour les relevés de classe de qualité 1, réalisés en premier. La diversité en essences a donc été sous-estimée lors de ces premiers relevés par virées. Cela confirmerait les impressions de terrain évoquées dans la 1.3.2., qui suggéraient l'existence d'un temps d'adaptation pour reconnaître certaines essences, notamment les perches d'Alisier torminal.

Lorsqu'on supprime le premier tiers des relevés (qualité 1) puis qu'on réalise à nouveau un test des signes, la différence entre méthodes n'est plus significative. On en conclut que, mis à part un manque de précision dans la réalisation des premières virées sur la première forêt, les résultats des deux méthodes ne présentent pas de différences significatives pour le facteur A « diversité en essences forestières », et ce pour les deux forêts étudiées.

- Facteur B (structure verticale de la végétation)

Note : On rappelle ici que, pour ce facteur uniquement, les données placettes n'ont pas été relevées de la même façon pour les deux forêts (voir partie 1.2.2.3.)

Figure 10 : Différences de notes pour le facteur B (échantillonnage – virées)



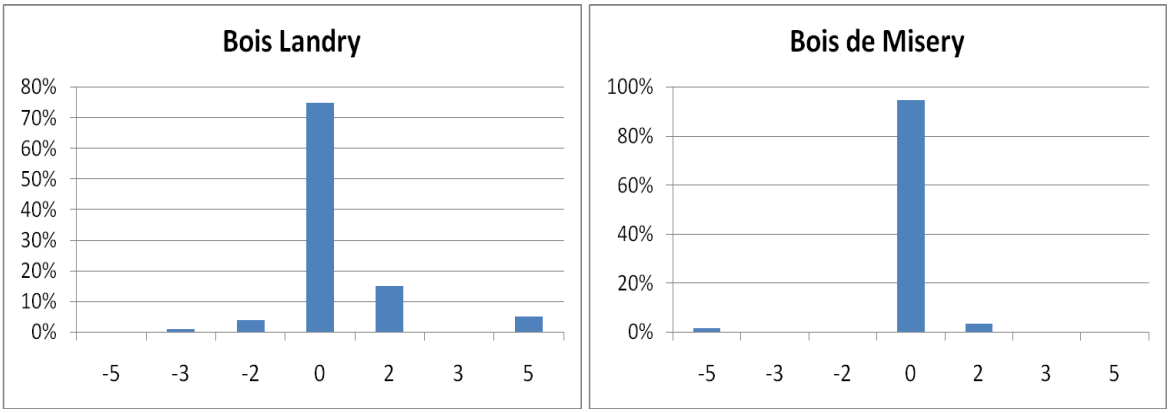
Sur le Bois Landry, moins de 40 % des peuplements présentent la même note pour le facteur « strate » avec les deux méthodes. Les différences de résultats sont donc marquées, notamment en ce qui concerne les différences positives. Le résultat du test des signes confirme l'existence d'un déséquilibre entre différences positives et négatives. La note du facteur « strate » est significativement supérieure avec la méthode par échantillonnage sur cette forêt.

Près de la moitié des peuplements du Bois Landry présente des notes identiques pour le facteur « strate ». Les nombres de différences positives et négatives semblent relativement équilibrés, ce que confirme la non significativité du test des signes. Aucune tendance ne se dégage concernant la différence de notes entre méthodes pour cette seconde forêt.

Les résultats obtenus par les deux méthodes de relevés présentent donc des différences marquées pour les deux forêts. Les écarts de notes sont toutefois moins importants sur le Bois de Misery, ce qui peut s'expliquer par le changement de méthode de calcul de la note peuplement entre les deux forêts. La méthode utilisée au Bois Landry conduit à surestimer la note par échantillonnage. Pour le Bois de Misery, la réalisation d'une moyenne du couvert de chaque strate par placette permet d'obtenir des résultats plus proches de ceux de la méthode par virées. Cependant, les écarts demeurent importants, soulignant la difficulté d'estimer le recouvrement de certaines strates sur le terrain, notamment la strate 7-20 m. Cette estimation est approximative aussi bien en virées qu'en échantillonnage. La méthode de notation du facteur B reste donc encore perfectible.

- Facteur C (nombre de bois morts sur pied)

Figure 11 : Différences de notes pour le facteur C (échantillonnage – virées)



Les notes obtenues avec les deux méthodes sont identiques dans 75 % des peuplements étudiés sur le Bois Landry et dans plus de 90 % sur le Bois de Misery. Les résultats semblent donc très similaires. Les résultats du test des signes, significatifs pour Bois Landry, témoignent toutefois d'une légère tendance à la sous-estimation du nombre de bois morts sur pied avec la méthode par virées par rapport à l'échantillonnage.

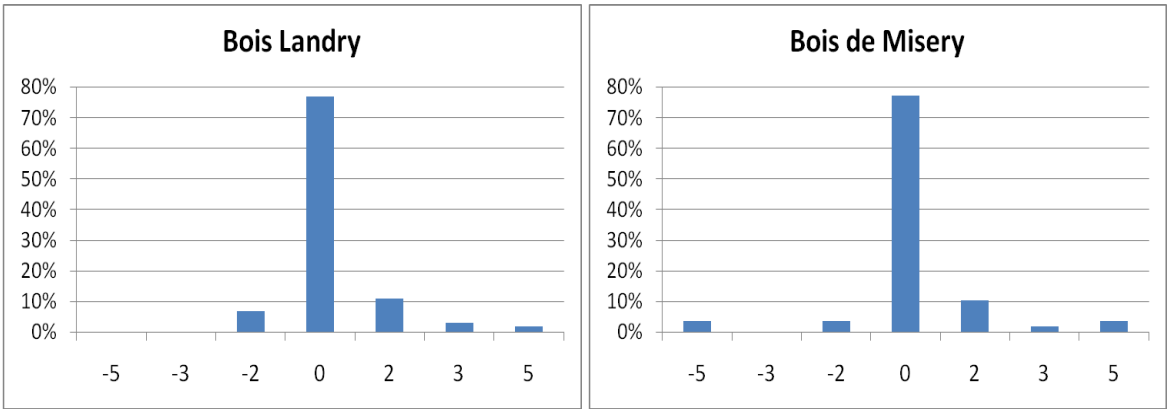
Globalement, les deux méthodes donnent des résultats conformes en termes de notes. On peut néanmoins imaginer que la forte proportion de peuplements présentant une note de 0 pour ce facteur, en raison de leur faible nombre de bois morts sur pied, conduise à sous estimer les différences de résultats. Un test de Kruskal-Wallis sur la composition en essences des peuplements montre ainsi que les écarts sont significativement plus marqués dans les TSF avec réserves feuillues du Bois de Misery, dans lesquels on trouve davantage de bois mort. Une étude comparative similaire réalisée sur de nombreux peuplements présentant de grandes quantités de bois morts sur pied serait nécessaire pour répondre avec certitude à cette question.

Une autre possibilité consiste à étudier non pas la différence de note mais la différence sur les données brutes de chaque méthode. Nous avons évoqué dans l'introduction de cette partie les raisons nous ayant conduit à travailler uniquement sur les notes des facteurs. Une étude sur les données brutes, en parallèle à une étude basée sur les notes, pourrait déceler la part d'erreur due à la notation des facteurs, réalisée sous forme de seuil et non pas de façon continue. Ces seuils peuvent contribuer à masquer les différences de résultats en les uniformisant, comme c'est le cas de la note des facteurs C (bois morts sur pied) et D (bois morts au sol), souvent égales à 0. Nous avons donc souhaité tester cet aspect sur les facteurs le permettant, c'est-à-dire ceux non plafonnés (facteurs C et D pour le Bois Landry et les facteurs C, D et E pour le Bois de Misery).

Les résultats du test des signes sur les données brutes du facteur C sont non significatifs pour les deux forêts. Les résultats des deux méthodes sont donc conformes tant en termes de notes que de données « réelles », non soumises à un « effet seuil de notation ».

- Facteur D (nombre de bois morts au sol)

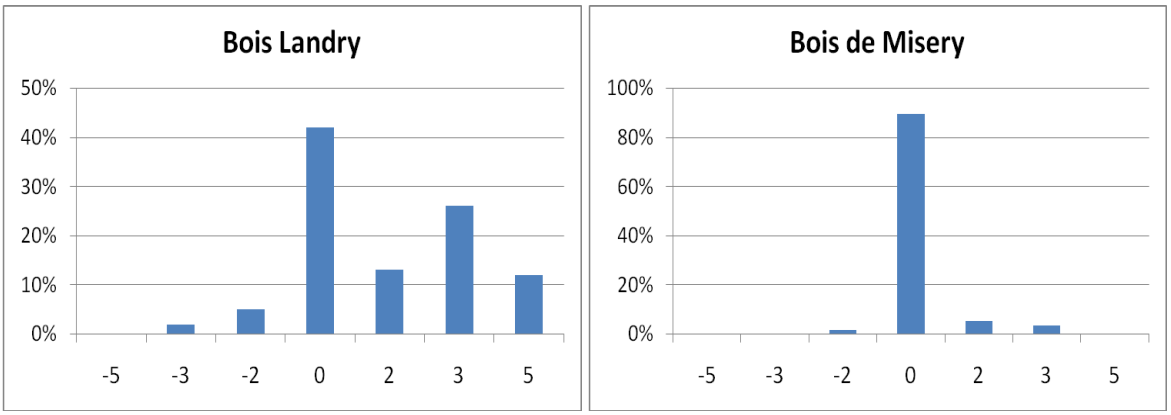
Facteur 12 : Différences de notes pour le facteur D (échantillonnage – virées)



Dans les deux cas, près de 80 % des peuplements ont une note identique pour le facteur « Bois morts au sol » avec les deux méthodes. Le test des signes n'est pas significatif. Les résultats des deux méthodes sont généralement conformes pour le facteur « Bois morts au sol ». Comme pour le facteur « Bois morts sur pied », il est possible que les différences soient atténuées par la forte proportion de peuplements ayant une note égale à 0. Le test des signes sur les données brutes est non significatif pour les deux forêts.

- Facteur E (nombre de très gros bois de diamètre supérieur à 70 cm)

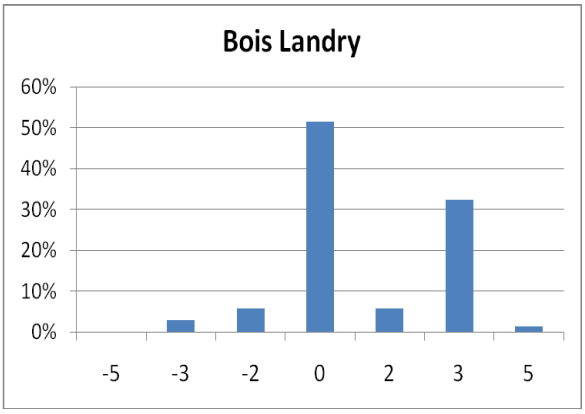
Figure 13 : Différences de notes pour le facteur E (échantillonnage – virées)



Seuls 42 % des peuplements présentent des notes identiques avec les 2 méthodes sur le Bois Landry. La note de la méthode par échantillonnage est supérieure à celle de la méthode par virées dans plus de la moitié des cas. Le nombre de très gros bois à l'ha semble donc nettement sous-estimé avec cette seconde méthode par rapport à l'échantillonnage, ce que confirme la significativité du test des signes.

Le test de Kruskal-Wallis révèle un effet significatif de la variable « qualité ». Les peuplements de la classe de qualité 1 présentent des différences significativement plus importantes que les autres peuplements. Les différences de résultats entre méthodes seraient donc dues, au moins en partie, à un effet « apprentissage ». La réalisation d'un nouveau test des signes sur les données n'appartenant pas à la classe de qualité 1 révèle toutefois toujours des différences significatives entre méthodes, se traduisant par une sous-estimation de la note « très gros bois » en virées par rapport à l'échantillonnage. Cette tendance qu'on observe sur la figure 14 est aussi due à une différence significative de pression d'observation entre méthodes.

Figure 14 : Différences de notes pour le facteur E (premier tiers des relevés non pris en compte)

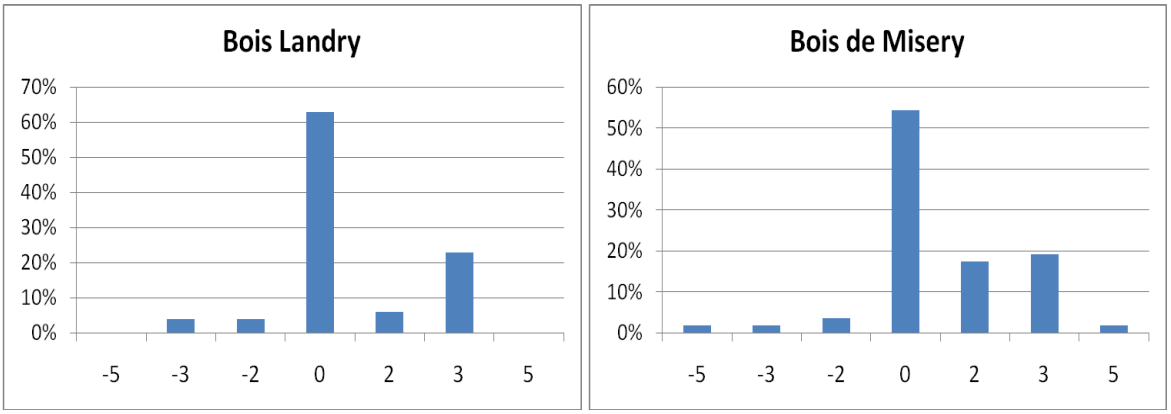


Près d'un tiers des peuplements ont, pour ce facteur « très gros bois », une note de 5 en échantillonnage (plus de 5 TGB/ha) alors qu'elle est de 2 en virées (entre 1 et 5 TGB/ha), soit une différence de +3. Ces différences concernent essentiellement des peuplements plutôt riches en très gros bois. C'est confirmé par un test de Kruskal-Wallis, qui montre un effet significatif de la surface terrière et de la structure. La différence de note entre méthodes est plus marquée pour les peuplements denses et à gros bois dominants. Dans de tels peuplements, le nombre d' « arbres limites », c'est-à-dire faisant autour de 70 cm de diamètre, sera en effet plus important. Le risque d'erreur sera donc accentué en virées, méthode pour laquelle on vérifie rarement le diamètre des arbres par rapport aux relevés des placettes, pour lesquelles les vérifications sont quasiment systématiques.

Pour le Bois de Misery, les notes obtenues avec les deux méthodes sont identiques dans 90 % des cas. Les résultats des méthodes sont donc bien plus conformes sur une forêt comme le Bois de Misery, caractérisée par une faible quantité de très gros bois dans la plupart de ses peuplements, et donc moins sujette à des erreurs d'estimation de diamètre. Ceci est confirmé par le test des signes sur les données brutes, qui témoigne de différences non significatives. D'une façon générale, la notation du facteur « très gros bois » avec les méthodes par virées et par échantillonnage peut présenter des différences significatives pour les peuplements riches en très gros bois, qui tend ici vers une sous-estimation de leur nombre en virées.

- Facteur F (nombre d'arbres porteurs de microhabitats)

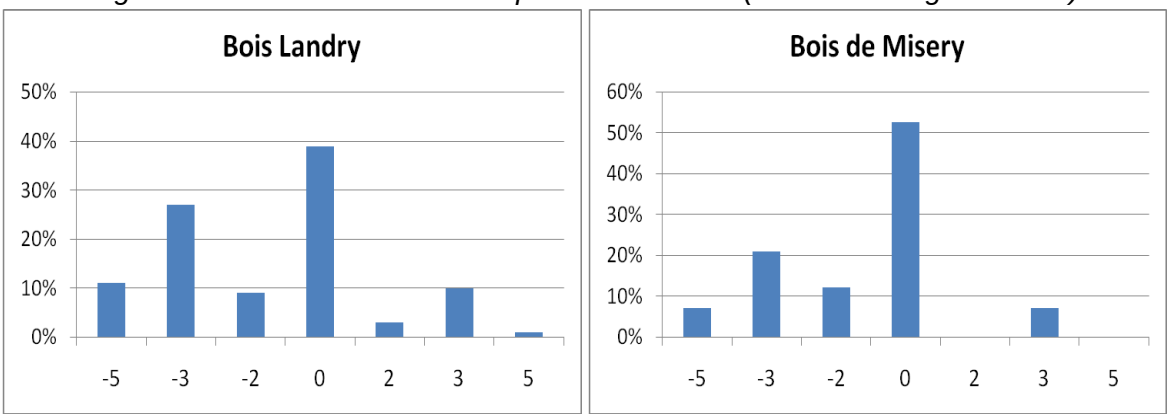
Figure 15 : Différences de notes pour le facteur F (échantillonnage – virées)



Quelle que soit la forêt, les deux méthodes donnent des résultats identiques pour moins des deux tiers des peuplements étudiés. Les tests des signes témoignent d'une sous-estimation significative de la note par virées par rapport à celle par échantillonnage. La réalisation de tests de Kruskal-Wallis n'a pas mis en évidence d'éventuels effets significatifs de variables extérieures. Les différences constatées sont donc bien inhérentes aux méthodes de relevé. Comme pour le facteur « très gros bois », ces résultats confirment l'hypothèse d'une pression d'observation plus importante en échantillonnage, qui induit le relevé d'un nombre d'arbres porteurs de microhabitats significativement plus important en échantillonnage qu'en virées.

- Facteur G (milieux ouverts)

Figure 16 : Différences de notes pour le facteur G (échantillonnage – virées)



La différence de note entre méthode est nulle pour une faible majorité des peuplements du Bois de Misery et pour moins de 40 % des peuplements du Bois Landry. Les différences, importantes, sont majoritairement négatives. La note du facteur « milieux ouverts » est généralement plus élevée avec la méthode par virées. Cette tendance est confirmée de façon significative par les tests des signes.

L'interprétation de cette tendance, valable pour les notes, est plus complexe en ce qui concerne les données brutes de terrain. Nous rappelons ici les seuils de notation du facteur « milieux ouverts » :

- Note de 0 : absence de milieu ouvert
- Note de 2 : milieux ouverts < 1 % ou > 5 % de la surface
- Note de 5 : milieux ouverts compris entre 1 et 5 % de la surface

Lorsque la valeur de la différence de note est de -5 ou -2, cela signifie que la note par virées est respectivement de 5 ou de 2, tandis que la note par échantillonnage est de 0. Il s'agit donc nécessairement de cas où des milieux ouverts ont été relevés par virées, alors qu'aucun milieu ouvert n'a été relevé sur les placettes d'échantillonnage.

Lorsque la valeur de la différence de note est de -3, cela signifie que la note est de 5 en virées et de 2 en échantillonnage. Cette différence peut avoir deux origines :

- Une sous-estimation des milieux ouverts par l'échantillonnage par rapport aux virées (moins de 1 % en échantillonnage et entre 1 et 5 % en virées).
- Une surestimation des milieux ouverts par l'échantillonnage par rapport aux virées (plus de 5 % en échantillonnage et entre 1 et 5 % en virées).

Donc, la sous-estimation globale de la note du facteur « milieux ouverts » de l'échantillonnage par rapport aux virées n'est pas nécessairement due à une sous-estimation de ces milieux ouverts sur les placettes, mais peut également être due à une surestimation. En définitive, il ressort de cette analyse que les notes obtenues avec la méthode par échantillonnage diffèrent significativement de celles obtenues par virées.

Nous avons évoqué dans la partie 1.3.1. les difficultés présentées par ce facteur lors de son relevé sur le terrain. La complexité de la définition d'un « milieu ouvert » au sens de l'IBP, sujette à interprétation, nous amène à nuancer les résultats obtenus pour chacune des deux méthodes.

Conclusion des comparaisons pour les sept facteurs liés à la gestion :

Les tableaux de l'annexe 19 récapitulent les résultats des tests de Kruskal-Wallis réalisés sur l'ensemble des variables évoquées dans la partie 2.2.2.2. Il est intéressant de noter que les variables « visibilité » et « parcours » n'ont aucun effet sur les facteurs de l'IBP pour le Bois de Misery. Le biais éventuellement induit par les difficultés à parcourir ou observer certains peuplements est donc nul ou du moins réduit.

L'existence d'un effet de la variable « nombre de placettes » sur certains facteurs est parfois démontrée. Ces effets sont toutefois difficiles à interpréter la plupart du temps, notamment du fait de la corrélation de cette variable avec la variable « qualité » ou les variables liées à la composition des peuplements. Les effets éventuels de la variable « nombre de placettes » n'ont donc pas été retenus dans nos conclusions.

Les deux méthodes présentent des résultats similaires en termes de note pour les facteurs A (diversité en essences), C (bois morts sur pied) et D (bois morts au sol). Des tests supplémentaires sur des forêts riches en bois morts sur pied et au sol seraient toutefois nécessaires pour confirmer ces résultats.

Les résultats pour le facteur E (nombre de très gros bois) sont contrastés. La méthode par virées conduit à sous-estimer le nombre de très gros bois par rapport à l'échantillonnage lorsque ce nombre est important. Cette conclusion pourrait cependant être liée à l'observateur et sa capacité à estimer avec précision le diamètre d'un arbre vu à longue distance. Il est nécessaire d'apporter un soin particulier à l'étalonnage de l'œil, pour chaque forêt étudiée, et de vérifier le diamètre des arbres dès qu'il y a le moindre doute en virées.

Des résultats significativement différents sont constatés pour la notation du facteur B (étagement de la végétation). La méthode de calcul de la note par échantillonnage utilisée pour le Bois de Misery, qui réalise une moyenne par placettes du recouvrement de chaque strate, donne de meilleurs résultats. Mais des différences significatives persistent. Ces résultats peuvent s'expliquer par la difficulté à estimer le recouvrement de certaines strates de façon précise, pouvant conduire à des imprécisions importantes, notamment en virées.

La méthode par virées sous-estime de façon significative le nombre d'arbres porteurs de microhabitats par rapport à l'échantillonnage. Ces résultats confirment les impressions de terrain et l'existence d'une différence de pression d'observation entre méthodes.

Les résultats des deux méthodes sont significativement différents pour le facteur G (milieux ouverts). Ces différences sont dues à une perte d'information significative de la méthode par échantillonnage, qui paraît peu adaptée pour estimer un facteur réparti de façon aussi inégale sur un peuplement.

Tableau 4 : Synthèse de la comparaison des résultats des deux méthodes

Facteurs	Comparaison des deux méthodes
Diversité en essences	résultats identiques
Strates de végétation	échantillonnage > virées
Bois morts sur pied	résultats identiques
Bois morts au sol	résultats identiques
Très gros bois	échantillonnage > virées
Microhabitats	échantillonnage > virées
Milieux ouverts	virées > échantillonnage

2.3. Analyse des différences entre méthodes par facteurs de l'IBP lié au contexte

2.3.1. Présentation des contextes

- **Bois Landry**

Du fait de la relative homogénéité rencontrée sur ce domaine, tant au niveau des peuplements forestiers que des habitats, les apports des facteurs liés au contexte à la biodiversité potentielle globale sont également assez homogènes sur le massif (*annexe 20*).

La majeure partie du massif fait nettement partie d'une forêt ancienne, à l'exception des parcelles 60, 61, 62 et 63, situées au nord ouest, qui sont devenues boisées suite à la déprise agricole au cours du 20ème siècle.

Des habitats aquatiques sont présents en de nombreux endroits, dans environ un quart des peuplements. Il s'agit la plupart du temps de fossés humides entretenus ou non et de petites mares. On trouve également dans la parcelle 45 d'anciennes douves qui forment encore aujourd'hui de larges fossés remplis d'eau, présentant parfois des espèces spécifiques des milieux humides. La présence de ces milieux humides constitue *potentiellement* un apport indéniable en termes de biodiversité pour les peuplements concernés. Toutefois, la plupart de ces milieux sont actuellement peu exposés à la lumière et remplis de rémanents ligneux. Des travaux d'entretiens, notamment de curages et d'éclairement apparaissent nécessaires pour que l'apport potentiel de ces milieux à la biodiversité devienne réel. Les milieux rocheux sont quant à eux totalement absents sur le domaine.

- **Bois de Misery**

Le Bois de Misery présente un certain nombre de milieux particuliers, parfois remarquables, qui constituent des apports non négligeables à la biodiversité potentielle. Les milieux rocheux et aquatiques observés lors des relevés sont ainsi pris en compte au sein de la note de l'IBP lié au contexte *(annexe 21).*

Des milieux rocheux sont abondants dans bon nombre de peuplements situés dans la moitié nord de la forêt, sauf dans les zones de bas de pente et de plaine, tout au nord de la propriété. Il s'agit essentiellement de chaos gréseux de grande dimension et de dalles gréseuses sur les plateaux, auxquels s'ajoutent quelquefois des restes d'anciens murets de pierre, signes d'une activité pastorale passée.

Les milieux aquatiques sont relativement rares sur la propriété, à l'exception de la zone située au nord-est, bordée par l'Essonne et traversée de bras morts. On y trouve également des zones de tourbières et deux petits plans d'eau, correspondant à d'anciens sites d'extraction de tourbe. Les autres milieux aquatiques présents sur la propriété sont des platières, de tailles variables, rencontrées sur les plateaux gréseux ouest et est de la forêt. Une grande partie de ces platières étaient asséchées au moment de l'observation, du fait d'une forte sécheresse printanière. Leur nombre a donc pu être sous-estimé.

Par ailleurs, l'étude de la carte de Cassini montre que cette zone était déjà totalement boisée il y a plus de 200 ans. Les peuplements rencontrés appartiennent donc tous à une forêt ancienne, si on s'en tient à la définition. Cependant, une partie de la forêt a brûlé à l'été 1976. Les peuplements correspondants, repousses naturelles d'un taillis de bouleau ou plantations résineuses, sont donc relativement récents.

Il a été décidé de conserver une note de 5 pour le facteur ancienneté de l'état boisé de l'IBP lié au contexte, dans le cas de ces peuplements incendiés, dont le sol a conservé sa vocation forestière. Ce choix est provisoire et pourrait être modifié en fonction d'études actuellement en cours sur le sujet.

2.3.2. Comparaison des résultats des méthodes pour les milieux aquatiques et rocheux (facteurs I et J)

Remarque : les informations relatives au facteur H (ancienneté de l'état boisé) ne sont pas relevées sur le terrain mais en dehors, et sont identiques quelle que soit la méthode. Les comparaisons de résultats portent donc uniquement sur les autres facteurs liés au contexte.

- Facteur I (habitats aquatiques)

Pour la notation de ce facteur, seule la présence d'un ou plusieurs types d'habitats aquatiques importe. Le nombre ou le recouvrement de ces habitats d'un même type ne sont pas pris en compte. Par conséquent et sauf en cas d'oubli lors des relevés par virées, ceux-ci sont exhaustifs pour le facteur « habitats aquatiques » et la note de ce dernier suivant la méthode par virées est nécessairement supérieure ou égale à la note obtenue par échantillonnage. L'utilisation comme précédemment du test des signes n'a donc ici pas d'intérêt et nous nous intéressons uniquement aux peuplements pour lesquels des habitats aquatiques ont été relevés en virées.

Pour le Bois Landry, vingt-cinq peuplements présentent au moins un type d'habitat aquatique, et ont donc une note de 2 ou 5. Parmi ces vingt-cinq peuplements, seize ont la même note avec la méthode par échantillonnage, huit ont une note de 0 en échantillonnage contre une note de 2 en virées et un peuplement a une note de 2 en échantillonnage contre une note de 5 par virées. Ainsi, pour 9 peuplements sur 25, soit plus du tiers, l'utilisation de la méthode par échantillonnage induit une perte d'information par rapport à la méthode par virées.

Pour le Bois de Misery, quinze peuplements présentent des habitats aquatiques. Parmi eux, seuls six peuplements ont une note identique avec la méthode par échantillonnage. Pour les neuf autres peuplements, la méthode par échantillonnage ne permet pas d'observer le ou les types d'habitats aquatiques présents sur le peuplement.

Ces résultats témoignent de la difficulté à obtenir des informations complètes avec des relevés par échantillonnage, dès lors qu'ils portent sur des éléments répartis de façon souvent totalement aléatoire et hétérogène dans le peuplement, comme c'est le cas des habitats aquatiques. Pour les deux forêts étudiées, la perte d'information concernant la présence de ces habitats est très fréquente, impliquant une sous estimation de la note IBP liée au contexte pour de nombreux peuplements.

- Facteur J (milieux rocheux)

Rappel : un milieu rocheux est comptabilisé en virées s'il recouvre au moins 1 % de la surface du peuplement. Il est comptabilisé en échantillonnage s'il recouvre au moins 1 % de la surface sur au moins une placette du peuplement. La note est de 2 lorsqu'un seul type de milieu rocheux est comptabilisé et de 5 lorsqu'il y en a plusieurs (annexe 1)

Pour comparer les résultats de notation de ce facteur, nous n'avons étudié que les peuplements qui présentent au moins un milieu rocheux. Effectuer des comparaisons sur des peuplements n'en présentant pas n'a en effet pas d'intérêt. Cette comparaison ne porte donc pas sur les peuplements du Bois Landry. Sur le Bois de Misery, 33 peuplements présentent au moins un milieu rocheux.

Tableau 5 : proportion des valeurs de la différence « noteJ(échantillonnage) – noteJ(virées)

différence de notes	-5	-3	-2	0	2	3	5	total
effectif	0	0	4	21	7	1	0	33

Parmi ces 33 peuplements, 21 seulement ont la même note pour le facteur « milieux rocheux ». Pour 4 peuplements, la note par virée est supérieure. Ce cas se rencontre pour des peuplements où un milieu rocheux recouvre plus de 1 % de la surface mais est présent sur une partie du peuplement seulement. Si aucune placette ne tombe sur cette zone, le milieu rocheux n'est pas comptabilisé et la note suivant la méthode par échantillonnage est de 0. Ceci induit une perte d'information lors de l'utilisation de cette méthode, comme on l'a vu pour les habitats aquatiques.

A l'inverse, pour 8 peuplements, la note par échantillonnage est supérieure. De tels cas arrivent lorsqu'un milieu rocheux recouvre plus de 1 % de la surface d'une ou plusieurs placettes, alors que son recouvrement global sur l'ensemble du peuplement est jugé inférieur à 1 % en virées. Si on considère que cette estimation par virées est juste, on peut notamment remettre en cause la validité du calcul de la note par échantillonnage, selon laquelle une note de 2 est attribuée dès qu'une placette présente un milieu rocheux recouvrant plus de 1 %.

Comme pour le facteur « habitats aquatiques », la méthode par échantillonnage donne pour le facteur « milieux rocheux » des résultats souvent différents de la méthode par virées. L'échantillonnage paraît peu adapté pour estimer un tel facteur et peut conduire à des imprécisions. Toutefois, l'estimation d'un recouvrement supérieur à 1 % de la surface n'étant pas toujours évidente, la note attribuée par virées pourrait également être remise en cause.

2.4. Conclusion et discussion sur le choix de la méthode

A l'issue de la phase de terrain ainsi que de l'analyse des données recueillies, les avantages et les inconvénients des deux méthodes ressortent plus clairement. Nous proposons ici d'en faire le bilan.

2.4.1. Bilan comparatif des deux méthodes

- Facilité de mise en œuvre des deux méthodes :

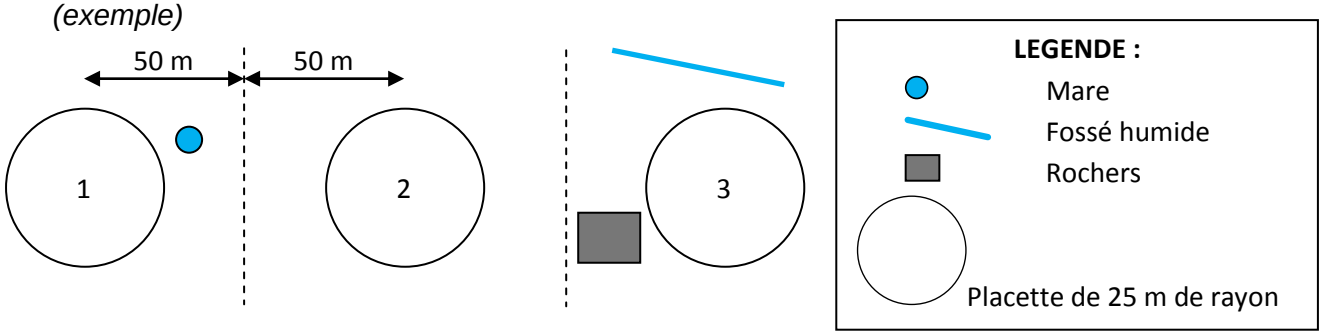
D'un point de vue pratique, la méthode par échantillonnage est globalement plus facile à mettre en œuvre. La réalisation de relevés par virées nécessite un œil exercé, capable de repérer un grand nombre d'informations en même temps et nécessite de prendre garde à l'équidistance des virées afin d'éviter les « trous d'observation ». Elle semble donc moins accessible. En outre, comme on l'a évoqué dans la partie 1.3.1. pour le Bois de Misery, elle est moins adaptée aux peuplements dont la pénétrabilité est limitée, en raison par exemple de la présence d'un taillis ou d'une strate arbustive abondante. L'utilisation de cette méthode dans de tels peuplements conduit à une perte importante de rendement et peut également être à l'origine d'une perte de qualité de l'information.

- <u>Informations relevées sur le terrain :</u>

Les analyses des résultats ont montré que la méthode par échantillonnage permettait un gain d'information et de précision non négligeable pour plusieurs facteurs liés à la gestion (B, E, F). Toutefois, elle semble mal adaptée pour relever des informations sur les milieux associés : milieux ouverts (G), aquatiques (I) et rocheux (J).

Il est possible d'améliorer la méthode par échantillonnage en mettant à profit le temps de parcours de l'observateur entre chaque placette. Les milieux ouverts, aquatiques et rocheux observés lors du cheminement pourraient être relevés de la façon suivante :

Figure 17 : Proposition d'amélioration du relevé des facteurs G, I et J par échantillonnage (exemple)



Lors du cheminement entre les placettes 1 et 2, on observe une mare, située en dehors de leur rayon. Cette mare est alors relevée en étant incluse dans les données de la placette la plus proche, ici la placette 1. De même, le fossé humide et les rochers observés lors du cheminement entre les placettes 2 et 3 sont inclus dans les données de la placette 3.

Par ailleurs, mesurer la longueur des lisières présentes sur des placettes est inapproprié. Il est préférable de mesurer pour chaque peuplement la longueur des lisières intéressantes sur photos aériennes après les avoir repérées sur le terrain.

Cette modification de la méthode par échantillonnage doit être testée, mais elle devrait permettre de limiter sensiblement la perte d'information concernant ces milieux associés.

Les résultats de la méthode par virées peuvent également être améliorés. Cela passe nécessairement par une augmentation du temps de relevé. Il est notamment conseillé de bien adapter la distance d'observation à la visibilité du peuplement, de se détourner des virées pour observer les éléments remarquables autant que nécessaire, et de se retourner régulièrement (par exemple tout les 20 m) lors du cheminement pour observer les arbres sous tous les angles.

- <u>Coût de chaque méthode :</u>

Le temps nécessaire pour mettre en place l'IBP sur une forêt est sensiblement plus important avec la méthode par échantillonnage : environ 50 % de temps en plus que la méthode par virées (158 h contre 102 h dans l'exemple du Bois Landry). Cette différence de temps, calculée au cours de mes relevés de terrain, est toutefois valable uniquement dans le cadre d'une méthode de parcours par virées *en plein* et d'un *échantillonnage systématique à raison d'un point par ha*. Selon les caractéristiques des peuplements étudiés, il est en effet possible d'adapter le taux d'échantillonnage de la méthode par placettes, ainsi que le taux de surface parcourue par les virées.

Par ailleurs, pour des peuplements à forte dominance de chêne, le surcoût de la méthode par échantillonnage lié à l'augmentation du temps de relevé peut être compensé par la possibilité de coupler la réalisation des relevés IBP avec un inventaire typologique sur les mêmes placettes. La réalisation d'un inventaire typologique seul, en plus des relevés IBP par virées, nécessiterait dans le cas du Bois Landry environ 177 h (102 h de virées et 75 h de typologie) contre 176 h pour un IBP par échantillonnage couplé à la typologie. Le coût devient alors équivalent. L'investissement est dans tous les cas important, dépassant 15 euros par ha avec la méthode par échantillonnage et 10 avec les virées (coût calculé pour un prix de 400 euros pour une journée de technicien). Ceci conduit à un surcoût de 30 % par rapport au coût moyen d'un PSG. Selon l'utilisation que l'on souhaite faire des données IBP, le choix d'une méthode moins coûteuse ou la réduction de la pression d'échantillonnage (réalisation d'une virée sur deux, ou d'une placette tous les deux ha) peut se justifier.

Tableau 6 : Bilan de la comparaison des méthodes en termes de temps (temps mesuré sur le Bois Landry)

Méthode	Temps total (heures)		Rendement	Coût
virées	102		40 ha/homme/jour	10 €/ha
Méthode	Temps par placette (min)	Temps total (h)		
échantillonnage sans typologie	15	158	26 ha/homme/jour	15,40 €/ha
échantillonnage avec typologie	20	176	23 ha/homme/jour	17,40 €/ha
Typologie seule	8	75	54 ha/homme/jour	7 € /ha

2.4.2. Choix de la méthode de relevé

Le bilan précédent permet de tirer certaines conclusions quant au choix de la méthode de relevé à utiliser. Deux cas de figure doivent être distingués :

Premier cas : on cherche à mettre en place l'indice de biodiversité potentielle à l'échelle d'un ou de quelques **peuplements** uniquement, ou bien à l'échelle d'un **massif de petite taille**. La méthode par échantillonnage, comme toute méthode impliquant une estimation à partir d'un échantillon, comporte une certaine part d'erreur qui tend à diminuer lorsque la taille de l'échantillon augmente. Généralement, on estime que la précision est suffisante à partir d'une douzaine de relevés. La réalisation d'une estimation sur une faible surface, avec un nombre de points plus réduits, peut s'accompagner d'une erreur non négligeable. Il est donc déconseillé d'utiliser la méthode par échantillonnage dans un tel cas.

Second cas : l'IBP est relevé sur un **massif présentant une assez grande surface**. Dans ce cas, la précision de l'estimation par échantillonnage est *a priori* bonne. Des études ultérieures devront permettre de déterminer le seuil de surface à partir duquel on juge cette précision suffisante. Nous supposons ici que les zones étudiées sont suffisamment grandes (504 ha pour le Bois Landry et 287 ha pour le Bois de Misery). L'utilisation de la méthode par échantillonnage incluant un relevé des milieux ouverts, aquatiques et rocheux observés lors du cheminement entre placettes offrirait alors de meilleures garanties que les virées. Ces différentes conclusions ne sont pas définitives. Elles devront être confirmées par les tests réalisés sur d'autres forêts.Dans la dernière partie, qui concerne l'extension de l'IBP à l'échelle du massif forestier, différentes pistes sont testées. A chaque fois, des propositions sont réalisées aussi bien pour le cas où la méthode utilisée est l'échantillonnage que les virées.

3. Etudes et propositions pour l'extension de l'IBP à l'échelle d'un massif forestier

3.1. Intérêts de l'utilisation d'un IBP Massif

Comme nous l'évoquions dans l'introduction, l'IBP a initialement été créé afin d'estimer la biodiversité potentielle d'un peuplement homogène. L'extension de son domaine d'utilisation à l'échelle du massif forestier est aujourd'hui à l'étude. L'existence d'un « IBP Massif » pourrait en effet comporter certains avantages quant à l'utilisation concrète des données IBP au sein de la gestion forestière.

Dans le cadre de la rédaction ou de l'application du plan simple de gestion d'une forêt, il est primordial de raisonner à l'échelle de la propriété et non à l'échelle de chaque peuplement pris individuellement. De la même manière, il est peu judicieux d'utiliser des données IBP pour donner des préconisations de gestion propres à chaque peuplement, sans tenir compte des caractéristiques globales de la forêt concernant sa biodiversité potentielle. Par exemple, si une forêt est globalement riche en bois morts, conserver un maximum de bois morts dans les peuplements en contenant le moins ne constituera pas forcément une priorité sur le massif. A l'inverse, si la forêt est globalement pauvre en bois morts, il sera conseillé d'en conserver un maximum partout où ils sont présents.

Par ailleurs, déduire des préconisations de gestion sur un peuplement en tenant compte uniquement des données IBP de ce peuplement peut aboutir à un non sens. Il est par exemple absurde de souhaiter augmenter drastiquement le nombre de très gros bois d'un peuplement situé sur des stations très pauvres, telles que les chênaies-boulaies sur chaos ou dalle gréseuse du Bois de Misery. La seule solution serait éventuellement de réaliser des plantations de pin, conduisant à un résultat opposé à l'objectif initial d'augmenter la biodiversité potentielle du peuplement. L'effort de conservation des très gros bois devra se concentrer sur les peuplements où la présence de très gros bois est possible.

L'utilisation des données IBP à l'échelle du massif permettrait ainsi d'identifier les manques globaux sur la forêt ainsi que les endroits où des préconisations particulières pourront être données pour diminuer ces manques. A terme, l'objectif d'une gestion forestière intégrant la conservation de cette biodiversité est de disposer d'une biodiversité potentielle forte à l'échelle du massif, et non à l'échelle de chacun de ces peuplements.

Dans les parties qui suivent, nous cherchons à évaluer la pertinence de l'estimation de la biodiversité potentielle d'un massif forestier au travers du calcul d'un IBP Massif. Dans un premier temps, plusieurs propositions de calcul de cet indice sont présentées. Elles ne reposent pas sur une étude bibliographique ou des connaissances scientifiques poussées et elles ont pour objectif d'alimenter la réflexion actuelle. Les seuils de notation choisis servent à illustrer les méthodes de calcul et ne constituent pas des références à conserver. Certaines propositions s'appuient sur la possibilité d'associer les données IBP peuplement à des données typologiques. Les avantages de cette possibilité font également l'objet d'une étude, présentée dans la dernière partie de ce rapport.

3.2. Propositions pour le calcul d'une note Massif

Pour chacun des dix facteurs pris en compte par l'IBP peuplement, une ou plusieurs méthodes de calcul d'une note à l'échelle du massif sont proposées. Selon les facteurs, elles s'appuient sur des données peuplement ou des données placettes. La méthode par échantillonnage offre des informations plus fines permettant de réaliser davantage de calculs qu'avec les données par virées. Il est également possible de travailler à partir des notes calculées à l'échelle des peuplements ou à partir des données brutes de terrain. Ce choix est également variable selon les facteurs.

Afin de prendre en compte une plus grande variabilité de cas, nous proposons de donner pour chaque facteur une note comprise entre 0 et 5, soit six notes possibles au lieu des trois notes (0, 2 et 5) conservées à l'échelle peuplement.

Facteur A : Diversité en essences forestières autochtones :

Au niveau du peuplement, la prise en compte de la diversité en essences repose sur le nombre de genres différents présents sur le peuplement, chaque genre étant comptabilisé quelque soit son recouvrement. A l'échelle plus vaste d'un massif forestier, cette information reste intéressante mais pas suffisante. Dans l'optique d'une gestion de la forêt intégrant une vision globale, il est plus intéressant de connaître la part de la forêt qui dispose d'une bonne diversité en essences, d'une diversité moyenne et d'une faible diversité. Il est possible pour cela de conserver les seuils de notation de l'échelle peuplement, en travaillant soit à l'échelle peuplement (méthode par virées et par échantillonnage) soit à l'échelle des placettes (méthode par échantillonnage). La notion de nombre total d'essences sur le massif pourrait être incluse dans la note, sous forme de « bonus » ou de malus ».

Figure 18 : Exemple de notation du facteur A (à partir des données peuplements, les proportions calculées tenant compte des surfaces) :

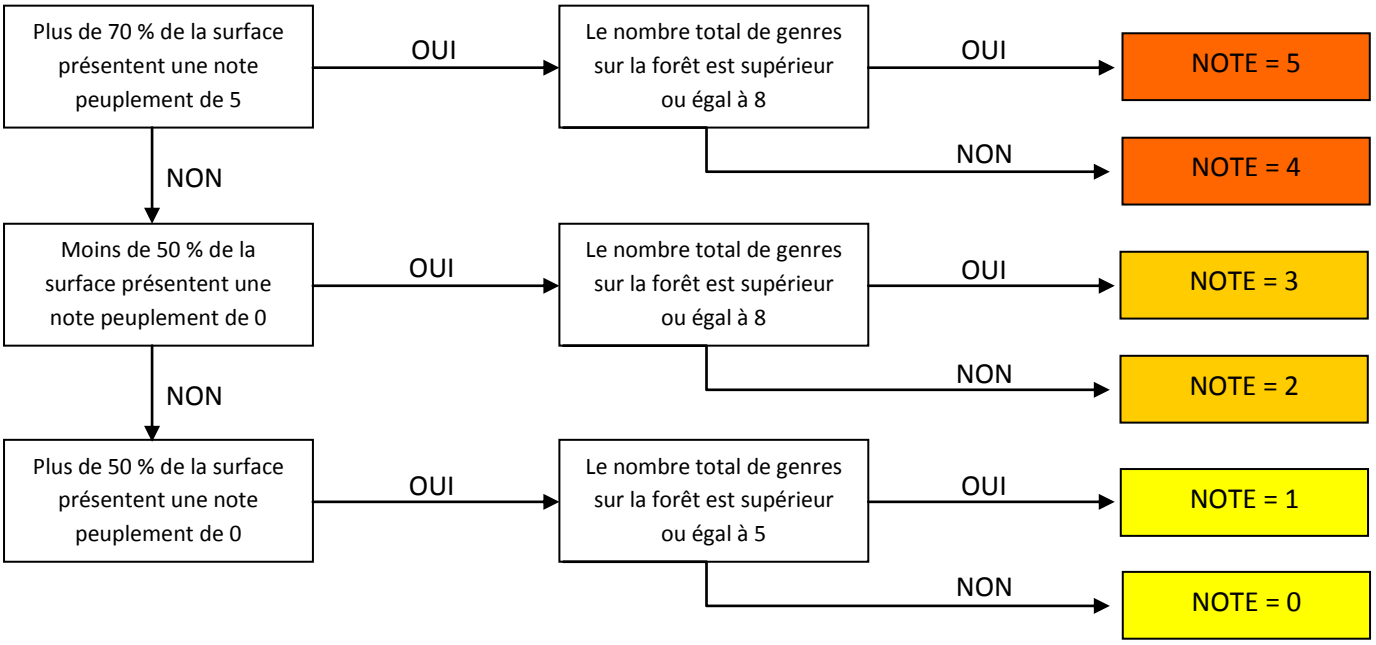


Figure 19 : Exemple de notation du facteur A (à partir des données placettes) :

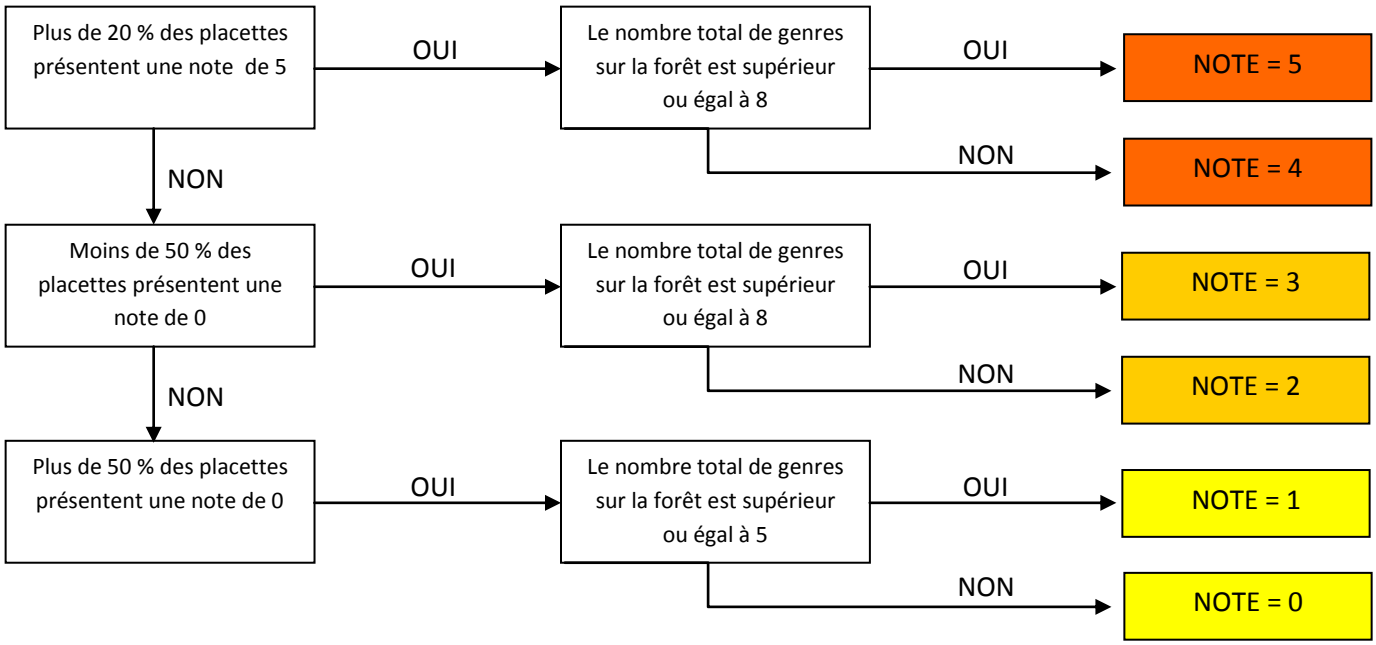


Tableau 7 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur A sur les deux forêts

Massif	Méthode	0	2	5	Nombre genres	NOTE
Bois Landry	virées (peuplements)	6%	39%	56%	> 8	3
	échantillonnage (peuplements)	3%	20%	77%	> 8	5
	échantillonnage (placettes)	20%	56%	24%	> 8	5
Bois de Misery	virées (peuplements)	6%	49%	45%	> 8	3
	échantillonnage (peuplements)	4%	32%	63%	> 8	3
	échantillonnage (placettes)	21%	60%	19%	> 8	3

La diversité en essences forestières autochtones est donc globalement bonne sur le Bois Landry et est à conserver. Elle est assez moyenne sur le Bois de Misery du fait de la présence d'une grande surface à faible potentialité forestière (chaos et dalle gréseuse), où peu d'essences peuvent s'installer.

Facteur B : structure verticale de la végétation :

Chacune des quatre strates de végétation considérées (strate herbacées et semi-ligneux, strate arbustive < 7 m, strate 7-20 m et strate > 20 m) joue un rôle important pour la biodiversité forestière. La présence d'un certain nombre d'espèces, notamment d'oiseaux, dépend en effet de la présence d'une ou de plusieurs de ces strates de façon spécifique. A l'échelle du massif forestier, il est donc important que chaque strate soit suffisamment représentée. La note IBP massif pourrait donc s'appuyer sur la fréquence de présence de chacune des quatre strates. Cette présence correspondrait à un recouvrement supérieur ou égal à 10 % comme pour l'IBP peuplement. La fréquence serait calculée soit sur les données peuplements, soit sur les données placettes.

Figure 20 : Exemple de notation du facteur B (pourcentages calculés en surface à partir des données peuplements, ou pourcentages de placettes) :

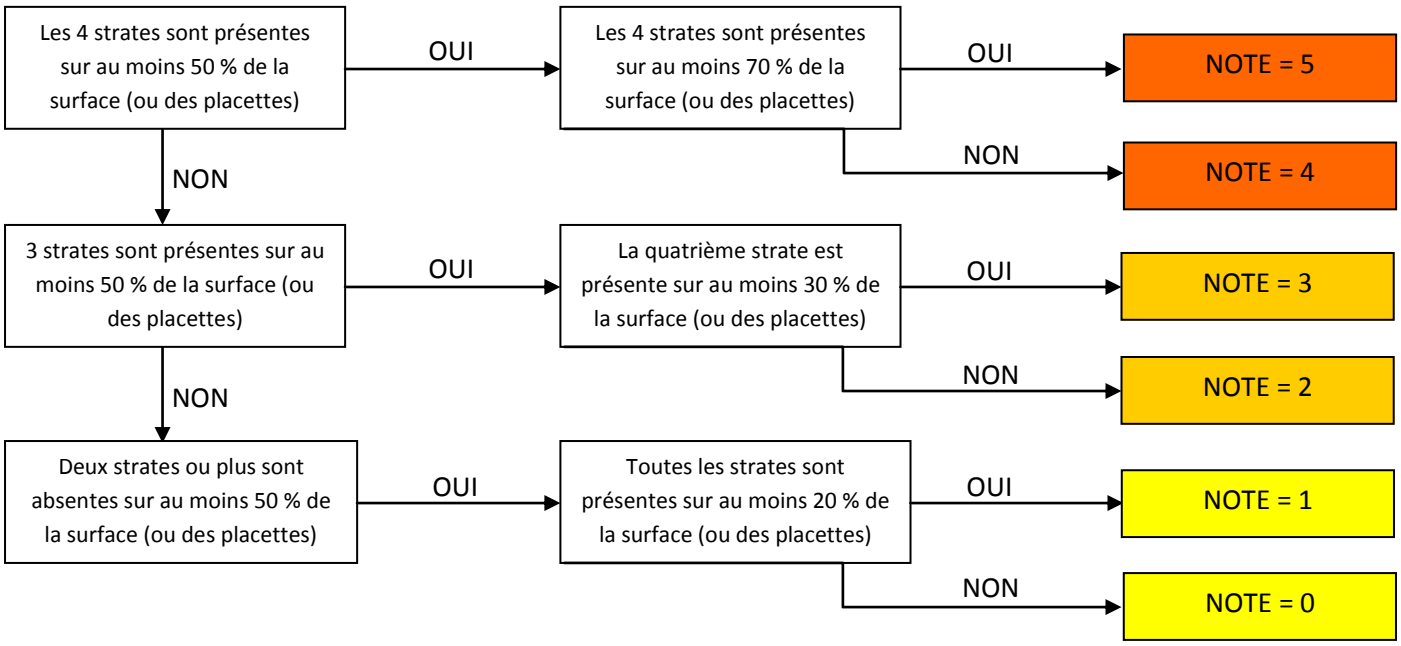


Tableau 8 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur B sur les deux forêts

Massif	Méthode	herb	< 7 m	7 à 20 m	> 20 m	NOTE
Bois Landry	virées (peuplements)	48%	62%	81%	97%	3
	échantillonnage (peuplements)	75%	80%	83%	99%	5
	échantillonnage (placettes)	48%	55%	60%	94%	3
Bois de Misery	virées (peuplements)	85%	79%	83%	53%	4
	échantillonnage (peuplements)	93%	87%	88%	68%	4
	échantillonnage (placettes)	87%	70%	72%	53%	4

Facteur C : Bois morts sur pied de grosse dimension :

Si la quantité de bois morts sur pied présente sur un massif forestier est une information intéressante, elle demeure insuffisante. Ces bois morts sont un élément important pour la biodiversité potentielle car ils constituent l'habitat d'un grand nombre d'insectes saproxyliques et de champignons. Or, ces espèces ont généralement une faible capacité de migration. Des études scientifiques ont notamment montré qu'un taux minimal de 1 bois mort sur pied par ha était nécessaire pour permettre la migration de ces espèces. C'est pourquoi la prise en compte de la répartition des bois morts sur pied apparaît primordiale pour évaluer la biodiversité potentielle d'un massif forestier.

Dans la notation que nous proposons par la suite, différentes possibilités sont évoquées. Il apparaît tout d'abord nécessaire de calculer la proportion en surface de peuplements présentant moins d'1 bois mort sur pied par ha, entre 1 et 3 par ha et plus de 3 par ha, en reprenant les notations de l'IBP à l'échelle des peuplements. Ce calcul de proportions ne peut cependant pas être appliqué à l'échelle de placettes de 0,20 ha, échelle pour laquelle la notion de densité de bois mort n'est pas utilisable.

Les données concernant les bois morts sur pied à l'échelle des placettes pourraient toutefois permettre de réaliser une analyse plus fine de la répartition des bois morts sur pied sur le massif. Elles pourraient notamment, moyennant des calculs reposant sur des probabilités de présence de bois mort sur pied, permettre de déterminer les zones d'un massif pour lesquelles la densité de bois mort dépasse une certaine valeur, sans tenir compte des limites de peuplement établies pour calculer un IBP peuplement.

Dans le but de proposer des pistes de réflexion concernant cette prise en compte de la répartition du bois mort dans un IBP massif, deux approches de calculs reposant sur deux raisonnements équivalents ont été esquissées. L'annexe 22 présente en détail le principe de ces deux approches ainsi que leur application sur le Bois Landry. Les résultats sont difficilement exploitables à l'heure actuelle, mais leur application sur les données d'autres massifs forestiers pourraient permettre de les développer.

Figure 21 : Exemple de notation du facteur C (pourcentages calculés en surface à partir des données peuplements) :

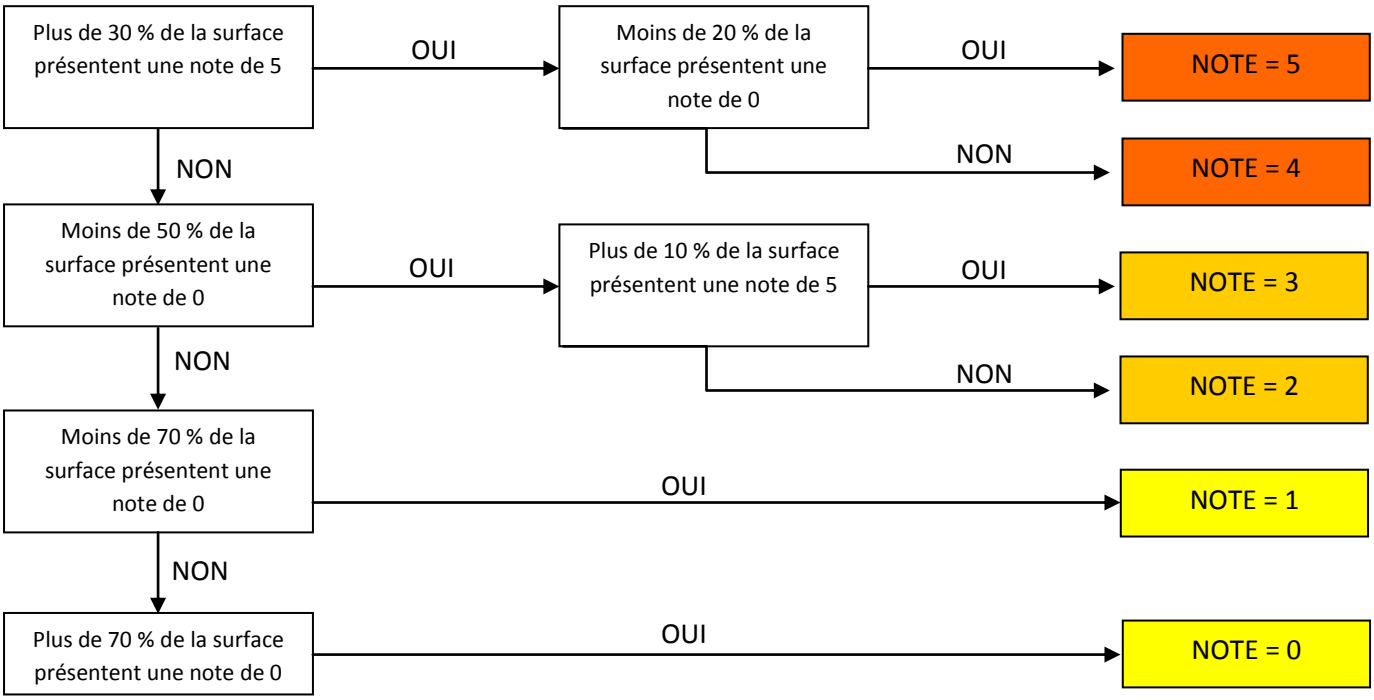


Tableau 9 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur C sur les deux forêts

Massif	Méthode	0	2	5	NOTE
Bois Landry	virées	98%	2%	0%	0
	échantillonnage	77%	20%	3%	0
Bois de Misery	virées	99%	0%	1%	0
	échantillonnage	97%	3%	0%	0

Facteur D : Bois morts au sol de grosse dimension :

Appliquer le même raisonnement que pour les bois morts sur pied paraît judicieux. Il a été décidé de conserver les mêmes seuils de notation. La prise en compte de la répartition des bois morts au sol serait également intéressante (annexe 22).

Tableau 10 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur D sur les deux forêts

Massif	Méthode	0	2	5	NOTE
Bois Landry	virées	81%	19%	0%	0
	échantillonnage	77%	20%	3%	0
Bois de Misery	virées	97%	2%	1%	0
	échantillonnage	85%	12%	3%	0

Facteur E : Arbres de diamètre supérieur à 70 cm :

Appliquer le même raisonnement que pour les bois morts sur pied et au sol paraît judicieux. Il a été décidé de conserver les mêmes seuils de notation. La prise en compte de la répartition des très gros bois serait également intéressante (annexe 22).

Tableau 11 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur E sur les deux forêts

Massif	Méthode	0	2	5	NOTE
Bois Landry	virées	41%	52%	7%	2
	échantillonnage	13%	41%	46%	5
Bois de Misery	virées	93%	5%	2%	0
	échantillonnage	84%	13%	3%	0

Facteur F : Arbres vivants porteurs de microhabitats :

Appliquer le même raisonnement que pour les bois morts sur pied et au sol paraît judicieux. Il a été décidé de conserver les mêmes seuils de notation. La plupart des espèces inféodées à ces microhabitats sont capables de se déplacer sur de plus longues distances, comme les oiseaux et certaines chauves souris. La prise en compte de la répartition de ces microhabitats dans la note d'IBP Massif n'est donc pas apparue nécessaire.

Tableau 12 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur F sur les deux forêts

Massif	Méthode	0	2	5	NOTE
Bois Landry	virées	5%	92%	3%	2
	échantillonnage	3%	73%	24%	3
Bois de Misery	virées	35%	64%	1%	2
	échantillonnage	13%	54%	33%	5

Facteur G : Milieux ouverts :

Deux éléments sont ici à distinguer : l'abondance de lisière avec des milieux ouverts et la diversité d'ouverture des peuplements rencontrés.

Lisières : on peut calculer sur photo aérienne le linéaire total de lisière sur le massif (en distinguant éventuellement les lisières « extérieures » correspondant aux bordures du massif avec des milieux ouverts, et les lisières « intérieures » correspondant aux larges allées et aux bordures avec de grandes zones ouvertes (grande trouée, étang,…) à l'intérieur du massif). Cette valeur est ramenée à la surface totale pour déterminer une « note lisière ».

Exemple de notation :

- Plus de 100 m de lisière par ha → NOTE = 5
- De 70 à 100 m de lisière par ha → NOTE = 4
- De 50 à 70 m de lisière par ha → NOTE = 3
- De 30 à 50 m de lisière par ha → NOTE = 2
- De 10 à 30 m de lisière par ha → NOTE = 1
- Moins de 10 m de lisière par ha → NOTE = 0

Diversité du degré d'ouverture des peuplements : il est possible de distinguer quatre catégories d'ouverture sur le model des seuils retenus pour l'IBP peuplement : peuplements fermés (0 % de milieux ouverts), peuplements fermés avec de très rares trouées (moins de 1 % du couvert), peuplements fermés avec quelques trouées (entre 1 et 5 % du couvert) et peuplements ouverts ou avec trouées fréquentes (plus de 5 % d'ouverture). Les proportions de chacune de ces classes sont calculées pour obtenir une « note trouées ».

Exemple de notation :

- Les 4 catégories représentent chacune au moins 20 % de la surface du massif : NOTE = 5
- Les 4 catégories représentent chacune au moins 15 % de la surface et aucune ne dépasse plus de 40 % de la surface : NOTE = 4
- Les 4 catégories représentent chacune au moins 15 % de la surface et l'une d'elles dépasse 40 % de la surface : NOTE = 3
- Trois catégories représentent chacune au moins 15 % de la surface : NOTE = 2
- Deux catégories représentent chacune au moins 15 % de la surface : NOTE = 1
- Une seule catégorie représente plus de 15 % de la surface : NOTE = 0

La note du facteur G pourrait être égale à la moyenne des deux notes précédentes, mais il est aussi envisageable de les dissocier pour en faire deux facteurs distincts. Nous avons ici choisi la première solution.

Tableau 13 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur G sur les deux forêts

Massif	Méthode	Lisières	Notes lisière	0%	0-1 %	1-5 %	> 5 %	Note ouverture	NOTE
Bois Landry	virées	48 m/ha	2	21%	34%	27%	18%	4	3
	échantillonnage			29%	30%	17%	24%	4	3
Bois de Misery	virées	28 m/ha	1	66%	17%	8%	9%	1	1
	échantillonnage			41%	9%	13%	37%	1	1

Facteur H : Ancienneté de l'état boisé :

La note Massif peut dépendre du pourcentage de surface appartenant à une forêt ancienne.

Exemple de notation :

- Plus de 90 % du massif fait partie d'une forêt ancienne → NOTE = 5
- 70 à 90 % du massif font partie d'une forêt ancienne → NOTE = 4
- 50 à 70 % du massif font partie d'une forêt ancienne → NOTE = 3
- 25 à 50 % du massif font partie d'une forêt ancienne → NOTE = 2
- 5 à 25 % du massif font partie d'une forêt ancienne → NOTE = 1
- Moins de 5 % du massif font partie d'une forêt ancienne → NOTE = 0

Tableau 14 : Résultats du calcul d'une note massif pour le facteur H sur les deux forêts

Massif	Pourcentage de surface appartenant à une forêt ancienne	NOTE
Bois Landry	88%	4
Bois de Misery	100%	5

Facteur I : Habitats aquatiques :

Il serait intéressant de prendre en compte la diversité des habitats aquatiques présents sur le massif mais aussi leur importance : surface recouverte (mares, étangs, zones marécageuses, platières) ou linéaire (rivières, fossés humides). Ces données sont parfois indiquées dans le PSG d'une forêt. Dans le cas contraire, le calcul des linéaires et des surfaces peut-être en partie réalisé sous SIG. Les éléments non visibles sur photo-aérienne devraient être comptabilisés et leurs dimensions mesurées sur le terrain. Ce travail supplémentaire peut cependant s'avérer long ou difficile en pratique.

Une autre solution consisterait à distinguer les zones riches en habitats aquatiques telles que les platières du Bois de Misery, et les zones sans habitat aquatique, puis de calculer le pourcentage de ces deux cas sur le massif. Ces différentes possibilités devront être testées prochainement pour en évaluer la faisabilité sur le terrain.

Facteur J : Milieux rocheux :

Un principe similaire peut-être appliqué pour les facteurs I et J. Il est toutefois plus facile d'estimer le recouvrement des milieux rocheux. La distinction utilisée à l'échelle peuplement (recouvrement supérieur ou non à 1 % de la surface) peut être utilisée comme seuil pour distinguer deux types de peuplement : avec ou sans milieux rocheux. La note découlerait de la proportion de ces deux cas. La distinction de cas supplémentaire en fonction du recouvrement peut aussi être envisagée, nécessitant une phase de test.

Autres facteurs pouvant être introduits dans l'IBP Massif :

Il est possible d'ajouter aux facteurs existants de nouvelles variables, facilement identifiables et donnant des informations intéressantes pour la biodiversité potentielle à l'échelle d'un massif forestier. Les recherches menées au cours d'une étude bibliographique (J.GARIN, 2011) ont montré que la prise en compte de nombreuses variables est envisagée, mais n'est pas possible à l'heure actuelle par manque de données scientifiques précises.

L'étude réalisée au cours de mon stage ne portait pas sur cet aspect de l'extension de l'IBP au massif, qui n'a donc pas été abordé de façon concrète. Quelques idées ont toutefois été émises et discutées au travers de rencontres avec différents acteurs du monde forestier. Mon maître de stage Marc LAPORTE (CRPF de Ile-de-France et du Centre) a ainsi émis des propositions de notation concernant 4 variables :

- La diversité des stations forestières sur le massif
- La diversité des types de topographie
- La présence d'espèces patrimoniales
- La diversité des types de peuplement

Ces propositions *(annexe 23)* n'ont pas été testées mais peuvent constituer une base de raisonnement pour la prise en compte de ces facteurs lors du développement de l'IBP Massif à l'avenir.

Conclusion des propositions de notation pour l'IBP Massif :

On calcule la valeur de l'IBP Massif dépendant de la gestion en faisant la somme des 7 notes obtenues par application des méthodes de notation proposées dans la partie 3.2. Les valeurs obtenues (IBP n1, en vert dans le tableau 15) témoignent d'une biodiversité potentielle moyenne pour le Bois Landry et assez faible pour le Bois de Misery. Dans les deux cas, la note obtenue à partir des données des relevés par virées est sensiblement inférieure à celle obtenue avec l'échantillonnage, plus proche de la réalité d'après les conclusions de la partie 2.

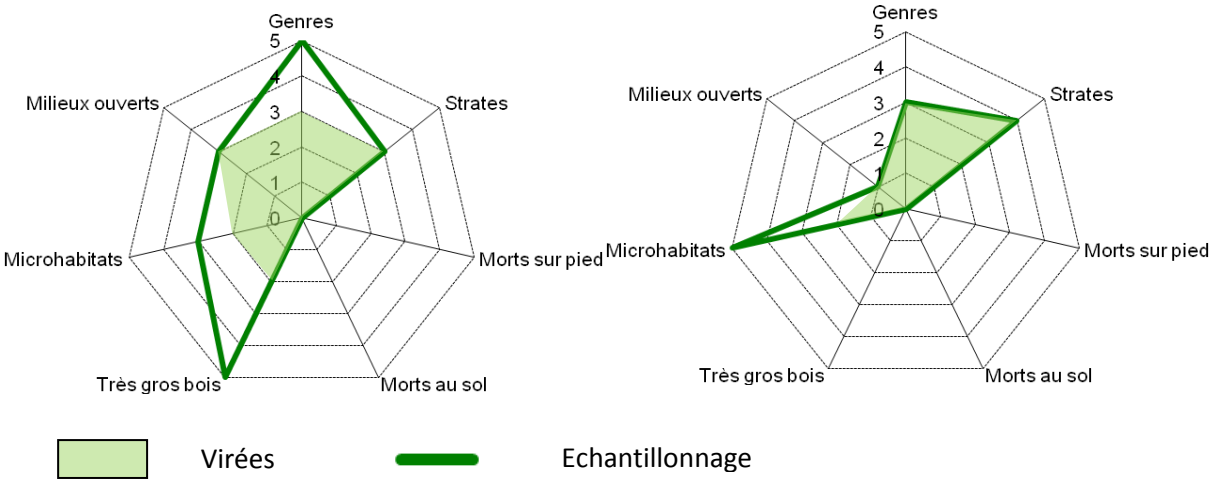
La note IBP n1 est comparée avec deux autres valeurs : une note « IBP n2 » calculée en faisant la moyenne des données placettes sur tout le massif (en bleu dans le tableau 15) et une note égale à la moyenne des IBP de chaque peuplement, pondérée par leur surface respective (en jaune). Il est intéressant de noter que les trois notes sont en général proches, même si on peut noter une valeur un peu supérieure de « IBP n2 » Les seuils retenus pour l'IBP Massif dans la partie 3.2. semblent donc relativement cohérents. Cette méthode de notation l'IBP Massif (IBP n1) peut donc être retenue pour la suite de l'étude.

Tableau 15 : Comparaison de la note IBP Massif « IBP n1 »avec un « IBP n2 » et avec la moyenne pondérée des IBP peuplements (pour l'IBP dépendant de la gestion)

	échantillonnage			virées	
	IBP Massif		moyenne IBP peuplements	IBP Massif	moyenne IBP peuplements
	IBP n1	IBP n2			
Bois Landry	54%	56%	48%	37%	37%
Bois de Misery	37%	42%	36%	29%	28%

Il faut toutefois insister sur le faible intérêt de la note IBP Massif dépendant de la gestion en elle-même. Elle ne traduit pas la diversité des situations rencontrées sur le massif et ne permet pas de tirer de préconisations de gestion. Il est pour cela nécessaire de s'intéresser aux résultats de chaque facteur, représenté sous forme de diagramme en araignée en figure 22.

Figure 22 : IBP Massif dépendant de la gestion sur les deux forêts étudiées



Bois Landry (IBPgestion par échantillonnage= 54 %) **Bois de Misery (IBPgestion par échantillonnage= 37 %)**

Ces résultats font ressortir les principaux manques en termes de biodiversité à l'échelle des massifs, permettant de définir les mesures prioritaires pour l'améliorer :

- **Bois Landry :** les quantités de bois morts au sol et sur pied sont nettement insuffisantes sur le massif. Leur maintien en forêt apparaît très nécessaire sur l'ensemble de la forêt. Un effort peut également être préconisé pour la conservation des arbres vivants porteurs de microhabitats et le maintien de lisières et de trouées dans les peuplements, ce qui contribuera également au développement d'une flore herbacée souvent réduite ou absente.

- **Bois de Misery :** le massif est très pauvre en très gros bois, bois morts au sol et sur pied. Il est donc important de conserver les individus présents en forêt. Le maintien ou la création de petites trouées dans les peuplements les plus fermés seraient aussi intéressants. Il est conseillé de favoriser le développement d'essences secondaires dans les peuplements à faible diversité, notamment les plantations résineuses.

Ces grandes préconisations peuvent ensuite être déclinées plus précisément au niveau des peuplements en tenant compte de leurs spécificités. Il est alors possible de se référer aux données IBP peuplement et de travailler sous parcelle par sous parcelle. La définition de préconisations par types de peuplement paraît cependant intéressante pour synthétiser ces préconisations. L'étude de cette possibilité est l'objet de la dernière partie.

3.3. Préconisations de gestion intégrant les données IBP du massif

Il est délicat de donner de multiples préconisations de gestion en travaillant à l'échelle des sous parcelles définies pour les relevés IBP, dont la surface est souvent réduite. C'est pourquoi un regroupement de ces peuplements par grands types est préférable. Pour qu'un tel regroupement soit judicieux et intéressant en termes de préconisations de gestion, il est nécessaire de connaître les caractéristiques moyennes de chaque type de peuplement concernant sa biodiversité potentielle.

Après avoir défini quelques grands types de peuplement sur chacune des deux forêts de notre étude à l'aide des inventaires typologiques réalisés, les caractéristiques IBP moyennes de ces grands types sont évaluées grâce aux données des placettes correspondantes. Cette démarche nécessite donc la réalisation de relevés IBP suivant la méthode par échantillonnage, associés à un inventaire typologique. Une démarche similaire utilisant des données IBP et typologiques définies à une échelle plus large telle que le peuplement est envisageable, mais le regroupement des peuplements ainsi que l'estimation de leurs caractéristiques IBP moyennes ne pourront être que très approximatifs à cause d'un nombre de données insuffisants.

3.3.1. Définition des grands types de peuplements sur les deux forêts d'étude

La définition des types de peuplement à l'échelle d'une forêt doit répondre à certaines contraintes. Cette typologie doit être la plus complète possible et pour cela intégrer notamment les caractéristiques stationnelles, dendrométriques et de composition en essences des peuplements. Mais elle doit également se plier à des contraintes statistiques. La distribution des données IBP des placettes ne suivant généralement pas une loi connue, il est nécessaire de compter suffisamment de placettes au sein de chaque type de peuplement pour pouvoir estimer assez précisément leurs caractéristiques moyennes. Ainsi, nous nous sommes attachés à définir des **grands types** de peuplement comptant au minimum une trentaine de placettes, sauf dans le cas de peuplements très particuliers présentant une surface plus restreinte. Cette contrainte nous a poussés à faire certains choix pour établir la typologie de peuplement de chaque forêt.

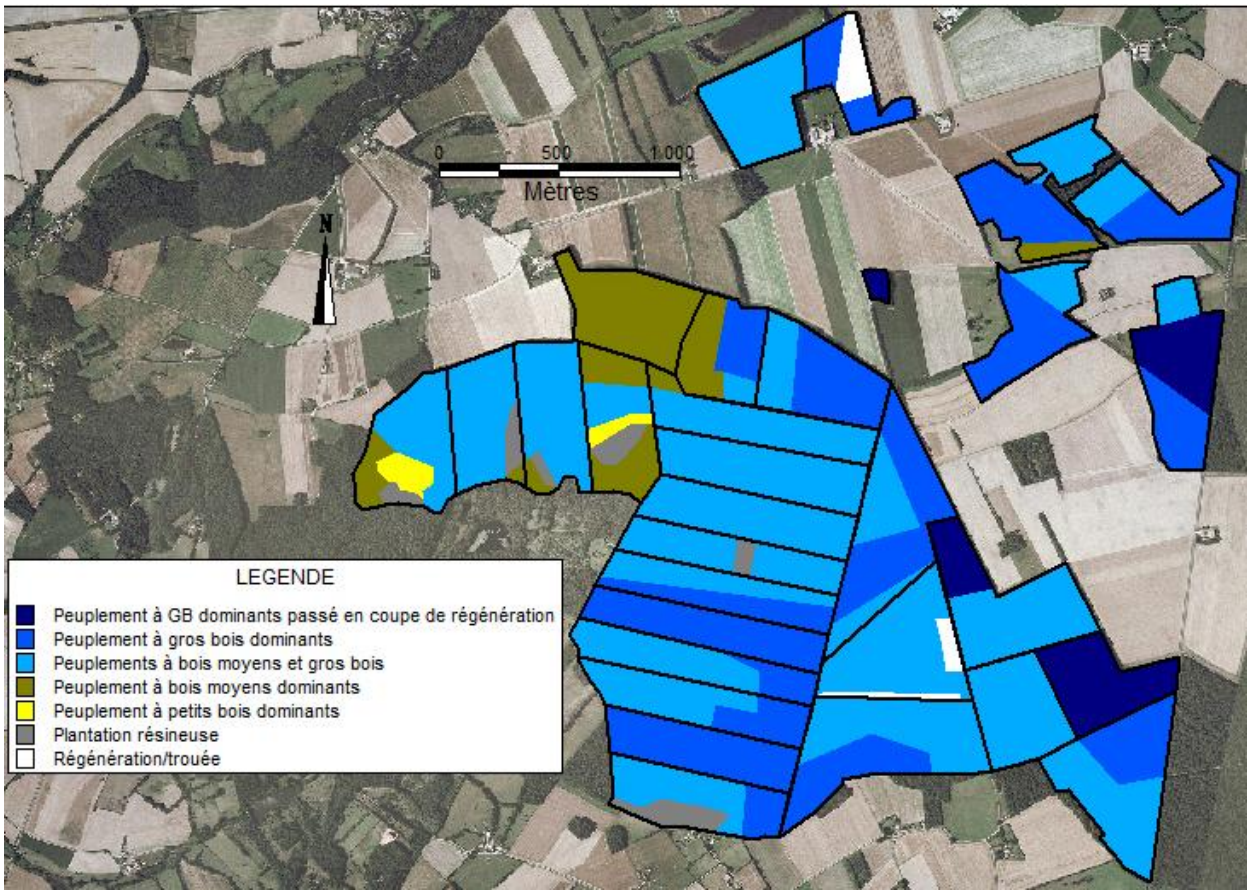
- **Bois Landry :**

La typologie synthétique de peuplement du Bois Landry s'appuie presque uniquement sur des critères dendrométriques et plus précisément sur leur structure *(annexe 24).* Les peuplements rencontrés sur ce massif sont pour la grande majorité des anciens peuplements de taillis sous futaie en conversion, à forte dominance de chêne. Seules les quelques plantations résineuses et zones de régénération constituent des types à part entière. Par ailleurs, seuls trois types de stations sont présents sur le massif : la chênaie sessiliflore acide, la hêtraie-chênaie et par endroit la chênaie pédonculée à mollinie. Les caractéristiques stationnelles des placettes, relativement proches, sont en outre nettement corrélées à leurs caractéristiques dendrométriques. Les peuplements les plus pauvres en gros bois sont principalement situés sur les stations les plus pauvres, comme c'est le cas

des peuplements du nord ouest de la forêt *(carte 9 et annexe 25).* La distinction des stations dans la clé typologique n'est donc pas apparue nécessaire.

Une distinction des peuplements selon leur surface terrière a été envisagée dans un premier temps. Le seuil de 15 m²/ha, intéressant dans le cas de peuplements de chêne en conversion, ne pouvait toutefois pas être retenu en raison du trop faible nombre de placettes présentant une surface terrière inférieure à ce seuil (moins de 20 % des placettes). La distinction des peuplements de surface terrière inférieure ou supérieure à 20 m²/ha, possible, ne présentait qu'un intérêt limité. C'est pourquoi la notion de surface terrière n'a pas été retenue sauf dans le cas des peuplements à gros bois dominants, pour lesquels une distinction était possible entre peuplements à forte surface terrière et peuplements passés en première coupe de régénération, dont la surface terrière est inférieure à 15 m²/ha.

Carte 9 : Typologie synthétique des peuplements sur le Bois Landry



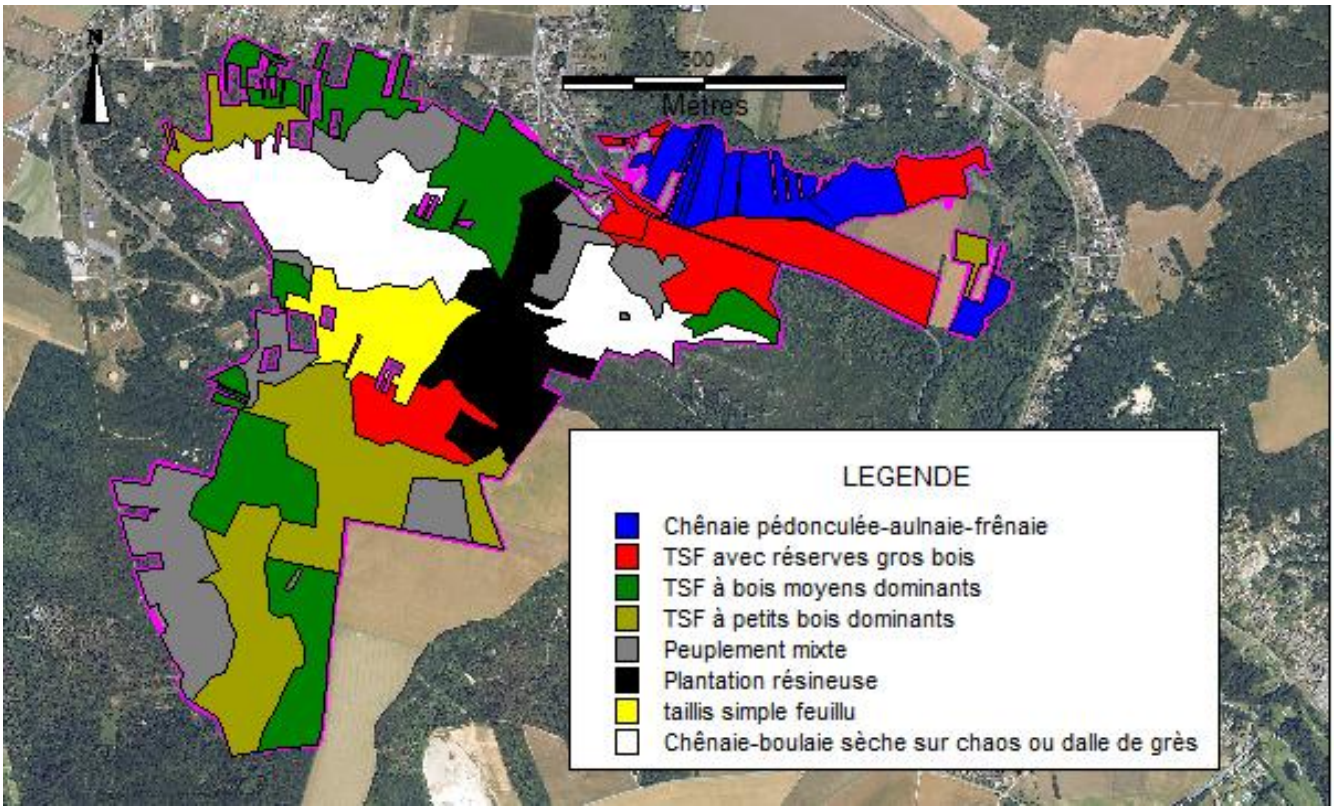
- **Bois de Misery :**

Contrairement au Bois Landry, la forêt du Bois de Misery présente une grande variabilité de stations forestières. Le regroupement des peuplements situés sur les stations de type « chênaie-boulaie sur chaos ou dalle de grès », présentant de très faibles potentialités forestières, est ainsi apparu nécessaire. De même, les peuplements situés sur des stations de type « chênaie pédonculée-aulnaie-frênaie » on été regroupés au sein d'un même type.

Les deux autres grands types de stations rencontrés sur le massif sont des « chênaies sessiliflores acides » et des « chênaie mixte-charmaie sur matériau peu acide ». Après plusieurs tests, il a été décidé de ne pas distinguer directement ces deux types stationnels.

Outre le manque de fiabilité de cette distinction pour certaines zones présentant des caractéristiques limites, elle est globalement bien corrélée avec la structure des peuplements. Les peuplements les plus riches en gros bois sont généralement situés sur les stations de type « chênaie mixte-charmaie sur matériau peu acide » présentes au nord de la forêt. La définition des grands types de peuplements présents sur ces stations s'est donc principalement appuyée sur leur composition en essences *(annexe 26).* Les peuplements de TSF avec réserves feuillus, les plus fréquents, ont en plus été subdivisés en fonction de leur structure : peuplements « pauvres » à PB dominants et GB quasi absents (types 1 et 2), peuplements à BM dominants et GB quasi absents (types 3 et 4) et peuplements plus riches en GB (types 5 à 9). Au final, huit types de peuplement sont distingués *(carte 10 et annexe 27).*

Carte 10 : Carte synthétique des types de peuplement sur le Bois de Misery



3.3.2. Caractéristiques de l'IBP au sein des types de peuplement

Au sein de chacun des types de peuplements définis sur les deux forêts, les caractéristiques IBP ont été évaluées à l'aide de différentes méthodes. Pour les facteurs C, D, E et F (bois morts sur pied, bois morts au sol, très gros bois et arbres porteurs de microhabitats), il est possible de calculer une moyenne du nombre d'éléments observés sur chaque placette, ainsi qu'un intervalle de confiance de cette moyenne. Celui-ci permet d'évaluer la précision de l'estimation de la moyenne en fonction de la variabilité des données et de la taille de l'échantillon, c'est-à-dire du nombre de placettes dans chacun des types de peuplement. Le calcul de cet intervalle s'appuie sur l'hypothèse de normalité, utilisable pour une distribution quelconque lorsque la taille de l'échantillon dépasse 30.

La formule utilisée est la suivante : $\mu = x \pm u_{1-\alpha/2}\sqrt{(v/N)}$

μ étant la moyenne réelle, x l'estimation de μ calculée à partir de l'échantillon et v l'écart type N correspond à la taille de l'échantillon et $u_{1-\alpha/2}$ est le quantile de la loi normale pour un risque d'erreur α. Dans notre cas où α est égal à 5 %, $u_{1-\alpha/2} = u_{1-\alpha/2} = 1{,}96$

Les intervalles de confiance de la moyenne calculés pour chaque type de peuplements *(tableau 16)* sont donc relativement fiables dans la plupart des cas. Leur précision est à relativisée davantage pour les quelques types de peuplements présentant moins de 30 placettes. A partir de la moyenne calculée, il est possible de donner une note IBP suivant les grilles de notation de l'IBP peuplement (tableau 17).

Note : les cas les plus variables où l'intervalle de confiance chevauche les valeurs seuils des facteurs (c'est-à-dire où la moyenne peut correspondre à plusieurs notes parmi 0, 2 et 5) sont représentés en bleu. Par exemple, pour les peuplements de type aulnaie-frênaie du Bois de Misery, le taux moyen de bois morts au sol est de 1,8/ha (note égale à 2). Mais l'intervalle de confiance s'étale de 0 à 4,3 bois morts au sol/ha (1,8 + 2,5), la note de ce facteur peut donc aussi être égale à 0 ou 5. Il est intéressant de noter que ces cas sont rencontrés plus fréquemment pour les types de peuplements pour lesquels on dispose de peu de données (voir le nombre de placettes). Un nombre suffisamment élevé de données permet souvent d'améliorer la précision de l'intervalle et d'éviter ce « chevauchement ».

Tableau 16 : moyennes et intervalles de confiance des données brutes des facteurs C, D, E et F par type de peuplement

Bois Landry		nombre de placettes	Facteurs (unité : nombre de pieds par ha)			
			bm sur pied	bm au sol	TGB	microhabitats
Types de peuplement	PB dominants	24	0 ± 0	0,4 ± 0,8	1,1 ± 1,6	1,7 ± 1,1
	BM dominants	70	0,4 ± 0,4	0,3 ± 0,3	1,4 ± 0,8	5,7 ± 1,5
	BM et GB	175	0,6 ± 0,3	0,6 ± 0,2	3,8 ± 0,7	7,1 ± 1
	GB dominants (G<15)	64	0,4 ± 0,3	0,4 ± 0,3	5 ± 1,4	7 ± 1,6
	GB dominants (G>15)	161	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,3	6,5 ± 0,8	9 ± 1
	résineux	10	0 ± 0	0,5 ± 1	0 ± 0	4,3 ± 2,7

Bois de Misery		nombre de placettes	Facteurs (unité : nombre de pieds par ha)			
			bm sur pied	bm au sol	TGB	microhabitats
Types de peuplement	aulnaie-frênaie	17	0,3 ± 0,6	1,8 ± 2,5	1,3 ± 1,3	6,8 ± 3,8
	TSF à BM dominants	58	0,2 ± 0,2	0,3 ± 0,3	0,2 ± 0,2	7,7 ± 1,9
	boulaie sèche	39	0 ± 0	0,1 ± 0,3	0 ± 0	2,3 ± 1,5
	TSF avec réserves GB	35	0,4 ± 0,6	0,2 ± 0,3	1,7 ± 1,2	10 ± 3,1
	TSF à PB dominants	45	0 ± 0	0,6 ± 0,5	0,1 ± 0,2	7 ± 2,6
	peuplement mixte	20	0,3 ± 0,5	1 ± 0,9	1 ± 1,1	8,5 ± 3,6
	plantation résineuse	38	0 ± 0	0,3 ± 0,4	0,5 ± 0,6	2,5 ± 1,3
	taillis simple	32	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2,2 ± 1,1

Pour les facteurs B et G (nombre de strates et milieux ouverts), calculer un intervalle de confiance est peu intéressant. Les données correspondantes sont des estimations relativement approximatives du couvert des strates ou du pourcentage d'ouverture dans le couvert. Elles ne sont donc pas adaptées au calcul d'un intervalle de confiance, qui nécessite des données de base plus précises pour donner un résultat suffisamment fiable. Le calcul d'une moyenne sur le nombre de genres (facteur A) par placette présente également peu d'intérêt à cette échelle. Pour ces trois facteurs, la note IBP présentée dans le tableau 17 ne résulte donc pas d'une moyenne mais d'une approximation basée des calculs de proportions.

3.3.3. Exemples de préconisations intégrant l'IBP Massif

Tableau 17 : Tableau synthétique des facteurs de l'IBP lié à la gestion sur les deux forêts

Bois Landry		Surface (ha)	Facteurs							IBPgestion
			genres	strates	bm sur pied	bm au sol	TGB	micro-habitats	milieux ouverts	
Types de peuplement	PB dominants	8	5	2	0	0	2	2	5	46%
	BM dominants	43	5	5	0	0	2	2	5	54%
	BM et GB	278	5	5	0	0	2	5	2 (> 5%)	54%
	GB dominants (G<15)	33	5	2	0	0	5	5	2 (> 5%)	54%
	GB dominants (G>15)	130	5	5	0	0	5	5	2 (> 5%)	63%
	résineux	12	0	2	0	0	0	2	5	26%
	Massif	504	5	3	0	0	5	3	3	54%

Bois de Misery		Surface (ha)	Facteurs							IBPgestion
			genres	strates	bm sur pied	bm au sol	TGB	micro-habitats	milieux ouverts	
Types de peuplement	aulnaie-frênaie	15	5	5	0	2	2	5	5 (1 à 5 %)	69%
	TSF à BM dominants	50	5	5	0	0	0	5	2 (> 5 %)	49%
	boulaie sèche	46	2	0	0	0	0	2	2 (> 5 %)	17%
	TSF avec réserves GB	40	5	5	0	0	2	5	0 (0 %)	49%
	TSF à PB dominants	52	3	5	0	0	0	5	5 (1 à 5 %)	57%
	peuplement mixte	42	2	5	0	2	2	5	2 (> 5 %)	51%
	plantation résineuse	25	2	5	0	0	0	2	2 (> 5 %)	31%
	taillis simple	17	2	2	0	0	0	2	2 (> 5 %)	23%
	Massif	287	3	4	0	0	0	5	1	37%

Les notes des différents facteurs pour chaque type de peuplement sont obtenues à partir des moyennes présentées dans la partie précédente pour les facteurs C, D, E et F. Elles sont obtenues à partir de calcul de proportions pour les autres facteurs.

A partir des données de ces tableaux, il est possible de définir des préconisations de gestion par types de peuplement, qui tiennent compte des caractéristiques IBP du massif.

Exemples :

Peuplements à bois moyens dominants (BM dominants) sur le Bois Landry :

La mesure prioritaire est de conserver des bois morts au sol et sur pied présents, rares sur ces peuplements mais aussi sur l'ensemble du massif (notes peuplement et massif égales à 0). Les quantités de très gros bois et d'arbres vivants porteurs de microhabitats sont relativement moyennes sur les peuplements (notes peuplement égales à 2) mais plutôt importantes sur la forêt (notes massif égales à 5). Leur conservation est donc intéressante, mais pas prioritaire. La diversité en essences, strates et milieux ouverts, bonne, devra être maintenue.

Peuplements à bois moyens et gros bois (BM et GB) sur le Bois Landry :

La priorité sera donnée à la conservation des bois morts au sol et sur pied (note peuplement égale à 0). La conservation des très gros bois (note peuplement égale à 2) est conseillée, mais pas indispensable au vu des quantités globalement présentes sur le massif. Les nombre de genres, de strates et d'arbres vivants porteurs de microhabitats sont actuellement bons et devront être maintenus. Il est possible de laisser une partie des trouées présentes sur ces peuplements se refermer, compte-tenu de leur abondance (plus de 5 % de la surface), en sachant que de tels peuplements sont fréquents sur le massif.

En théorie, il est donc facile de définir des préconisations de gestion globales à l'aide de ces données. Dans la pratique, les données IBP au sein de chaque type de peuplement sont souvent hétérogènes. Cette hétérogénéité est visible sur les intervalles de confiance de la moyenne calculés pour les facteurs C, D, E et F (tableau 16). Ces intervalles « chevauchent » parfois les seuils de notation, ne permettant pas de définir une note IBP pour le facteur.

Dans les exemples précédents, on distingue le premier cas (BM dominants) pour lequel il existe une forte variabilité du nombre de microhabitats et surtout de très gros bois, du second cas (divers) qui présente une moins grande variabilité. Pour les peuplements à forte variabilité, il est difficile de caractériser avec précision leur IBP et donc de donner des préconisations à cette échelle sans risquer de s'écarter de la réalité de terrain. Il est alors nécessaire de revenir à l'utilisation des données IBP locales de chaque sous-parcelle. Les préconisations seront dans ce cas données à cette échelle locale, en tenant compte des caractéristiques IBP du massif.

CONCLUSION :

Devant les enjeux auxquels la gestion forestière est aujourd'hui confrontée (réchauffement climatique, hausse de la demande en bois énergie), la prise en compte de la biodiversité en forêt est une nécessité immédiate. L'utilisation d'indicateurs permettant l'évaluation et le suivi de la biodiversité ordinaire constitue un atout indéniable pour orienter la gestion des peuplements. L'existence d'un indice évaluant la biodiversité potentielle à l'échelle du massif forestier permettrait d'orienter les préconisations de gestion dans le cadre d'une gestion globale et ainsi de mieux prendre en compte des aspects de la biodiversité ordinaire faciles à évaluer à large échelle.

Un tel indice n'est toutefois peut-être pas encore suffisamment fiable pour être utilisé en gestion courante, en raison de données scientifiques insuffisantes. Des études futures devront apporter les informations nécessaires pour définir des seuils de notation permettant de calculer un IBP Massif, qui sera ensuite testé sur plusieurs massifs forestiers.

Les études menées dans le cadre de l'élaboration d'autres indicateurs synthétiques en forêt doivent également être prises en compte. L'ONF a notamment proposé en 2009 l'indice de CARNINO, qui évalue l'état de conservation des habitats forestiers à l'échelle d'un site Natura 2000. Cet indicateur prend en compte des facteurs identiques à l'IBP comme les très gros bois et les bois morts, mais aussi d'autres facteurs tels que la proportion d'essences allochtones dans le peuplement et divers atteintes à la préservation des habitats (dégâts au sol, impact de la fréquentation du public, etc.). Bien que les deux indices aient une vocation différente, les résultats de l'indice CARNINO peuvent être intéressants dans le cadre de la réflexion sur l'IBP Massif, notamment concernant l'inclusion de « nouveaux » facteurs. Le partage des connaissances et de la réflexion est un élément indispensable pour développer des outils utilisables par les gestionnaires.

Le travail réalisé au cours de mon étude vise à apporter des premiers éléments de réponse pour la construction d'un IBP Massif. Les choix réalisés pour le calcul des notes de chaque facteur devront être testés et affinés. Ils permettent de rendre compte de la diversité des peuplements rencontrés, de mettre en évidence les principaux manques pour la biodiversité et d'en tirer des préconisations de gestion tenant compte de la situation à l'échelle du massif.

Des seuils de notation ont été retenus en première approche afin de tester ces propositions sur les deux forêts de l'étude, mais n'ont pas encore fait l'objet d'une validation scientifique. Ils constituent une première approche visant à alimenter la réflexion sur la pertinence d'un tel système de notation. Les valeurs obtenues pour leur IBP Massif devront être rediscutées.

La précision de la notation du futur IBP Massif est liée au choix de la méthode de relevé. L'étude de deux forêts bien différentes a démontré les avantages apportés par la méthode par échantillonnage en termes de précision et d'exhaustivité des observations sur les arbres (notamment pour les très gros bois et les microhabitats). Elle a également révélé les lacunes de l'échantillonnage concernant l'observation de certains facteurs (milieux ouverts, aquatiques et rocheux), pour lesquels un relevé par virées est plus adapté. La possibilité de combiner les deux méthodes de relevé paraît ainsi fort intéressante. La réalisation de relevés similaires aux virées au cours du cheminement entre placettes permettrait probablement d'améliorer sensiblement l'efficacité de la méthode par échantillonnage. Le test de cette méthode « mixte » n'a pu être réalisé au cours du stage et devra être effectué à l'avenir.

Par ailleurs, la précision de la méthode par échantillonnage n'a pas pu être évaluée au niveau des peuplements élémentaires (sous parcelles) en raison du faible nombre de relevés à cette échelle. Il convient donc d'être prudent quant aux conclusions tirées de la comparaison des méthodes de relevé. Pour de prochains tests, un effort devra être réalisé lors de la phase préliminaire pour définir des peuplements élémentaires suffisamment grands, en se basant sur un inventaire typologique ou sur les habitats, afin de disposer d'un nombre de données suffisant pour chacun. Pour l'heure, l'utilisation de la méthode par échantillonnage est déconseillée à l'échelle du peuplement et pour les massifs de taille réduite, mais semble offrir de bonnes garanties sur des massifs plus grands. Les tests menés prochainement sur d'autres massifs seront nécessaires pour confirmer ces premières conclusions.

Références bibliographiques

Gestion forestière et biodiversité :

CARNINO *(Nathalie). 2008 — Etat de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000.* — Paris : Muséum National d'Histoire Naturelle. — 35 p.

GOSSELIN (M.) et LAROUSSINIE (O.). 2004 — *Biodiversité et gestion forestière ; connaître pour préserver – synthèse bibliographique.* — GIP ECOFOR, CEMAGREF. — 320 p.

GOSSELIN (M.) et PAILLET (Y.). 2010 — *Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière. Guide pratique.* — Edition QUAE. — 155 p.

LAPORTE (Marc). 2009 — *Guide pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière.* — Orléans : Centre régional de la propriété forestière d'Ile-de-France et du Centre. — 60 p.

LARRIEU (Laurent) et GONIN (Pierre). 2008 — L'indice de biodiversité potentielle (IBP). Une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle d'un peuplement forestier. — *Revue forestière française*, n°6, 21 p.

LARRIEU (Laurent) et GONIN (Pierre). 2009 — L'Indice de biodiversité potentielle (IBP). Méthode de notation des peuplements. — Toulouse : Centre régional de la propriété forestière Midi-Pyrénées, Institut pour le développement forestier. — 4 p.

LARRIEU (Laurent) et GONIN (Pierre). 2010 — L'Indice de biodiversité potentielle (IBP). « Foire aux questions ». — Toulouse : Centre régional de la propriété forestière Midi-Pyrénées, Institut pour le développement forestier. — 6 p.

Statistique :

HERVE (Jean-Christophe). 1999 — *Introduction à la statistique : première partie, statistiques élémentaires*. — Nancy : Ecole nationale du génie rurale des eaux et des forêts. — 62 p. (Cours de 1ère année de la Formation des ingénieurs forestiers).

HOULLIER (François). 1994 — *Introduction à l'analyse de variance.* — Nancy : Ecole nationale du génie rurale des eaux et des forêts. — 56 p. (Cours de 1ère année de la Formation des ingénieurs forestiers).

MION (Georges). *Eléments indispensables de statistiques médicales. Partie 4 : Méthodes non paramétriques* — dernière consultation en Juillet 2011.
http://adscience.fr/uploads/images/file/file/TRIAL/Statistiques%20opus%205.pdf

POINSOT (D.). *Statistiques pour statophobes. Chapitre 10 : Les tests non paramétriques* — dernière consultation en Juillet 2011. http://www.dsa.unipr.it/giavelli/DIDATTICA/Statophobes/chapitre%2010%20Les%20tests%20non%20parametriques.pdf

RAKOTOMALALA (Ricco) . 2008 — *Comparaison de populations. Tests non paramétriques*. — Université Lumière Lyon 2. — 189 p.

Autres :

BAILLY (Gilles), BEAUFILS (Thérèse) et PARTY (Jean-Paul). 2002 — *Guide pour le choix des essences en Pays d'Yveline et d'Essonne.* — Orléans : Centre régional de la propriété forestière d'Ile-de-France et du Centre. — 48 p.

GAUBERVILLE (C.). 2003 — Les habitats forestiers en région Centre – Description, détermination et répartition provisoire. — *Recherche Naturalistes en région Centre*, n°12, 47 p.

IABLOKOFF (A.). 1953 — Les plantations de pin sylvestre et la migration des xylophages. — *Revue forestière française*, n°5, p. 321-327.

JENNER (Xavier) et ROSA (Jérôme). 1999 — *Typologie des peuplements feuillus : guide de l'utilisateur*. — Orléans : Centre régional de la propriété forestière d'Ile-de-France et du Centre. — 25 p.

RAMEAU (Jean-Claude), MANSION (Dominique), DUME (Gérard), LECOINTE (Alain), TIMBAL (Jean), DUPONT (Pierre) et KELLER (René). 1989 — *Flore forestière française, guide écologique illustré. Tome 1 : Plaines et collines*. — Paris : Institut pour le développement forestier. — 1785 p.

REBOUL *(Jean-Baptiste). 2009 — Synthèse des catalogues de stations forestières en région Centre : mise en place d'une méthodologie à partir des habitats pour réaliser un guide simplifié de choix des essences.* — Nancy : Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts. 126 p. (Rapport de fin d'études de la formation des ingénieurs forestiers).

ROMAN-AMAT (Bernard). 1986 — PIN SYLVESTRE. — *Revue forestière française*, vol.XXXVIII, n° sp. 1986, p. 132-134

LISTE DES CONTACTS

Nom	Fonction	Coordonnées et Adresse Mail
Marc LAPORTE	Ingénieur environnement au CRPF Ile-de-France Centre	2701 route d'Orléans 18230 ST DOULCHARD 02 48 26 43 08 marc.laporte@crpf.fr
Eric SEVRIN	Directeur-adjoint au CRPF Ile-de-France Centre	43, rue du Boeuf Saint Paterne 45000 ORLEANS 02 38 53 89 15 eric.sevrin@crpf.fr
Frédéric GOSSELIN	CEMAGREF	Domaine des Barres 45 290 Nogent-sur-Vernisson 02 38 95 03 58 frederic.gosselin@cemagref.fr
Nicolas BOCK	Chargé de mission Natura 2000 et Charte forestière du territoire au Parc naturel régional du Gâtinais français	Maison du Parc, 52 route de Corbeil 91590 Baulne 01 64 98 73 93 N.Bock@parc-gatinais-francais.fr
Pierre GONIN	Institut de développement forestier de Toulouse	Maison de la Forêt 7 chemin de la Lacade 31320 Auzeville Tolosane 06 20 97 86 56 pierre.gonin@cnpf.fr
Simon MARTEL	Chargé de mission à l'Institut de développement forestier de Toulouse	Maison de la forêt 7 chemin de la Lacade 31320 Auzeville Tolosane 05 61 75 45 00 simon.martel@cnpf.fr

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description des facteurs permettant de calculer l'IBP sur un peuplement 69

Annexe 2 : Présentation du Domaine du Bois Landry 70

Annexe 3 : Présentation du Bois de Misery 73

Annexe 4 : Protocole de relevé IBP par virées 76

Annexe 5 : Carte des placettes mises en place sur les deux forêts étudiées 80

Annexe 6 : Protocole de relevé IBP par échantillonnage 81

Annexe 7 : Typologie des peuplements feuillus pour les régions Centre et Ile-de-France (CRPF) 83

Annexe 8 : Modes de calcul de l'IBP à l'échelle d'un peuplement à partir d'un ensemble de placettes 84

Annexe 9 : Questions diverses sur les relevés de terrain pour l'IBP 85

Annexe 10 : Test sur le terrain de l'existence d'un effet apprentissage de la méthode de relevé par virées, sur deux sous parcelles du Bois Landry 86

Annexe 11 : Test de comparaison de la méthode par échantillonnage avec une référence (inventaire en plein) 87

Annexe 12 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois Landry 88

Annexe 13 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois de Misery 90

Annexe 14 : Régressions linéaires sur les notes IBPgestion peuplement obtenues avec les méthodes par virées et par échantillonnage 92

Annexe 15 : Résultats des tests des rangs signés de Wilcoxon sur les notes IBPgestion peuplement 95

Annexe 16 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié à la gestion) pour les peuplements du Bois Landry 96

Annexe 17 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié à la gestion) pour les peuplements du Bois de Misery 103

Annexe 18 : Attribution des classes de « qualité des relevés par virées » pour les peuplements du Bois Landry 110

Annexe 19 : Synthèse des résultats des tests de Kruskal-Wallis entre la différence de note IBPgestion des 2 méthodes et divers variables 111

Annexe 20 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié au contexte) pour les peuplements du Bois Landry 112

Annexe 21 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié au contexte) pour les peuplements du Bois de Misery 114

Annexe 22 : Esquisses de méthodes de prise en compte de la répartition spatiale des bois morts sur pied, bois morts au sol et très gros bois sur un massif 116

Annexe 23 : Propositions de Marc LAPORTE pour la notation de nouveaux facteurs à inclure dans l'IBP Massif 121

Annexe 24 : Typologie synthétique des peuplements du Bois Landry 123

Annexe 25 : Carte de la typologie synthétique des peuplements du Bois Landry 124

Annexe 26 : Définition des types de peuplements du Bois de Misery 125

Annexe 27 : Cartes des types de peuplements du Bois de Misery 126

Annexe 1 : Description des facteurs permettant de calculer l'IBP sur un peuplement

	DEFINITION DES FACTEURS	valeur = 0	valeur = 2	valeur = 5
Facteurs liés au peuplement et à la gestion forestière				
	Végétation			
A	Essences forestières autochtones * parmi la liste de genres suivante (sans distinction d'espèces) à restreindre aux essences autochtones de la région : Alisier, Cormier et Sorbier (= Sorbus) / Aulne / Bouleau / Charme / Châtaignier / Chêne à feuilles caduques / Chêne à feuilles persistantes / Epicéa / Erable / Frêne / Hêtre / If / Mélèze / Merisier et Cerisier (= Prunus) / Noyer (commun) / Orme / Peuplier et Tremble / Pin / Pommier / Poirier / Sapin / Saule / Tilleul * arbre vivant ou mort, quel que soit son stade de développement, mais h>50cm * valeur plafonnée à 2 si le couvert libre de l'ensemble des essences autochtones est inférieur à 1/10 (10%)	étages autres que subalpin		
		0, 1 ou 2 genres	3 ou 4 genres	5 genres et plus
		étage subalpin		
		0 ou 1 genre	2 genres	3 genres et plus
B	Structure verticale de la végétation * 4 strates : strate herbacée et semi-ligneuse / sur les ligneux, strate du feuillage : bas (<7m) / intermédiaire (7-20m) / haut (>20m) * 1 ligneux est compté dans toutes les strates occupées par le feuillage * chaque strate recouvrant au moins 1/10 (10%) de la surface décrite	1 ou 2 strates	3 strates	4 strates
	Microhabitats liés aux arbres (quelle que soit l'essence, autochtone ou non)			
C	Bois mort sur pied de « grosse » circonférence * arbres, chandelles (ou souches hautes ≥ 1 m) * cas général : C à 1,3 m ≥ 120 cm (D ≥ 40 cm) * cas des essences (sauf Pins) sur stations peu à très peu fertiles ou de l'étage subalpin ou des essences n'atteignant jamais de très grosse dimension (Poirier, Pommier, Sorbier…) : C à 1,3 m ≥ 90 cm (D ≥ 30 cm)	< 1 pied/ha	≥ 1 et < 3 pieds/ha	3 pieds/ha et plus
D	Bois mort au sol de « grosse » circonférence (longueur ≥ 1m) * cas général : C gros bout ≥ 120 cm (D ≥ 40 cm) * cas des essences (sauf Pins) sur stations peu à très peu fertiles ou de l'étage subalpin ou des essences n'atteignant jamais de très grosse dimension (Poirier, Pommier, Sorbier…) : C gros bout ≥ 90 cm (D ≥ 30 cm) * valeur plafonnée à 2 si les bois morts plus petits sont absents	< 1 tronc/ha	≥ 1 et < 3 troncs/ha	3 troncs/ha et plus
E	Très gros bois vivants * cas général : C à 1,3 m ≥ 220 cm (D ≥ 70 cm) * cas des essences (sauf Pins) sur stations peu à très peu fertiles ou de l'étage subalpin ou des essences n'atteignant jamais de très grosse dimension (Poirier, Pommier, Sorbier…) : C à 1,3 m ≥ 140 cm (D ≥ 45 cm)	< 1 pied/ha	≥ 1 et < 5 pieds/ha	5 pieds/ha et plus
F	Arbres vivants porteurs de microhabitats * types de microhabitat : trou de pic et autres cavités vides (Ø > 3 cm) / cavité à terreau (Ø > 10 cm) ou grande plage de bois carié (S > 600 cm^2 = A4) / cavité remplie d'eau (= dendrotelme ; Ø > 10 cm) / plage de bois sans écorce, non cariée (S > 600 cm^2 = A4) / fente profonde (largeur > 1 cm), ou décollement d'écorce formant un abri / coulée de sève (résine exclue) / champignon saproxylique coriace / charpentière ou cime récemment brisée (Ø > 20 cm) / quantité importante de bois mort dans le houppier (>20% vol. branches vivantes et mortes) / épiphytes ou gui ou lierre ou autres lianes (>1/3 surface du tronc ou du houppier) * compter le nombre d'arbres vivants porteurs d'au moins un microhabitat, un arbre étant compté plusieurs fois s'il porte plusieurs types de microhabitat * compter au maxi 2 arbres/ha par type de microhabitat	< 1 pied/ha	≥ 1 et < 6 pieds/ha	6 pieds/ha et plus
	Habitats associés			
G	Milieux ouverts * 2 catégories : trouée ou petite clairière, de taille inférieure à 1,5 fois la hauteur dominante (Ho) du peuplement environnant ; lisière avec un espace ouvert : grande trouée ou clairière (> 1,5 Ho), large chemin (traversant le peuplement : compter 2 lisières ; en bordure : compter 1 lisière), lande, pré, culture… * ne comptabiliser qu'en présence d'une végétation spécifique de milieu ou peuplement ouvert (plantes à fleurs et strate herbacée, floraison plus abondante : ronce, genêt…) * permanents (pelouses) ou temporaires * relevé en % de la surface de végétation spécifique (pour les lisières: 50m/ha=1%) * valeur plafonnée à 2 si peuplement peu dense ou à feuillage clair avec végétation de milieu ouvert, mais sans trouées nettement identifiables, sauf au subalpin	étages autres que subalpin		
		0%	< 1% ou > 5%	1 à 5%
		étage subalpin		
		< 1%	1 à 5%	> 5%
***Facteurs liés au contexte**, résultant de l'histoire ou des conditions stationnelles, mais pouvant être modifiés par l'activité forestière*				
	Continuité temporelle de l'état boisé			
H	Continuité temporelle de l'état boisé * parcelle n'ayant jamais été défrichée = forêt ancienne, ce qui correspond généralement à des peuplements qui n'ont pas subi de discontinuité depuis au moins 200 ans, ce qui peut être évalué à partir de la Carte de Cassini ou de la carte d'Etat-major (http://www.geoportail.fr) ou en utilisant d'autres sources plus récentes : cadastre napoléonien, archives, plan terrier…	peuplement ne faisant pas partie d'une forêt ancienne	peuplement jouxtant une forêt ancienne ou ayant été partiellement défriché	peuplement faisant nettement partie d'une forêt ancienne
	Habitats associés			
I	Habitats aquatiques * types : source / ruisseau / rivière ou fleuve / bras mort / mare / étang / lac / tourbière / marais / zone marécageuse / fossé humide non entretenu * permanent ou temporaire ; à l'intérieur ou en bordure du peuplement décrit	absents	1 seul type (homogènes)	2 types et plus (diversifiés)
J	Milieux rocheux * types (à comptabiliser s'ils couvrent plus de 1% de la zone notée) : barre rocheuse ou paroi, non ombragée par le peuplement / barre rocheuse ou paroi, ombragée par le peuplement / éboulis stable ou instable / blocs (> 20 cm) / dalle / autres affleurements rocheux / grotte / gouffre ou grandes diaclases fraîches / murette ou tas de pierre	absents	1 seul type (homogènes)	2 types et plus (diversifiés)

Source : CRPF Midi-Pyrénées, IDF, INRA Dynafor - v2.6 AC

Annexe 2 : Présentation du Domaine du Bois Landry

Renseignements généraux :

Surface : 1125 ha

Commune : Champrond-en-gâtine (Eure et Loir)

Région forestière : Perche

Zonage particulier : Inclus dans la zone de protection spéciale Natura 2000 FR2512004 (Forêts et étangs du Perche) pour la directive oiseaux
Situé à la limite du Parc naturel régional du Perche

Contexte naturel :

Pluviométrie : 750 mm/an

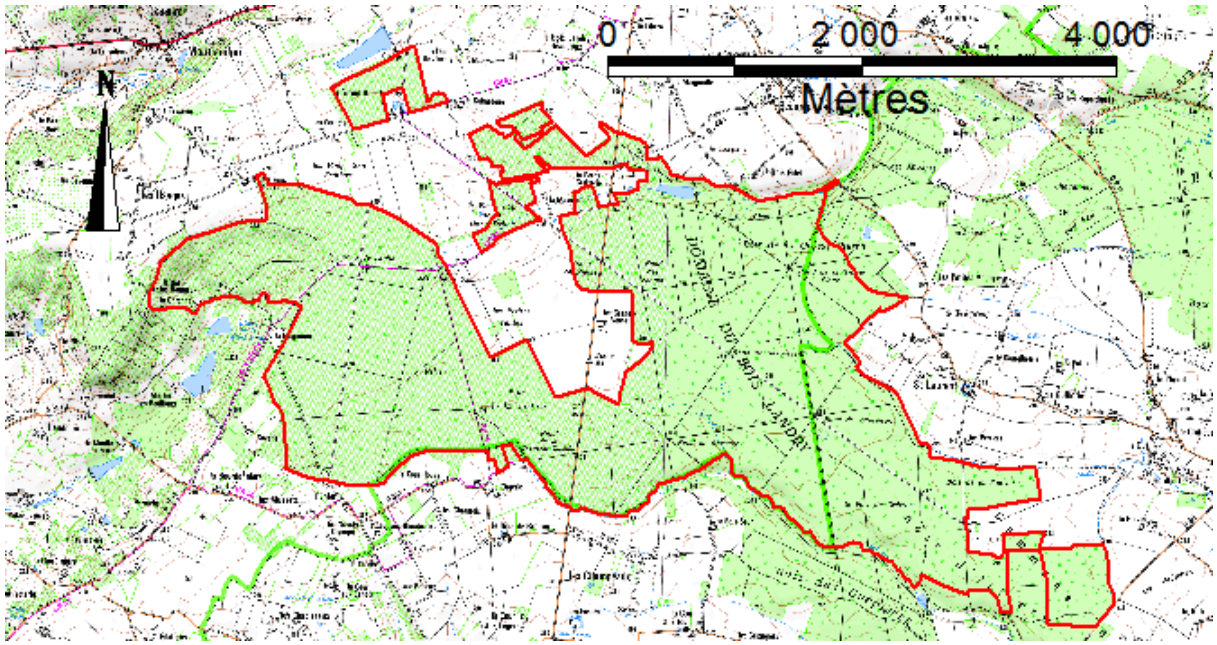
Température moyenne annuelle : 11°C

Substrat : Argiles à silex, quelques affleurements de sables du Perche (zone de Garenne au nord ouest du domaine)

Sol : Sols profonds et humus de type mull-moder sur argiles à silex
Sols superficiels et humus de type dysmoder sur sables du Perche
Engorgement assez important par endroits

➔ **D'assez bonnes potentialités forestières, inférieures sur les sables du Perche.**

Limites de la propriété



Gestion passée :

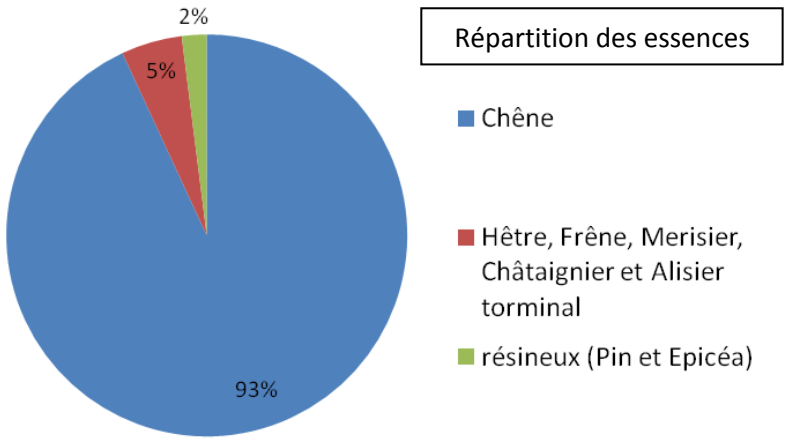
Traitement en taillis sous futaie jusqu'en 1965. Orientation progressive vers la conversion en futaie. Faveur donnée au chêne aux dépens du hêtre.

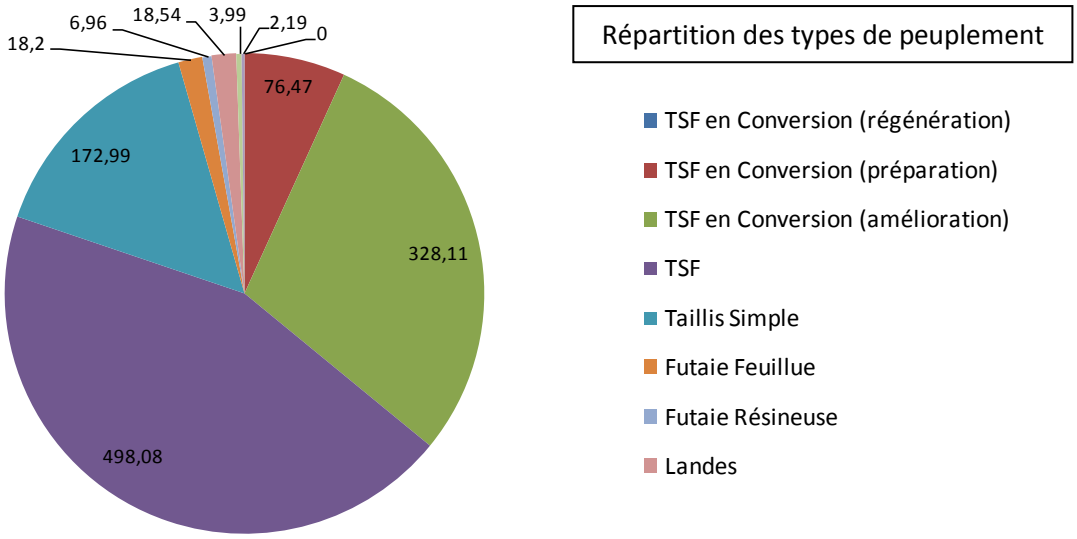
Sylviculture prudente : accumulation de réserves et forte capitalisation.

Coupes rases de taillis de charme, associées à une forte pression du chevreuil, conduisant au développement d'un taillis de noisetier sur de nombreuses parcelles. Cette substitution de flore pose problème du pont de vue économique du fait de la valeur nulle du taillis de noisetier, et constitue un handicap pour le renouvellement du chêne.

Peuplements actuels :

La majorité des peuplements sont d'anciens taillis sous futaie en conversion. Ces peuplements sont fortement dominés par le Chêne, accompagné par le Hêtre, le Châtaignier, l'Alisier torminal, le Merisier et le Frêne. Le Charme et le Bouleau sont bien représentés dans le taillis. Quelques rares plantations résineuses sont présentes, notamment de Pin laricio et d'Epicéa.





Objectifs syvicoles :
Les principaux enjeux sylvicoles sont aujoud'hui le renouvellement des peuplements de chêne, la diminution de leur densité ainsi que la limitation du taillis de noisetier.
Autres objectifs : la gestion cynégétique et l'accueil du public sont deux activités importantes sur le domaine. Leur gestion est assurée par la société FORESTIS, qui loue le territoire du Bois Landry.

Chasse : le domaine du Bois Landry est un territoire très actif en matière de chasse. Au début des années 2000, l'état de santé préoccupant des populations ainsi que leur fort impact sur la flore et les semis ont conduit les gestionnaires à adopter une nouvelle stratégie dans leur gestion cynégétique. Le domaine du Bois Landry possède aujourd'hui le statut de territoire expérimental et un contrat de recherche a été signé en 2006 avec l'INRA de Toulouse, qui mène des recherches sur le chevreuil.

Ce contrat concerne le suivi des populations de chevreuil présentes sur le domaine par des Indices de changement écologique (ICE). Depuis le début des années 2000, sont suivis plusieurs indices morphométriques sur les animaux prélevés, notamment un suivi pondéral (mesure du poids vidé) et un suivi du taux de fécondité basé sur le dénombrement des corps jaunes suivant la méthode Rouchier. Des indicateurs supplémentaires, tels que l'indice kilométrique d'abondance (IKA) et l'indice de consommation (IC), sont également suivis depuis 2005. Ces suivis s'appuient sur des protocoles standardisés. Leur objectif était dans un premier temps de ramener les indicateurs à des niveaux convenables, signes d'une bonne santé des populations de chevreuils, puis de maintenir un équilibre permettant de concilier les activités de chasse et la sylviculture. Après plusieurs années d'augmentation des prélèvements, ces indicateurs sont revenus à des niveaux favorables.

Accueil du public : Celui-ci constitue depuis quelques années une activité essentielle du domaine s'appuyant sur la construction de 15 cabanes perchées dans les arbres. Elles permettent au public de s'immerger dans l'univers forestier le temps d'une nuit et d'en découvrir quelques facettes grâce au parcours pédagogique en forêt mis en place par le personnel du domaine. Cette activité en pleine expansion rencontre beaucoup de succès auprès des citadins en quête d'un « retour à la nature ». Elle permet de valoriser le site et de favoriser la pérennité de sa gestion tout en participant au développement d'un tourisme vert, associé aux commerces locaux.

Annexe 3 : Présentation du Bois de Misery

Renseignements généraux :
Surface : 287 ha
Commune : d'Huison-Longueville et Vayres sur Essonne
Région forestière : Pays de Fontainebleau et des Yvelines
Zonage particulier : Appartient au territoire du Parc naturel régional du Gâtinais-français
Englobe une partie de la zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) du plateau de Bulou à d'Huison-Longueville

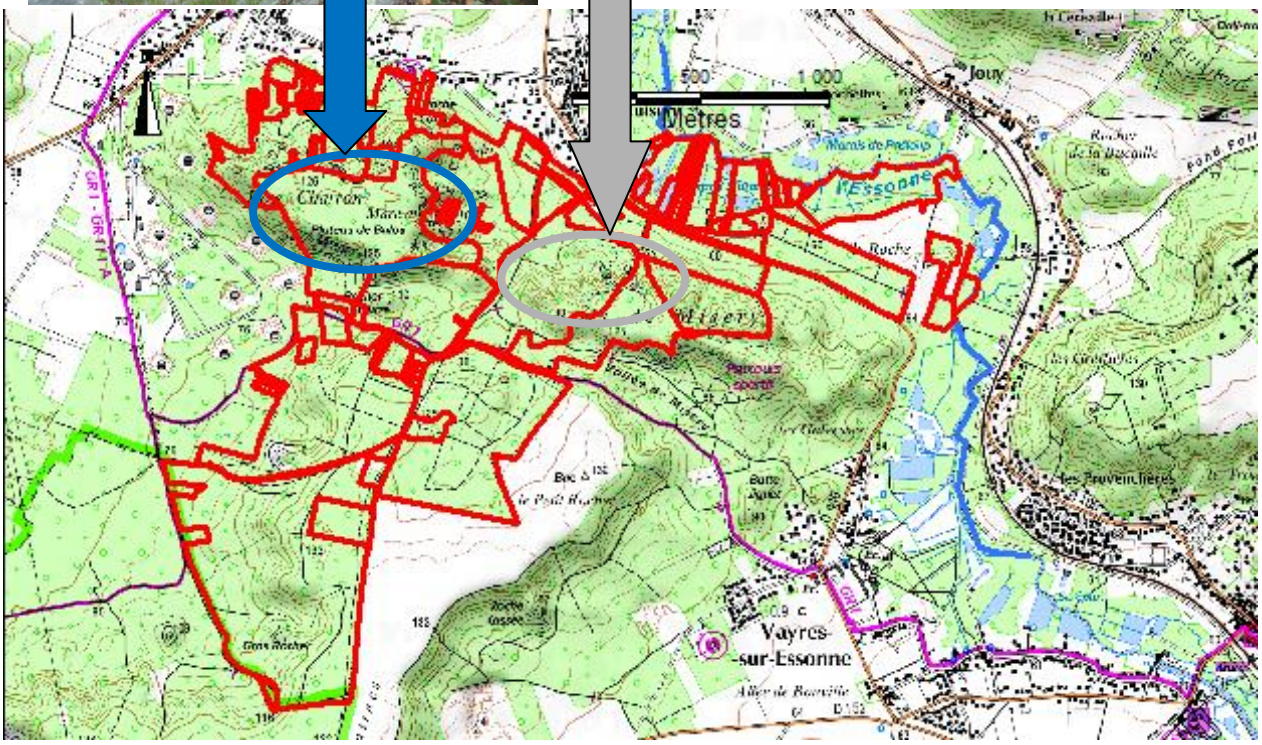
Contexte naturel :

Pluviométrie : inférieure à 600 mm/an
Température moyenne annuelle : 12°C
Sol : Sables gréseux de Fontainebleau acides et très perméables
Zones à Chaos gréseux et de dalles gréseuses à sol très superficiel et pauvres chimiquement
Sols limoneux superficiels sur sable et calcaire un peu plus riches, sur les plateaux du sud-ouest de la forêt
Sols limoneux voir tourbeux en bordure de l'Essonne au nord-est de la forêt

➔ **Des potentialités forestières assez réduites à très réduites en raison de la pauvreté chimique et de l'exposition des sols à la sécheresse sur la majeure partie de la forêt**

Particularités : Le relief est relativement important sur la propriété. De nombreuses zones présentent des pentes, parfois fortes comme c'est le cas de la partie ouest occupée par des zones de chaos gréseux en haut desquels les dalles de grès forment un plateau. Ce dernier abrite quelques zones humides typiques des platières, où sont présentent des espèces remarquables. La topographie et la présence de ces milieux rocheux peuvent parfois constituer un frein à l'exploitation des bois.

Platières et chaos gréseux sur le Bois de Misery
(photos : R.MANI)



Gestion passée :

Une surface importante de la forêt a été incendiée en juin et juillet 1976. Des subventions DDAF ont permis en 1978 de reboiser l'une des zones les plus touchées, sur laquelle une vingtaine d'ha de pins laricio ont été plantés. Des travaux d'élagage ainsi qu'une première coupe d'éclaircie prélevant 30 % des tiges sur pied ont été réalisées sur ces plantations. Les zones de plateau gréseux, non productives, ont également été touchées par les incendies. Depuis, un taillis de bouleau s'y est naturellement installé.

Un rajeunissement de la forêt a été mené ces vingt dernières années grâce à des coupes de bois de chauffage et un balivage intensif dans les peuplements feuillus. Les coupes de bois d'œuvre prévues par le précédent plan simple de gestion n'ont quant à elles pas pu être toutes réalisées. Le Bois de Misery a en effet été fortement touché par la tempête de 1999, et le dégagement des nombreux chablis et volis a constitué une priorité. Les vieux chênes plus ou moins dépérissants situés le long de la route départementale coupant la propriété ont en outre été abattus pour raison de sécurité suite à la tempête.

Peuplements actuels :
Environ la moitié de la surface est recouverte par des peuplements de taillis simple. Ceux-ci sont principalement composés de Chêne et de Bouleau en proportions variables, le Bouleau devenant très majoritaire en zones d'éboulis ou sur plateau gréseux. Des peuplements de taillis sous futaie (TSF) occupent près de 80 ha, dominés par le Chêne et le Châtaignier accompagnés de quelques feuillus précieux et de Robinier. Le reste de la propriété est composé de plantations de pins laricio d'âges divers, de peuplements mixtes à dominante résineuse, et d'une plantation de peupliers accompagnés de frênes, érables sycomores et d'aulnes dans les zones les plus humides.

Les objectifs assignés à la forêt sont la production de bois d'œuvre résineux essentiellement et de bois d'œuvre de chêne de qualité moyenne dans les peuplements les plus riches. La production de bois de chauffage prend également une large place.
Aucun investissement important n'est prévu pour la durée du plan de gestion actuel. L'élagage des arbres d'avenir déjà initié dans les plantations de pins laricio sera poursuivi. Un balivage visant à préserver les essences nobles sera également poursuivis dans les peuplements de TSF. Ceux-ci resteront majoritairement traités en TSF, à l'exception de certaines parcelles qui seront converties en futaie régulière. Les zones de taillis simple de bouleau seront traitées par coupes rases suivant une rotation de 30 ans.

La chasse est également un objectif de la forêt. Les chevreuils, auparavant très nombreux, sont aujourd'hui en forte régression alors que la population de cerf devient importante et cause de gros dégâts sur les résineux, les châtaigniers et les robiniers. Le sanglier est présent mais ne pose pas de souci majeur à l'heure actuelle. Le souhait du propriétaire serait d'augmenter les plans de chasse concernant les cerfs et les biches, qui sont aujourd'hui de 5 individus pour les 287 ha de forêt.
Le propriétaire du Bois de Misery est adhérent à un groupement d'intérêt cynégétique. La réalisation des plans de chasse est essentiellement assurée par une « Association pour la gestion de la faune sauvage ».

L'accueil du public n'est pas un objectif en soi sur la propriété. Celle-ci est traversée par le GR 1 ainsi que plusieurs chemins communaux dans sa partie nord-ouest. Un partenariat a été passé avec la commune de d'Huison Longueville pour la mise en place d'un sentier pédagogique. Les randonneurs sont fréquents, de même que les cavaliers, les motos ou les quads. Cette fréquentation est parfois à l'origine de désagréments, tels que le jet de détritus ou une dégradation des chemins.

Annexe 4 : Protocole de relevé IBP par virées
(Source : méthode d'évaluation de l'IBP – v3.0, P.GONIN et L.LARRIEU, 2011)

EVALUATION DE L'IBP PAR PARCOURS EN PLEIN OU PARTIEL

*** Etapes préalables**

En fonction des données disponibles, constituer une **base de données et une cartographie** des types de peuplements (avec indication de leur surface), des types de stations, des milieux rocheux, des habitats aquatiques et de l'ancienneté des forêts. Ces données faciliteront les relevés sur le terrain et permettront de localiser les différents peuplements décrits séparément. Ces différentes informations pourront être reportées sur un GPS, en particulier les limites de peuplements.

Etablir éventuellement une **fiche de notation** simplifiée pour tenir compte des particularités de la forêt étudiée (liste des essences….).

Choisir entre un parcours **en plein ou partiel**, et dans ce dernier cas, choisir le pourcentage de surface parcouru et le cheminement.

*** Parcours**

Deux types de parcours sont possibles :

- **en plein** : tout le peuplement est parcouru de manière homogène, en virées régulières, en se détournant du cheminement pour aller voir les éléments remarquables. Il faut veiller à ne pas comptabiliser deux fois les mêmes éléments (entre deux observateurs voisins ou lors d'un retour de virée), ni à en oublier. Il peut être utile d'utiliser un GPS en mode trace pour vérifier son cheminement, en particulier lorsque la visibilité est réduite par une végétation abondante.
- **partiel** : seule une fraction du peuplement est observée (30 à 70 %). Cette méthode nécessite d'évaluer la surface parcourue à partir de la longueur du cheminement réalisé et de la largeur décrite de part et d'autre du cheminement (ramenée à l'horizontale sur terrain très pentu). Le cheminement est calculé sur carte ou à l'aide d'un GPS et de sa fonction trace, les détours du tracé (par ex. pour aller voir un arbre particulier ou simplement liés à une imprécision momentanée du GPS) devant être lissés avec un logiciel cartographique pour ne prendre en compte que la longueur de la bande parcourue.

La **largeur** observée de part et d'autre du cheminement sera comprise entre 10 et 25 m :

- 10 à 15 m dans le cas de peuplement à faible visibilité (par ex. : taillis dense) ou sur terrain très accidenté,
- 15 à 20 m dans le cas de peuplement à visibilité moyenne (par ex. futaie avec léger sous-étage) et terrain peu accidenté,
- 20 à 25 m dans le cas de peuplement à bonne visibilité (par ex. futaie adulte claire sans sous-étage) et terrain non accidenté. Même en cas de bonne visibilité, ne pas tenter d'observer au-delà de 25 m.

Dans le cas d'un parcours partiel, il est indispensable de définir la largeur à observer et de s'y tenir pour évaluer correctement la surface, utilisée ensuite pour le calcul de certains facteurs (densité de bois mort….).

*** Relevés de terrain**

Pour chaque peuplement, on remplira la fiche de description, en débutant par les rubriques d'informations générales, en particulier :

- n° de la version IBP,
- nom des descripteurs, date,
- localisation,
- description du peuplement (essences dominantes, structure élémentaire, couvert et phase sylvigénétique, âge, Ho, D… ; voir annexe 1),
- surface parcourue si elle est connue, sinon indiquer une valeur estimée qui sera ensuite corrigée. Dans le cas d'un parcours partiel, indiquer la largeur totale décrite et la longueur du cheminement pour calculer la surface parcourue et indiquer la surface totale du peuplement.
- méthode d'évaluation : parcours en plein ou partiel,
- contexte de description :
  - . région : domaine atlantique - continental / région méditerranéenne
  - . étage de végétation : subalpin / planitiaire, collinéen ou montagnard / supra ou mésoméditerranéen
  - . fertilité de la station : moyennement fertile à très fertile / très peu à peu fertile

Pour chaque facteur, on reportera sur la fiche les éléments qui permettront de déterminer l'IBP, au fur et à mesure du parcours :

Facteurs	**Éléments à relever (se référer à la fiche pour la définition précise des facteurs)**
A : Richesse des essences forestières autochtones	- relever les essences présentes (en différenciant les essences autochtones comptabilisées dans le facteur et les exotiques non comptabilisées). - indiquer le couvert libre[1] (C) des essences autochtones : C <10% ou ≥10% .
B : Structure verticale de la végétation	- relever les strates présentes (> 10 %) parmi : semi-ligneux + herbacés / ligneux < 7 m / ligneux 7 à 20m / ligneux > 20 m.
C : Densité des bois morts sur pied de « grosse » circonférence	- relever le nombre de tiges, plafonné à 3/ha en utilisant la surface connue ou estimée. Dans le cas d'une surface estimée, on pourra dépasser le plafond pour tenir compte d'une éventuelle sous-estimation de la surface.
D : Densité des bois morts au sol de « grosse » circonférence	- relever le nombre de tiges, plafonné à 3/ha en utilisant la surface connue ou estimée. Dans le cas d'une surface estimée, on pourra dépasser le plafond pour tenir compte d'une éventuelle sous-estimation de la surface. - indiquer si le petit bois mort au sol (dimension inférieure au seuil retenu pour comptabiliser le bois mort de grosse circonférence) est absent.
E : Densité des très gros bois vivant	- relever le nombre de tiges, plafonné à 5/ha en utilisant la surface connue ou estimée. Dans le cas d'une surface estimée, on pourra dépasser le plafond pour tenir compte d'une éventuelle sous-estimation de la surface.
F : Densité des arbres vivants porteurs de microhabitats	- relever le nombre de microhabitats (mh) par type de microhabitat, plafonné à 6 mh/ ha, mais chaque type étant lui-même plafonné à 2 mh/ type / ha, en utilisant la surface connue ou estimée. Dans le cas d'une surface estimée, on pourra dépasser le plafond de chaque type pour tenir compte d'une éventuelle sous-estimation de la surface.
G : Présence de milieu ouvert	- indiquer si on est dans le cas d'un peuplement clair avec une végétation de milieu ouvert. - si ce n'est pas le cas, indiquer : . la surface de trouées en m^2 puis ramener en % en utilisant la surface connue, valeur plafonnée à 5%.

[1] Couvert libre (d'après IFN) : couvert des houppiers des arbres qui ont accès direct à la lumière. Dans le facteur A, on relève le % de couvert libre relatif des essences autochtones qui est égal à la somme des couverts libres des essences autochtones rapportée au couvert absolu de tout le peuplement

	. la longueur des lisières (attention au cas particulier des chemins, voire grille de diagnostic) puis ramener en % de surface (50 m/ha de lisière = 1%), valeur plafonnée à 5 %. . pour les 2 cas précédents, noter le % jusqu'à 5 % et au delà : « >5% ». Dans le cas d'une surface estimée, on pourra dépasser le plafond pour tenir compte d'une éventuelle sous-estimation de la surface.
H : Continuité temporelle de l'état boisée	- noter des signes de discontinuité temporelle de l'état boisé (ancienne terrasse cultivée, bâtiment…).
I : Diversité des habitats aquatiques	- relever tous les types présents. - préciser les éventuels habitats aquatiques non listés.
J : Diversité des milieux rocheux	- relever tous les types présents. - préciser les éventuels milieux rocheux non listés.

Comptabilisation des **éléments situés en limite de peuplement** :

- les milieux ouverts sont comptés pour la surface incluse dans le peuplement ; les lisières sont entièrement comptées, mais une seule fois (contrairement à un chemin formant lisière à l'intérieur du peuplement qui est compté comme deux lisières : une de part et d'autre du chemin),
- les habitats aquatiques et les milieux rocheux sont comptabilisés.

*** Durée : l'effort de prospection doit être standardisé** pour éviter de surestimer certains facteurs, le plus simple étant de fixer une durée de prospection maximale à l'hectare parcouru. Dans le cas d'un diagnostic non couplé avec une autre opération, il faut compter 10 à 20 min / ha parcouru à une personne, selon la visibilité du peuplement et la difficulté de circulation. Tenir compte d'une phase d'apprentissage pendant laquelle la durée est augmentée d'au moins 50 %.

*** Calcul de l'IBP peuplement** : à la fin du parcours, l'IBP sera calculé à l'aide des éléments inventoriés en tenant compte de la surface parcourue, ce qui nécessite pour certains facteurs de ramener les seuils / ha en seuils / surface parcourue. Dans ce cas, la valeur seuil pour la classe supérieure (5) étant incluse dans cette classe (par ex. 3 bois morts /ha et plus, soit 18 BM et plus sur 6 ha...), on passe à la classe inférieure (2) dès que l'effectif est inférieur (par ex. 2 bois morts /ha, mais 17 BM sur 6 ha). A titre d'exemple pour 2,5 ha, 0,66 ha et 0,25 ha :

Transformation des seuils / ha en seuils / surface parcourue

Surface parcourue (en ha)	Seuils IBP / ha			
	1 arbre/ha	3 arbres/ha	5 arbres/ha	6 arbres/ha
2,5	2,5	7,5	12,5	15
1	1	3	5	6
0.66	0,7	2	3,3	4
0,25	0,2	0,7	1,2	1,5

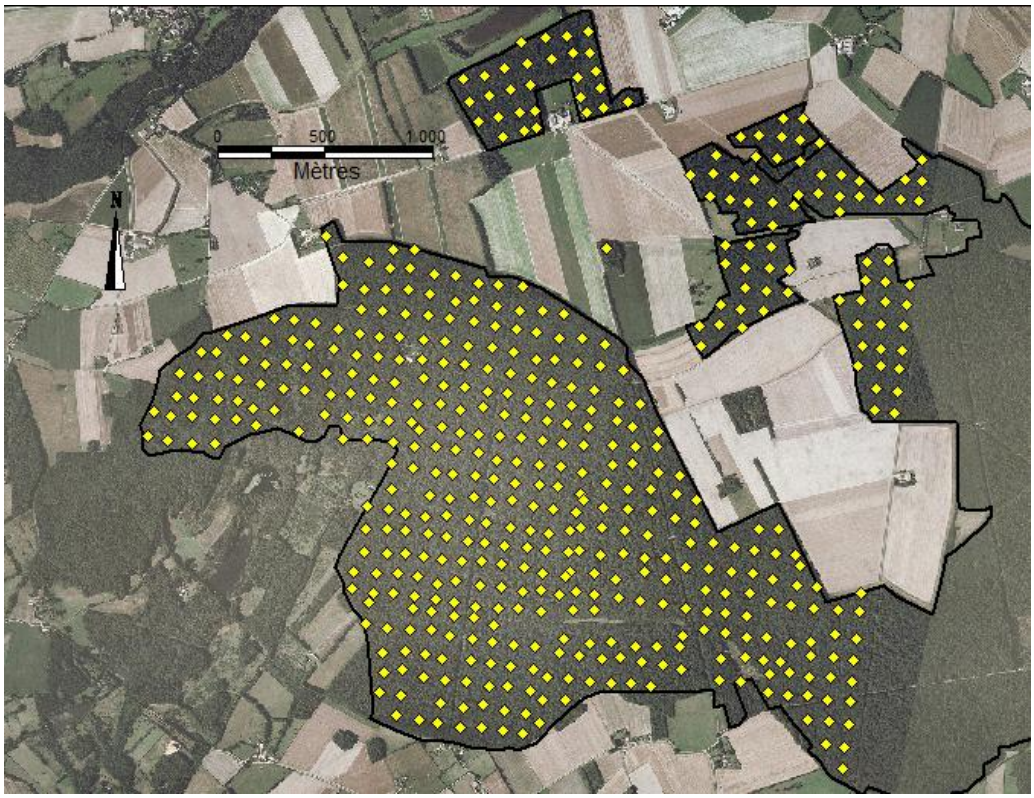
La grille de diagnostic évolue ainsi :

Transformation des effectifs / ha en effectifs / surface parcourue dans la grille de diagnostic

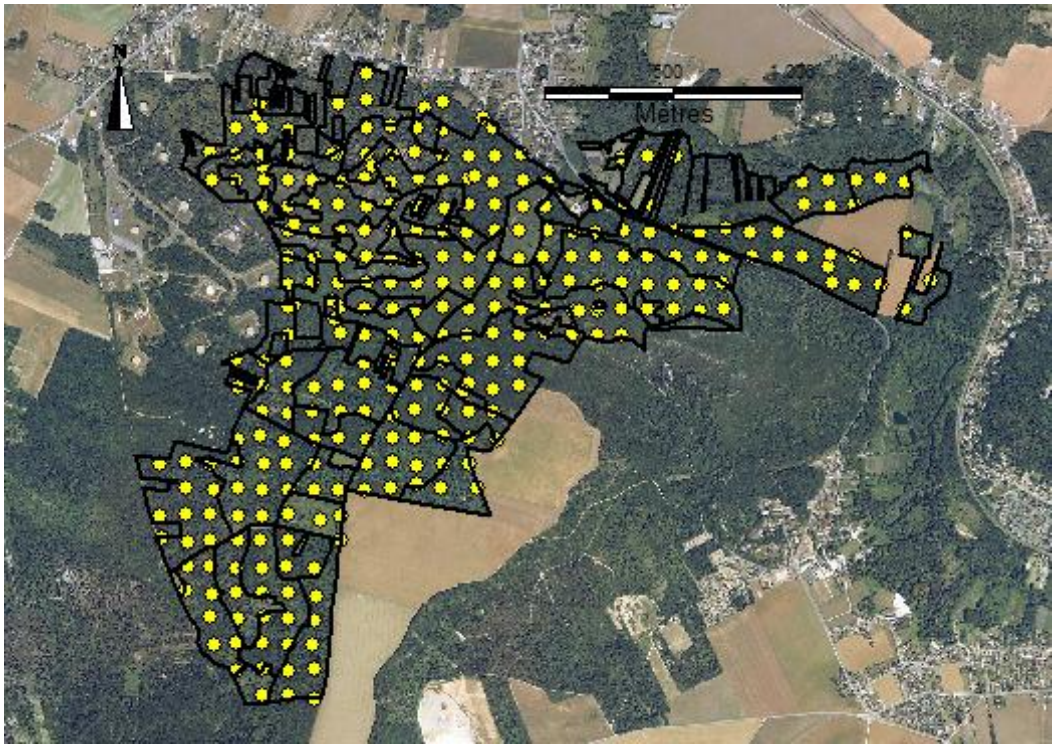
		Surface parcourue (en ha)	valeur = 0	valeur = 2	valeur = 5
A	Richesse en essences forestières autochtones		Pas de changement		
B	Structure verticale de la végétation		Pas de changement		
C et D	Bois mort sur pied de « grosse » circonférence Bois mort au sol de « grosse » circonférence	2,5	0 à 2 troncs	3 à 7 troncs	8 troncs et plus
		1	0 tronc	1 à 2 troncs	3 troncs et plus
		0,66	0 tronc	1 tronc	2 troncs et plus
		0,25	0 tronc	0 tronc	1 tronc et plus
E	Très gros bois vivants	2,5	0 à 2 pieds	3 à 12 pieds	13 pieds et plus
		1	0 pied	1 à 4 pieds	5 pieds et plus
		0,66	0 pied	1 à 3 pieds	4 pieds et plus
		0,25	0 pied	1 pied	2 pieds et plus
F	Arbres vivants porteurs de microhabitats	2,5	0 à 2 pied	3 à 14 pieds	15 pieds et plus
		1	0 pied	1 à 5 pieds	6 pieds et plus
		0,66	0 pied	1 à 3 pieds	4 pieds et plus
		0,25	0 pied	1 pied	2 pieds et plus
G	Milieux ouverts		Pas de changement		
H	Continuité temporelle de l'état boisé		Pas de changement		
I	Habitats aquatiques		Pas de changement		
J	Milieux rocheux		Pas de changement		

Annexe 5 : Carte des placettes mises en place sur les deux forêts étudiées

Bois Landry



Bois de Misery



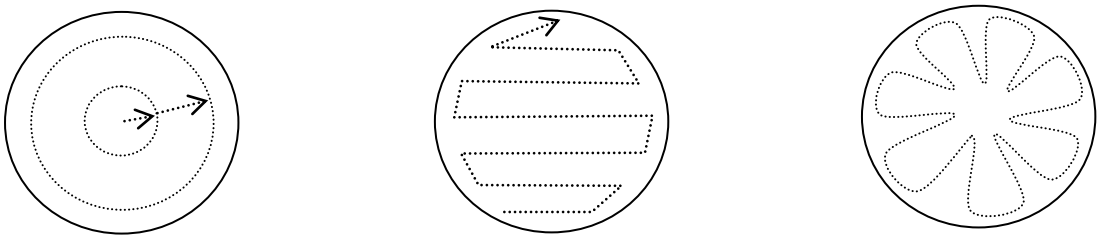
Annexe 6 : Protocole de relevé IBP par échantillonnage (Source : méthode d'évaluation de l'IBP – v3.0, P.GONIN et L.LARRIEU, 2011)

*** Parcours de la placette**

La placette sera parcourue de manière homogène, en virées régulières, en se détournant du cheminement pour aller voir les éléments remarquables. Dans les placettes circulaires, les virées peuvent être concentriques sur les terrains plats, parallèles aux courbes de niveau sur les terrains à forte pente, ou en étoile.

Parcours des placettes pour relever l'IBP

virées en cercles concentriques | virées parallèles | déplacement en étoile



*** Relevés de terrain**

Sur chaque placette, on remplira la fiche de description, en débutant par les rubriques d'informations générales, en particulier :

- n° de la version IBP,
- nom des descripteurs, date,
- localisation,
- description générale du peuplement (essences dominantes, structure élémentaire, couvert et phase sylvigénétique, âge, Ho, D…; voir annexe 1),
- surface des placettes et surface du peuplement,
- méthode d'évaluation : échantillonnage
- contexte de description :
  - . région : domaine atlantique - continental / région méditerranéenne
  - . étage de végétation : subalpin / planitiaire, collinéen ou montagnard / supra ou mésoméditerranéen
  - . fertilité de la station : moyennement fertile à très fertile / très peu à peu fertile

Pour chaque facteur, on ne déterminera pas les valeurs IBP à l'échelle des placettes, mais on relèvera les éléments qui permettront de calculer l'IBP à l'échelle du peuplement, après regroupement des placettes :

Facteurs	**Éléments à relever** – cas de placettes ≤ 1ha (se référer à la fiche pour la définition précise des facteurs)
A : Richesse des essences forestières autochtones	- relever les essences présentes (en différenciant les essences autochtones et exotiques). - indiquer le couvert libre[2] (C) des essences autochtones : C <10% ou ≥10%.
B : Structure verticale de la végétation	- relever les strates présentes (> 10 %) parmi : semi-ligneux + herbacés / ligneux < 7 m / ligneux 7 à 20 m / ligneux > 20m.
C : Densité des bois morts sur pied de « grosse » circonférence	- relever le nombre de tiges, plafonné à 3, quelle que soit la surface des placettes (ne pas noter au-delà, mais indiquer 3).
D : Densité des bois morts au sol de « grosse » circonférence	- relever le nombre de tiges, plafonné à 3, quelle que soit la surface des placettes (ne pas noter au-delà, mais indiquer 3).

[2] Couvert libre (d'après IFN) : couvert des houppiers des arbres qui ont accès direct à la lumière. Dans le facteur A, on relève le % de couvert libre relatif des essences autochtones qui est égal à la somme des couverts libres des essences autochtones rapportée au couvert absolu de tout le peuplement

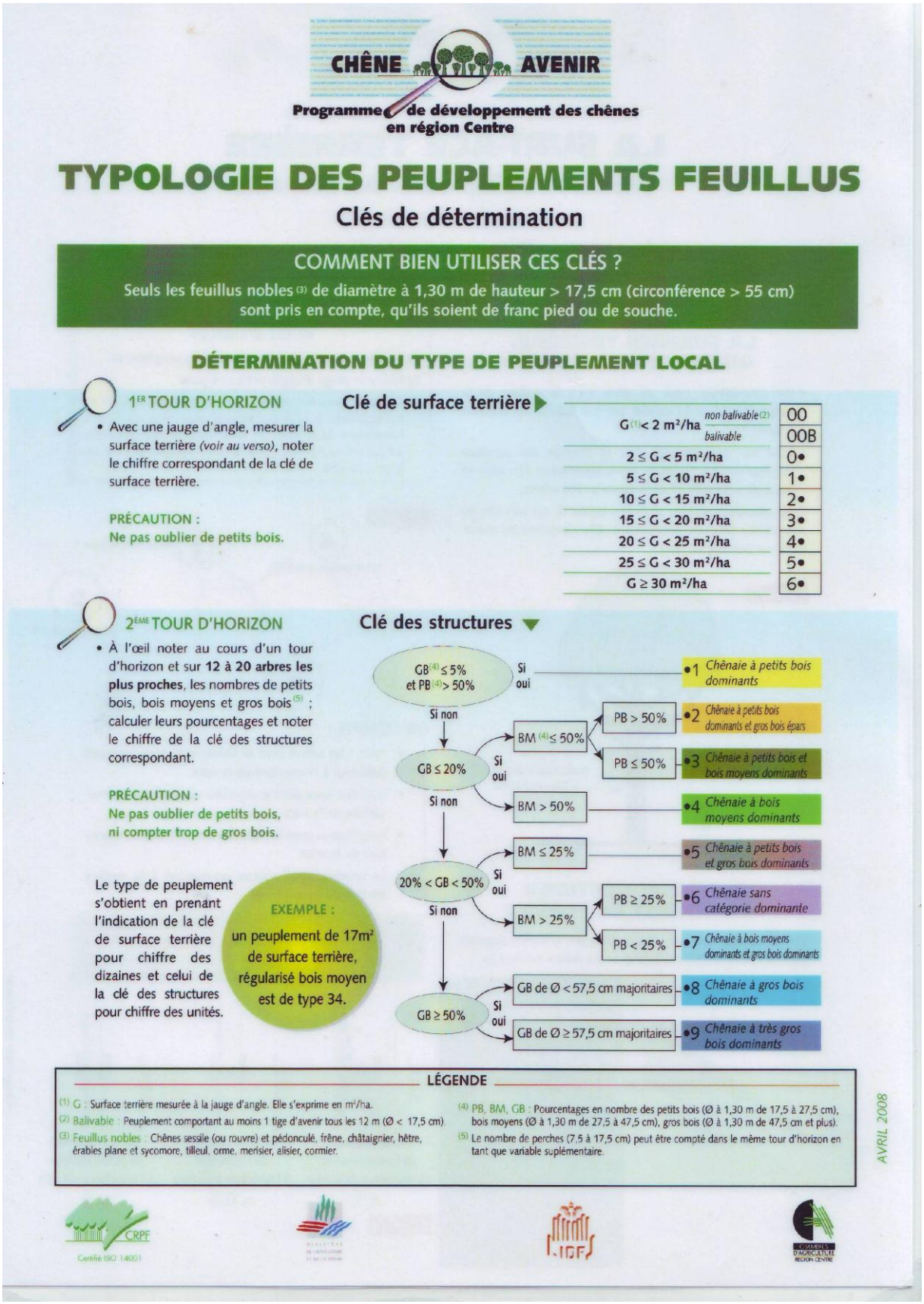
	- indiquer si le petit bois mort au sol (dimension inférieure au seuil retenu pour comptabiliser le bois mort de grosse circonférence) est absent.
E : Densité des très gros bois vivant	- relever le nombre de tiges, plafonné à 5, quelle que soit la surface des placettes (ne pas noter au-delà, mais indiquer 5).
F : Densité des arbres vivants porteurs de microhabitats	- relever le nombre de microhabitats (mh) par type de microhabitat, plafonné à 2 mh par type, quelle que soit la surface des placettes (ne pas noter au-delà, mais indiquer 2) ; par contre, ne pas plafonner le nombre de types de microhabitat.
G : Présence de milieu ouvert	- indiquer si on est dans le cas d'un peuplement clair avec une végétation de milieu ouvert. - si ce n'est pas le cas, indiquer la surface des trouées en m^2 (valeur non plafonnée) et la longueur des lisières (attention au cas particulier des chemins, voire grille de diagnostic ; données non plafonnées).
H : Continuité temporelle de l'état boisée	- noter des signes de discontinuité temporelle de l'état boisé (ancienne terrasse cultivée, bâtiment…).
I : Diversité des habitats aquatiques	- relever tous les types présents. - préciser les éventuels habitats aquatiques non listés.
J : Diversité des milieux rocheux	- relever tous les types présents. - préciser les éventuels milieux rocheux non listés.

Comptabilisation des **éléments situés en limite de placette** :

- une nouvelle essence est comptabilisée,
- les arbres morts sur pied, les TGB et les arbres vivants porteurs de microhabitats sont comptés pour ½,
- un bois mort au sol est compté pour un arbre si la longueur du tronc dans la placette est supérieure à 1 m et que le plus gros diamètre respecte le seuil indiqué dans la grille IBP,
- les milieux ouverts sont comptés pour la surface incluse dans la placette ; les lisières sont entièrement comptées, mais une seule fois (contrairement à un chemin formant lisière à l'intérieur du peuplement qui est compté comme deux lisières : une de part et d'autre du chemin),
- les habitats aquatiques et les milieux rocheux sont comptabilisés.

*** Durée : l'effort de prospection doit être standardisé** pour éviter de surestimer certains facteurs, le plus simple étant de fixer une durée de prospection maximale par placette. Il faut compter 10 à 15 min / placette à une personne (sans compter le temps de déplacement entre les placettes), selon la méthode utilisée, la visibilité du peuplement et la difficulté de circulation. Tenir compte d'une phase d'apprentissage pendant laquelle la durée est augmentée d'au moins 50 %.

Annexe 7 : Typologie des peuplements feuillus pour les régions Centre et Ile-de-France (source : CRPF de l'Ile-de-France et du Centre)



Annexe 8 : Modes de calcul de l'IBP à l'échelle d'un peuplement à partir d'un ensemble de placettes (Source : méthode d'évaluation de l'IBP – v3.0, P.GONIN et L.LARRIEU, 2011)

Facteurs	**Mode de calcul** (valable pour des placettes ≤ 1ha)
A : Richesse des essences forestières autochtones	Faire la liste complète des essences trouvées sur les placettes puis déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils. Si les placettes ayant plus de 10 % du couvert libre d'essences autochtones représentent moins de 10 % de la surface totale, alors la valeur est plafonnée à 2.
B : Structure verticale de la végétation	Faire la liste complète des strates trouvées sur les placettes. Si une strate est notée sur moins de 10 % de la surface totale des placettes regroupées, elle n'est pas comptabilisée. Déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.
C : Densité des bois morts sur pied de « grosse » circonférence	Plafonner le nombre de troncs sur chaque relevé (3 troncs pour une surface ≤ 1 ha). Faire la moyenne du nombre total de troncs du regroupement de placettes en le ramenant à l'hectare et déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.
D : Densité des bois morts au sol de « grosse » circonférence	Plafonner le nombre de troncs sur chaque relevé (3 troncs pour une surface ≤ 1 ha). Faire la moyenne du nombre total de troncs du regroupement de placettes en le ramenant à l'hectare et déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils, la valeur étant plafonnée à 2 si la surface des placettes ayant du petits bois morts au sol est < 25% de la surface totale des placettes.
E : Densité des très gros bois vivant	Plafonner le nombre d'arbres sur chaque relevé (5 tiges pour une surface ≤ 1 ha). Faire la moyenne du nombre total d'arbres du groupe de placettes en le ramenant à l'hectare et déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.
F : Densité des arbres vivants porteurs de microhabitats	Plafonner le nombre de microhabitats sur chaque relevé (2 microhabitats / type de microhabitats pour une surface ≤ 1 ha, le nombre de types de microhabitats n'étant pas plafonné). Faire la somme des microhabitats par groupe de placettes et par type de microhabitat, ramener les valeurs à l'ha et plafonner de nouveau (2 microhabitats / ha / type de microhabitats, le nombre de types de microhabitats n'étant pas plafonné). Pour un même groupe de placettes, sommer le nombre des microhabitats des différents types, puis déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.
G : Présence de milieu ouvert	Calculer la somme des surfaces ouvertes dans les placettes classées en peuplement clair, en leur attribuant un taux d'ouverture de 25 %, puis le % de ces ouvertures par rapport à la surface totale des placettes. Dans les autres placettes, calculer d'une part la somme des surfaces de milieux ouverts, puis leur % par rapport à la surface totale des placettes, et d'autres part la somme des longueurs de lisières, puis convertir en % avec la surface totale des placettes (50 m / ha = 1 %). Additionner les trois % et déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.
H : Continuité temporelle de l'état boisée	A l'échelle du peuplement, si les valeurs sont homogènes, on conserve la valeur. Dans le cas où les valeurs sont hétérogènes, la valeur 2 est attribuée (car on est alors en présence d'un peuplement partiellement défriché).
I : Diversité des habitats aquatiques	Faire la liste complète des types d'habitats aquatiques trouvés sur les placettes puis déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.
J : Diversité des milieux rocheux	Faire la liste complète des types de milieux rocheux trouvés sur les placettes puis déterminer la valeur (0 2 5) en fonction des seuils.

Annexe 9 : Questions diverses sur les relevés de terrain pour l'IBP

Date	Question	Réponse
14/01/2011	Pour les facteurs C, D, E et F, les relevés par virées n'étant pas exhaustifs, est-il judicieux de diviser le nombre d'éléments trouvés par la surface totale du peuplement ?	Oui, car les valeurs des seuils permettant de noter l'IBP prennent en compte cet aspect de non exhaustivité.
14/01/2011	Doit-on relever toutes les trouées de taille suffisante et inférieure à 1,5 fois H0 ?	Non, relever uniquement les trouées où on observe un changement important de végétation par rapport au reste du peuplement (abondance de la ronce, espèce de lumière comme la digitale,…)
14/01/2011	Concernant la valeur de 1 % de milieux ouverts pour 50 m de lisière par ha : comment est-elle calculée ? Doit-on faire un simple ratio ? Exemple : 75 m/ha = 1,5 % ?	Oui.
14/01/2011	Un broussin et une loupe ne devraient-ils pas être pris en compte dans l'IBP ?	Non, ils n'ont pas d'intérêt particulier du point de vue de la biodiversité.
14/01/2011	Deux tiges jumelles séparées au dessus de 1,30 m font plus de 70 cm à 1,30m doit-on considérer qu'il s'agit d'un très gros bois ?	Non, car l'âge de l'arbre est bien l'âge des deux tiges qui se séparent au dessus de 1,30m.
21/01/2011	Pour les peuplements très clairs avec de nombreuses trouées (peuplements passés récemment en coupe), peut-on à l'appréciation, dire que l'ouverture dépasse les 5% et lui mettre 2 au facteur G ?	Oui.
21/01/2011	Comment classer les dégâts de gibier sur les tiges (frottements notamment) ?	Dans les plages de bois sans écorce ou dans les décollements d'écorce selon les cas.
21/01/2011	Une grosse grume faisant de grande longueur doit-elle compter pour un seul individu en bois mort au sol ? Qu'en est-il si elle est coupée en billons ?	On comptabilise un seul individu quelle que soit sa taille. On distingue les billons seulement s'ils présentent des stades de décomposition différents.
21/01/2011	Un arbre mort, en appui sur des arbres voisins, doit-il être considéré comme un bois mort sur pied ?	Oui.
28/01/2011	Si un arbre mort comporte une chandelle sur pied de 4-5m de haut et une partie de bois mort au sol, doit on compter à la fois un bois mort au sol ET un bois mort sur pied ?	Oui si les deux parties dépassent 120 cm de circonférence.
28/01/2011	Si un arbre possède une grosse branche charpentière brisée mais se trouvant en bas de la tige et ne faisant pas partie du houppier "vivant", la prend-on en compte ?	Oui.
07/06/2011	On ne prend pas en compte les bois morts de diamètre inférieur à 40 cm, par contre on comptabilise tous les microhabitats sur arbre vivant, quel que soit leur diamètre. Est-ce logique ? (cas notamment des bois avec plus de 20% de bois mort dans le houppier : doit-on vraiment compter les arbres de faible diamètre, par exemple les brins de taillis ?)	Réflexion en cours.
07/06/2011	Doit-on compter le robinier dans les essences autochtones ?	Non. On ne prend pas en compte les essences introduites depuis moins de 200 ans, comme le robinier, le pin laricio hors Corse, l'épicéa, le douglas… Le pin sylvestre ayant été introduit dans la région de Fontainebleau il y a moins de 200 ans, il n'est pas considéré comme autochtone sur le Bois de Misery. Par contre, le châtaignier et le maronnier ont été introduits dans l'Antiquité, donc on les comptabilise.
08/06/2011	Si, au sein d'une forêt ancienne, une parcelle a été touchée par un incendie, le peuplement qui s'est installé ensuite doit-il être considéré comme appartenant à une forêt ancienne ?	Réflexion en cours. Garder une note de 5 pour l'instant.
24/06/2011	Cas d'un peuplement situé dans du chaos gréseux ou sur une platière : le couvert forestier n'est pas continu, on a parfois que de la roche ou de la callune. Doit on considérer qu'il s'agit d'un peuplement clair (note G=2) ou bien qu'il n'y a aucun apport pour la biodiversité (note 0) ? La limite entre ce peuplement et ses voisins doit-elle être considérée comme une lisière pour ces derniers ?	Si on a de la callune : considérer que le milieu est ouvert (note de 2), car elle fleurira davantage dans ces milieux clairs. Si on a que de la fougère, pas d'intérêt pour la biodiversité donc la note est de 0.
29/06/2011	Pour les peuplements peu productifs de chaos et de platières, doit-on prendre les mêmes seuils qu'au subalpin pour tous les facteurs ?	Non. On prend les seuils subalpin pour le diamètre des TGB et des bois morts, mais on ne change rien pour les essences et les milieux ouverts.

Annexe 10 : Test sur le terrain de l'existence d'un effet apprentissage de la méthode de relevé par virées, sur deux sous parcelles du Bois Landry

sous parcelle	49b (premier passage)		49b (second passage)	
A (essences)	chêne, bouleau, tremble, charme, hêtre	5	chêne, bouleau, tremble, charme, hêtre, merisier, alisier	5
B (strates)	herbacée, < 7 m, > 20 m	2	herbacée, < 7 m, > 20 m	2
C (bois morts sur pied)	5	0	5	0
D (bois morts au sol)	1	0	1	0
E (très gros bois)	8	0	35	2
F (microhabitats)	37	2	32	2
G (milieux ouverts)	< 1 %	2	< 1 %	2
IBPgestion	11/35 (31 %)		13/35 (37 %)	
H (ancienneté)	oui	5	oui	5
I (habitats aquatiques)	aucun	0	aucun	0
J (milieux rocheux)	aucun	0	aucun	0
IBPcontexte	5/15 (33 %)		5/15 (33 %)	

sous parcelle	50a (premier passage)		50a (second passage)	
A (essences)	chêne, charme, bouleau	2	chêne, charme, bouleau, tremble, merisier	5
B (strates)	herbacée, < 7 m, > 20 m	2	herbacée, < 7 m, > 20 m	2
C (bois morts sur pied)	0	0	2	0
D (bois morts au sol)	2	0	2	0
E (très gros bois)	5	0	30	2
F (microhabitats)	23	2	26	2
G (milieux ouverts)	0	0	0	0
IBPgestion	6/35 (17 %)		11/35 (31 %)	
H (ancienneté)	oui	5	oui	5
I (habitats aquatiques)	mare	2	mare	2
J (milieux rocheux)	aucun	0	aucun	0
IBPcontexte	7/15 (47 %)		7/15 (47 %)	

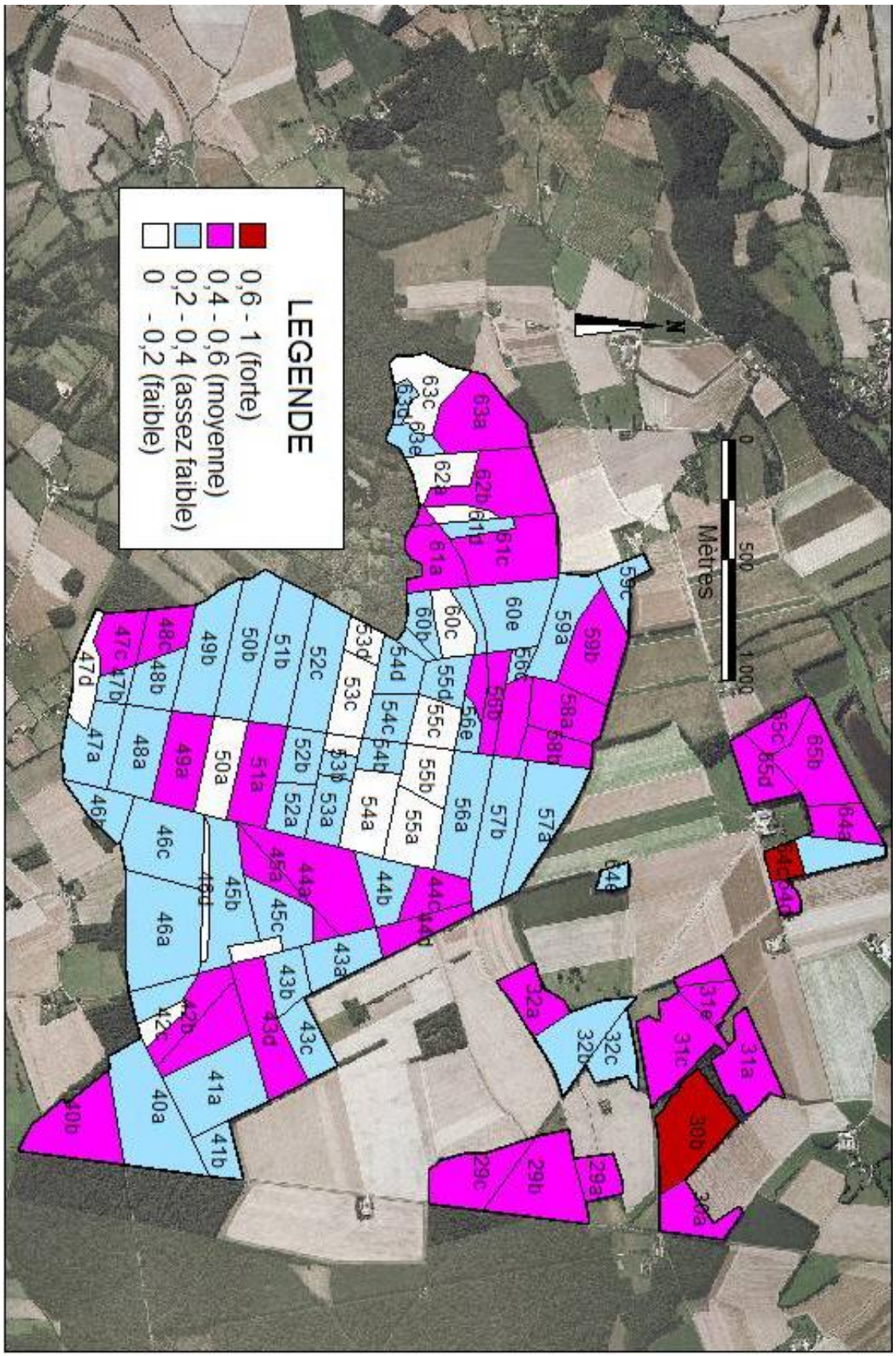
Annexe 11 : Test de comparaison de la méthode par échantillonnage avec une référence (inventaire en plein)

Ce test a été effectué sur la sous-parcelle 51a de la forêt du Bois Landry.

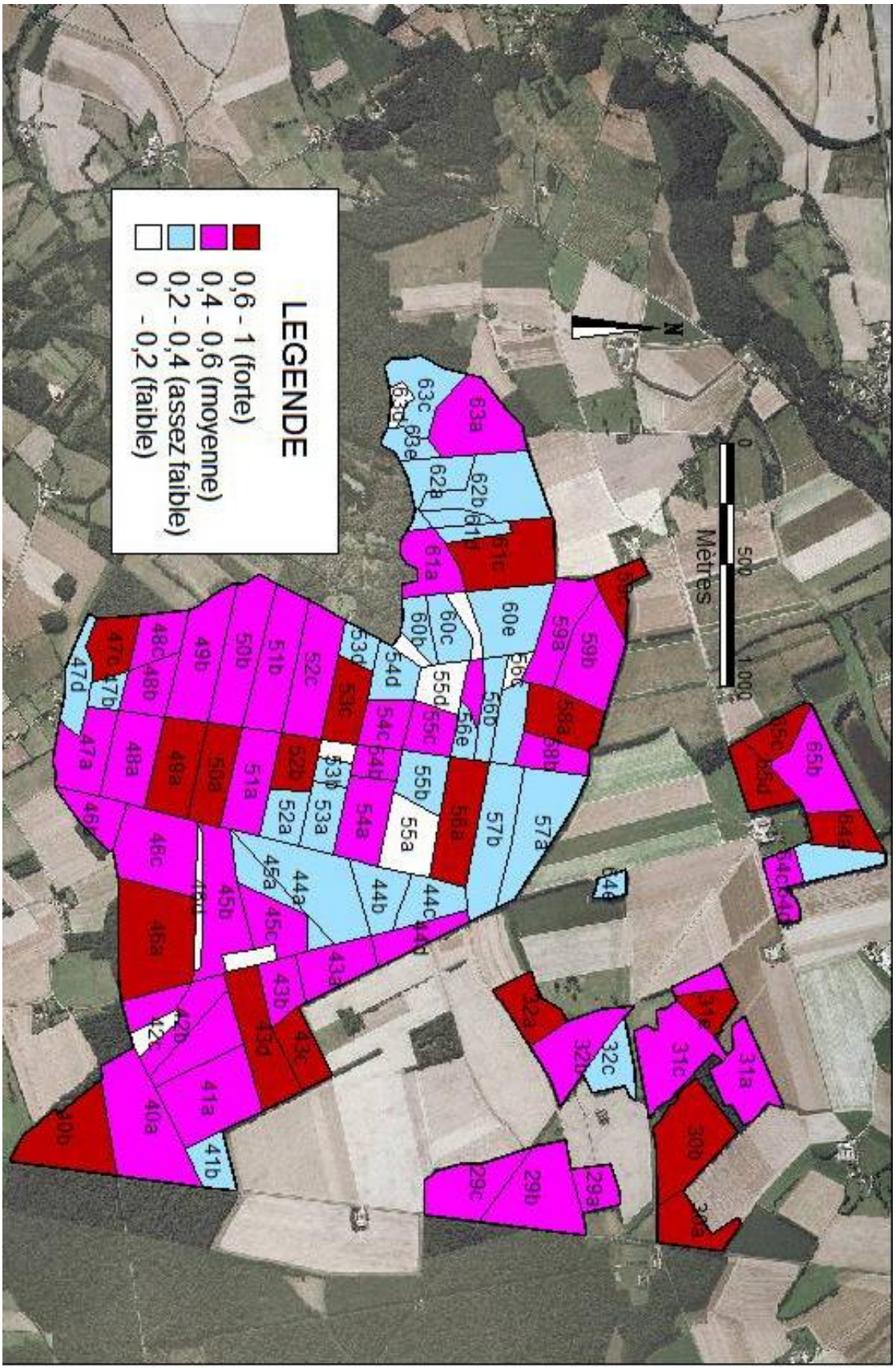
méthode	échantillonnage			inventaire en plein		
surface prospectée	1,4 ha (7 placettes de 0,20 ha)			7,1 ha		
A (Essences)	chêne, bouleau, tremble, charme, alisier, pommier		5	chêne, bouleau, tremble, charme, alisier, pommier, hêtre, châtaignier, pin sylvestre		5
B (Strates)	herbacée, < 7 m, > 20 m		2	herbacée, < 7 m, > 20 m		2
	nombre	nombre/ha	note	nombre	nombre/ha	note
C (bois morts sur pied)	2	1,5/ha	2	3	0,4/ha	0
D (bois morts au sol)	0	0/ha	0	1	0,1/ha	0
E (très gros bois)	9	6,6/ha	5	39	5,5/ha	5
cavité au pied	0	0/ha		1	0,1/ha	
trou de pic et cavité vide	4	plafonné à 2/ha		5	0,7/ha	
dendrotelme	0	0/ha		0	0/ha	
fente ou décollement	1	0,7/ha		7	1/ha	
plus de 20 % de branche mortes	0	0/ha		14	2/ha	
cime ou grosse branche brisée	1	0,7/ha		7	1/ha	
lierre	5	plafonné à 2/ha		90	plafonné à 2/ha	
grande plage de bois apparent	0	0/ha		6	0,8/ha	
champignon ou coulée de sève	0	0/ha		2	0,3/ha	
F (microhabitats)	11	5,4/ha	2	132	7,9/ha	5
G (milieux ouverts)	> 5 %		2	> 5 %		2
IBPgestion	18/35 (51 %)			19/35 (54 %)		
H (ancienneté)	oui		5	oui		5
I (habitats aquatiques)	aucun		0	aucun		0
J (milieux rocheux)	aucun		0	aucun		0
IBPcontexte	5/15 (33 %)			5/15 (33 %)		

En termes de notes, les résultats sont identiques sauf pour les facteurs C (bois mort sur pied) et F (microhabitats). Le nombre de bois morts sur pied est ici surestimé par l'échantillonnage car 2 des 3 bois morts sur pied présents sur la sous parcelle sont observés sur des placettes. A l'inverse, le nombre de microhabitats est ici sous-estimé par échantillonnage. Ce test ne permet pas de tirer de conclusions générales sur la méthode mais témoigne du risque de trouver des résultats s'écartant de la réalité.

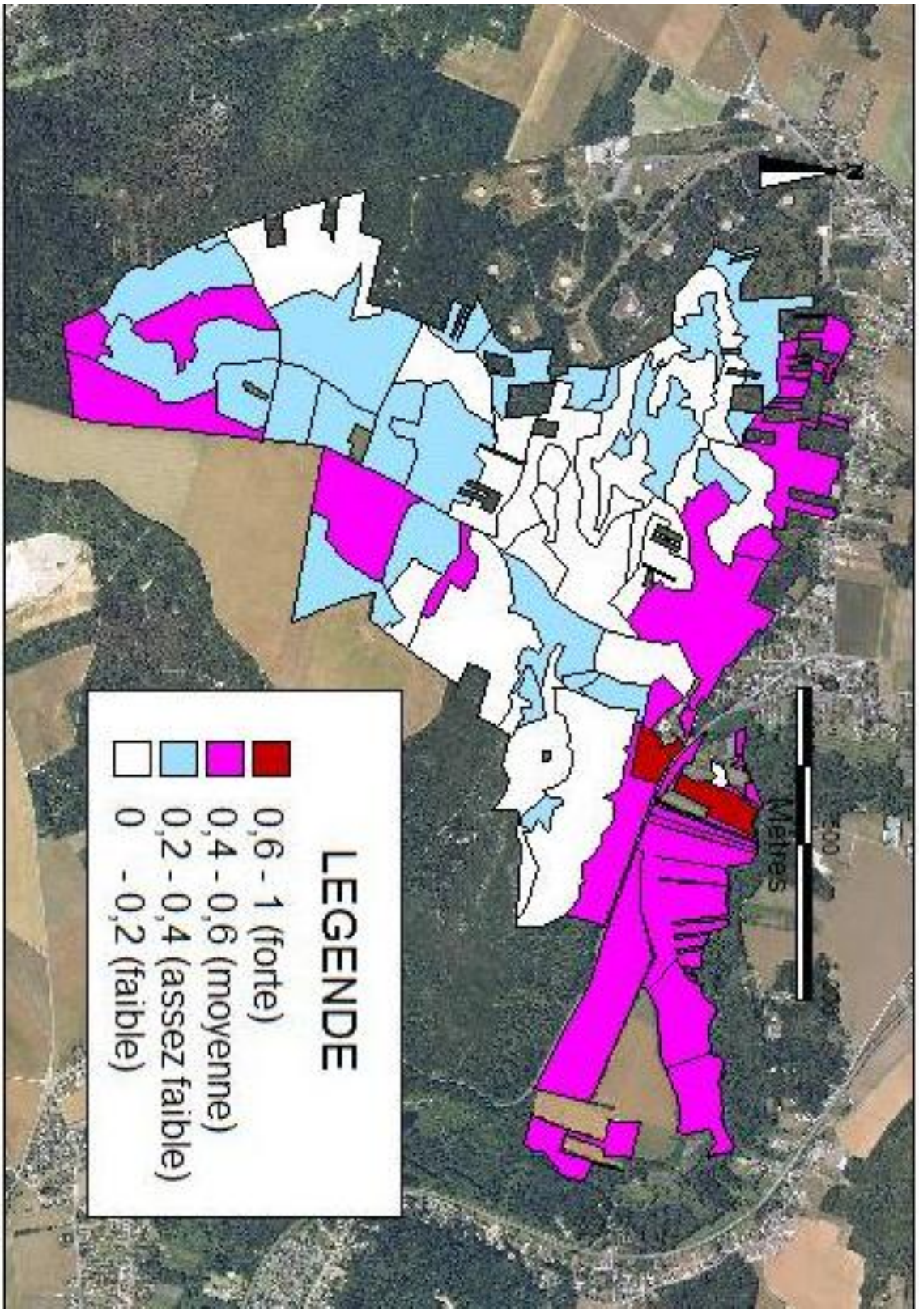
Annexe 12 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois Landry (Méthode par virées)



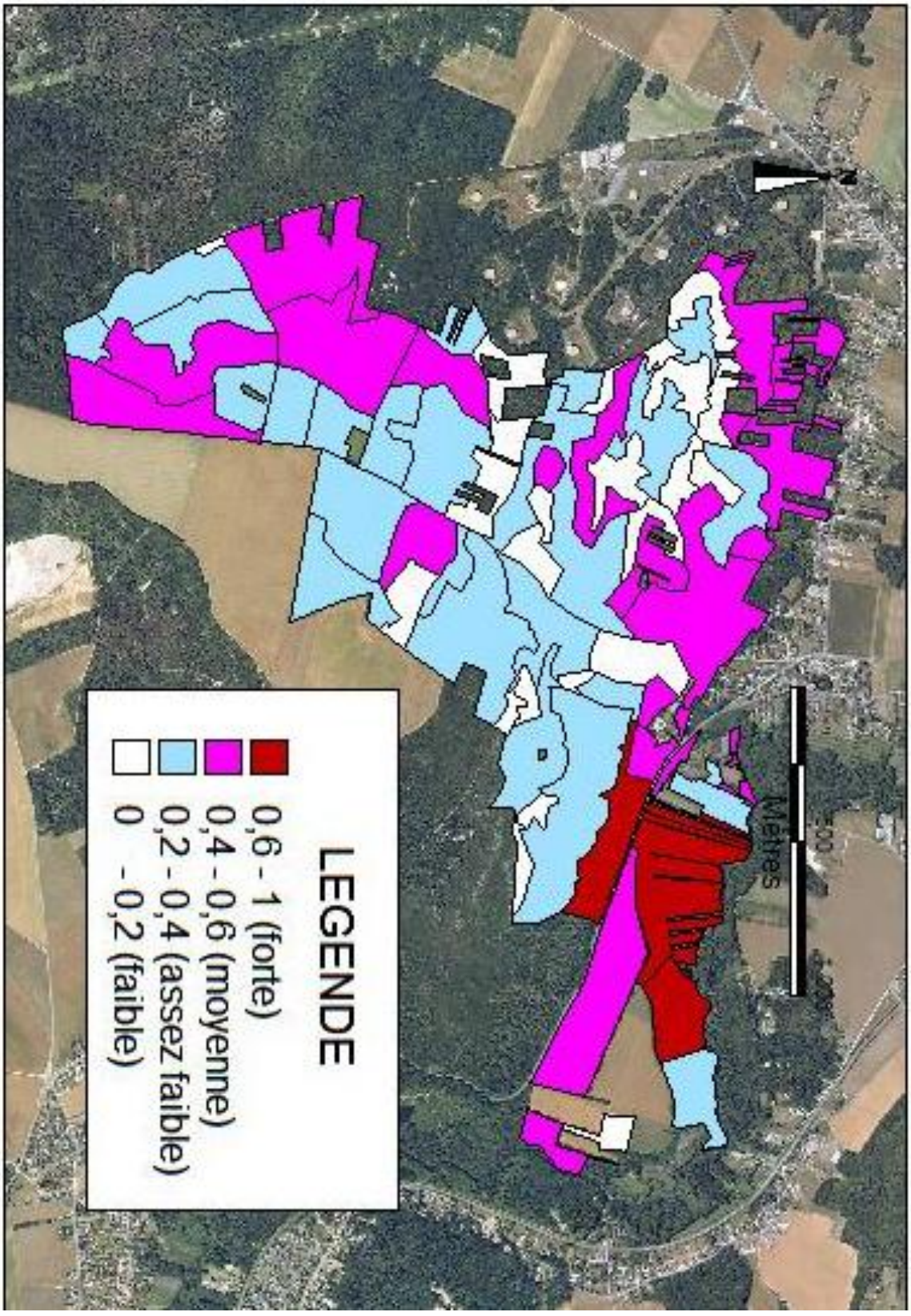
(Méthode par échantillonnage)



Annexe 13 : Biodiversité potentielle liée à la gestion sur le Bois de Misery (Méthode par virées)



(Méthode par échantillonnage)



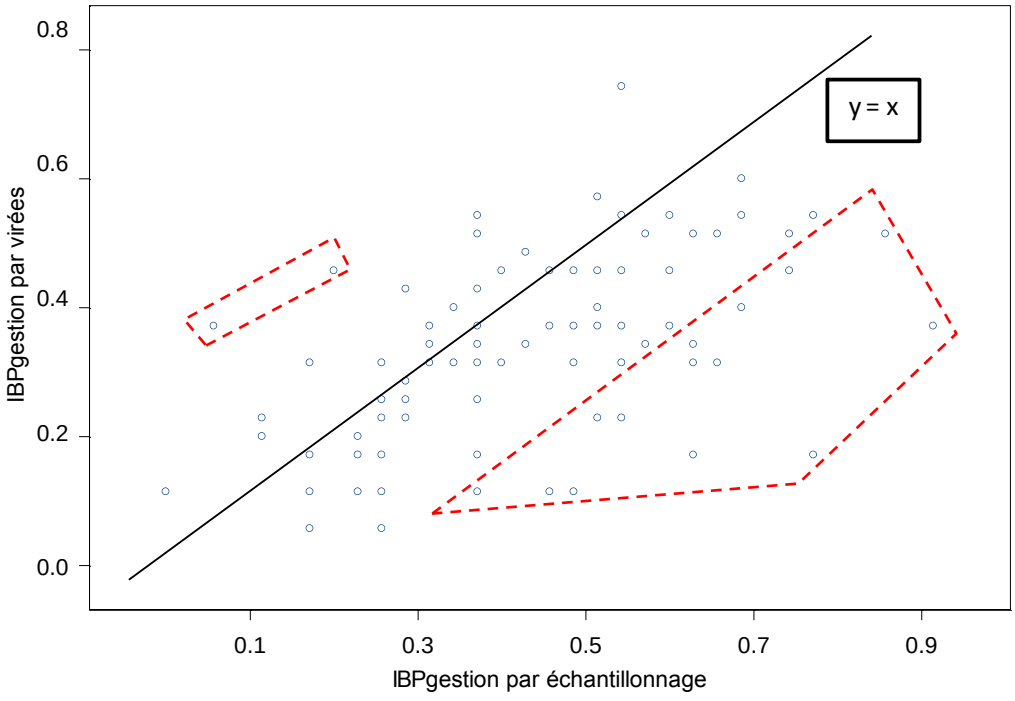
Annexe 14 : Régressions linéaires sur les notes IBPgestion peuplement obtenues avec les méthodes par virées et par échantillonnage

L'objectif poursuivi est de déterminer la nature de la relation entre les notes obtenues par les deux méthodes, afin de voir s'il existe des différences significatives et le cas échéant pour estimer l'importance de cette différence. On souhaite exprimer la valeur d'IBP lié à la gestion calculée à l'aide d'une méthode en fonction de la valeur obtenue avec la seconde méthode. L'idéal serait d'établir une relation du type :

Relation 1 : *IBPvirées = a * IBPéchantillonnage + b + epsilon*

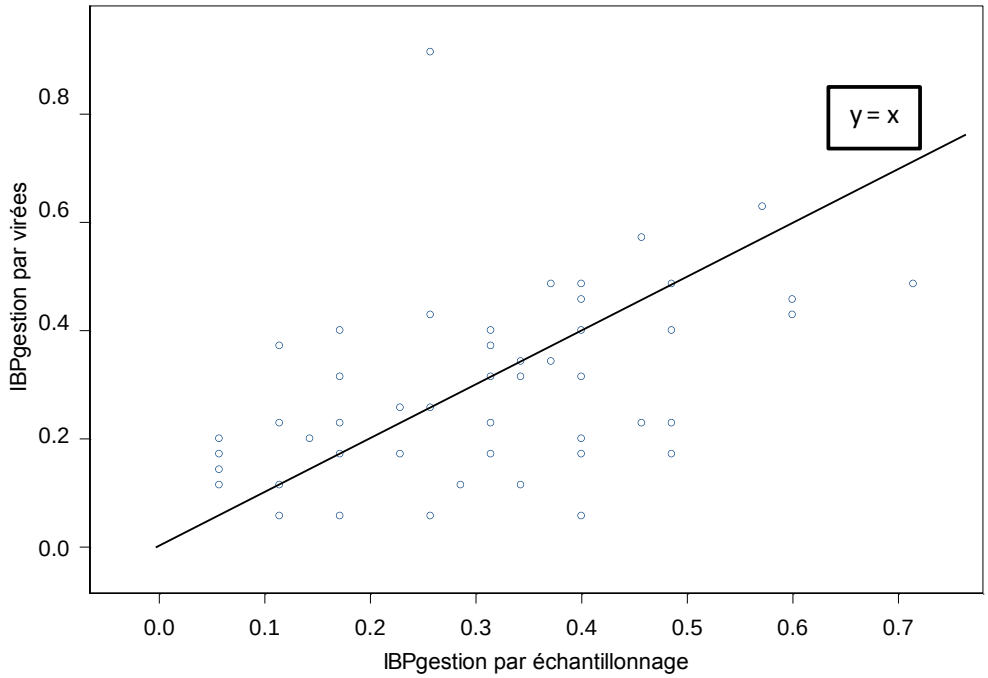
Dans le cas où les deux méthodes donneraient des résultats similaires, la valeur du coefficient *a* se rapprocherait de 1, tandis que celle de *b* tendrait vers 0. Pour chaque forêt, on commence par évaluer la pertinence de cette hypothèse en traçant la relation correspondante. Les graphiques suivants représentent le positionnement des notes de chaque peuplement autour de la droite d'équation y = x. Chaque point correspond à la note IBPgestion d'un peuplement.

Relation entre les notes IBPgestion des deux méthodes de relevé (Bois Landry) :



Le nuage de points obtenu pour le Bois Landry est très étalé. Si on distingue globalement une augmentation de la valeur de la note IBPgestion par virées qui suit celle de la méthode par échantillonnage, cette relation est loin d'être nette. Une part non négligeable des peuplements (quinze à vingt, en rouge) présentent des résultats très différents, surtout dans le sens d'une sous-estimation des virées. En outre, la majeure partie des points sont situés sous la droite y = x, ce qui signifie que la note par virées est inférieure à la note par échantillonnage pour la majorité des peuplements.

Relation entre les notes IBPgestion des deux méthodes de relevé (Bois de Misery) :



La relation entre les notes semble plus nette pour le Bois de Misery. Bien que le nuage de points demeure assez étalé, leur profil semble se rapprocher davantage d'une relation de type linéaire. La répartition des points autour de la droite y = x semble de plus relativement équilibrée.

On réalise ensuite une régression linéaire entre les données IBPvirées et IBPéchantillonnage. Cette régression permet d'établir une relation du type de la relation 1 et de donner la valeur des coefficients correspondants. Les hypothèses posées sont les suivantes (pour chacun des deux coefficients a et b) :
H0 : « a » = 0
H1 : « a » est différent de 0

Les probabilités critiques des tests sont nulles. Les coefficients a et b sont donc significativement différents de 0 pour les deux forêts, ce qui était prévisible.

On obtient les relations suivantes :

Bois Landry :	IBPvirées = 0,40 * IBPéchantillonnage + 0,17 + epsilon

Bois de Misery :	IBPvirées = 0,48 * IBPéchantillonnage + 0,14 + epsilon

Ces relations sont difficiles à interpréter en l'état. Aucune raison ne justifie a priori que la valeur du coefficient b soit nettement différente de 0. Les valeurs de 0,17 et 0,14 obtenues pour b n'ont pas de signification du point de vue écologique ou méthodologique. Bien que cette constante soit d'après la régression significativement différente de 0, on décide de lui attribuer la valeur zéro et de réaliser une nouvelle régression. On obtient alors de nouvelles relations.

Bois Landry :	IBPvirées = 0,73 * IBPéchantillonnage + epsilon

Bois de Misery :	IBPvirées = 0,86 * IBPéchantillonnage + epsilon

Ces relations démontrent que la note d'IBPgestion par virées est généralement inférieure à celle par échantillonnage pour les deux forêts. L'écart atteindrait presque 27 % de la note pour le Bois Landry, contre 14 % pour le Bois de Misery.

Ces relations sont toutefois fragiles compte-tenu de la variabilité des résultats, qui génère une forte erreur standard résiduelle pour le test. Si elles permettent de soutenir l'hypothèse d'une différence significative entre les deux méthodes, avec une supériorité de la note obtenue par échantillonnage, la quantification de cette différence reste très approximative.

La validité des résultats trouvés est de plus soumise aux hypothèses de la régression linéaire : indépendance des résidus, homogénéité de la variance et normalité des distributions. Quelques tests standards montrent que ces hypothèses ne sont généralement pas vérifiées. La nature des données dont nous disposons ne permet pas d'obtenir des résultats fiables par régression linéaire. Il est nécessaire d'utiliser des tests non paramétriques.

Annexe 15 : Résultats des tests des rangs signés de Wilcoxon sur les notes IBPgestion peuplement

Cette méthode consiste à tester l'existence ou non d'une différence significative entre les notes IBPgestion obtenues avec les méthodes par virées et par échantillonnage.

Test de Wilcoxon sur les notes IBPgestion du Bois Landry :

Test bilatéral :

```
        Wilcoxon signed-rank test

data:  x: IBPgestionV in Total.Bois.Landry , and y: IBPgestion in Total.Bois.Landry
signed-rank normal statistic with correction Z = -5.5244, p-value = 0
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Test unilateral :

```
        Wilcoxon signed-rank test

data:  x: IBPgestionV in Total.Bois.Landry , and y: IBPgestion in Total.Bois.Landry
signed-rank normal statistic with correction Z = -5.5244, p-value = 0
alternative hypothesis: true mu is less than 0
```

La probabilité critique (« p-value ») des deux tests est inférieure à 0,05 : ils sont donc significatifs. La note IBPgestion de la méthode par virées est significativement inférieure à celle de la méthode par échantillonnage.

Test de Wilcoxon sur les notes IBPgestion du Bois de Misery :

Test bilatéral :

```
        Wilcoxon signed-rank test

data:  x: IBPgestionV in Total.Misery , and y: IBPgestion in Total.Misery
signed-rank normal statistic with correction Z = -0.9154, p-value = 0.36
alternative hypothesis: true mu is not equal to 0
```

Test unilatéral :

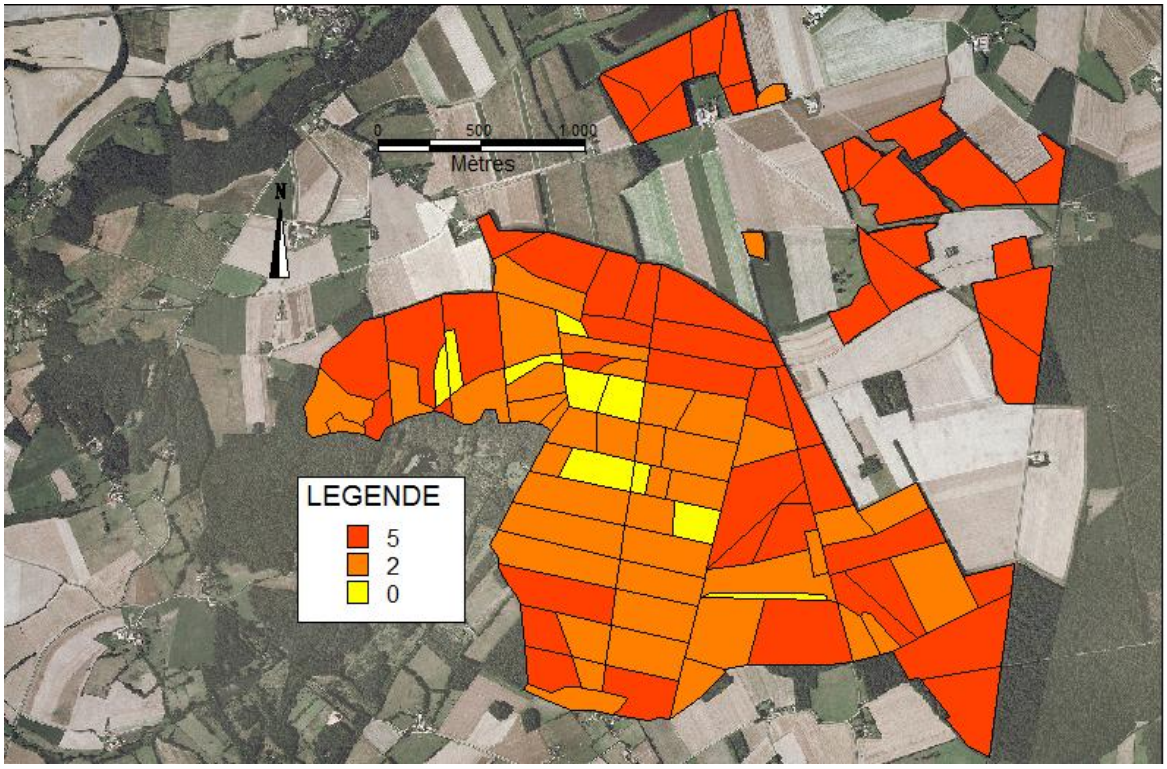
```
        Wilcoxon signed-rank test

data:  x: IBPgestionV in Total.Misery , and y: IBPgestion in Total.Misery
signed-rank normal statistic with correction Z = -0.9154, p-value = 0.18
alternative hypothesis: true mu is less than 0
```

La probabilité critique (« p-value ») des deux tests est supérieure à 0,05 : ils sont donc non significatifs. Les notes IBPgestion des deux méthodes ne sont pas significativement différentes.

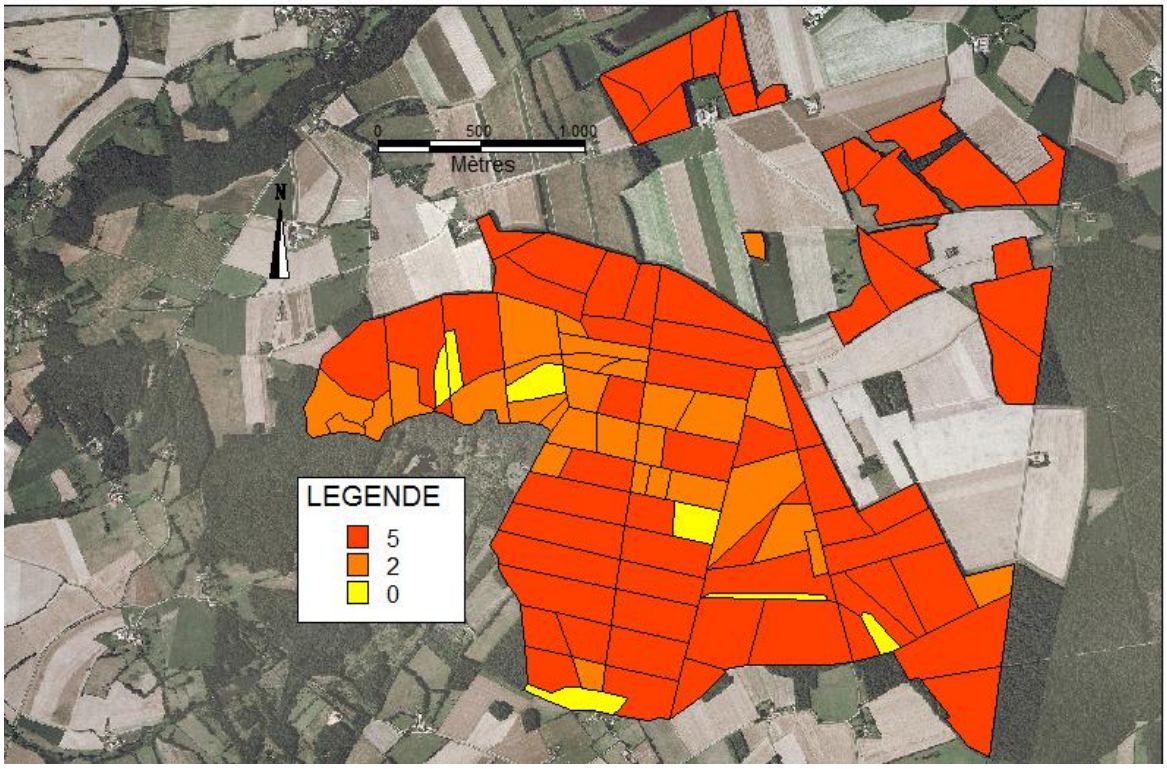
Annexe 16 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié à la gestion) pour les peuplements du Bois Landry

<u>Facteur A (diversité en essences forestières autochtones)</u>

Méthode par virées

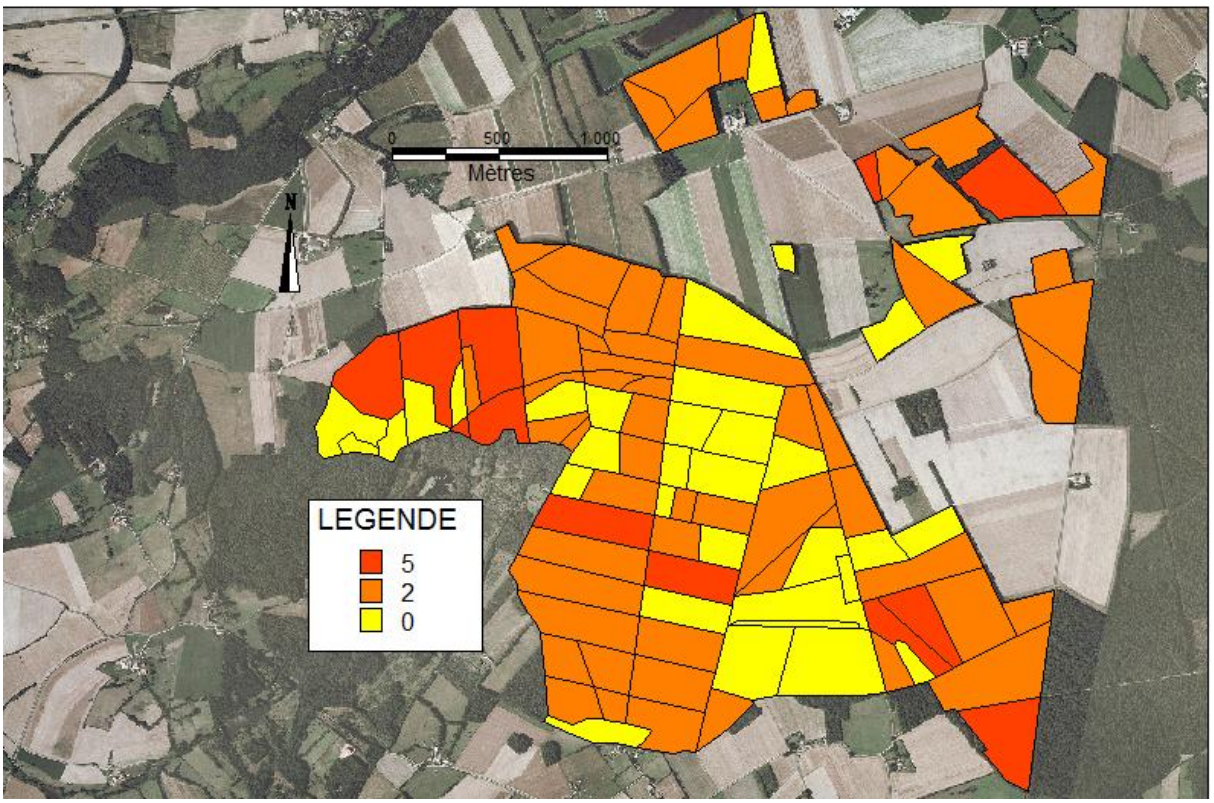


Méthode par échantillonnage

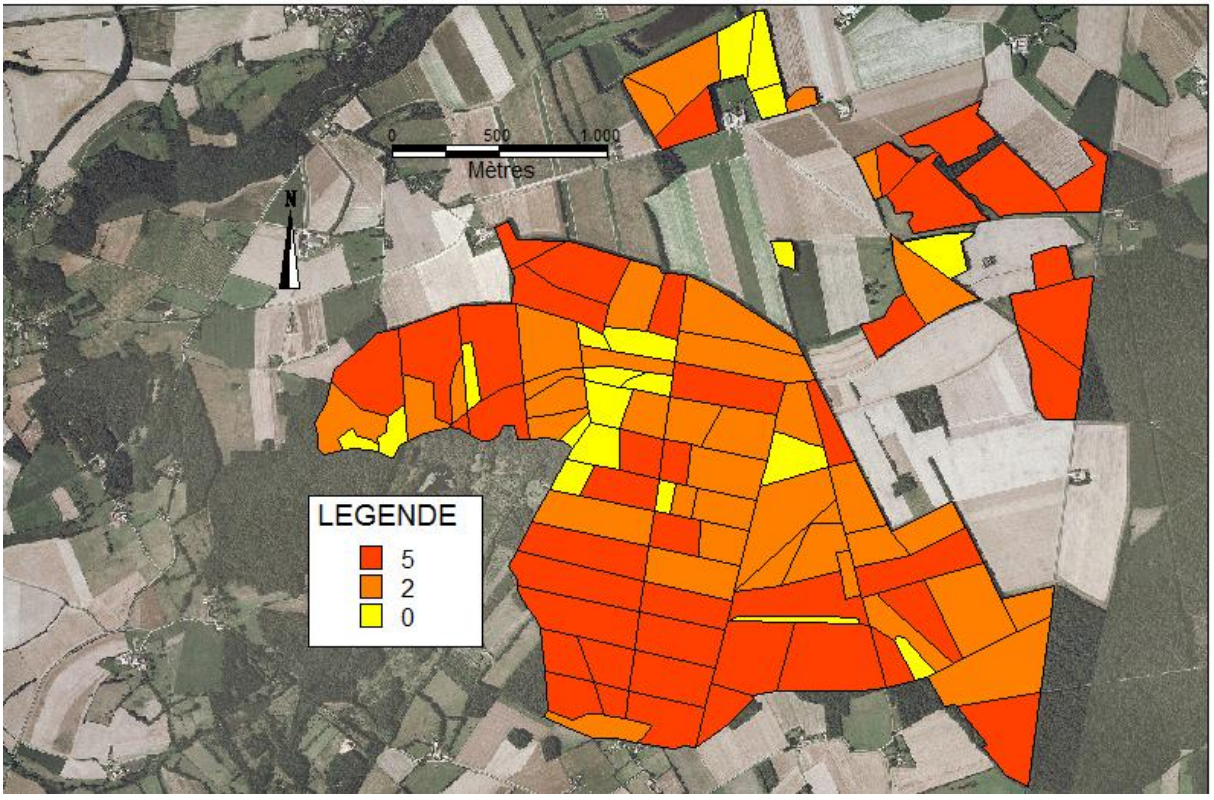


Facteur B (structure verticale de la végétation)

Méthode par virées

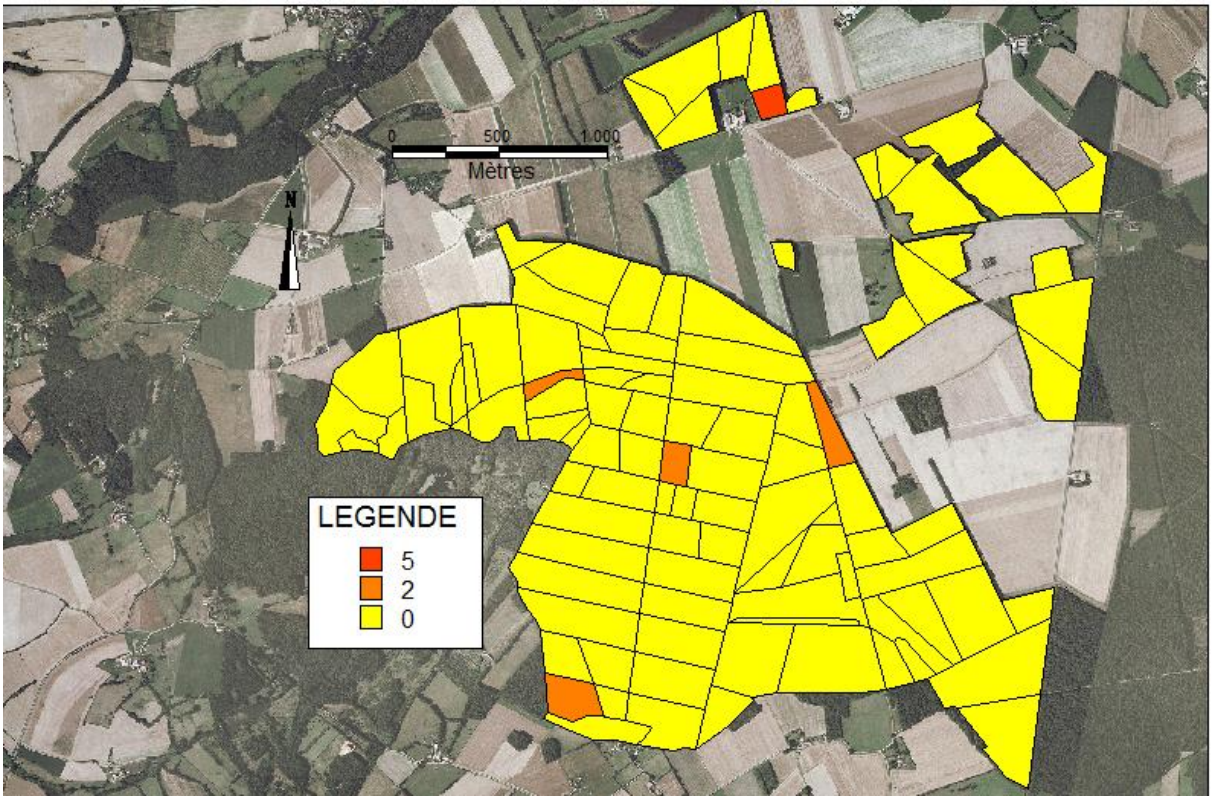


Méthode par échantillonnage

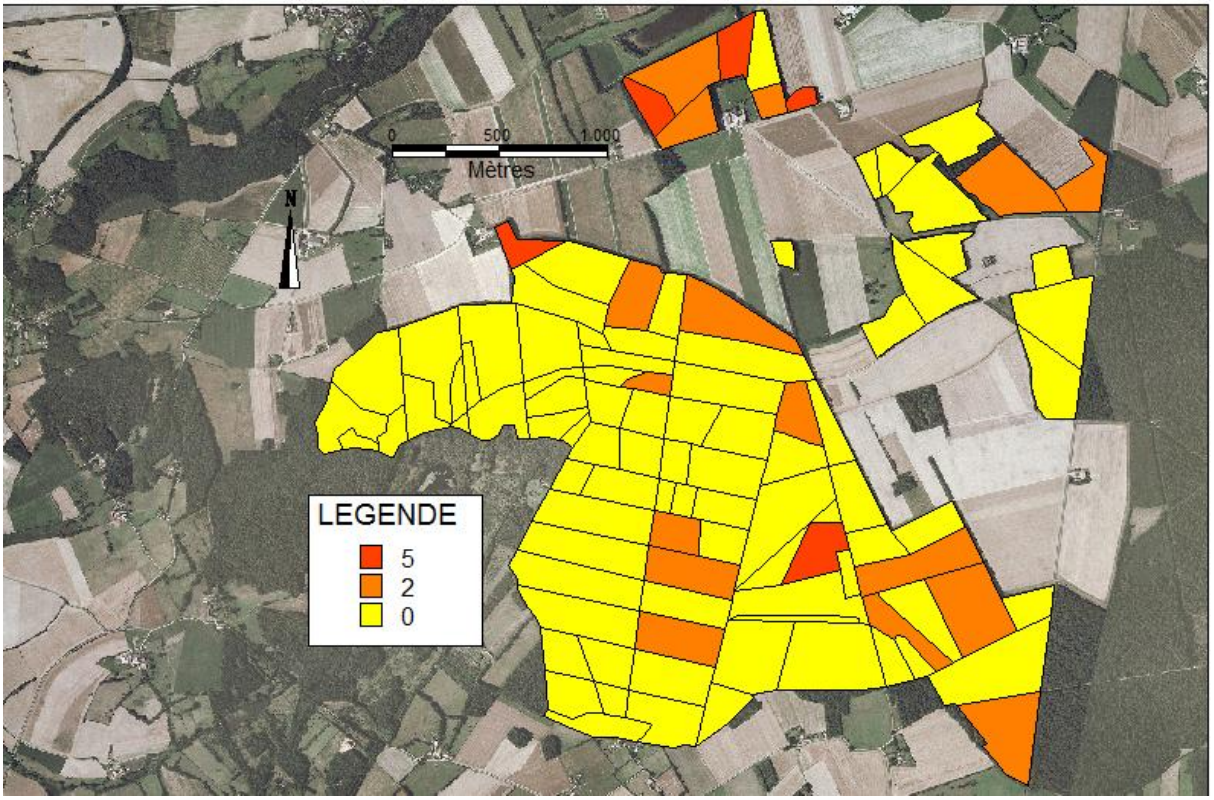


Facteur C (bois morts sur pied de grosse dimension)

Méthode par virées

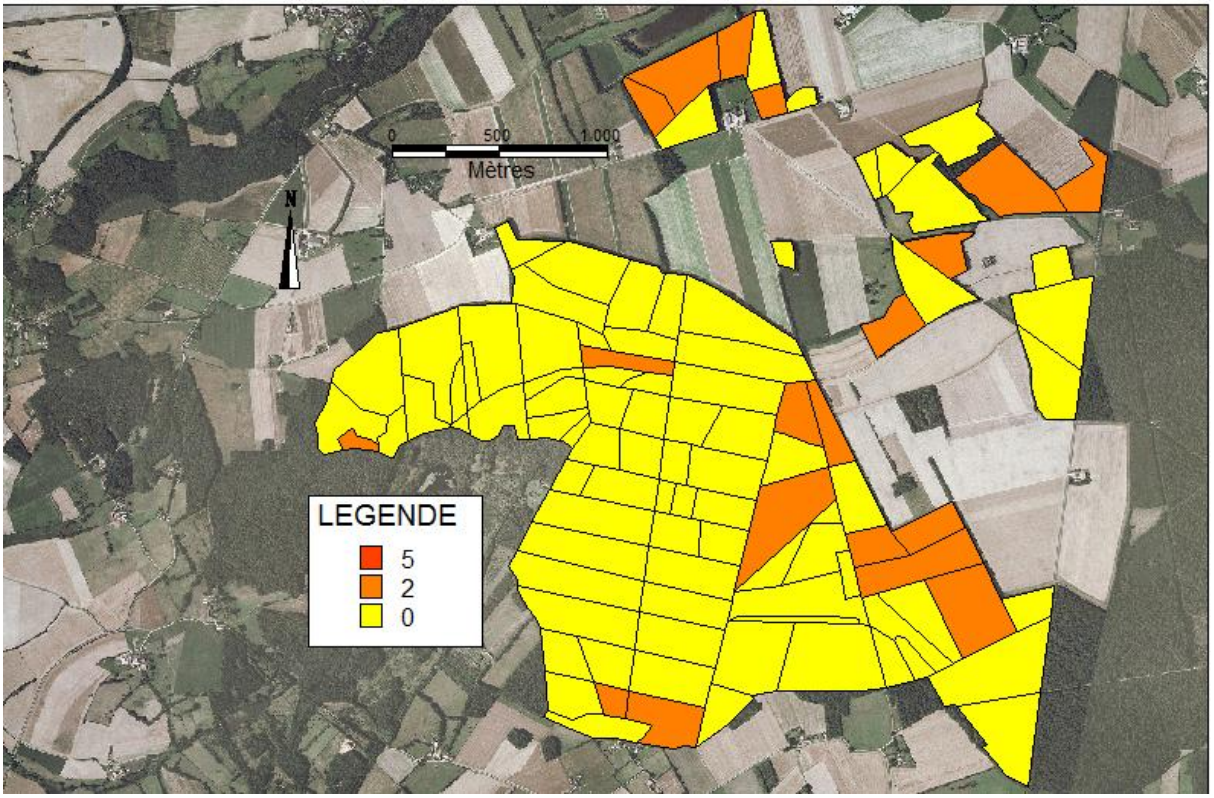


Méthode par échantillonnage

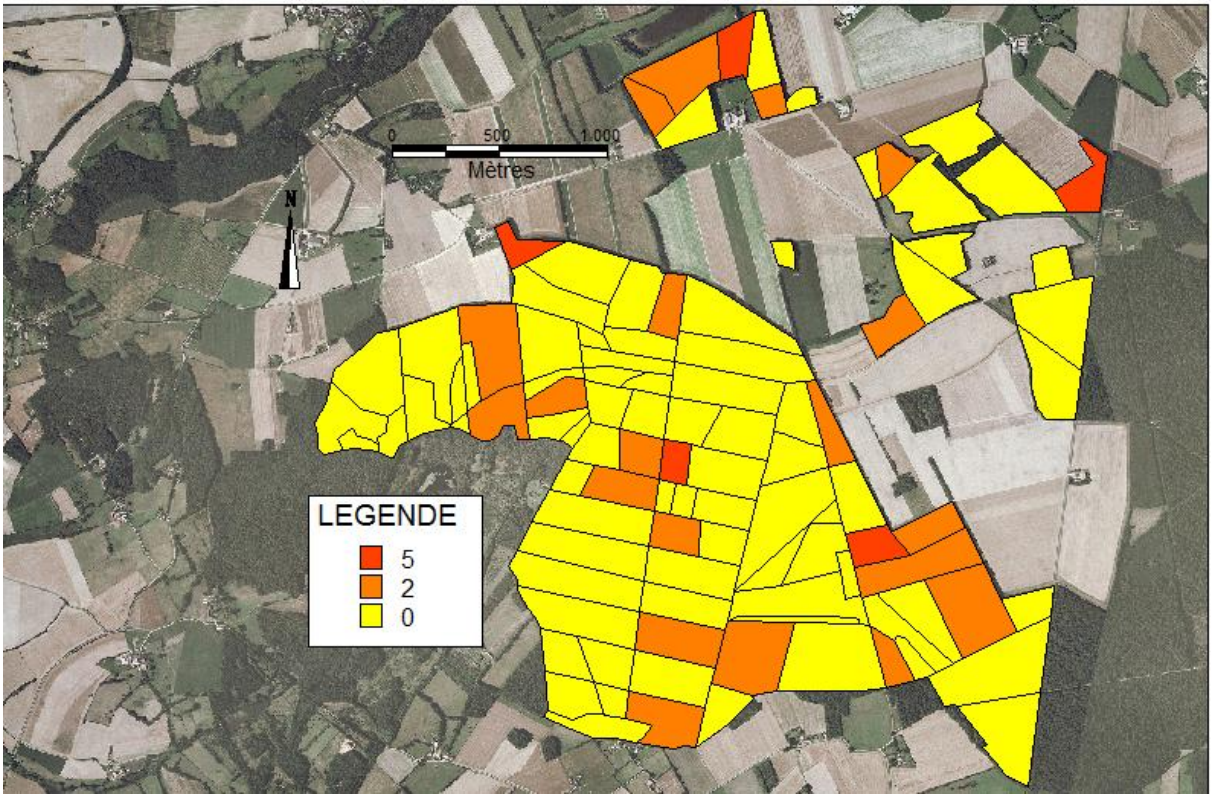


Facteur D (bois morts au sol de grosse dimension)

Méthode par virées

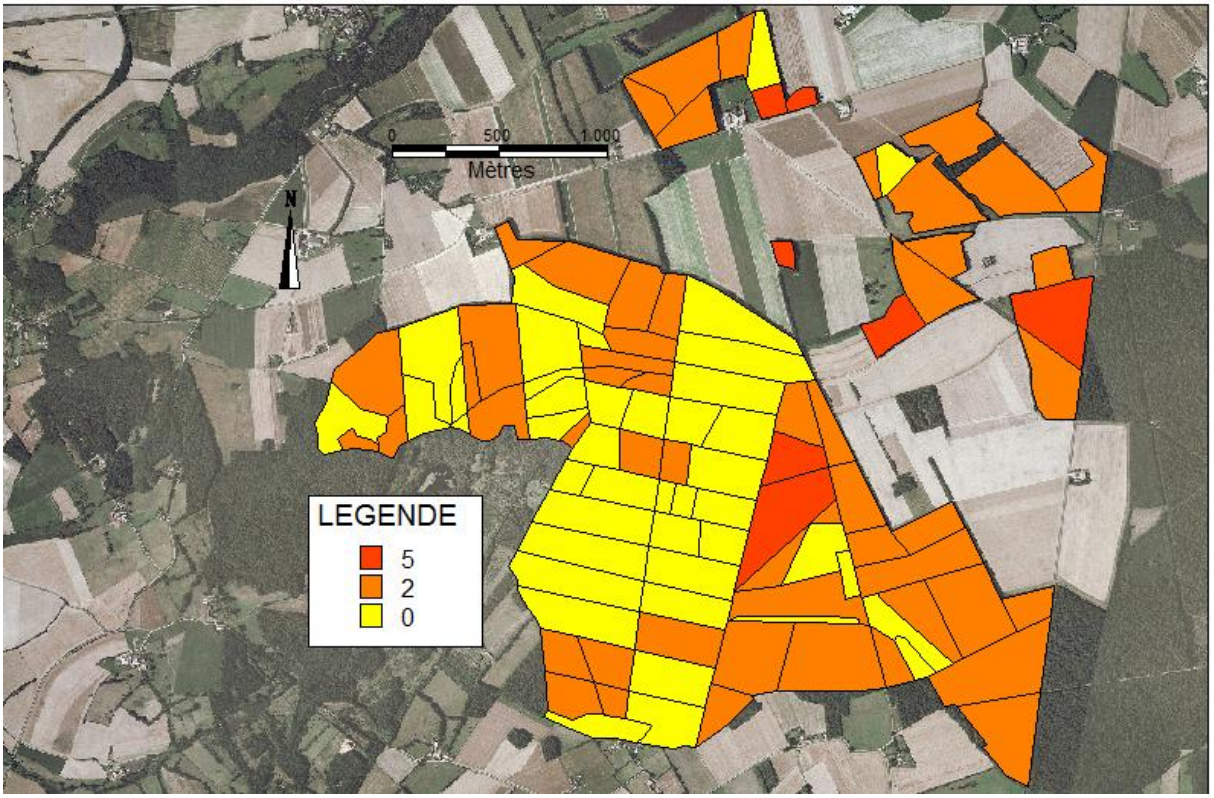


Méthode par échantillonnage

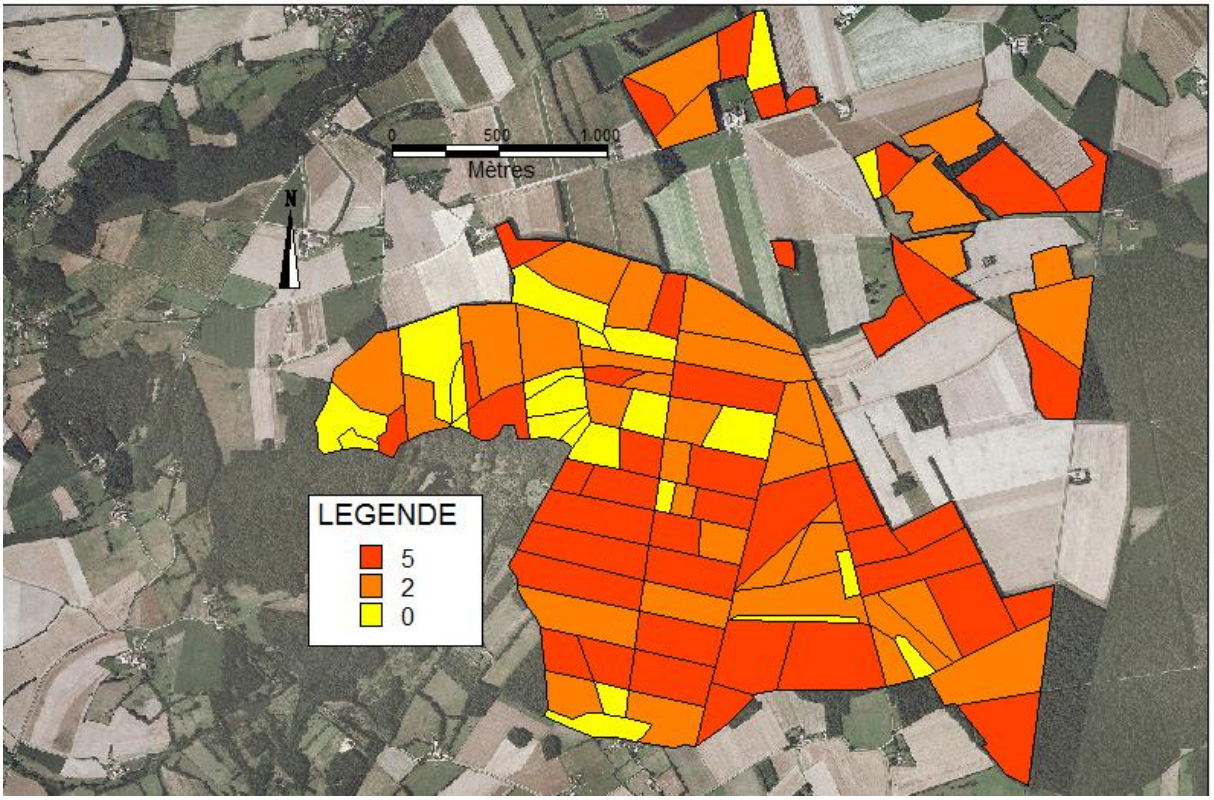


Facteur E (très gros bois)

Méthode par virées

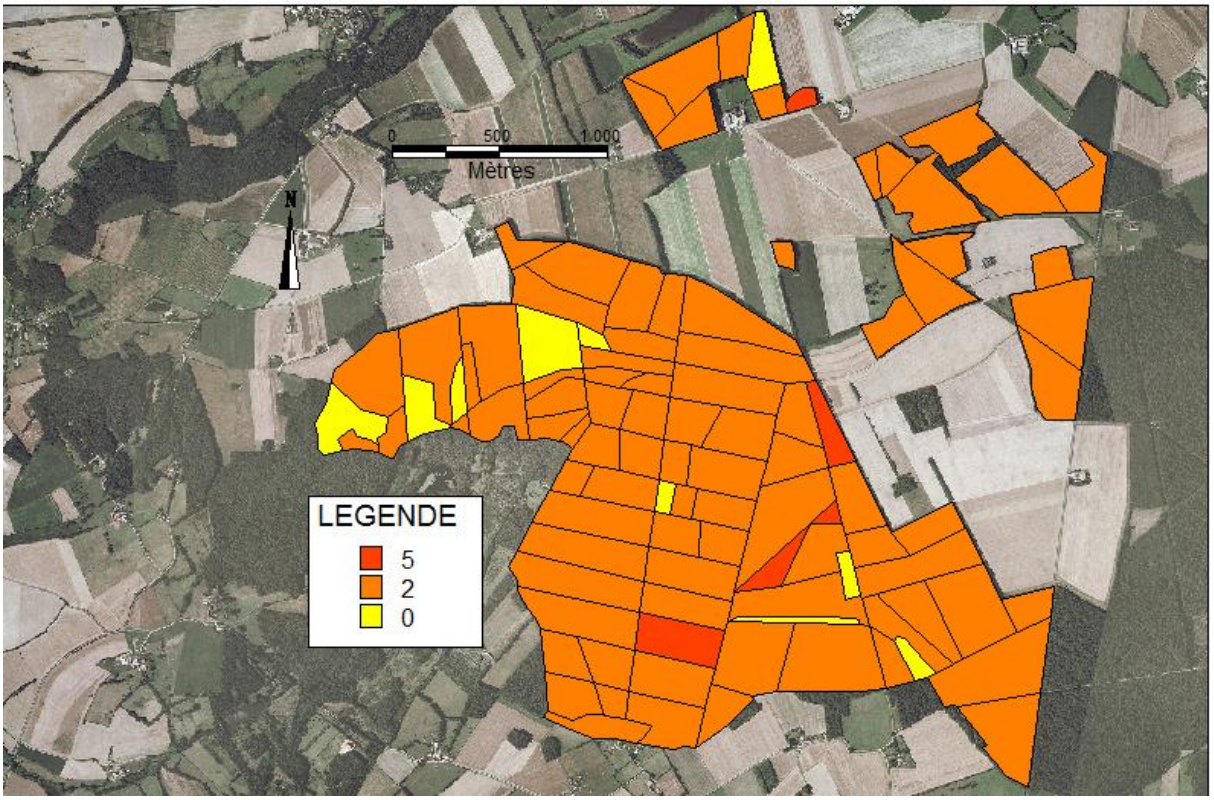


Méthode par échantillonnage

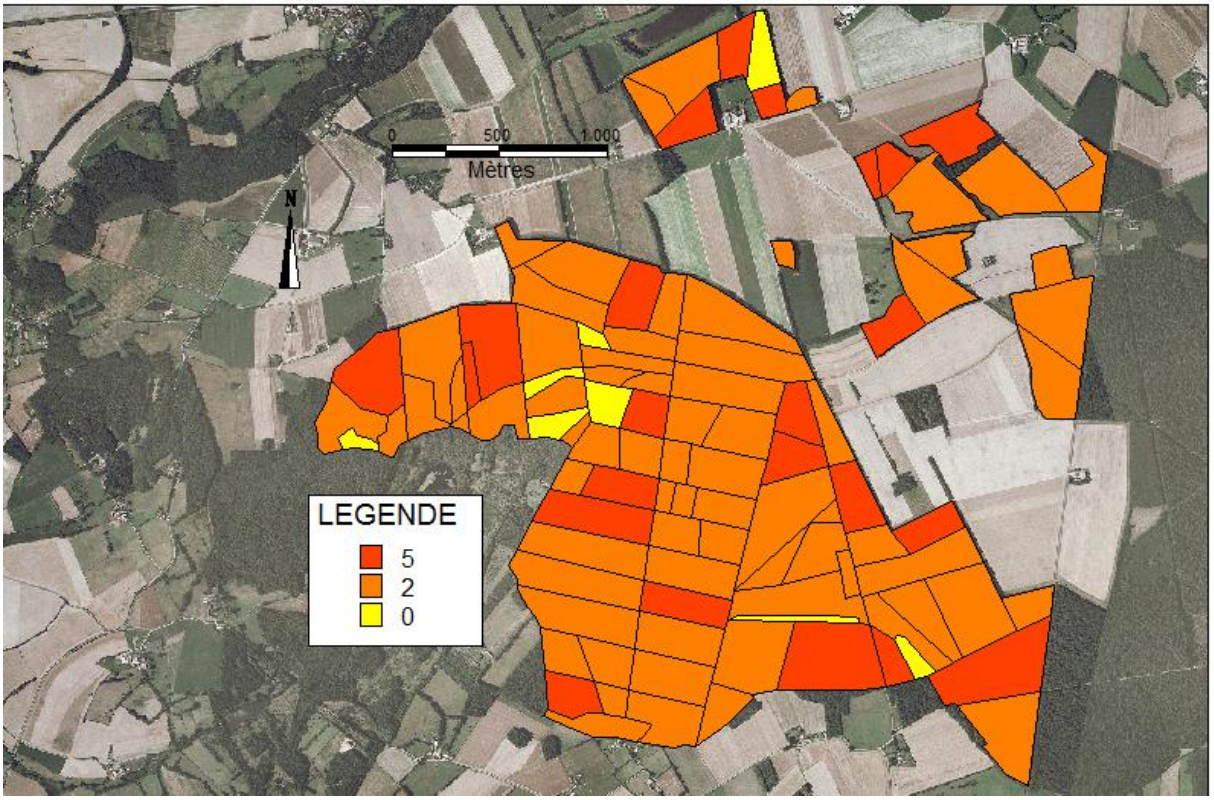


Facteur F (arbres vivants porteurs de microhabitats)

Méthode par virées

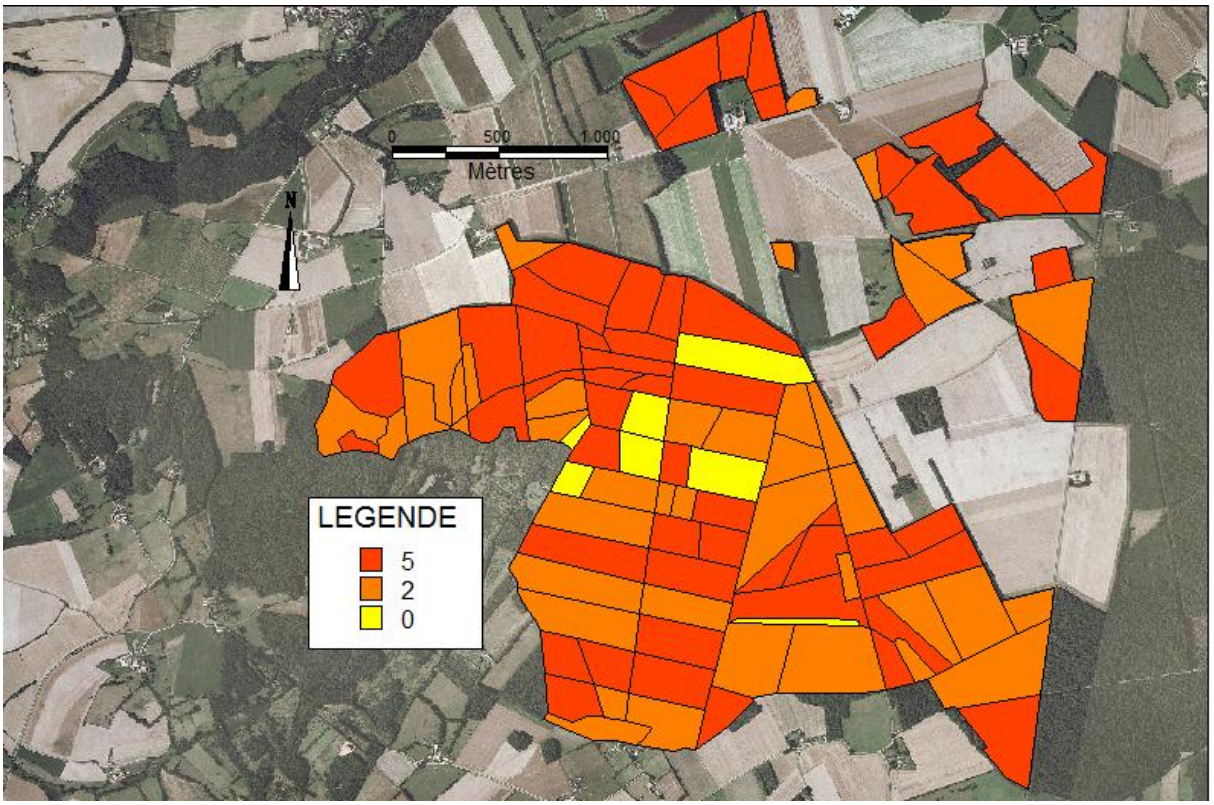


Méthode par échantillonnage

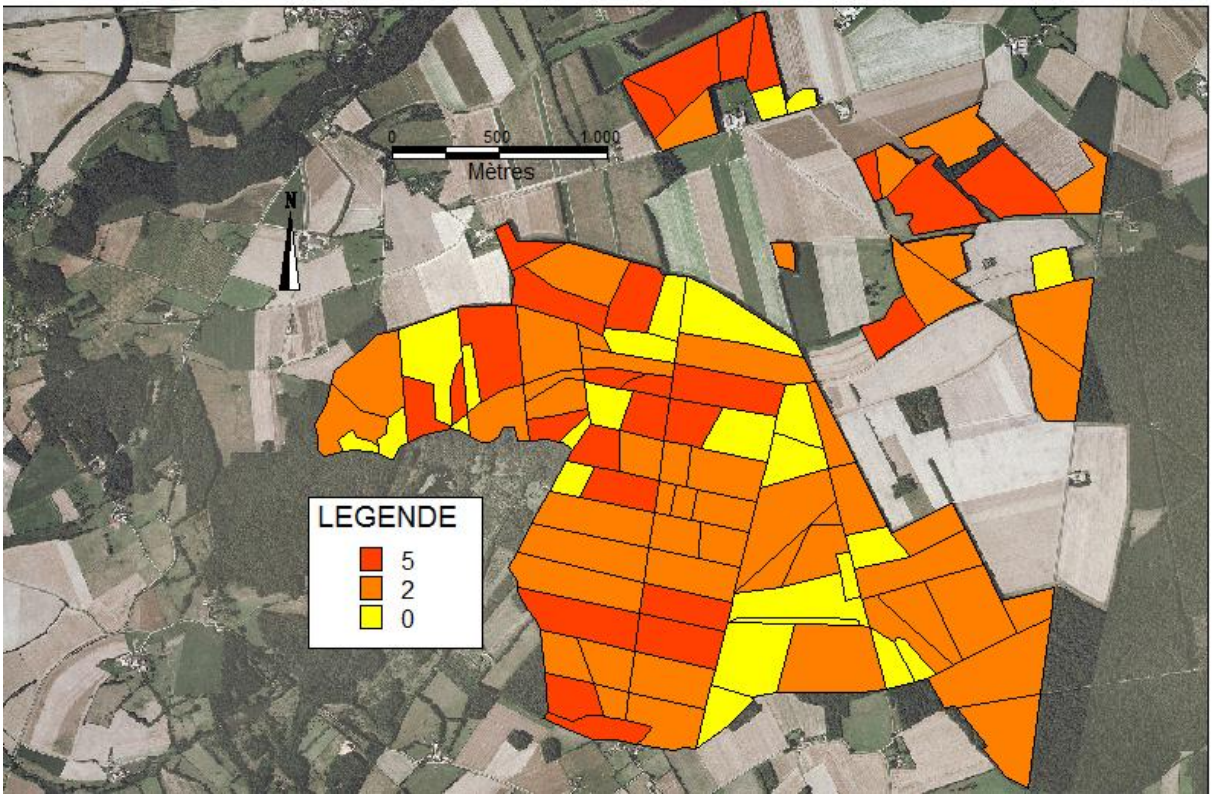


Facteur G (milieux ouverts)

Méthode par virées



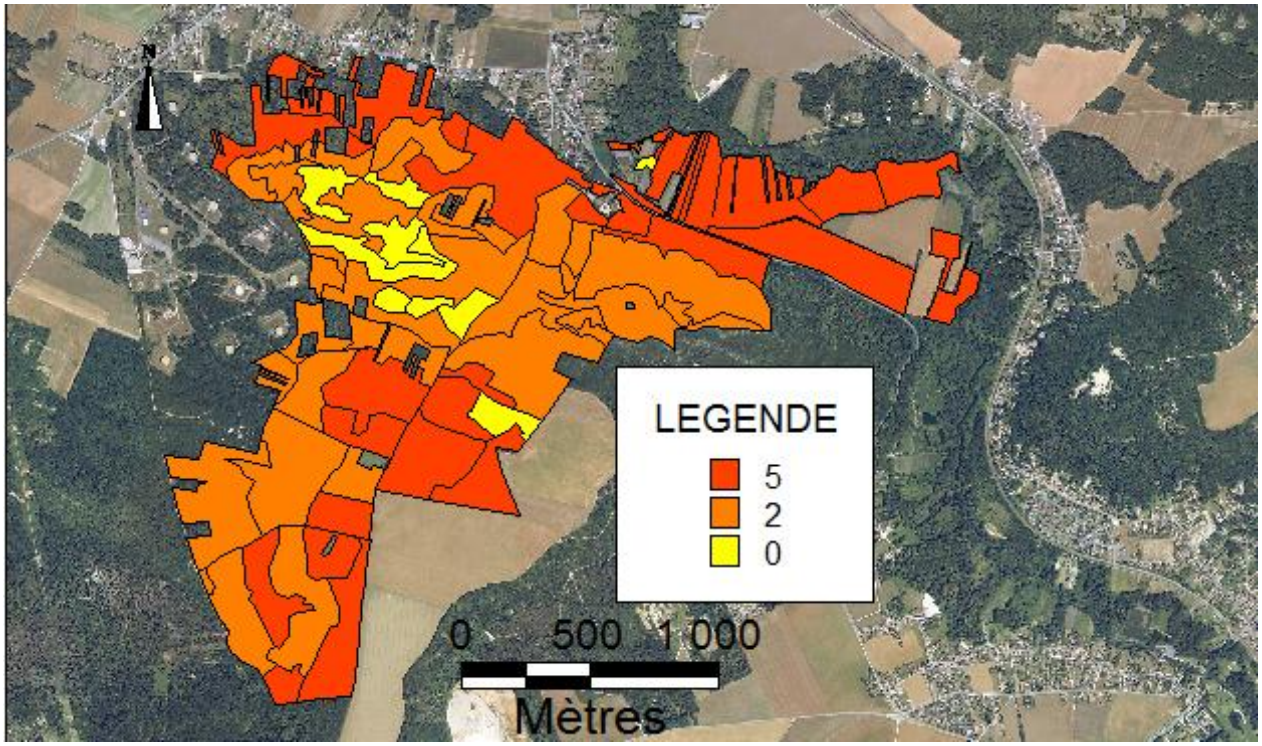
Méthode par échantillonnage



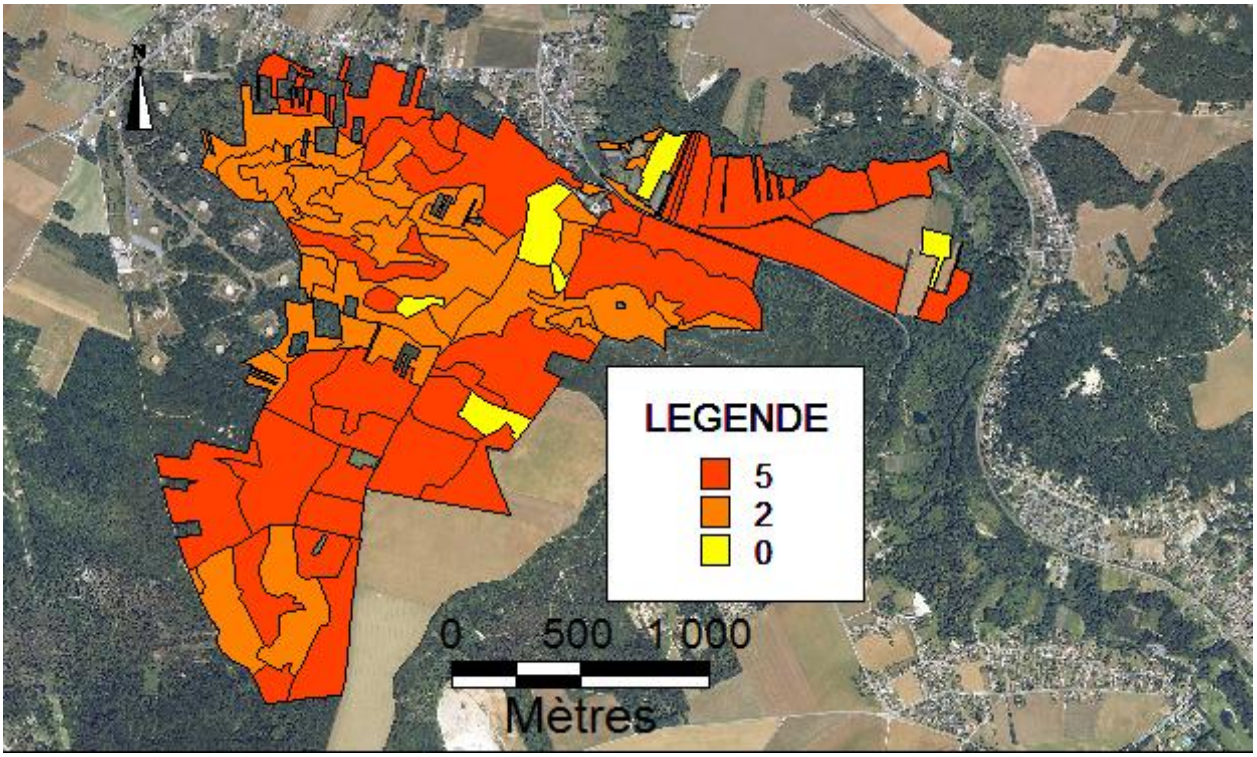
Annexe 17 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié à la gestion) pour les peuplements du Bois de Misery

<u>Facteur A (diversité en essences forestières autochtones)</u>

Méthode par virées

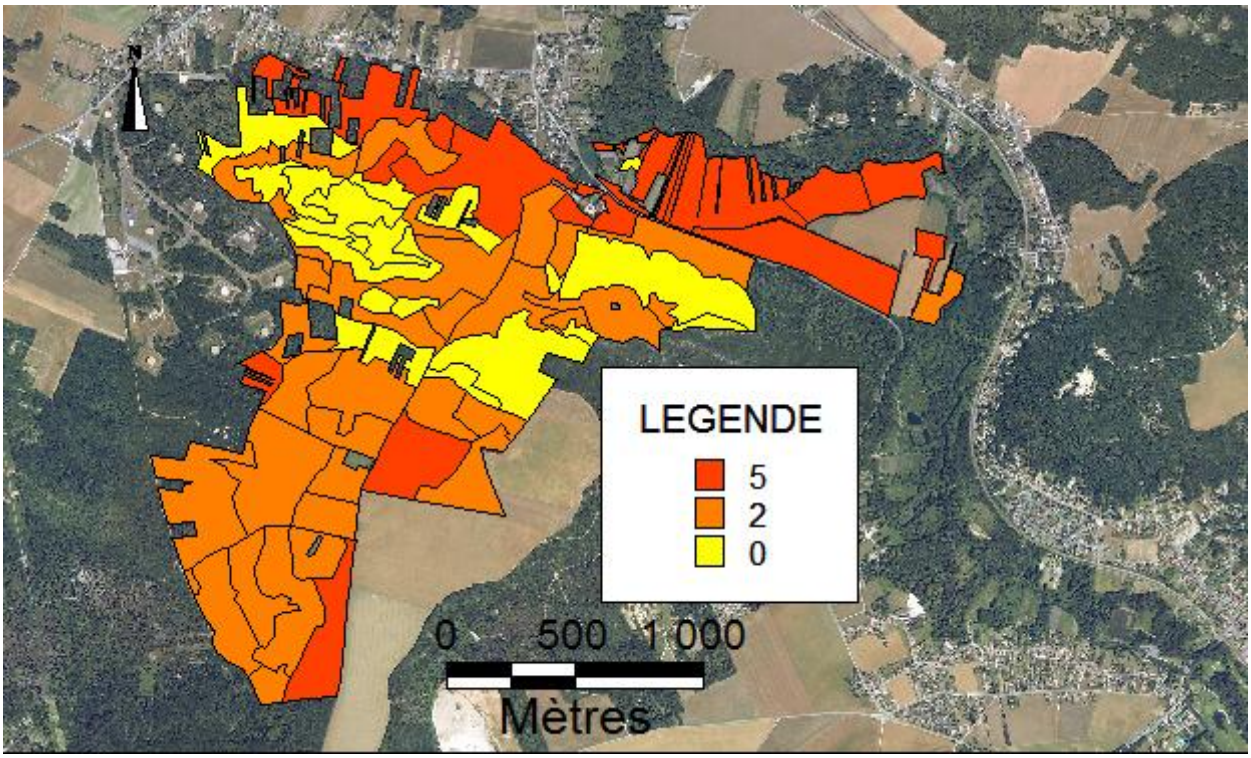


Méthode par échantillonnage

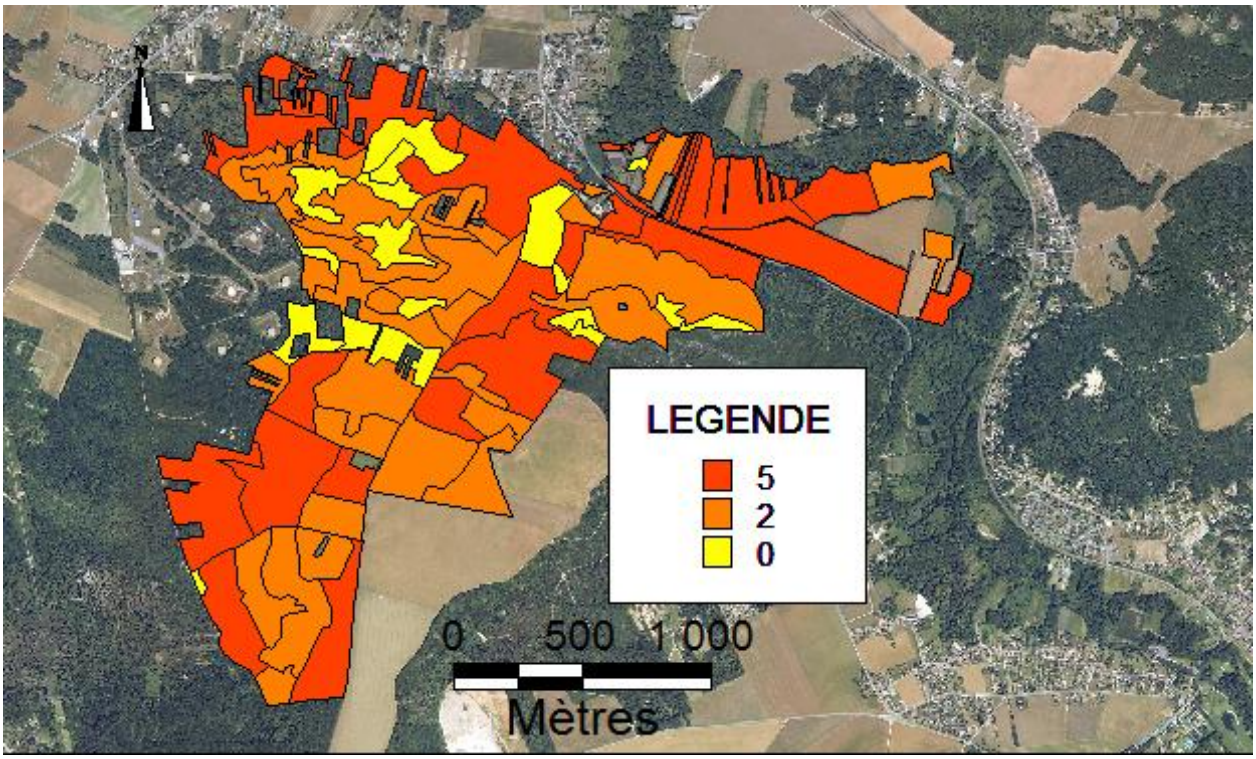


Facteur B (structure verticale de la végétation)

Méthode par virées

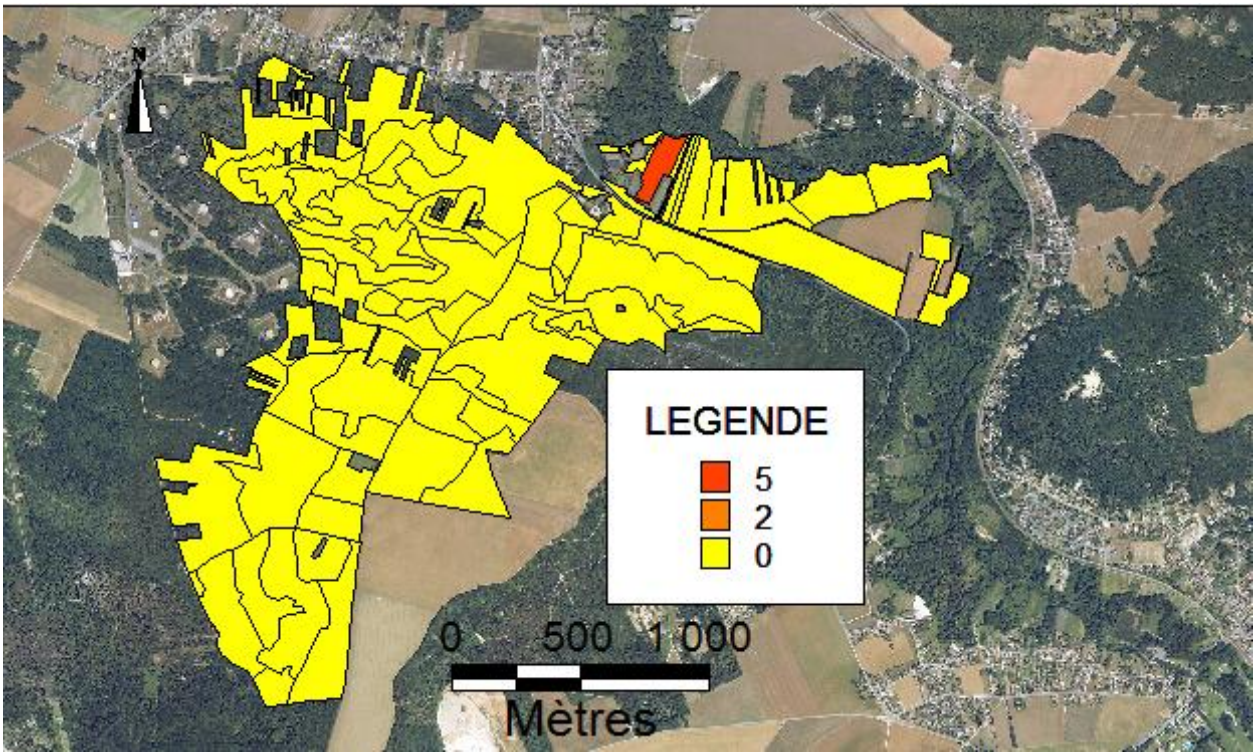


Méthode par échantillonnage

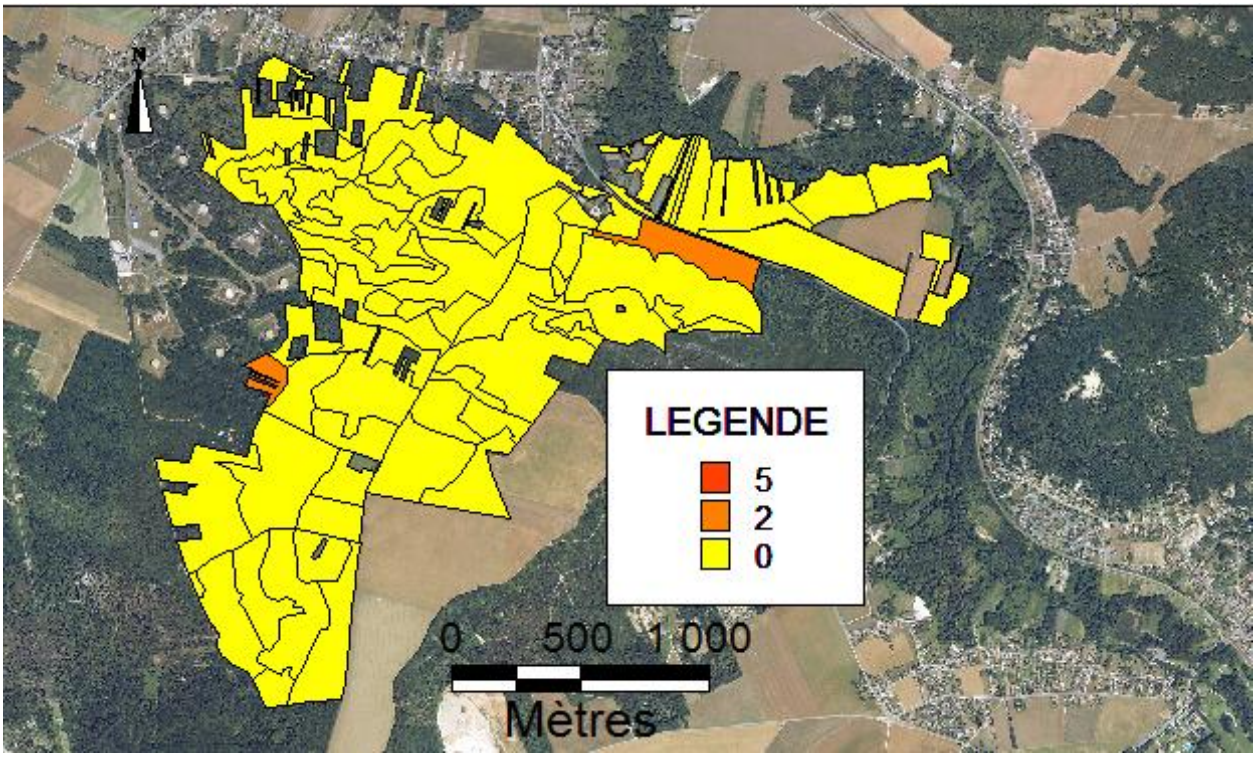


Facteur C (bois morts sur pied de grosse dimension)

Méthode par virées

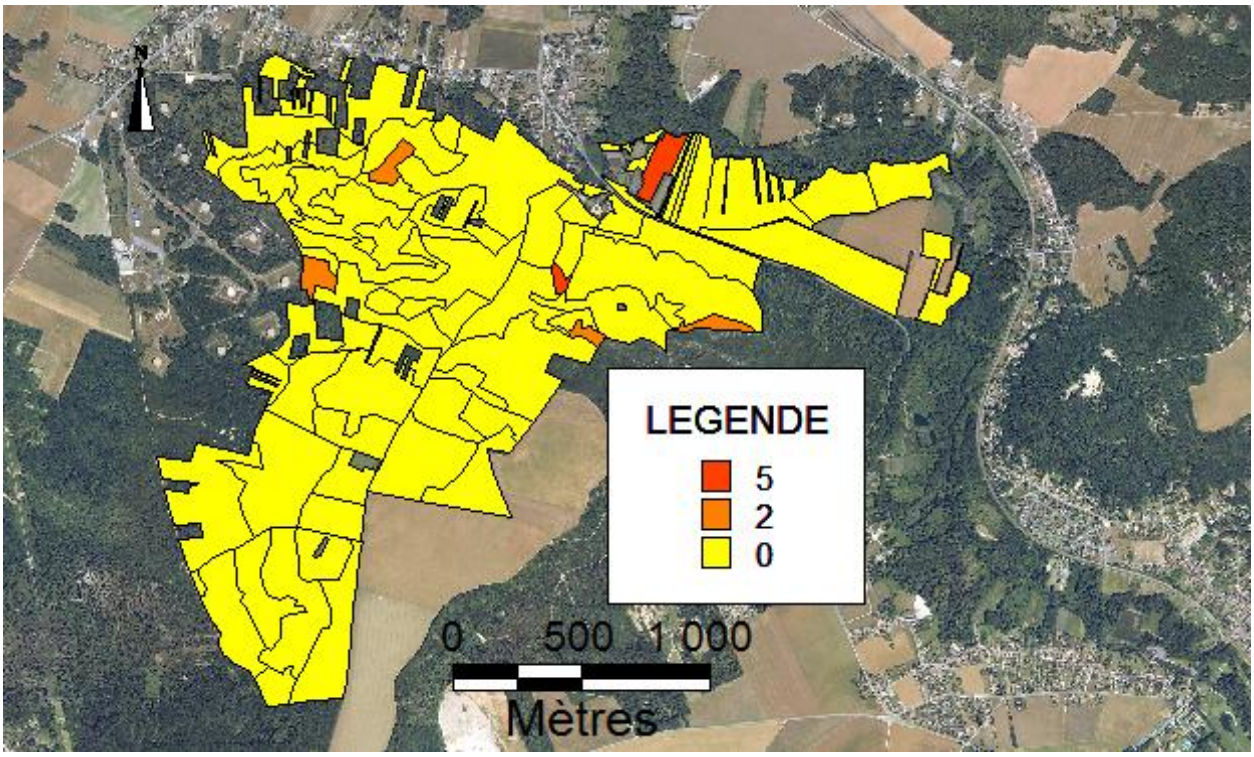


Méthode par échantillonnage

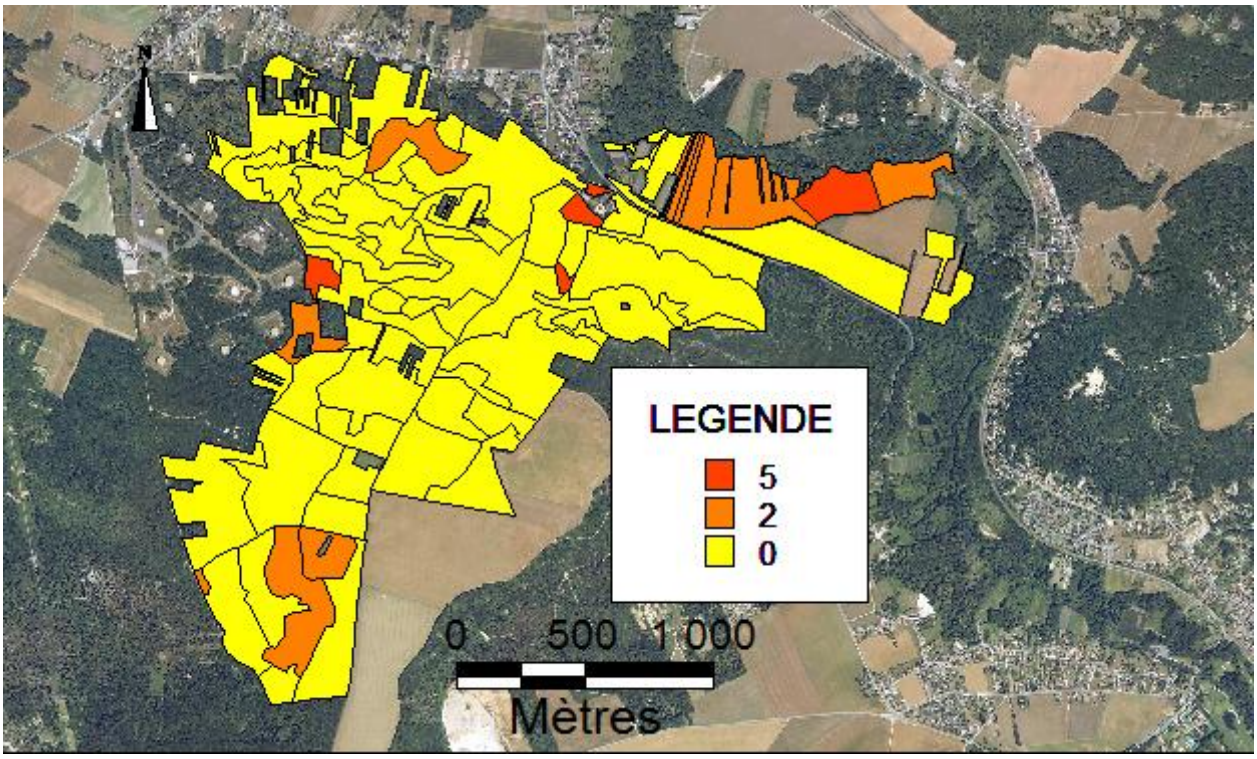


Facteur D (bois morts au sol de grosse dimension)

Méthode par virées

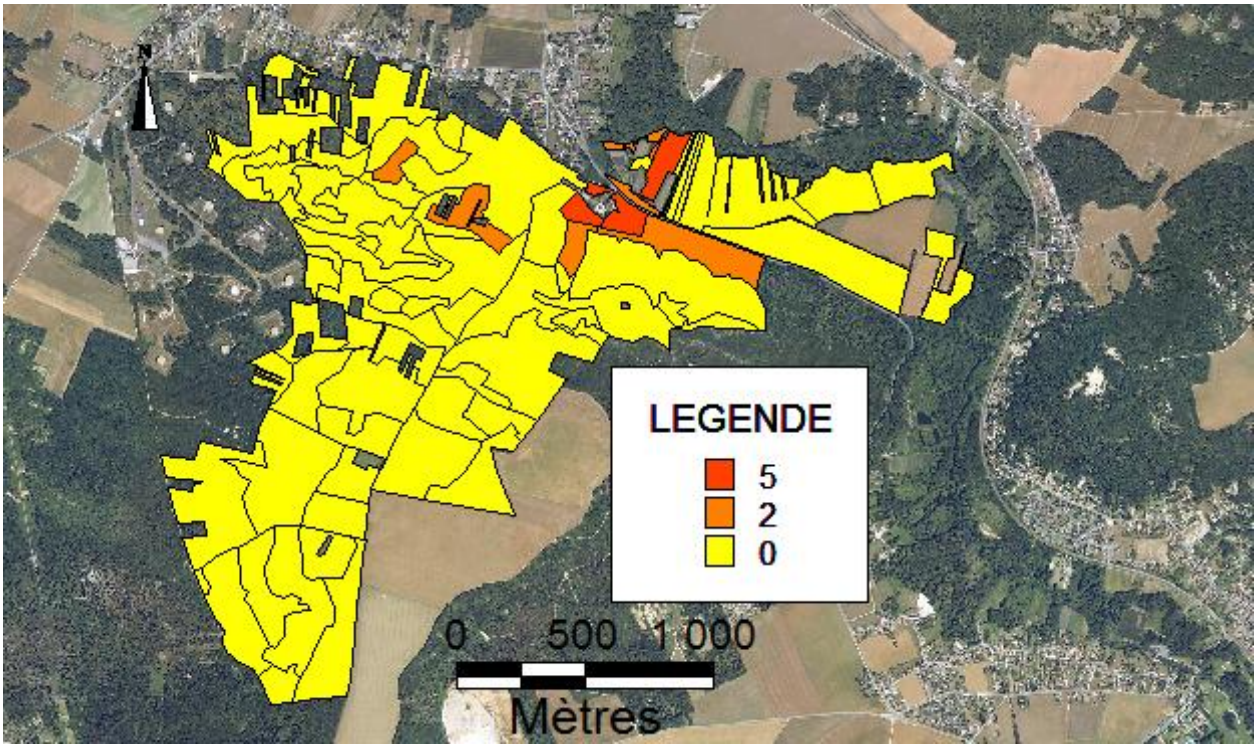


Méthode par échantillonnage

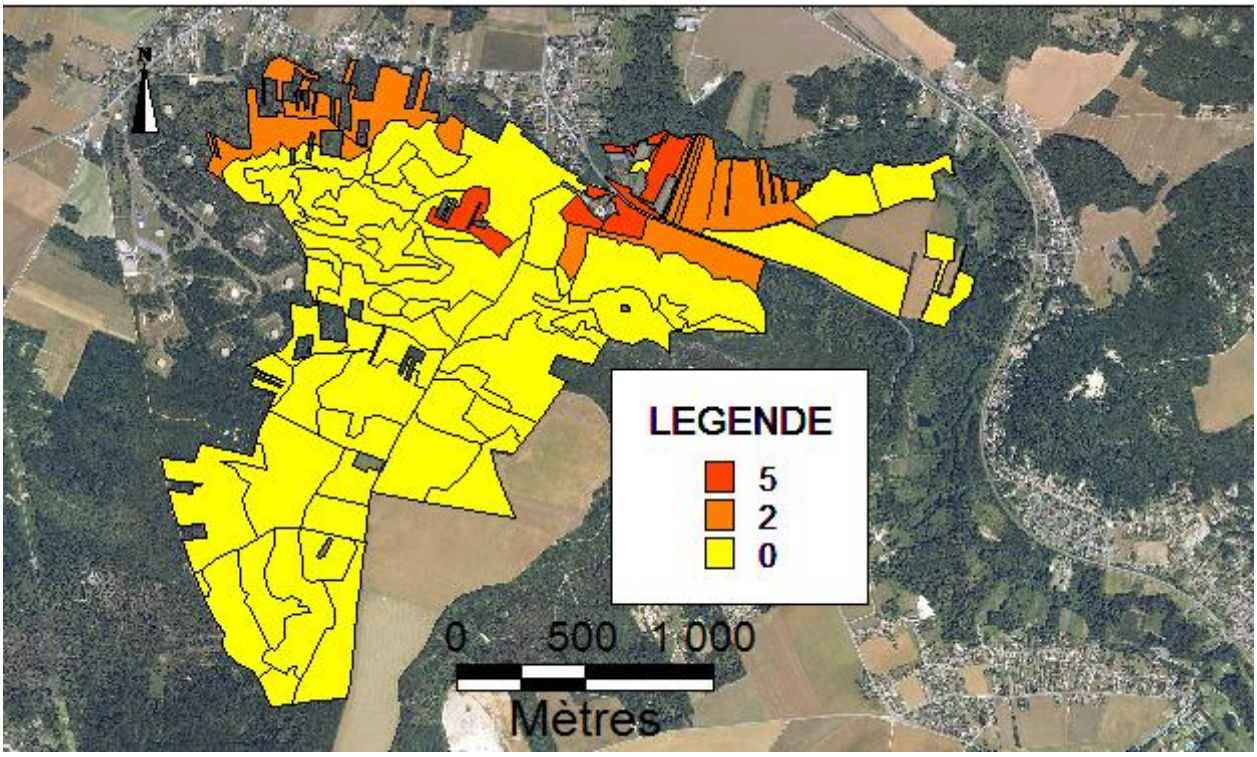


Facteur E (très gros bois)

Méthode par virées

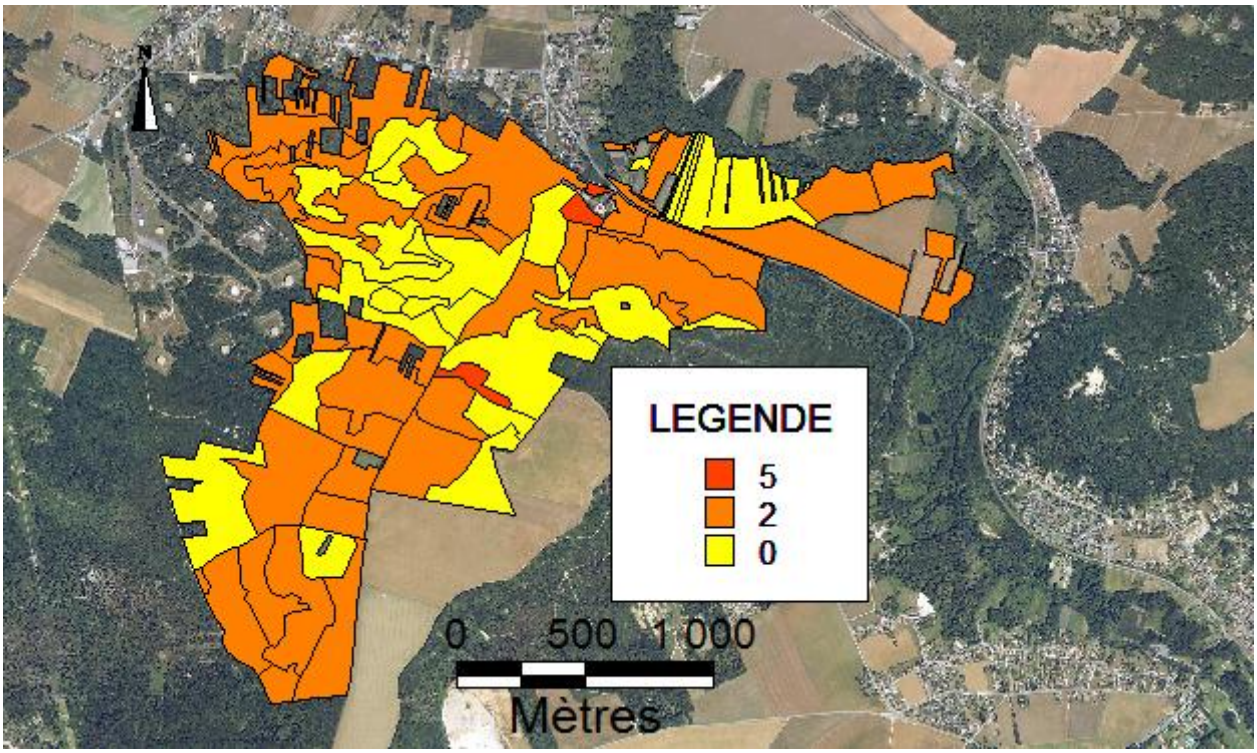


Méthode par échantillonnage

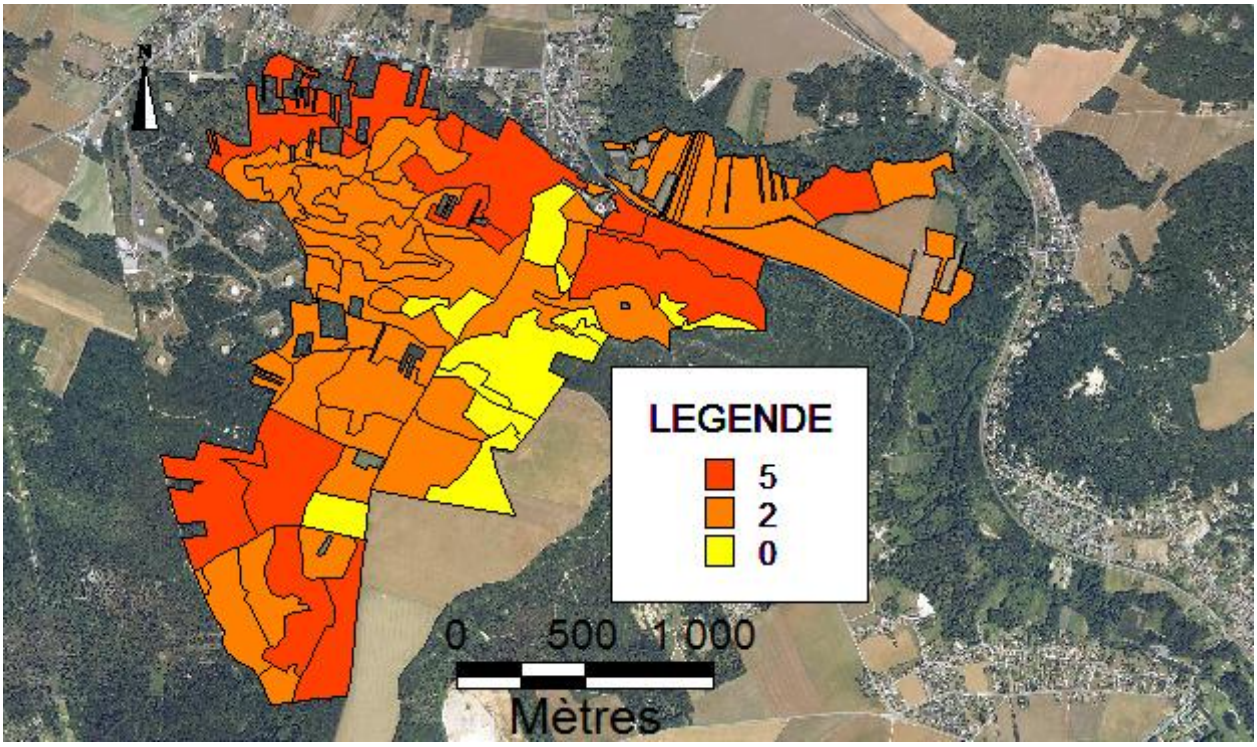


Facteur F (arbres vivants porteurs de microhabitats)

Méthode par virées

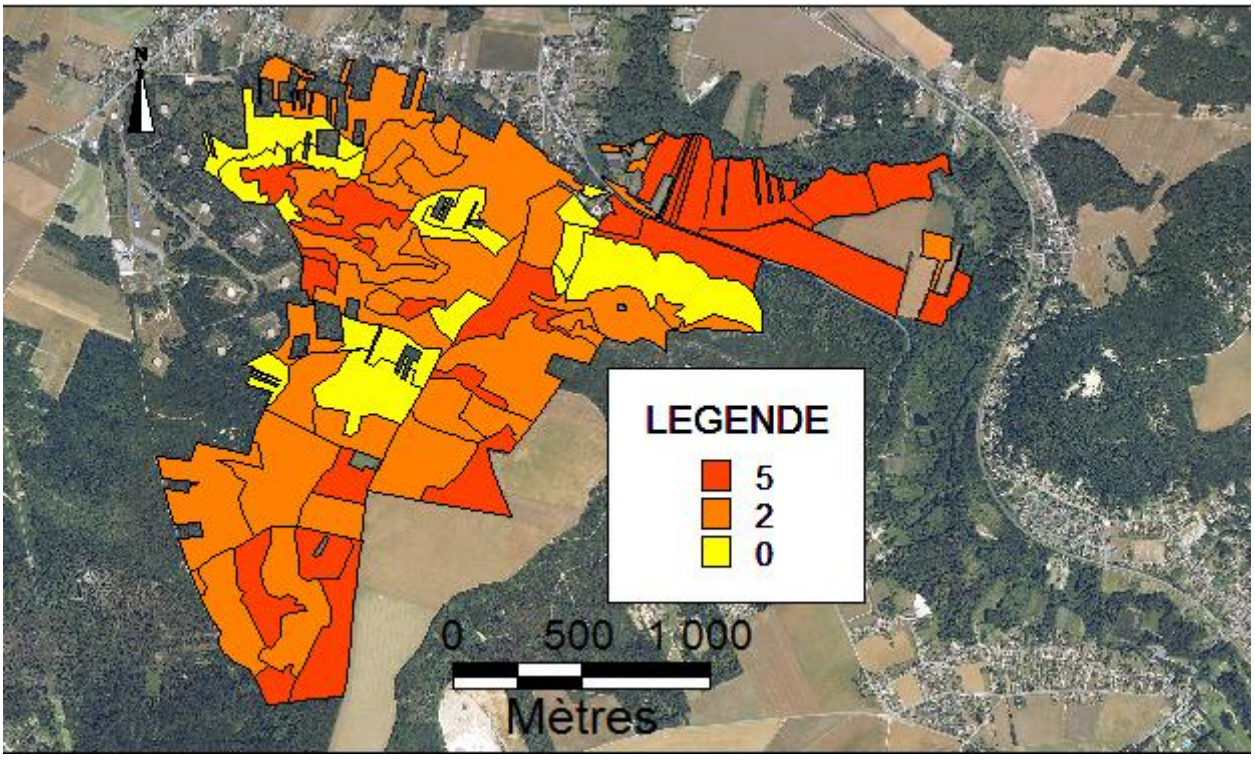


Méthode par échantillonnage

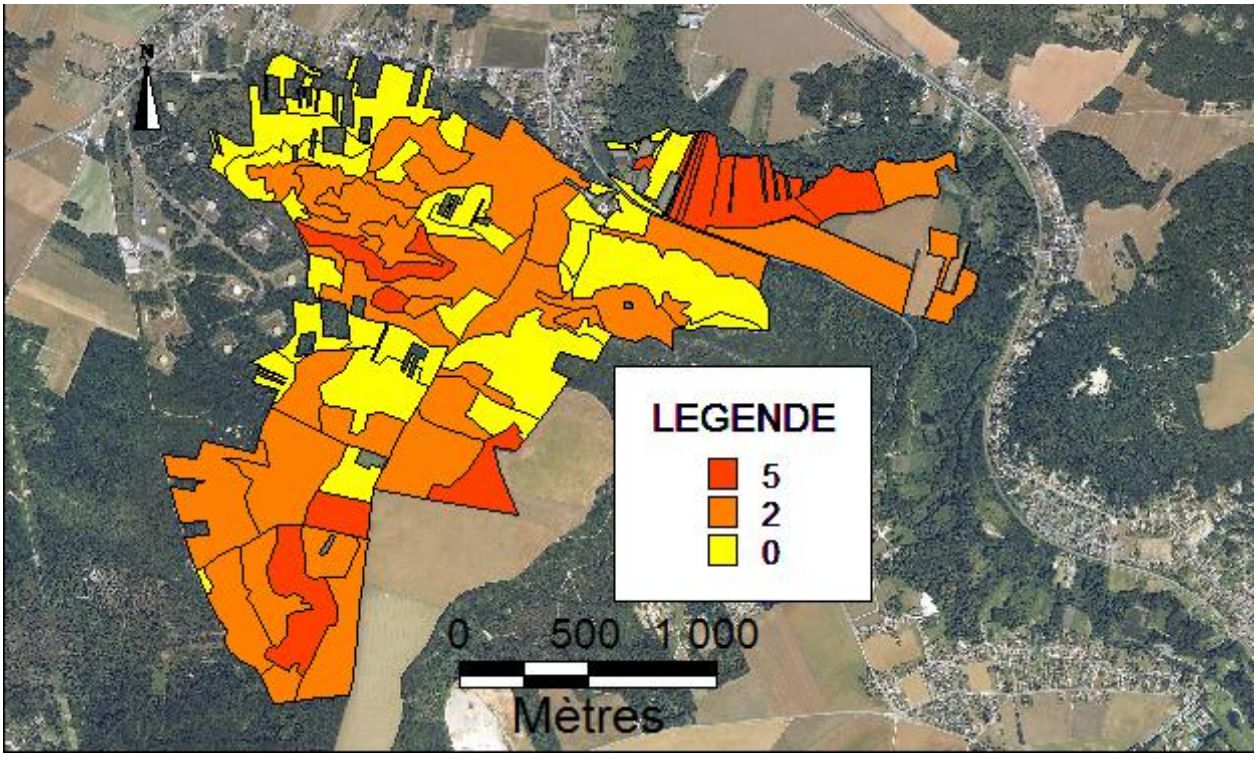


Facteur G (milieux ouverts)

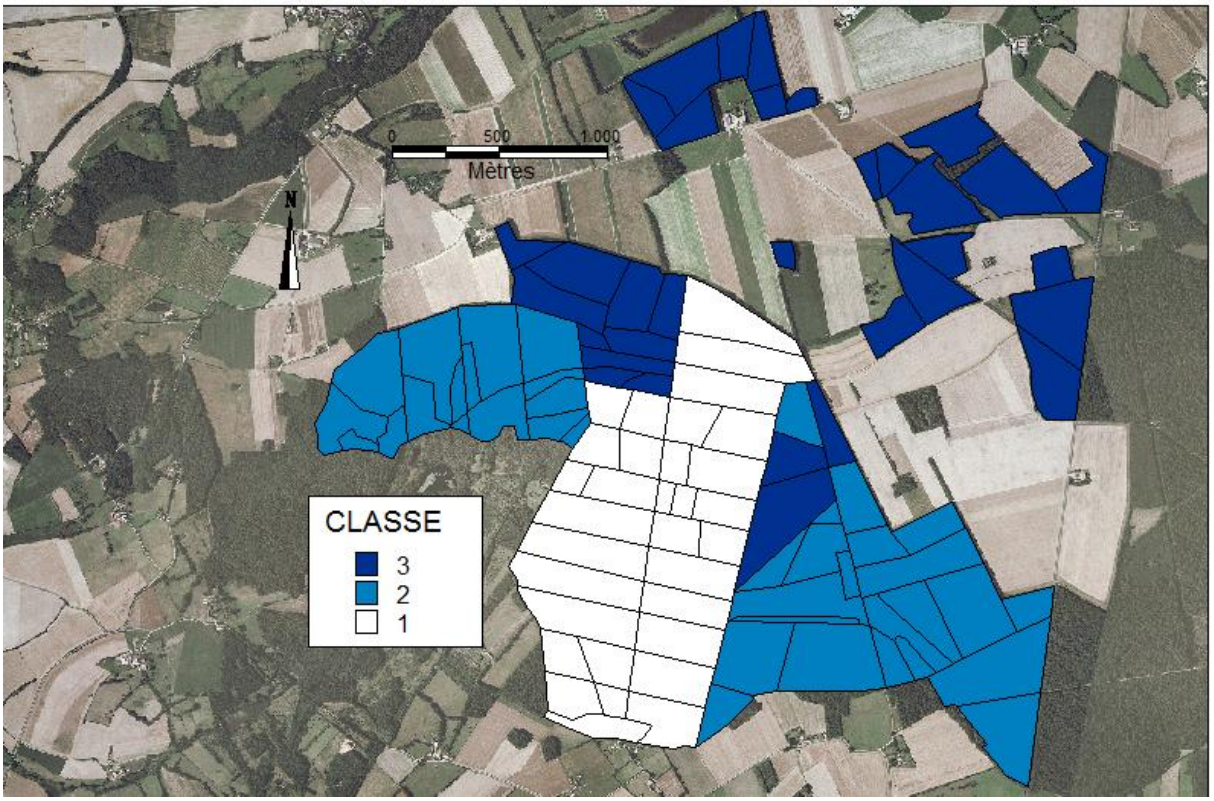
Méthode par virées



Méthode par échantillonnage



Annexe 18 : Attribution des classes de « qualité des relevés par virées » pour les peuplements du Bois Landry



Cette carte représente la répartition des peuplements en trois classes, liées à l'ordre chronologique dans lequel les relevés ont été effectués. Il est apparu que des approximations ou des oublis ont été réalisés lors des premiers relevés. Ces erreurs ont été réduites par la suite, avec l'expérience de la méthode. On peut donc en partie associer la « qualité » des relevés à l'ordre dans lequel ils ont été faits.
La classe de qualité 1 correspond au tiers des relevés réalisés en premier, la classe 2 au second tiers et la classe 3 au dernier tiers.

Annexe 19 : Synthèse des résultats des tests de Kruskal-Wallis entre la différence de note IBPgestion des 2 méthodes et divers variables

Légende des tableaux :

Pour chaque facteur X : difX = note(facteur X)échantillonnage – note(facteur X)virées

Test non significatif : pas d'effet de la variable sur la valeur de la différence de notes

Test significatif : la variable a un effet sur la valeur de la différence de notes

Tests menés sur le Bois Landry

facteurs	difA	difB	difC	difD	difE	difF	difG	difI
variables								
qualite								
nbre placettes								
G								
structure								

- Les différences de notes pour les facteurs A et E sont plus importantes pour les peuplements appartenant à la classe de qualité 1 → sous-estimation du nombre d'essences et du nombre de très gros bois lors des premières virées
- La différence de notes pour le facteur B (nombre de strates) est plus importante lorsque le nombre de placettes est important
- Les différences de notes pour les facteurs C et E sont plus importantes dans les peuplements à forte surface terrière → sous-estimation du nombre de bois morts sur pied et de très gros bois dans les peuplements denses, ayant une visibilité plus réduite.
- La différence de notes pour le facteur E est plus importante dans les peuplements riches en gros bois → manque de précision du à la présence de nombreux arbres « limites » (très gros bois dont le diamètre avoisine le seuil de 70 cm).

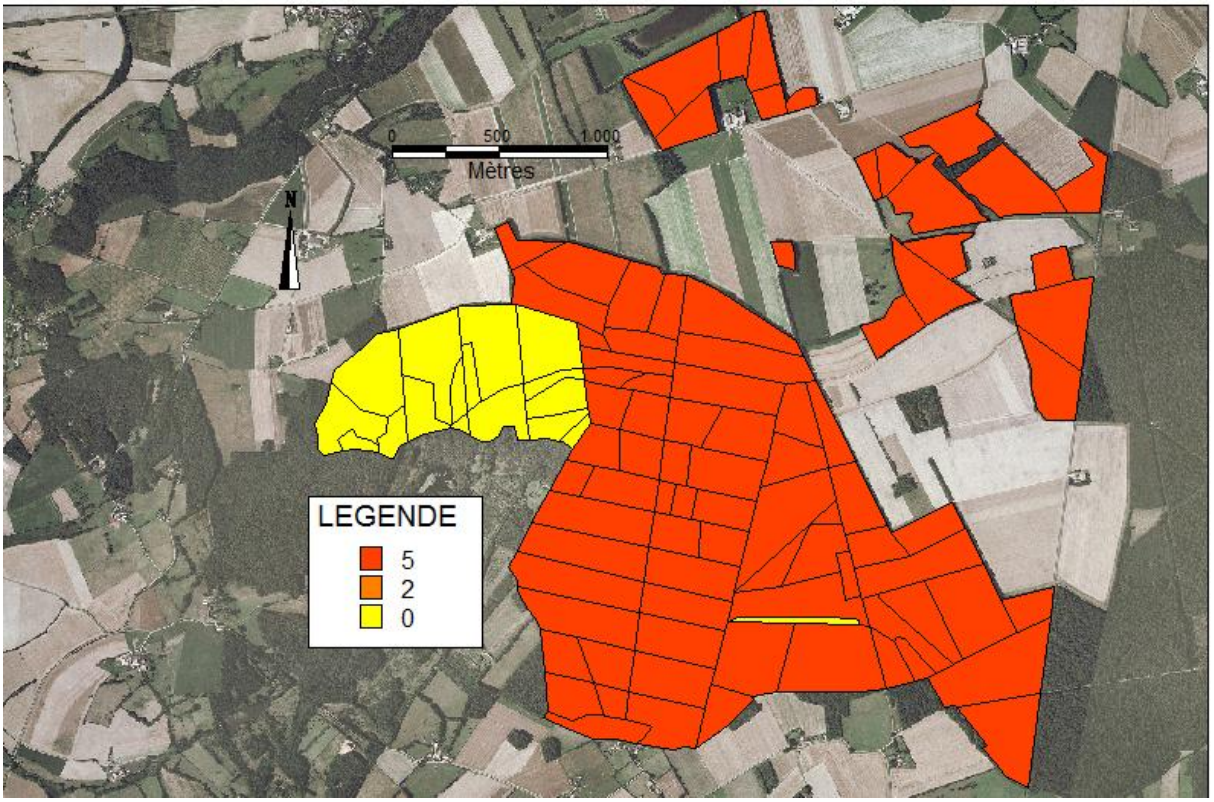
Tests menés sur le Bois de Misery

facteurs	difA	difB	difC	difD	difE	difF	difG	difI	difJ
variables									
parcours									
visibilité									
nbre placettes									
typo essences									
G									
structure									

- Les variables liées à l'impénétrabilité (« parcours ») et à la visibilité des peuplements n'ont aucun effet significatif.
- Les différences de notes pour les facteurs C (bois morts sur pied), E (TGB) et F (microhabitats) sont plus importantes pour les TSF et pour les aulnaies-frênaies que pour les taillis simples et les plantations résineuses (moins riches en ces éléments).

Annexe 20 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié au contexte) pour les peuplements du Bois Landry

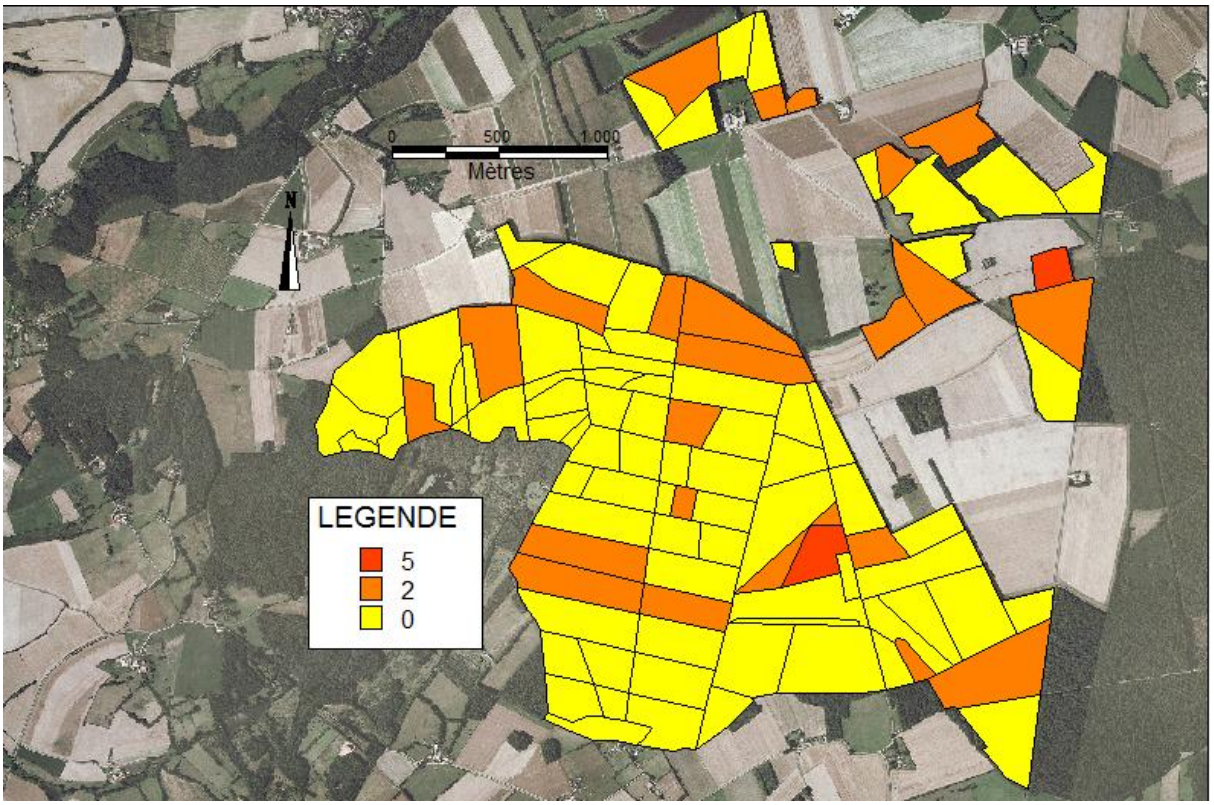
<u>Facteur H (ancienneté de l'état boisé)</u>



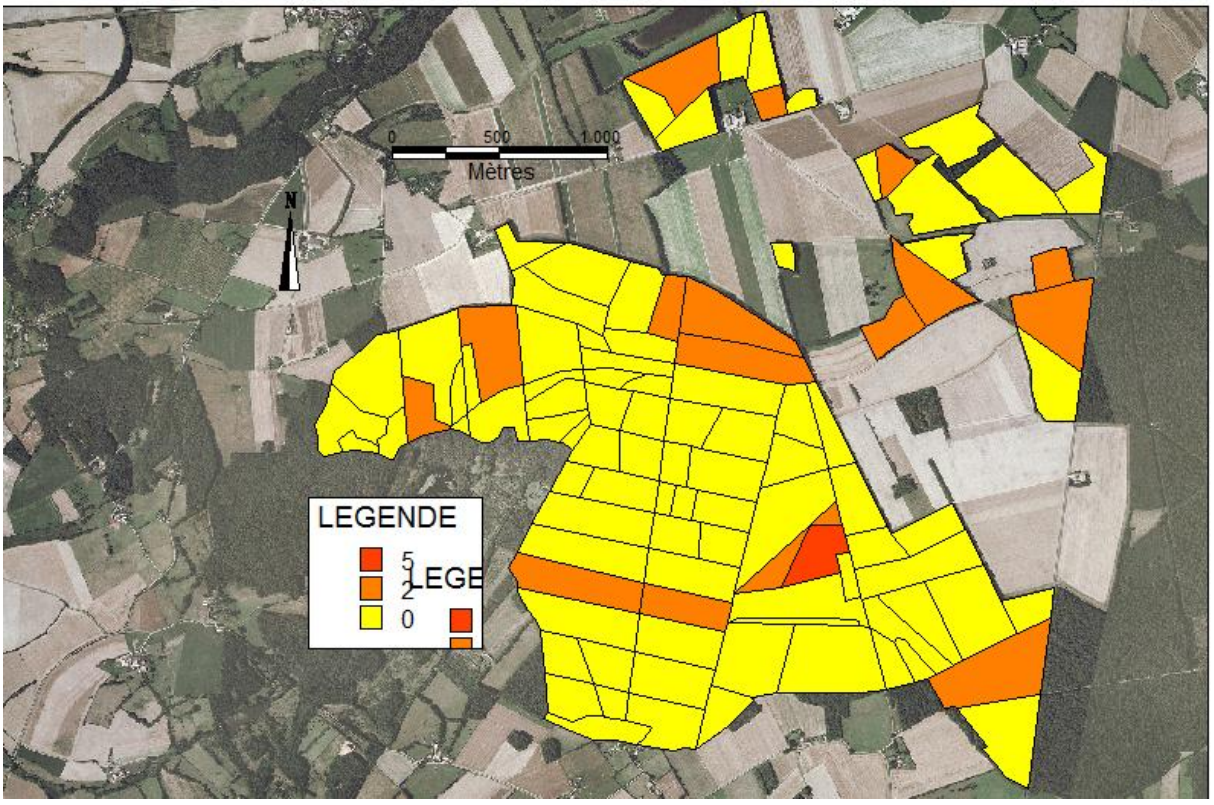
Remarque : l'ancienneté de l'état boisé est déterminée à l'aide de la carte de Cassini ou de l'ancienne carte d'Etat-Major. Aucune mesure n'est réalisée sur le terrain. Les résultats sont donc indépendants de la méthode de relevé utilisée.

Facteur I (diversité des habitats aquatiques)

Méthode par virées



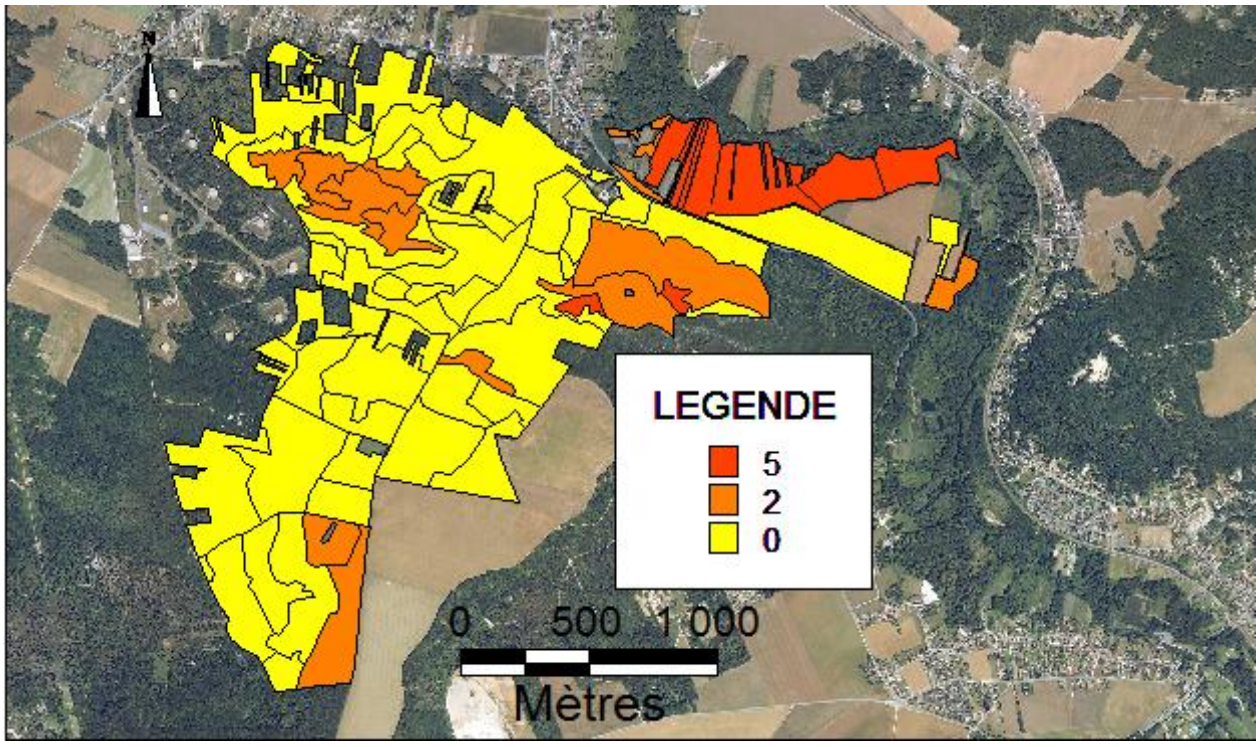
Méthode par échantillonnage



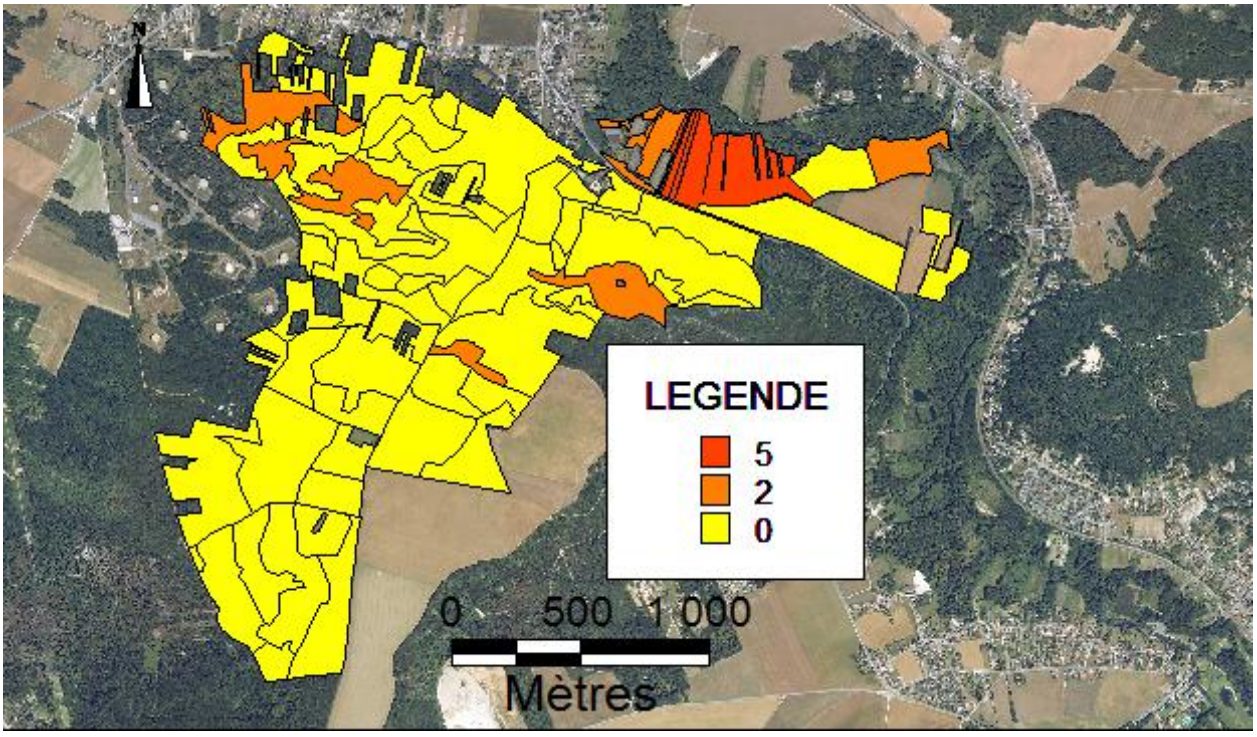
Annexe 21 : Cartes des notes des facteurs (IBP lié au contexte) pour les peuplements du Bois de Misery

Facteur I (diversité des habitats aquatiques)

Méthode par virées

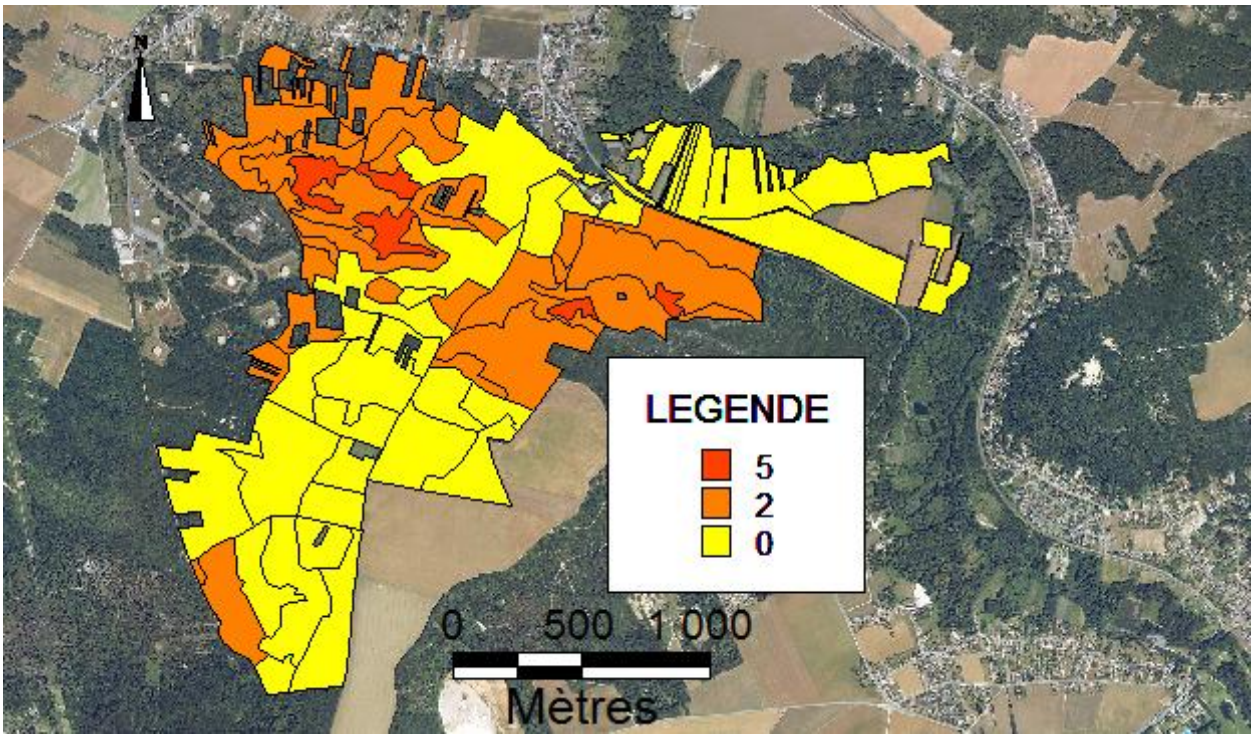


Méthode par échantillonnage

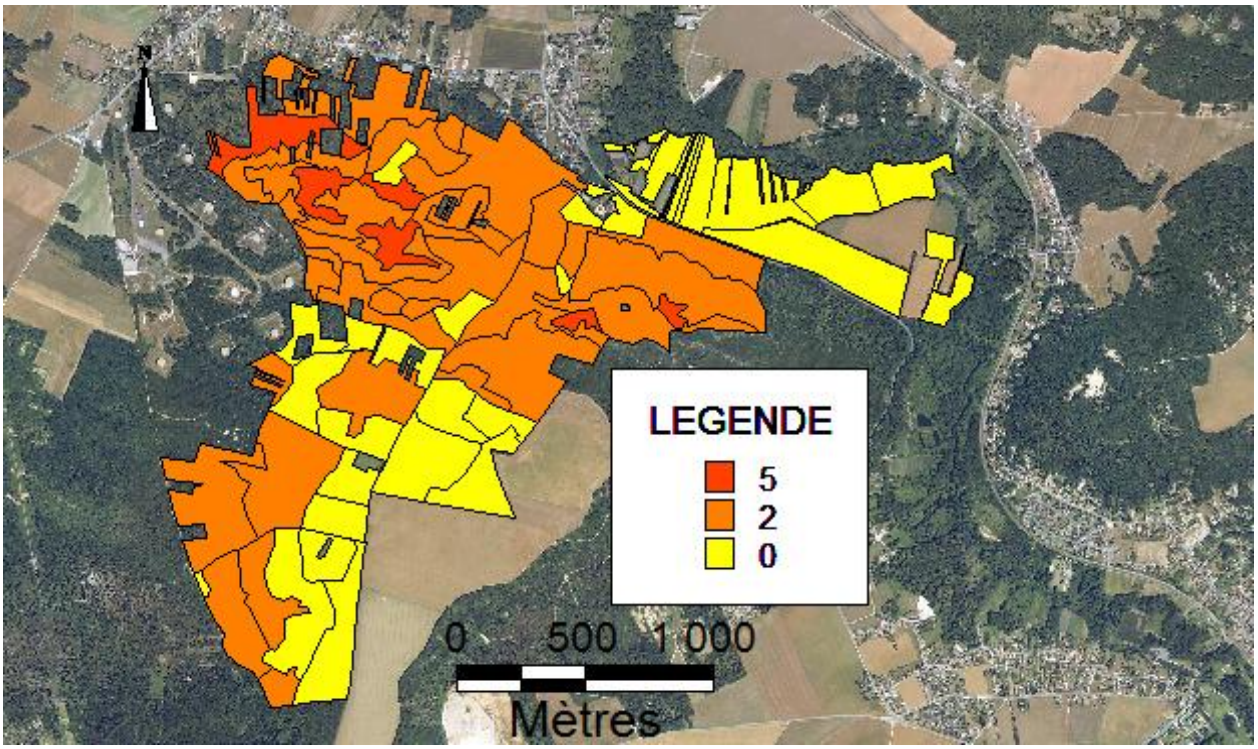


Facteur J (diversité des milieux rocheux)

Méthode par virées



Méthode par échantillonnage



Annexe 22 : Esquisses de méthodes de prise en compte de la répartition spatiale des bois morts sur pied, bois morts au sol et très gros bois

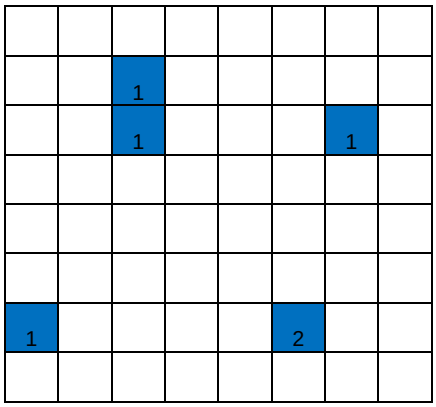
Après évaluation de l'IBP sur une forêt avec la méthode par échantillonnage, on dispose pour chaque placette de données concernant différents facteurs, dont les bois morts sur pied, les bois morts au sol et les très gros bois. On souhaite caractériser la répartition spatiale de ces 3 éléments sur le massif. Deux première approches de calcul sont ici proposées, et applicables aussi bien pour les bois morts que pour les très gros bois. On prendra par la suite l'exemple des bois morts sur pied.

1ère approche : calculer des densités « locales » de bois morts sur pied

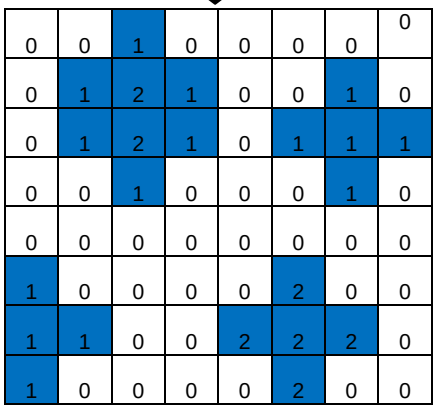
On sait que la migration des espèces inféodées au bois mort n'est possible que lorsque la densité de bois mort est au minimum d'un individu par ha. On souhaite alors identifier les zones de la forêt présentant une densité de bois morts sur pied supérieure ou égale à 1/ha.

L'idée consiste à calculer des densités locales de bois morts sur pied. Pour chaque placette d'une forêt (504 placettes dans l'exemple du Bois Landry), on additionne le nombre de bois morts présents sur la placette ET les 4 placettes les plus proches, puis on divise ce nombre par la somme des surfaces des placettes, c'est-à-dire 5*0,20 ha = 1 ha. On obtient alors pour chacune des 504 placettes une densité locale de bois mort sur pied.

Exemple :



La figure ci-contre représente une forêt de 64 ha, sur laquelle 64 placettes ont été mises en place. Les placettes en bleue sont les placettes pour lesquelles 1 ou plusieurs bois morts sur pied ont été relevés. Ici, quatre placettes présentent 1 bois morts sur pied et une placette en présente 2.



Sur chacune des placettes figure la densité locale de bois morts sur pied, égale à au nombre de bois morts présents sur la placette et les 4 placettes les plus proches. Ainsi, lorsqu'une placette avec bois mort est isolée, cette placette ainsi que les 4 qui l'entourent présentent une densité locale de 1 bois mort sur pied par ha et on obtient une figure en « étoile ». Lorsque plusieurs placettes avec bois mort sont voisines, on obtient une zone plus large pour laquelle la densité est supérieure ou égale à 1 bois mort/ha.

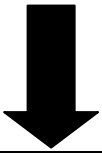
En appliquant ce raisonnement à l'ensemble d'un massif, on obtient alors de grandes zones continues présentant une densité locale de bois morts sur pied supérieure ou égale à 1/ha, ainsi que de nombreuses petites zones isolées. Si on calcule la somme des placettes ayant une densité locale supérieure ou égale à 1 bois mort par ha et que l'on divise ce résultat par le nombre total de placettes sur le massif, on obtient **la proportion de surface du massif pour laquelle la densité de bois morts sur pied est suffisante pour permettre des migrations d'espèces.**

Exemple précédent : 22 placettes sur 64 présentent une densité locale de bois morts sur pied supérieure ou égale à 1/ha. Donc, des migrations d'espèces inféodées au bois mort sur pied sont possibles sur 34 % de la surface de la forêt.

CRITIQUE DE LA METHODE : le choix de calculer une densité locale sur 5 placettes est arbitraire et peut paraître peu judicieux, puisqu'il a tendance à valoriser la présence de placettes avec bois mort isolées (pour chaque placette isolée présentant 1 bois mort sur pied, 5 placettes avec une densité locale égale à 1/ha sont déduites).
Lorsqu'on applique le même raisonnement en calculant la densité locale sur 9 placettes au lieu de 5 (c'est-à-dire en sommant le nombre de bois morts sur pied présents sur ces 9 placettes et en divisant le résultat par 9*0,20 ha =1,8 ha), on obtient des résultats inférieurs.

Exemple

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0



0,0	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,1	1,1	1,1	0,0	0,6	0,6	0,6
0,0	1,1	1,1	1,1	0,0	0,6	0,6	0,6
0,0	0,6	0,6	0,6	0,0	0,6	0,6	0,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,6	0,6	0,0	0,0	1,1	1,1	1,1	0,0
0,6	0,6	0,0	0,0	1,1	1,1	1,1	0,0
0,6	0,6	0,0	0,0	1,1	1,1	1,1	0,0

Si on reprend l'exemple précédent, on observe que le nombre de placettes ayant une densité locale supérieure ou égale à 1 bois mort sur pied par ha a diminué. En effet, comme on divise à présent par 1,8 il est nécessaire d'avoir au moins 2 bois morts parmi les 9 placettes pour que la densité dépasse 1/ha.

En agissant ainsi, on valorise donc davantage la présence de placettes avec bois mort proches dans l'espace, pour définir des zones riche en bois mort. Les placettes avec bois mort isolée ne sont plus comptabilisées. Ici, 15 placettes ont une densité locale supérieure ou égale à 1 bois mort sur pied par ha, soit 23 % de la surface de la forêt.

Calculer une densité locale sur 9 placettes au lieu de 5 pourrait être judicieux. Mais aucun argument ne justifie d'arrêter cette notion de « local » à 9 ha. Si on refait la même chose avec 25 placettes (c'est-à-dire en prenant en plus les 16 placettes entourant les 9 précédentes), on obtient des résultats encore inférieurs. A combien de placettes est-il le plus judicieux de s'arrêter ? Cette question n'a pas de réponse pour le moment. Tester cette approche sur plusieurs forêts permettrait d'affiner le raisonnement et d'évaluer son intérêt.

2ème approche : calculer pour chaque placette la distance qui la sépare de la placette avec bois mort la plus proche, et comparer cette distance avec une référence.

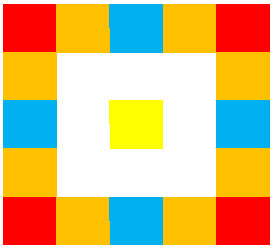
Après avoir importées les données IBP de chaque placette sous SIG, il est possible de calculer la distance séparant deux placettes vérifiant certaines conditions. On peut ainsi calculer, pour chacune des placettes d'une forêt, la distance qui la sépare de la placette la plus proche présentant du bois mort sur pied.

Si on part du principe que toutes les placettes sont exactement situées sur une maille de 100 m par 100 m, alors cette distance ne peut prendre qu'un nombre de valeurs assez réduit.

Jaune : placette centrale, pour laquelle la distance est calculée

Bleu : placettes dont le centre est situé à **100 m**

Orange : placettes dont le centre est situé à $\sqrt{(1^2+1^2)}*100$ = **141 m**

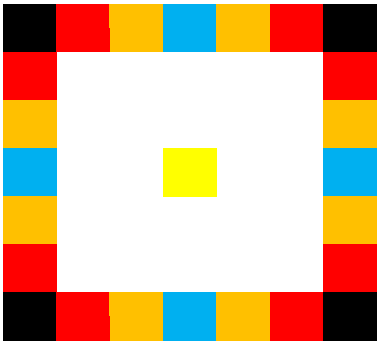


Jaune : placette centrale, pour laquelle la distance est calculée

Bleu : placettes dont le centre est situé à **200 m**

Orange : placettes dont le centre est situé à $\sqrt{(1^2+2^2)}*100$ = **223 m**

Rouge : placettes dont le centre est située à $2*\sqrt{(1^2+1^2)}*100$ = **282 m**



Jaune : placette centrale, pour laquelle la distance est calculée

Bleu : placettes dont le centre est situé à **300 m**

Orange : placettes dont le centre est situé à $\sqrt{(1^2+3^2)}*100$ = **316 m**

Rouge : placettes dont le centre est située à $\sqrt{(2^2+3^2)}*100$ = **360 m**

Noir : placettes dont le centre est situé à $3*\sqrt{(1^2+1^2)}*100$ = **423 m**

Il est bien évidemment possible que le bois mort le plus proche soit au-delà d'une distance de 423 m, mais nous verrons par la suite qu'il est en pratique inutile de s'intéresser aux distances plus lointaines.

L'idée de cette méthode est de comparer la distance réelle au bois mort sur pied le plus proche, calculée sous SIG, avec une référence, correspondant à une distance théorique calculée suivant des probabilités.

Calcul de cette distance théorique :

L'objectif est d'estimer quelle part d'un massif présente suffisamment de bois morts sur pied pour que des migrations d'espèces associées puissent avoir lieu. Le seuil minimal fixé est de 1 bois mort sur pied par ha. Notre référence s'appuiera donc sur cette valeur de densité.

Si la densité de bois mort sur pied sur une forêt est de 1/ha en moyenne, alors la probabilité de trouver un bois mort sur pied sur une placette de 0,20 ha est de 20 %. A partir de ce constat, il est possible de calculer, pour une placette donnée, la probabilité que la placette avec bois mort la plus proche soit située à 100 m.

On note X = 0,2 la probabilité qu'une placette présente au moins 1 bois mort sur pied.
1 – X = 0,8 est la probabilité qu'une placette ne présente pas de bois mort sur pied.

P(bois mort sur pied le plus proche = 100 m) = P(+proche=100m)
= Probabilité qu'au moins une des 4 placettes situées à 100 m présente au moins un bois mort sur pied)
= 1 - Probabilité qu'aucune des 4 placettes ne présentent du bois mort sur pied

P(+proche=100 m) = 1 – (1 – X)^4 = 1 – (0,8)^4 = 0,590

De la même manière, on peut calculer la probabilité que la placette avec bois mort sur pied la plus proche soit située à 141 m.

P(+proche=100m) = Probabilité qu'il y ait au moins 1 bois mort à 141 m ET qu'il n'y ait aucun bois mort à 100 m = (1 – (1-X)^4) * (1-X)^4 = 0,59 * 0,41 = 0,242

P(+proche=200m) = Probabilité qu'il y ait au moins 1 bois mort à 200 m ET qu'il n'y en ait aucun à 141 m ET qu'il n'y en ait aucun à 100 m = (1 – (1-X)^4) * (1-X)^4 * (1-X)^4 = 0,099

On fait de même pour toutes les distances possibles jusqu'à 423 m. Il est inutile d'aller au delà, car pour une densité de 1 bois mort sur pied par ha, la probabilité que la distance soit supérieure à 423 m est infime. Connaissant les probabilités que la placette avec bois mort la plus proche soit de 100 m, 141 m, 200 m, 223 m, 282 m, 300 m, 316 m, 360 m et 423 m, on peut calculer **l'espérance de la distance au bois mort sur pied le plus proche.** Cette espérance correspond à la distance théorique de référence. Elle ne dépend que de la densité de bois mort sur pied fixée comme référence (donc ici 1/ha) et de la position de la placette au sein du massif (une placette située en lisière de forêt ayant logiquement une espérance de distance plus grande qu'une placette située au milieu du massif).

Pour chacune des placettes de la forêt, on compare la distance réelle à cette référence. Si la distance réelle est inférieure à la référence, cela signifie que, en termes de probabilité, la placette est située dans une zone où la densité de bois mort sur pied à l'ha est supérieure ou égale à 1/ha. Si on comptabilise le nombre de placettes dans ce cas sur la forêt, il est possible de caractériser la répartition globale des bois morts sur pied sur le massif.

Note : si 30 % des placettes présentent une distance réelle inférieure ou égale à la référence, il ne faut pas en déduire que la densité de bois mort est supérieure ou égale à 1/ha sur 30 % de la surface du massif. En effet, il ne s'agit que de probabilités. Ainsi, même dans le cas d'une forêt présentant une densité moyenne de 1 bois mort sur pied par ha, bien répartie dans l'espace, le pourcentage de placettes ayant une distance réelle inférieure ou égale à la référence ne sera en moyenne pas de 100 %, mais de 60 %.
Si on applique cette méthode à un massif forestier, on peut tout de même conclure que, si on obtient un résultat proche de 60 %, alors la quantité de bois mort sur pied est « suffisante » (c'est-à-dire supérieure à 1/ha) sur une bonne partie du massif. Plus on s'éloigne de cette valeur de 60 %, plus le pourcentage de la surface présentant « suffisamment » de bois mort sur pied est faible.

L'application de cette démarche sur le Bois Landry montre que 34,3 % des placettes présentent une distance réelle au bois mort le plus proche inférieure ou égale à la référence. Cette valeur est très nettement inférieure à 60 %, signe que les bois morts sont souvent trop dispersés sur le massif pour permettre des migrations. Il n'est toutefois pas possible de caractériser plus précisément cette valeur de 34,3 %. Il faudrait pour cela appliquer ce raisonnement sur de nombreuses forêts, afin d'étalonner cet indicateur.

Ces deux approches très théoriques s'avèrent assez complexes et peuvent paraître peu adaptée pour un outil simple d'utilisation comme l'IBP, même si leur utilisation est en pratique simple une fois le fichier de saisie et de calcul créé. Elles sont ici présentées pour alimenter la réflexion portant sur la prise en compte de la répartition des bois morts sur pied, bois morts au sol et très gros bois, qui est un indicateur compliqué à évaluer mais particulièrement important pour la biodiversité en forêt.

Annexe 23 : Propositions de Marc LAPORTE pour la notation de nouveaux facteurs à inclure dans l'IBP Massif

4 nouveaux facteurs sont proposés :
- La diversité des types de stations
- La diversité des conditions topographiques
- La présence d'espèces patrimoniales
- La diversité des types de peuplements

Notation types de stations :

4 niveaux trophiques (acide, neutre, calcaire, alluvial) et 3 variantes/hydromorphie (sèche, drainée, humide) , pris en compte si surface/type > 10 % du massif :

5 : au moins 3 types de stations à niveaux trophiques ≠, dont 1 type avec 2 variantes/hydromorphie

4 : 3 types de stations à niveaux trophiques ≠, sans variantes/hydromorphie

3 : 2 types de stations à niveaux trophiques ≠, dont 1 type avec 2 variantes/hydromorphie

2 : 2 types de stations à niveaux trophiques ≠, sans variantes/hydromorphie

1 : 1 seul type de station avec 2 variantes/hydromorphie

0 : 1 seul type de station sans variantes/hydromorphie

Notation types topograhiques :

6 types ≠ : plateau, versant avec pente faible < 50%, 50%<versant moyen<100%, versant abrupt > 100%, vallon, plaine, pris en compte si surface/type > 10 % du massif :

5 : au moins 4 types topographiques, dont 2 hors versant

4 : 3 types topographiques, dont 1 type avec versant > 50%

3 : 3 types topographiques sans types avec versant > 50 %

2 : 2 types topographiques, dont 1 type de versant

1 : 2 types topographiques sans type avec versant

0 : 1 seul type topographique

Notation présence d'espèces patrimoniales :

Il s'agit de relever la présence d'espèces protégées (niveau national ou régional) ou de zonages liés à la présence d'espèces patrimoniales (ZNIEFF, ZICO, ZPS, ZSC) :

5 : ZPS + ZSC + espèces protégées

4 : ZPS + ZSC

3 : ZPS ou ZSC

2 : au moins 2 espèces protégées au niveau régional
ou 1 au niveau national
ou ZNEFF 2 hors Natura 2000

1 : au moins 1 espèce protégée au niveau régional ou ZNEFF 1 hors Natura 2000

0 : aucune espèce patrimoniale

Notation types de peuplements :

Il faut distinguer 3 configurations : massif géré tout en futaie régulière, massif géré tout en futaie irrégulière et massif présentant un mélange de ces deux gestions.

A- ***Pour les massifs traités en futaie régulière :***

On distingue 6 classes de grosseur: semis-gaulis, perchis, PB, BM, GB et TGB, sachant que la surface d'une classe doit être > 10% du massif pour être retenue et que les seuils de grosseur seront fixés nationalement (régional ?) par groupe d'essences :

5 : au moins 4 classes de grosseur dont TGB

4 : 4 classes de grosseur sans TGB, avec GB

ou 3 classes de grosseur dont TGB

3 : 3 classes de grosseur sans TGB, avec GB

2 : 3 classes de grosseur sans TGB, ni GB, avec BM

ou 2 classes de grosseur dont TGB ou GB

1 : 3 classes de grosseur sans TGB, ni GB, ni BM

ou 2 classes de grosseur sans TGB, ni GB, avec BM

0 : 2 classes de grosseur sans TGB, ni GB, ni BM

ou 1 seule classe de grosseur sans TGB ni GB

B- ***Pour les massifs traités en futaie irrégulière :***

On distingue les mêmes classes de grosseur, sachant que le nombre de tiges d'une classe doit être > 10% des tiges du massif pour être retenue et que les seuils de grosseur seront fixés nationalement (régional ?) par groupe d'essences :

5 : toutes les classes de grosseur

4 : déficit en semis-gaulis-perchis (< 20%)

3 : déficit en PB (< 20%)

2 : déficit en BM (< 20%)

1 : déficit en GB et TGB (< 20%)

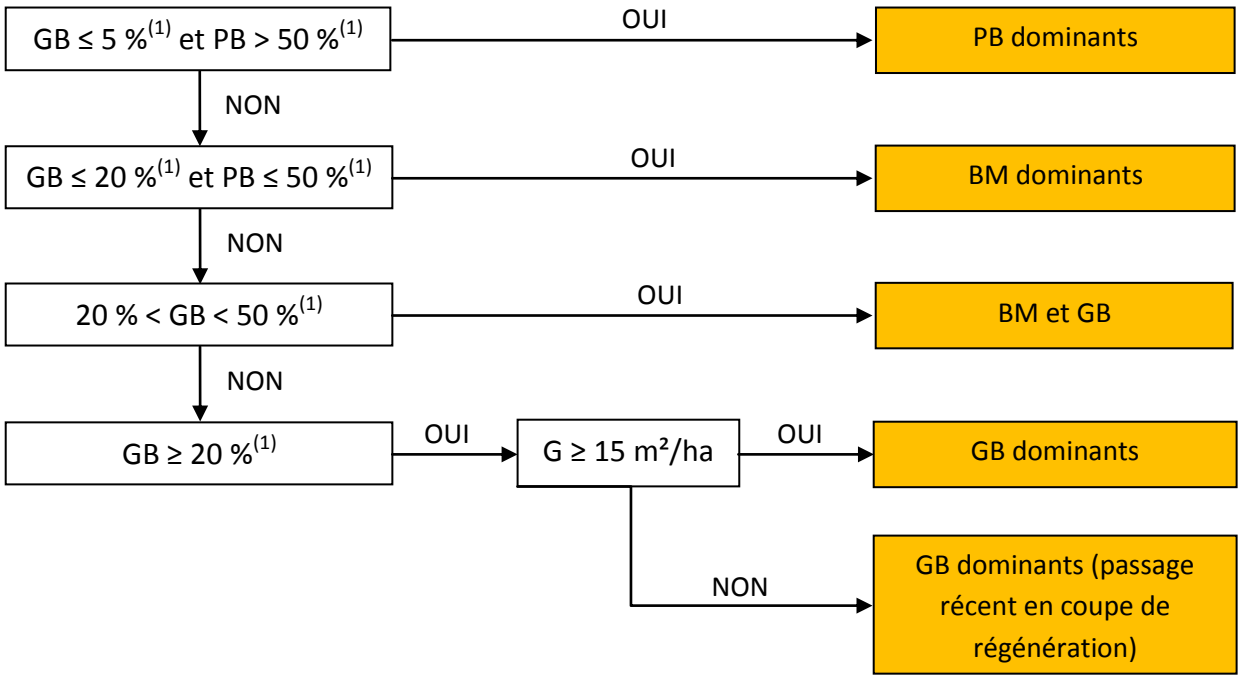
0 : déficit en BM, GB et TGB (< 20%)

C- ***Pour les massifs présentant un mélange de traitements:***

A partir de la note IBP pour chaque traitement suivant les codifications A et B, calculer la moyenne pondérée à la surface de chaque traitement de ces 2 notes.

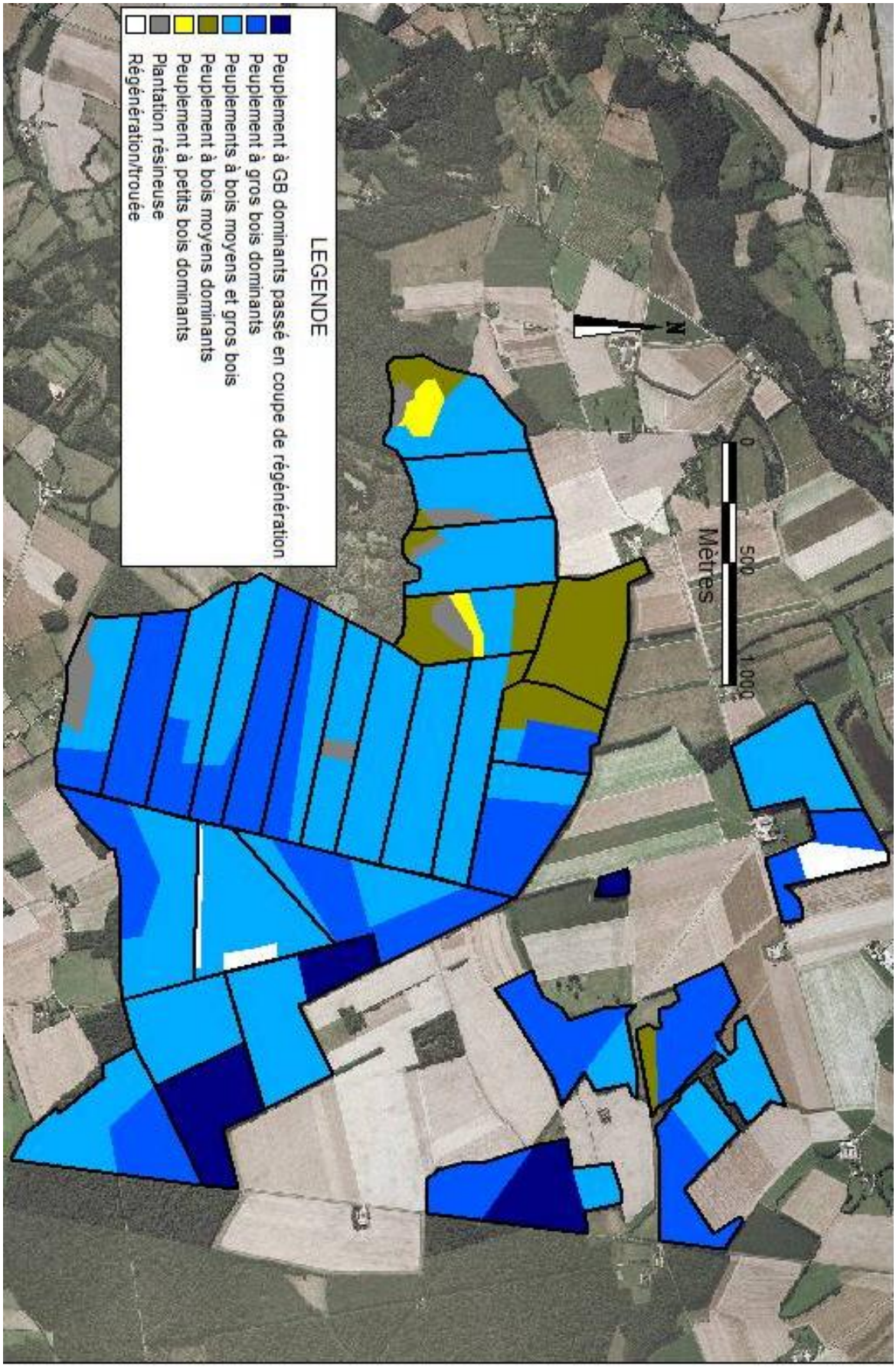
Annexe 24 : Typologie synthétique des peuplements sur le Bois Landry

Cette typologie est une version simplifiée de la typologie pour les peuplements feuillus des régions Centre et Ile-de-France présentée en annexe 7.



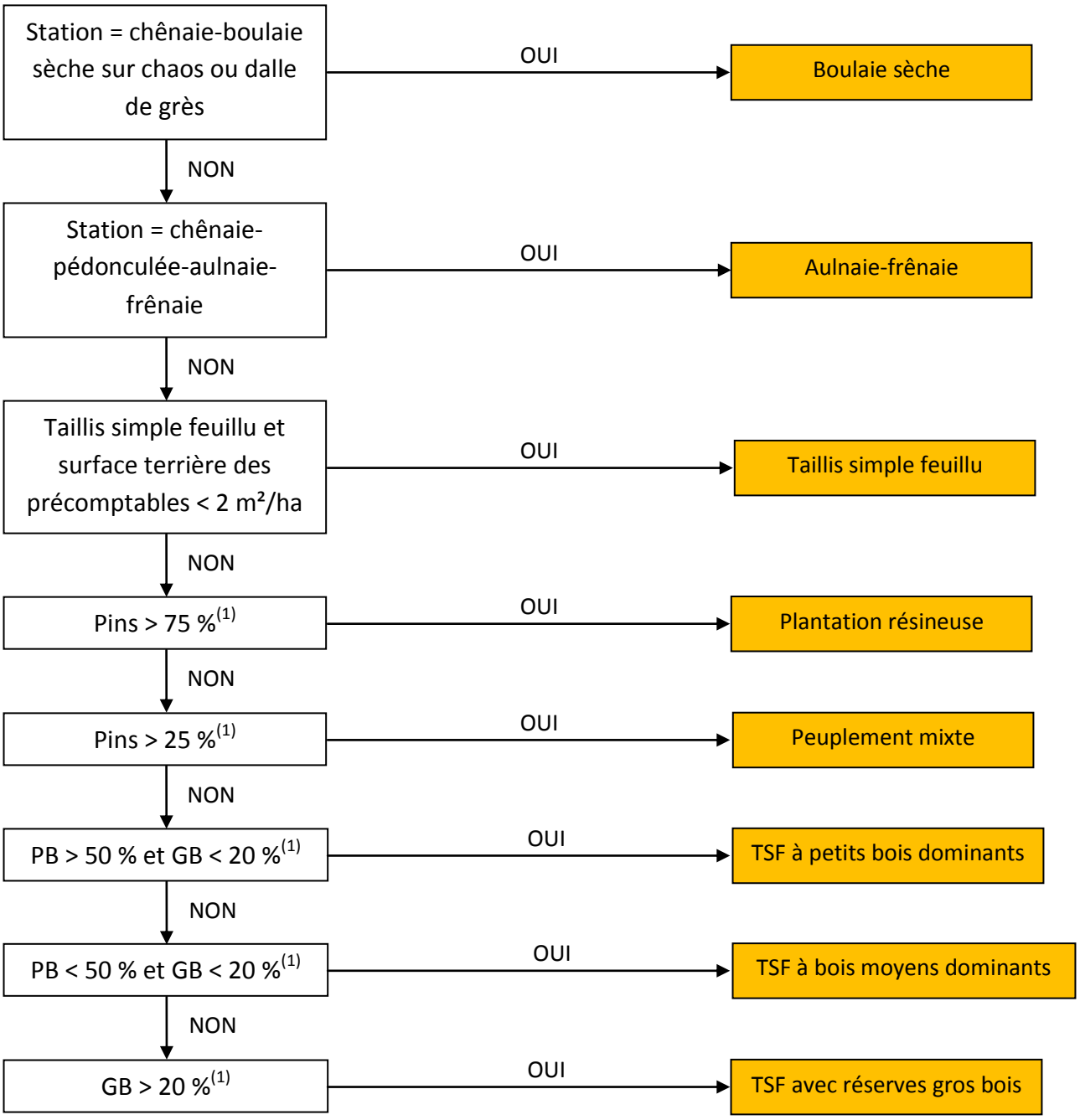
(1) Pourcentage calculé sur toutes les tiges précomptables parmi les essences suivantes : pin sylvestre, pin laricio, chênes sessile, pédonculé et pubescent, châtaignier, frêne, érable sycomore, tilleul, orme, alisier.merisier.hêtre

Annexe 25 : Carte de la typologie synthétique des peuplements du Bois Landry



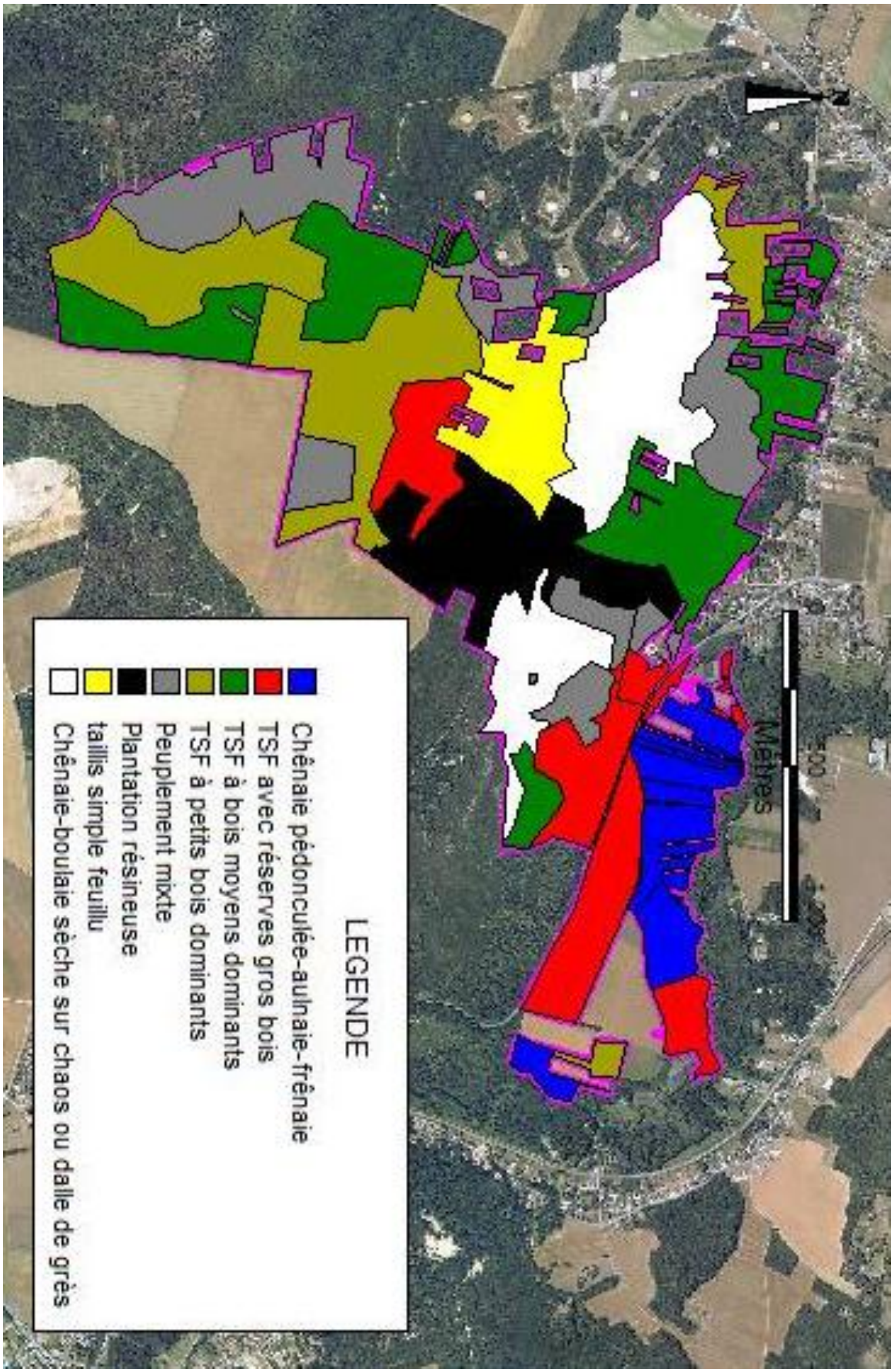
Annexe 26 : Définition des types de peuplements du Bois de Misery

La définition des types s'appuie à la fois sur la notion de station forestière (cas des boulaie-séches et des aulnaies-frênaies), sur la composition en essences du peuplement et sur sa structure.



(1) Pourcentage calculé sur toutes les tiges précomptables parmi les essences suivantes : pin sylvestre, pin laricio, chênes sessile, pédonculé et pubescent, châtaignier, frêne, érable sycomore, tilleul, orme, alisier.merisier.hêtre

Annexe 27 : Carte des types de peuplements du Bois de Misery



L’indice de biodiversité potentielle (IBP) créé en 2004 est un outil d’aide à la décision permettant d’estimer de façon simple et rapide la capacité d’accueil d’un peuplement forestier. L’extension de son domaine d’utilisation à l’échelle du massif (propriété forestière) est actuellement à l’étude. Au travers de tests réalisés sur deux forêts des régions Centre et Ile-de-France, ce rapport présente une analyse comparative permettant de choisir la méthode de relevé la plus adaptée pour évaluer la biodiversité sur un massif. Des méthodes de calcul d’un IBP massif sont proposées et mises en application afin de souligner l’intérêt d’un tel indice et de donner des pistes de réflexion pour sa construction.