Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 08764

Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional 2014

Votre gouvernement

Québec

Rédaction
Jean-Gabriel Élie, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP
Carl Bergeron, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Collaboration
Sylvain Bernier, stat., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP
Robin Lefrançois, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP
Jean Mercier, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP
Philippe Morin, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP
Ian Paiement, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP
Isabelle Pomerleau, ing.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Révision linguistique
Hélène D'Avignon, ing.f., rédactrice professionnelle

Photographie de la page couverture
Robin Lefrançois, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Diffusion
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Direction des inventaires forestiers
5700, 4e Avenue Ouest, local A-108
Québec (Québec) G1H 6R1
Téléphone : 418 627-8669
Ligne sans frais : 1 877 936-7387
Télécopieur : 418 646-1995
inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca
http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/index.jsp

© Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Référence
MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2014. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 08764, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 28 p.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction : Description générale des processus liés à l'inventaire

Processus général de l'inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM)
Processus spécifique de la planification du sondage

Section 1

Unité de sondage et population cible : compilation des superficies incluses et exclues

Section 2

Composition en essences des peuplements écoforestiers : portrait et analyse

Section 3

Analyse de regroupement de la composition en essences : méthode et résultat

Section 4

Densité et hauteur des peuplements écoforestiers : portrait et analyse

Section 5

Regroupement des densités et hauteurs : méthode et résultat

Section 6

Allocation des placettes-échantillons aux strates d'échantillonnage : analyse et ajustements

Section 7

Synthèse de la stratification de l'échantillonnage et de l'allocation des placettes-échantillons

INTRODUCTION

Le présent rapport présente les données, l'analyse et les méthodes qui ont conduit à la définition des strates d'échantillonnage et à l'allocation des placettes-échantillons de l'unité de sondage 08764.

Processus général de l'inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM)

L'inventaire écoforestier vise à acquérir et à diffuser les connaissances sur les écosystèmes forestiers québécois. Il permet notamment de qualifier et de quantifier la superficie des peuplements forestiers et les volumes marchands bruts de bois sur pied. Le processus comporte quatre grandes activités qui sont réalisées sur une période de quatre ans. Ces étapes successives sont les suivantes :

Année 0 : Acquisition des photographies aériennes numériques

Années 1 et 2 : Cartographie écoforestière
Produite par photo-interprétation des images numériques, elle consiste à délimiter, à qualifier et à évaluer les superficies des peuplements écoforestiers selon des critères précisément établis.

Année 3 : Sondage
Consiste à établir des placettes-échantillons temporaires (PET) dans le but d'acquérir des mesures de variables dendrométriques dans les peuplements cartographiés.

Année 4 : Compilation forestière
Consiste à associer des variables dendrométriques mesurées dans les placettes à différentes échelles d'agrégation des peuplements de la carte écoforestière, allant des peuplements individuels jusqu'à l'unité de sondage.

Processus spécifique de la planification du sondage

Le processus de planification du sondage comporte quatre grandes étapes ici résumées.

1) Définition de l'unité de sondage et de la population cible

L'unité de sondage (US) correspond au territoire dans lequel est établi un échantillonnage terrain de variables dendrométriques et écologiques et des attributs des stations forestières au moyen de placettes-échantillons temporaires. Une US est définie pour chaque unité d'aménagement (UA), chaque agence de mise en valeur des forêts privées et pour certaines réserves forestières (095001 et 096001). Les critères retenus dans la définition de l'US sont le mode de gestion et les usages des territoires forestiers (usages surfaciques et zones d'application de modalités d'intervention [ZAMI]). Ainsi, compte tenu de l'objectif d'échantillonner seulement les forêts aménagées, seuls certains modes de gestion sont considérés dans la définition de l'US. Quant aux usages, ils permettent de distinguer différentes utilisations du territoire et de leur attribuer des mesures de protection particulières. Un code d'impact sur la possibilité forestière est associé à chacun de ces usages et ceux ayant une valeur située entre « 01 » et « 06 » sont exclus de l'US. Enfin, la carte écoforestière sert de base pour la définition de la population cible à échantillonner dans l'US, soit les peuplements écoforestiers productifs accessibles de 7 m ou plus de hauteur.

2) Objectifs poursuivis et plan d'échantillonnage

Le sondage de type PET est planifié et réalisé selon un plan d'échantillonnage à deux degrés à probabilités de sélection variables (méthode d'échantillonnage probabiliste). Les probabilités de sélection sont définies en fonction de regroupements caractérisés par une composition en essences, une densité et une hauteur, à partir de l'intensité d'échantillonnage fixée pour chacun d'eux lors de la planification du sondage. Comme ces regroupements s'apparentent beaucoup aux strates d'échantillonnage d'un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié, on utilisera les termes « strates » et « strates d'échantillonnage » dans le reste du document pour en simplifier la lecture et la compréhension. Ainsi, ce type de plan d'échantillonnage permet de contrôler minimalement le nombre de PET alloué par strate contrairement à un plan d'échantillonnage aléatoire simple ou systématique. La méthode d'estimation des variables dendrométriques par essence utilisée à la compilation (imputations k-NN) est telle que l'échelle d'estimation est - non pas la strate d'échantillonnage, mais le peuplement écoforestier. Il en découle que les objectifs poursuivis par la stratification de l'échantillonnage sont d'assurer que chacune des strates est représentée dans l'échantillon global tout en assurant l'allocation d'une quantité suffisante de placettes-échantillons dans les principales compositions d'essences.

Puisqu'on vise des estimations par essence, les attributs de la carte écoforestière qui définissent les strates sont d'abord les essences et leur proportion relative de la surface terrière totale, et ensuite la densité et la hauteur des peuplements. Ces attributs permettent de tenir compte des gradients appréhendés des variables dendrométriques d'intérêt. Le regroupement des différentes compositions en essences est réalisé avec une analyse de classification. Dans le cas des densités et des hauteurs, on a utilisé les centiles (30e, médiane et 70e) pour scinder, lorsque cela était possible et en fonction de la superficie, les regroupements des compositions en essences.

3) Allocation des PET aux strates d'échantillonnage

La prescription ou allocation des PET consiste à déterminer le nombre de PET qui sera implanté dans chacune des strates d'échantillonnage. Dans le contexte d'application de la méthode k-NN, on considère que l'allocation doit être proportionnelle à la superficie des strates. Cependant, il est souhaitable dans certains cas de moduler le taux d'échantillonnage, par exemple lorsqu'un nombre élevé de PET a été prévu dans des strates d'une très grande superficie, dont la composition en essences est très homogène. Le nombre de PET est ainsi réduit dans ces strates puis est ensuite réparti dans d'autres strates d'échantillonnage de plus faible superficie ou de composition en essences plus hétérogène ou plus rare.

4) Production du plan de sondage

Lors de la production du plan de sondage, on minimise les risques de biais potentiels rattachés à la sélection des placettes en faisant appel à une méthode d'échantillonnage probabiliste. La détermination des lieux précis d'implantation des placettes se fait en quadrillant le territoire à sonder selon deux échelles de travail. On quadrille d'abord le territoire à l'aide d'une grille de tuiles d'une dimension déterminée, ensuite on quadrille chaque tuile à l'aide d'une grille de points équidistants les uns des autres d'une distance minimale fixée. Chaque point représente ainsi un lieu potentiel d'implantation d'une placette. Seules les placettes faisant partie des peuplements formant la population cible sont considérées.

On réalise ensuite le choix final des placettes à sonder en sélectionnant de façon aléatoire (probabilités variables) un ensemble de tuiles, puis une série de points dans chacune des tuiles (pour la formation des virées d'inventaire). La probabilité de sélection associée à un point à l'intérieur d'une tuile est déterminée à partir du nombre de placettes visé par strate et du nombre de placettes admissibles à la sélection (placettes potentielles).

Processus de l'inventaire écoforestier du Québec méridional de l'US 08764

Les différentes étapes du processus de même que la période à laquelle elles ont été réalisées ou seront complétées sont présentées dans le tableau suivant.

Prise de photographies aériennes	**Acquisition et diffusion**	**2011**
Cartographie écoforestière	**Production**	**avril 2012 - décembre 2013**
	Diffusion - statut primaire	**février 2014**
	Diffusion - statut final	**février 2015**
Sondage terrestre	**Production**	**été 2014**
	Diffusion	**juin 2015**
Compilation forestière	**Diffusion**	**décembre 2015**

Paramètres et hypothèses initiaux de l'US 08764

Quelques données de base ont été considérées dans la détermination du nombre de strates d'échantillonnage, leur superficie et dans l'allocation des PET aux strates. Ces données sont listées en tableau puis présentées plus en détail ci-après.

Superficie sondée (ha)	**153 798**
Nombre total de PET à implanter	**300**
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PET : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PET)	**513**
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PET)	**5 127**
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PET)	**12 817**

Superficie sondée
Il s'agit de la superficie de la population cible, soit celle des polygones des peuplements forestiers, productifs, accessibles, de 7 m ou plus de hauteur et localisés dans l'unité de sondage définie par des subdivisions territoriales. Le détail des inclusions et exclusions de superficies est présenté à la section 1.2.

Nombre total de PET à implanter
Le nombre de placettes-échantillons à implanter dans chaque territoire de sondage est déterminé en fonction de la complexité des écosystèmes et de la diversité des essences, selon trois degrés d'intensité. Dans les forêts plus homogènes situées dans la portion nord du Québec méridional, on a prévu implanter 600 placettes par unité de sondage, tandis qu'on en a prévu 750 dans la zone intermédiaire, et 900 dans la portion sud qui se compose de forêts plus complexes. On notera que le taux d'échantillonnage peut être ajusté au besoin dans le cas de certains territoires peu diversifiés ou d'une faible superficie.

Facteur d'expansion
Le facteur d'expansion correspond au poids de sondage associé à chacune des unités sélectionnées (placettes) dans la population sondée (unité de sondage). Plus explicitement, on définit le facteur d'expansion ici comme étant le produit de deux facteurs : le premier permet de convertir les données mesurées dans une placette-échantillon lors du sondage terrain à des valeurs à l'hectare (PET/ha), tandis que le second correspond à la superficie de la population cible représentée par chacune des placettes sélectionnées (ha/PET). Dans le présent rapport, on ne considère que le deuxième facteur, puisque dans le cadre de la planification du sondage terrestre, on travaille à l'échelle de la population cible et non pas à l'échelle de la placette. Le premier facteur sera intégré dans l'équation lorsque les données des placettes seront disponibles et que les résultats de compilations seront produits. La valeur initiale du deuxième facteur, qui résulte de l'orientation d'obtenir un échantillonnage aléatoire et uniforme de la population cible, est donnée par le ratio entre les deux paramètres précédents, soit entre la superficie de la population cible et le nombre de PET prévu dans l'unité de sondage. Il correspond à une même constante pour chaque placette. Cependant, nous verrons à la section 6 que des ajustements de ce ratio peuvent être appliqués en fonction de la composition en essences des strates.

Superficie des strates d'échantillonnage
Le nombre total de strates d'échantillonnage et leur superficie ne sont pas précisément définis *a priori*. Cependant, les paramètres précédemment décrits, combinés à la recherche d'un certain équilibre entre considérer un maximum d'attributs de la carte écoforestière (suppose de définir un grand nombre de strates) et conserver la possibilité d'ajuster le facteur d'expansion de chacune des strates (suppose de définir peu de strates), définissent quelques balises. C'est ainsi que l'on vise à définir des strates pour lesquelles approximativement entre 10 et 25 PET seront allouées. En multipliant ces nombres de placettes par le facteur d'expansion, on obtient des balises approximatives - encore une fois sur la superficie minimale et maximale des strates à définir.

1. Unité de sondage et population cible

1.1 Définition de l'unité de sondage basée sur les subdivisions territoriales

On présente ici les superficies incluses et exclues basées sur les données territoriales considérées pour définir l'unité de sondage. Ces données ont été vérifiées, puis corrigées lorsque cela était nécessaire, à la suite de l'exercice de validation des intrants à la définition des unités de sondage réalisé à l'automne 2013.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
08764	Oui	01	Unité d'aménagement (UA)	371 737	76,7%
	Non	02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	9 952	2,1%
		06	Forêt d'expérimentation sur unité d'aménagement (UA)	9	0,0%
		20	Petite propriété privée	5	0,0%
		26	Terres de catégorie 1B	23 558	4,9%
		52	Eaux (lacs importants,fleuve et réservoir)	35 235	7,3%
		55	Projet de refuge biologique exclu de la production forestière	6 145	1,3%
		59	Refuge biologique désigné	1 262	0,3%
		90	Réserve indienne et terre de catégorie 1A	36 808	7,6%
				484 712	**100,0%**

Usage forestier				Superficie	
Sondage	Code	Nom	Code d'impact	ha	%
Non	BK	Bande riveraine d'intérêt faunique	01	612	0,9%
	ES	Site d'enfouissement sanitaire et de dépôts en tranchées	01	2	0,0%
	FY	Habitat du poisson (incluant frayère)	01	78	0,1%
	PY	Pourvoirie sans droits exclusif	01	64 379	98,9%
	VR	Site de villégiature regroupée	01	11	0,0%
				65 082	**100,0%**

Zone d'application des modalités d'intervention				Superficie	
Sondage	Usage associé	Mode de gestion associé	Code d'impact	ha	%
Non	CA		01	41	13,0%
	CR		06	219	70,0%
	RP		06	53	17,0%
				312	**100,0%**

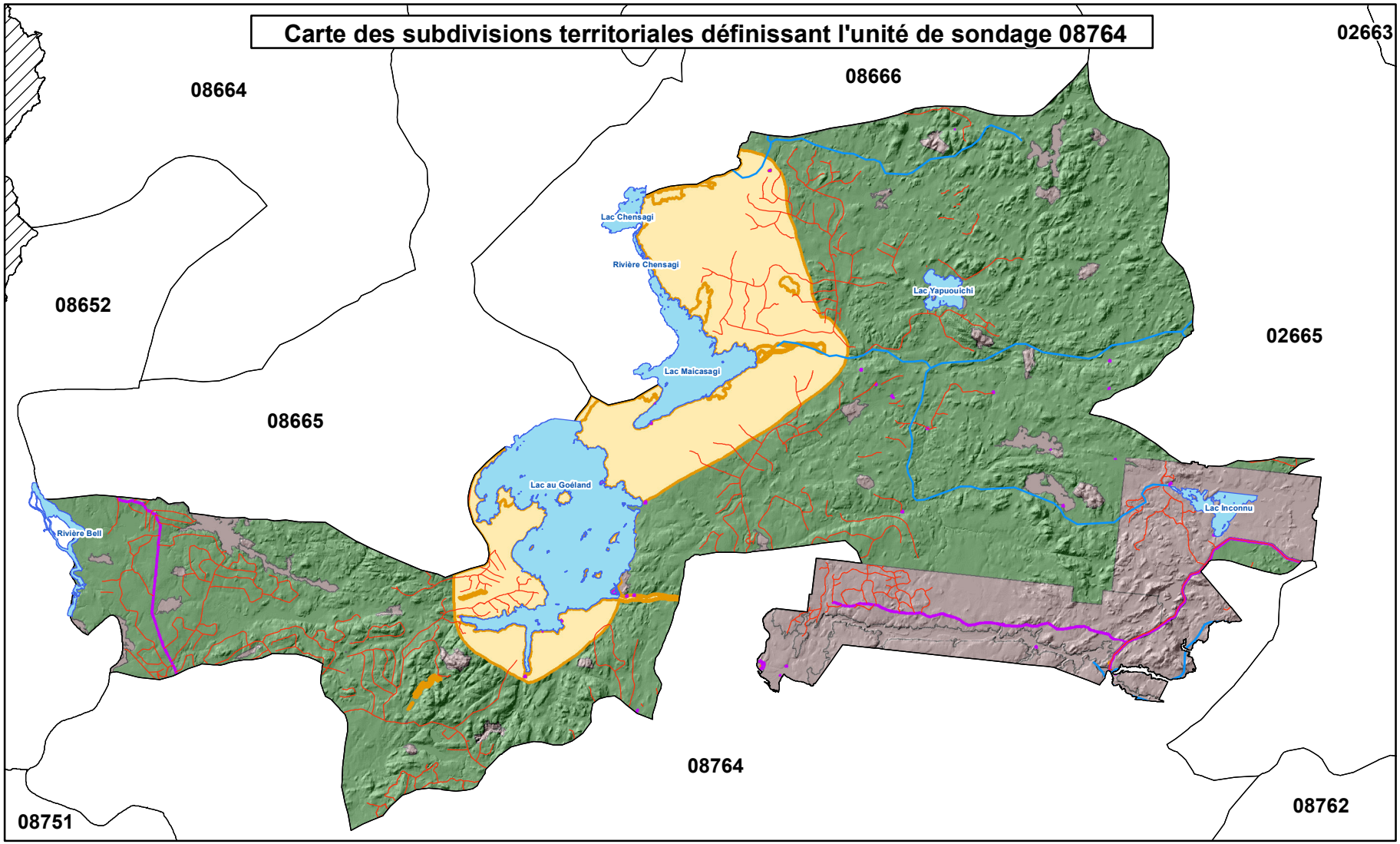
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

1.2 Définition de la population cible

La population cible est définie à partir des attributs de la carte écoforestière, des réseaux hydrographiques et de chemins et d'une couverture de pentes numérique. Le tableau qui suit présente la compilation des inclusions et exclusions.

		Superficie	
Sondage	**Description**	**ha**	**%**
Oui	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur - Stratification AIPF	153 798	50,2%
Oui		**153 798**	**50,2%**
Non	Étendue d'eau	7 351	2,4%
	Terrain à vocation non forestière	291	0,1%
	Terrain forestier inaccessible (pente «F» ou «S»)	131	0,0%
	Terrain forestier improductif	36 991	12,1%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	107 782	35,2%
Non		**152 545**	**49,8%**
		306 343	**100,0%**

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage 08764



Territoire sondé

- Unité de sondage 08764

Territoire non sondé

- Mode de gestion
- Usage forestier
- Zone d'application des modalités d'intervention
- Territoire non sondé et non cartographié
- Hydrographie surfacique
- Hydrographie linéaire
- Réseau routier
- Limite des unités de sondage

Frontières

- Frontière internationale
- Frontière interprovinciale
- Frontière Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

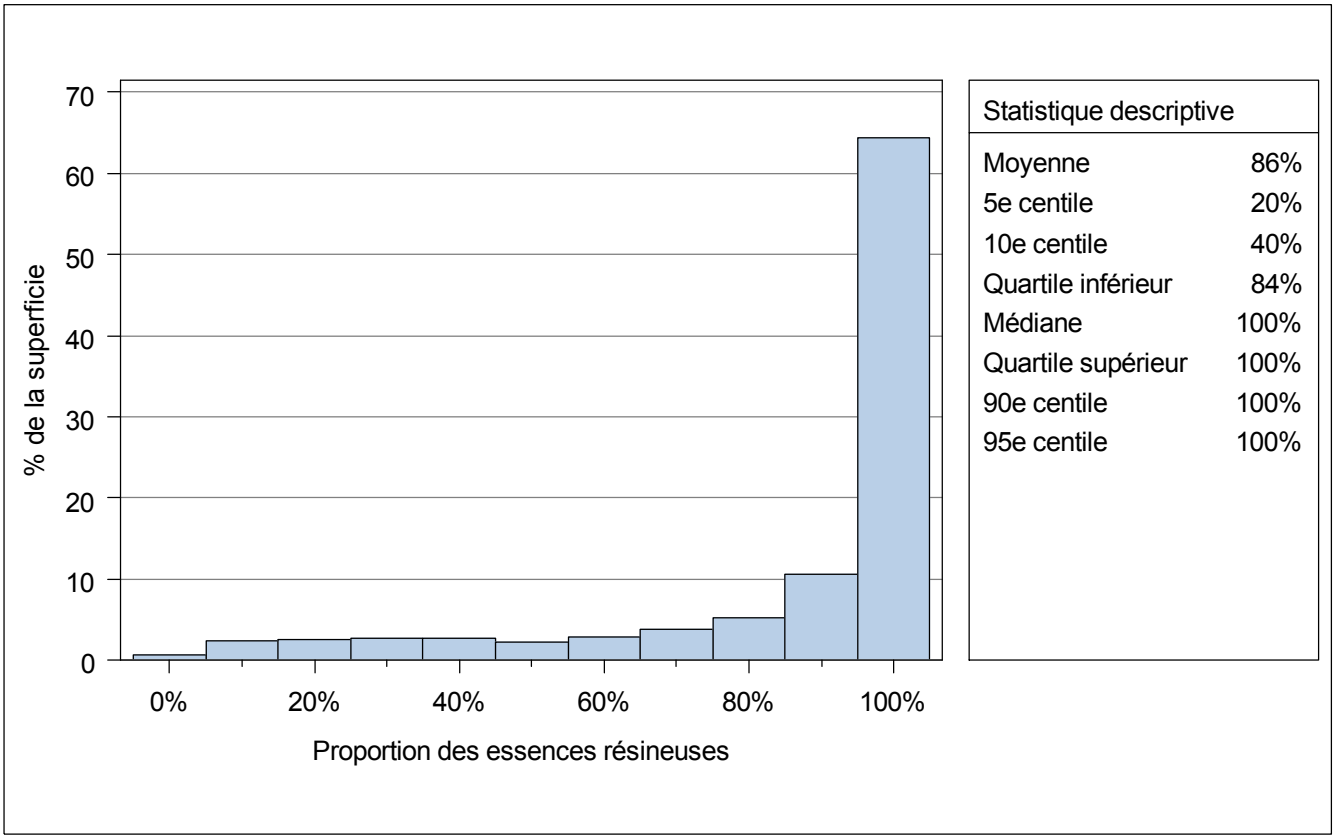
2. Portrait et analyse de la composition en essences des peuplements

2.1 Types de couvert

Les types de couvert sont définis en fonction de la proportion des essences résineuses identifiées sur la carte écoforestière. Le tableau qui suit présente leur superficie et leur importance relative.

Type de couvert		Proportion des essences résineuses		Superficie	
Code	Nom	min	max	(ha)	(%)
F	Feuillu	0%	24%	8 387	5%
MF	Mixte à dominance feuillue	26%	48%	8 327	5%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	75%	13 650	9%
R	Résineux	76%	100%	123 434	80%
		0%	**100%**	**153 798**	**100%**

Plus précisément, l'importance relative en termes de superficie des différentes proportions d'essences résineuses dans les peuplements est présentée dans l'histogramme ci-dessous.



2.2 Importance relative des essences identifiées sur la carte écoforestière

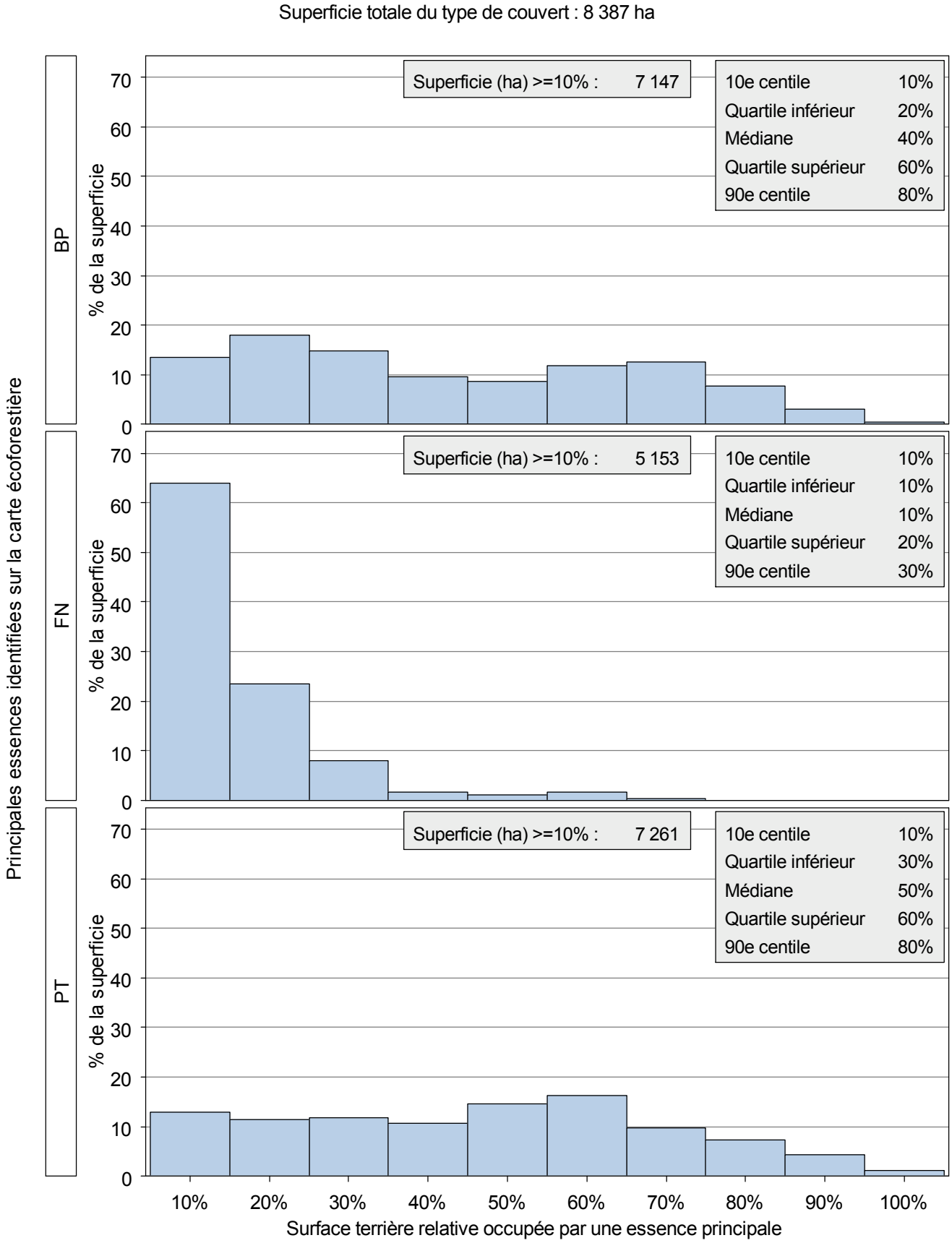
La stratification écoforestière « AIPF » (MFFP-DIF 2015, chapitre 2) donne directement la proportion de la surface terrière totale (surface terrière relative) occupée par chacune des essences identifiées dans chaque peuplement. Il est donc aisé de déduire l'importance relative de chaque essence de l'ensemble des peuplements cibles de l'US. Pour ce faire, il suffit de sommer les produits des proportions de la surface terrière totale des essences avec la proportion de la superficie totale occupée par chaque peuplement. Cette importance relative de chaque essence est ici présentée par type de couvert, puis pour tous les types de couvert.

Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BP	Bouleau blanc (à papier)	36,46%	27,78%	17,60%	1,10%	**5,94%**
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0,01%	0,13%	0,90%	0,51%	**0,49%**
	FN	Feuillus non commerciaux	9,78%	6,14%	3,88%	0,16%	**1,34%**
	FX	Feuillus indéterminés	0,11%	0,14%	0,43%	0,21%	**0,22%**
	PT	Peuplier faux-tremble	39,95%	30,83%	15,31%	0,66%	**5,74%**
			86,30%	**65,01%**	**38,13%**	**2,64%**	**13,73%**
Résineuse	EB	Épinette blanche	0,06%	0,32%	0,75%	0,16%	**0,22%**
	EN	Épinette noire	6,17%	18,22%	34,30%	77,13%	**66,27%**
	ML	Mélèze laricin	0,02%	0,16%	0,43%	2,65%	**2,17%**
	PG	Pin gris	1,81%	4,39%	9,31%	12,19%	**10,95%**
	RX	Résineux indéterminés	1,77%	0,27%	0,08%	0,04%	**0,15%**
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,00%	0,58%	0,50%	0,49%	**0,47%**
	SB	Sapin baumier	3,76%	11,05%	16,50%	4,69%	**6,03%**
	SE	Sapin et épinette blanche	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,01%**
			13,70%	**34,99%**	**61,87%**	**97,36%**	**86,27%**
			100,00%	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**

2.3 Distribution des surfaces terrières relatives occupées par les principales essences identifiées sur la carte écoforestière

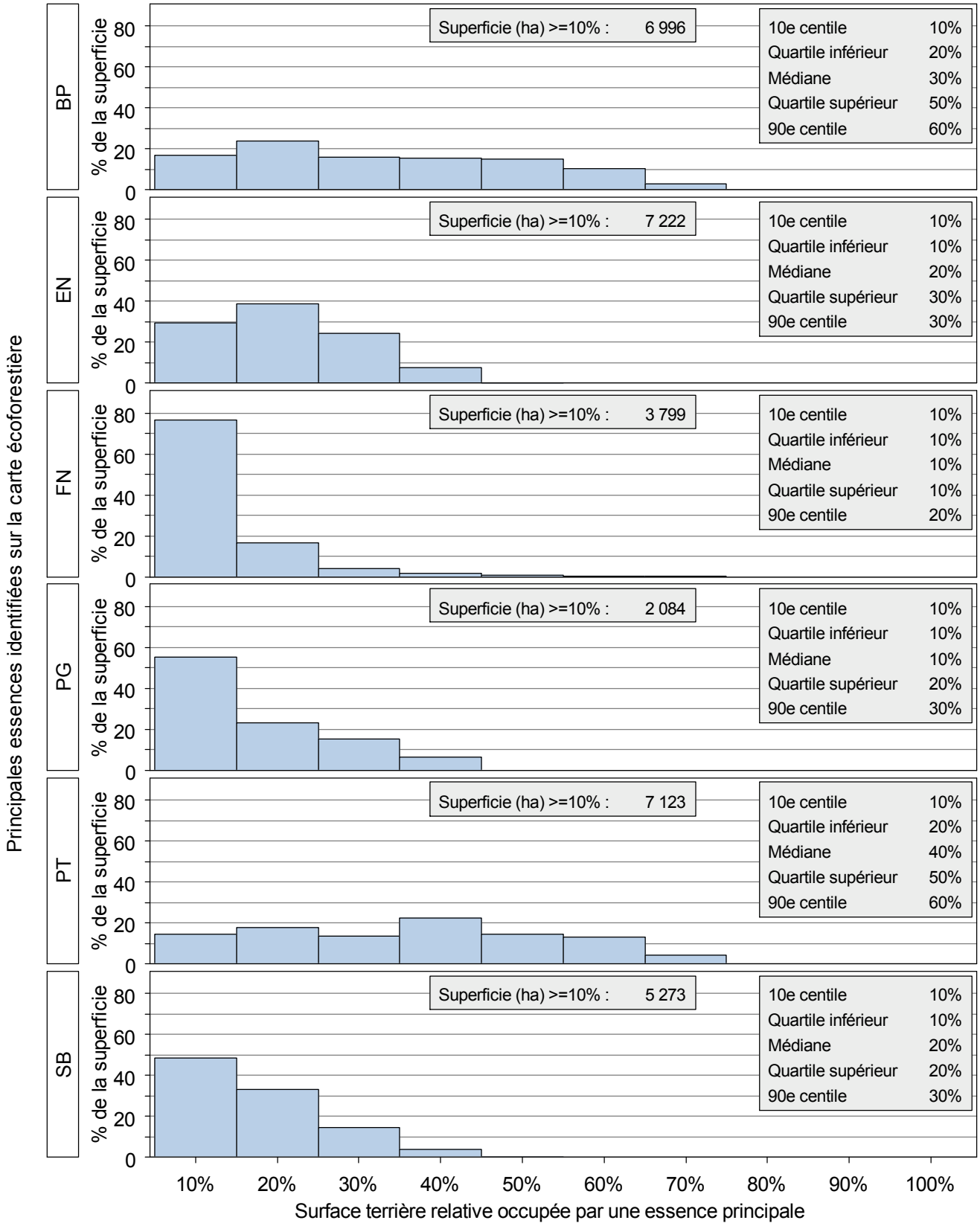
Les pages qui suivent montrent au moyen d'histogrammes la distribution de la surface terrière relative (exprimée en %) des principales essences identifiées sur la carte écoforestière. Pour qu'une essence ait été considérée dans le calcul de la surface terrière, elle devait occuper >=10 % de la surface terrière totale du peuplement cartographié auquel elle faisait partie. Cette condition permet de constater, par exemple, si une essence est essentiellement présente à titre d'essence compagne ou si, à l'inverse, elle est essentiellement présente dans des peuplements purs, voire strictement monospécifiques. Ces distributions de surfaces terrières relatives sont présentées ci-dessous par type de couvert.

Type de couvert : Feuillu

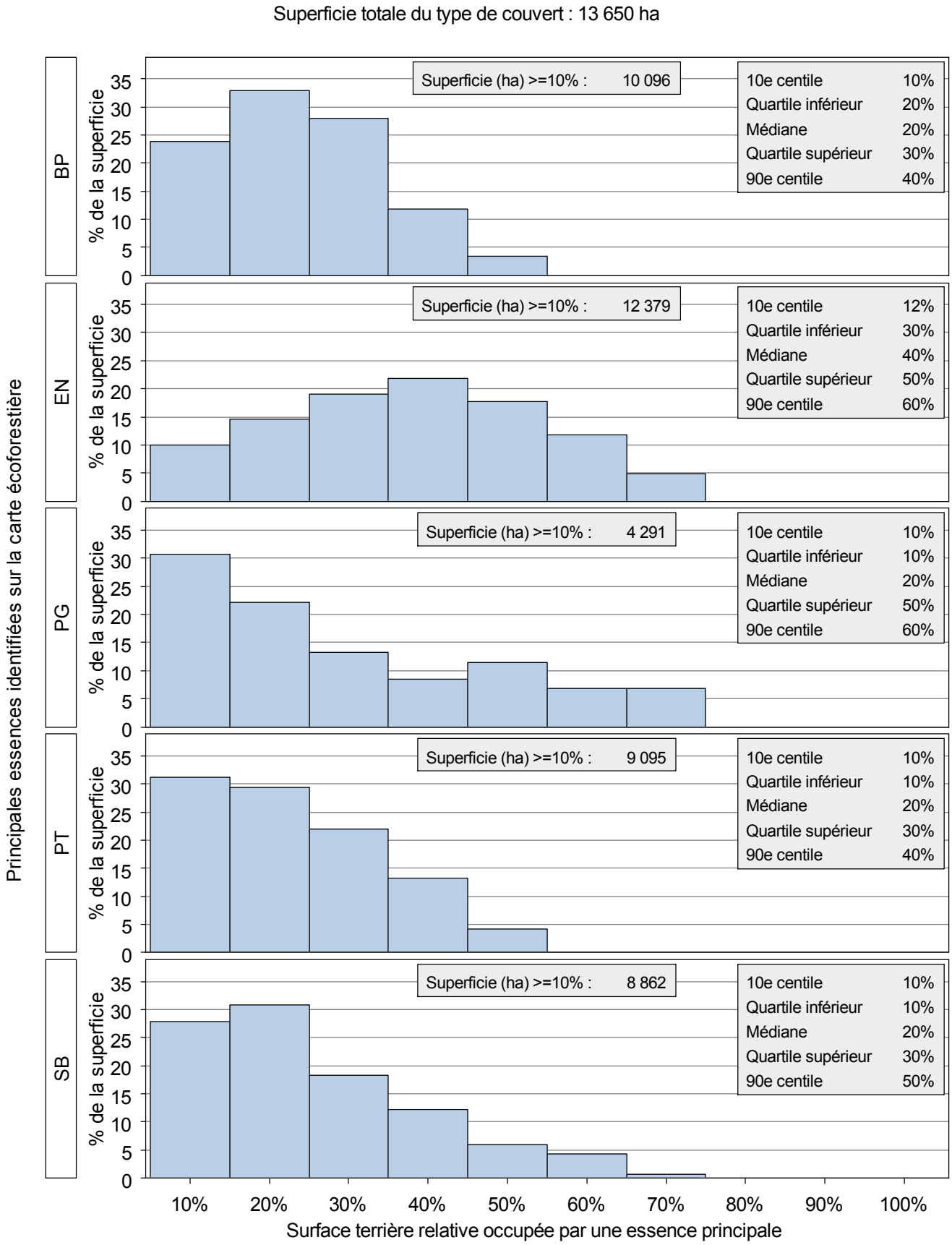


Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

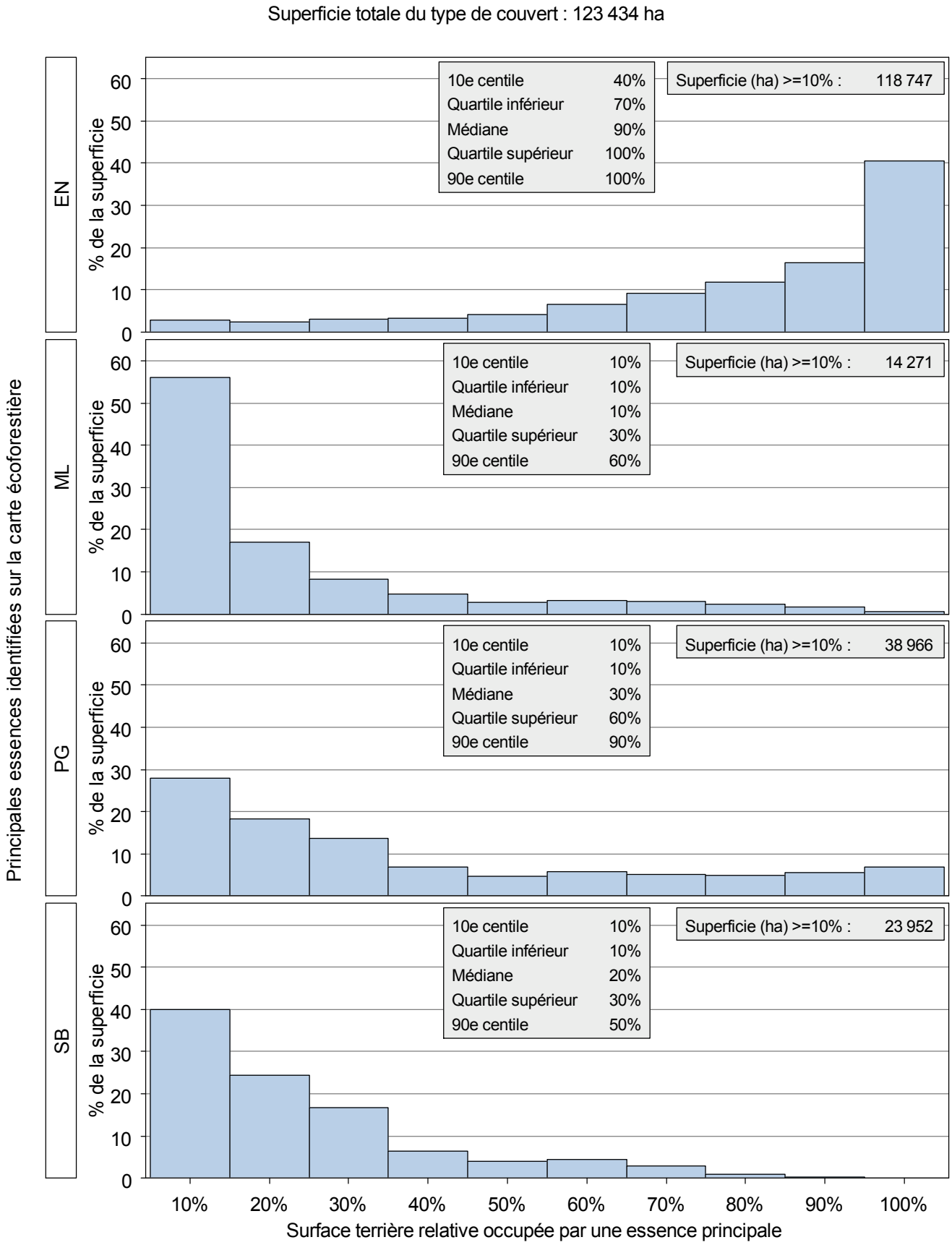
Superficie totale du type de couvert : 8 327 ha



Type de couvert : Mixte à dominance résineuse



Type de couvert : Résineux



3. Regroupement de la composition en essences des peuplements

3.1 Méthode

La diversité des compositions en essences découlant de la stratification « AIPF » est telle qu'il est difficile d'utiliser une approche empirique pour définir objectivement les groupes à retenir. Une façon simple de le faire est de préciser d'abord les essences que l'on considère comme importantes dans l'unité de sondage et d'effectuer ensuite une analyse de classification entre les peuplements en considérant la surface terrière relative de chacune des essences retenues pour l'analyse.

Cette analyse de classification a été retenue pour la définition des regroupements de la composition en essences des peuplements écoforestiers. L'analyse réalisée est de type hiérarchique (méthode de Ward) et la similarité des peuplements a été quantifiée par une mesure de « distance » (procédure CLUSTER, SAS Institute Inc. 2010; Daigle et Rivest 2010). La notion de distance dont il est ici question est la même que celle utilisée dans la méthode k-NN qui permet d'estimer des variables dendrométriques par peuplement dans le processus des compilations forestières.

Les variables d'analyse utilisées sont, pour chaque peuplement, les surfaces terrières relatives des principales essences identifiées sur la carte écoforestière. Une analyse spécifique a été menée pour chaque groupe de type de couvert ou d'origine retenu.

3.2 Résultat

Le tableau ci-dessous présente la compilation des superficies des groupes considérés.

Groupe retenu pour l'analyse de classification	Élément considéré		Superficie	
Nom	Origine des essences	Type de couvert	(ha)	(%)
Feuillu	naturelle	Feuillu	8 387	5%
			8 387	**5%**
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	8 068	5%
	plantation	Mixte à dominance feuillue	259	0%
			8 327	**5%**
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	13 248	9%
	plantation	Mixte à dominance résineuse	402	0%
			13 650	**9%**
Résineux	naturelle	Résineux	121 774	79%
	plantation	Résineux	1 661	1%
			123 434	**80%**

* Note : Dans le cas où la faible abondance de peuplements d'origine de plantation sur le territoire ne permet pas de former un groupe distinct pour l'analyse de classification, on les combine avec les peuplements d'origine naturelle du même type de couvert.

Au final, 9 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements ont été définis. Les surfaces terrières relatives des essences des variables d'analyse des groupes définis sont présentées dans les tableaux qui suivent. On y trouve, par regroupement, les variables d'analyse utilisées et, pour chacune de ces variables, les valeurs du 10e et 90e centile en superficie. Ainsi, pour un groupe donné et une essence donnée, les valeurs du 10e et du 90e centile indiquent qu'environ 80 % des superficies ont une proportion de la surface terrière totale comprise entre les valeurs de ces centiles. Enfin, on a défini les appellations (étiquettes) des groupes à partir de la moyenne des surfaces terrières relatives des variables d'analyse.

Groupes définis dans le cas du type de couvert feuillu

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EN	FN	PT	SB
PT40BP40FN10EN10	10e	0	0	0	0	0
	90e	70	10	20	80	10

Groupes définis dans le cas du type de couvert mixte à dominance feuillue

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)					
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EN	FN	PG	PT	SB
PT30BP30FN10EN20SB10	10e	0	0	0	0	0	0
	90e	60	30	20	20	60	30

Groupes définis dans le cas du type de couvert mixte à dominance résineuse

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EN	PG	PT	SB
EN30SB20PG10BP20PT20	10e	0	10	0	0	0
	90e	40	60	40	40	40

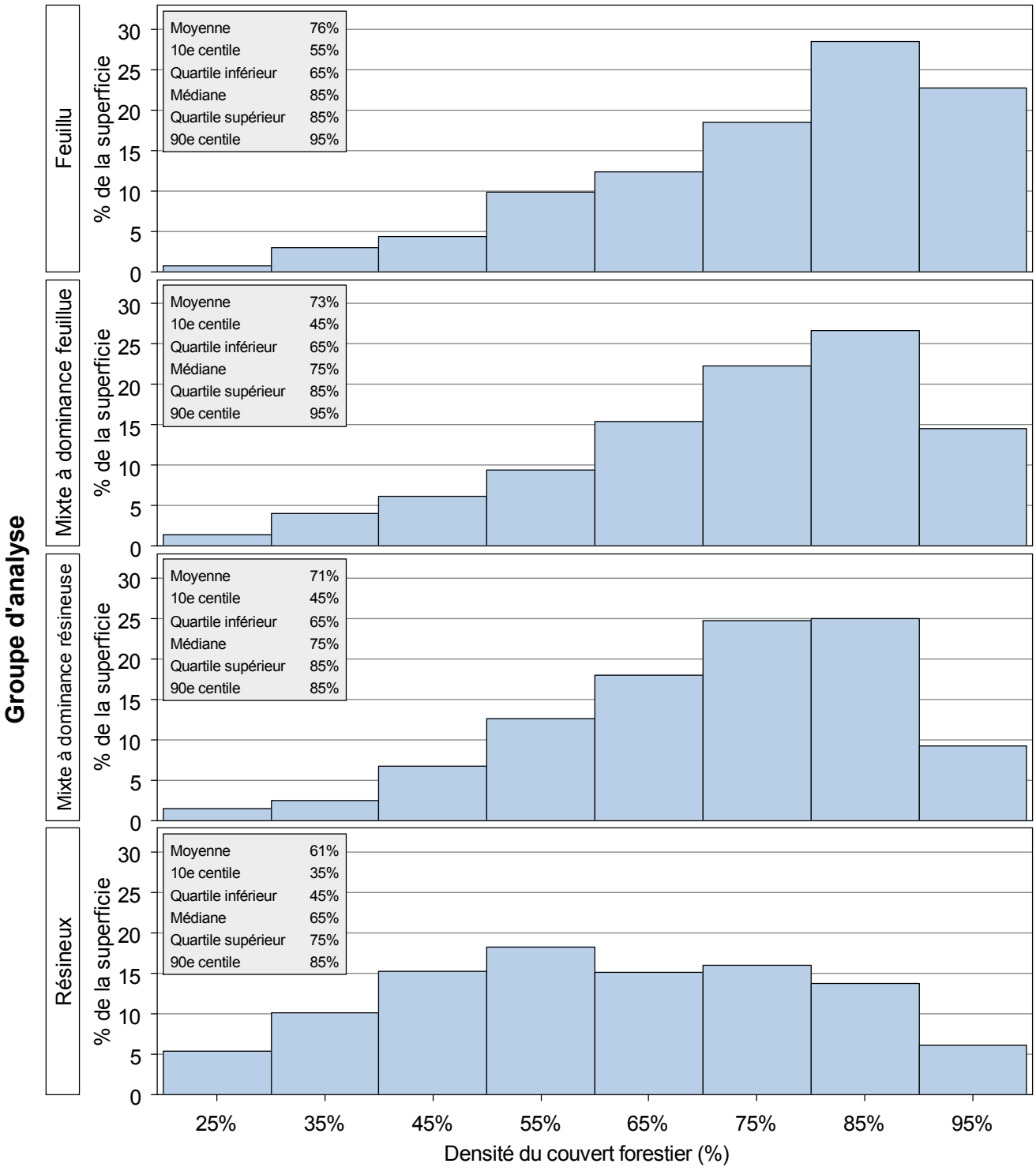
Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)		
Nom du groupe synthèse	en superficie	EN	PG	SB
EN100	10e	100	0	0
	90e	100	0	0
EN40SB30	10e	10	0	0
	90e	70	0	60
EN70PG30	10e	60	20	0
	90e	80	40	0
EN80	10e	70	0	0
	90e	90	10	20
PG60EN30	10e	10	50	0
	90e	50	80	0
PG90	10e	0	90	0
	90e	10	100	0

4. Densité et hauteur des peuplements

4.1 Portrait de la densité des peuplements

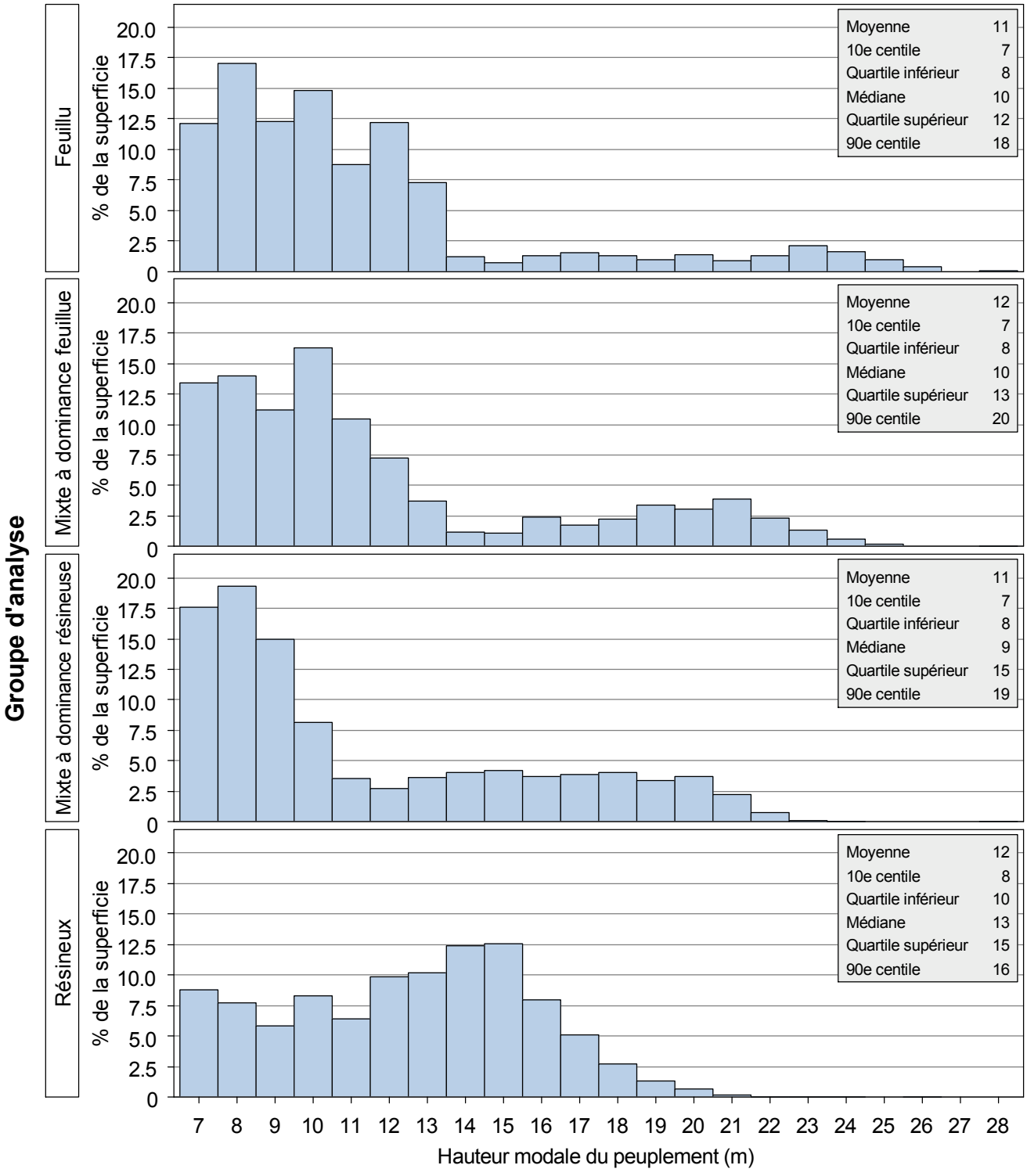
Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des densités des peuplements en fonction des groupes considérés.



Distribution de la densité des peuplements écoforestiers

4.2 Portrait de la hauteur des peuplements

Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des hauteurs (en mètres) des peuplements en fonction des groupes considérés. L'intervalle interquartile (différence entre le quartile supérieur et le quartile inférieur) est une statistique intéressante qui permet d'évaluer la variabilité de la hauteur à l'intérieur des groupes.



Distribution de la hauteur des peuplements écoforestiers

5. Regroupement des densités et des hauteurs des peuplements

5.1 Méthode

Afin de considérer les gradients anticipés des variables dendrométriques comme la surface terrière et le volume marchand brut à l'échelle des peuplements, on a défini en fonction de la distribution des valeurs de densité et de hauteur des sous-groupes appartenant à certains groupes synthèses de la composition en essences. Le choix de ces deux attributs de la stratification écoforestière est justifié par leur corrélation relativement élevée avec les variables dendrométriques d'intérêt (Husch et al. 2003).

La méthode qui permet de considérer les valeurs de densité et de hauteur est basée sur les centiles (30e, médiane et 70e) en superficie de ces deux variables. Ces valeurs de centiles permettent de définir 2 (> ou < à la médiane) ou 3 (<30e centile, entre le 30e et le 70e et >70e centile) sous-groupes de superficie relativement homogène, et ce, autant dans le cas de la densité que de la hauteur. En fonction de la superficie des groupes synthèses de la composition en essences créés à la section 3, on détermine la possibilité de scinder ces groupes en tenant compte des sous-groupes de densité et de hauteur, de façon à obtenir des strates finales dont la superficie se situe à l'intérieur des balises de superficies minimale et maximale définies précédemment. Ainsi, les groupes synthèses des essences demeurent intacts (cas de faible superficie où aucun sous-groupe n'a été défini) ou sont scindés en 2 (cas où un seul des deux attributs est considéré), 4, 6 ou 9 sous-groupes. Dans les cas particuliers où on a défini un nombre inégal de sous-groupes entre la densité et la hauteur (cas avec 2 ou 6 sous-groupes), on retient un plus grand nombre de sous-groupes de l'attribut ayant le plus grand intervalle interquartile des valeurs standardisées.

5.2 Résultat

Parmi les 9 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 5 ont été scindés en 2 à 6 sous-groupes en fonction des valeurs de densité et de hauteur. Il en résulte un nombre final de 20 strates d'échantillonnage. L'étendue des valeurs de densité et de hauteur par strate d'échantillonnage est présentée dans le tableau qui suit.

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale	Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO	Min.	Max.	Min.	Max.
F	PT40BP40FN10EN10	F PT40BP40FN10EN10 75 11	25	95	7	28
MF	PT30BP30FN10EN20SB10	MF PT30BP30FN10EN20SB10 75 12	25	95	7	28
MR	EN30SB20PG10BP20PT20	MR EN30SB20PG10BP20PT20 70 14	25	95	9	28
		MR EN30SB20PG10BP20PT20 70 8	25	95	7	8
R	EN100	R EN100 40 12	25	45	11	14
		R EN100 40 15	25	45	14	21
		R EN100 40 9	25	45	7	11
		R EN100 70 12	55	95	11	13
		R EN100 70 15	55	95	14	21
		R EN100 70 9	55	95	7	10
	EN40SB30	R EN40SB30 55 11	25	65	7	24
		R EN40SB30 85 11	75	95	7	20
	EN70PG30	R EN70PG30 55 14	25	65	7	23
		R EN70PG30 85 14	75	95	7	22

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN80	R EN80	45 10	25	55	7	13
		R EN80	45 15	25	55	13	21
		R EN80	75 10	65	95	7	13
		R EN80	75 15	65	95	13	22
	PG60EN30	R PG60EN30	70 13	25	95	7	26
	PG90	R PG90	60 8	25	95	7	24

6. Allocation des PET aux strates d'échantillonnage

6.1 Méthode et analyse

L'allocation des PET aux strates d'échantillonnage est déterminée entre autres à partir des hypothèses et des paramètres présentés en introduction. Rappelons qu'afin de respecter l'orientation générale de représentativité de l'échantillonnage, on prévoit attribuer une allocation initiale proportionnelle à la superficie. Pour une strate donnée, le ratio entre la superficie de la strate et le facteur d'expansion donne donc le nombre de PET à établir dans la strate selon l'hypothèse initiale.

La méthode k-NN qui sera utilisée dans la production des estimations de variables dendrométriques par essence à l'échelle des peuplements est telle qu'elle exige un minimum d'observations des essences pour qu'on puisse être en mesure de les estimer. À l'opposé, au-delà d'un certain seuil, il n'est probablement pas utile d'établir l'échantillonnage de façon strictement proportionnelle à la superficie des peuplements monospécifiques, composés d'une combinaison d'essences très fréquente ou occupant une très grande superficie. Par conséquent, les spécificités de chaque groupe synthèse de la composition en essences des peuplements de même que le nombre de placettes qui leur est alloué selon l'hypothèse initiale dictent la pertinence de maintenir ou non d'allouer des PET de façon strictement proportionnelle aux superficies. Les éléments à analyser pour ensuite préciser les ajustements de l'allocation des PET sont les suivants :

1) L'importance relative des essences (section 2.2)
2) Le nombre de placettes prévu par essence identifiée sur la carte écoforestière
3) La diversité des combinaisons d'essences et de leur surface terrière relative associée

Il est difficile d'établir des règles absolues qui dicteraient de façon objective les ajustements à appliquer. Cela résulte de la diversité des éléments à considérer d'une part, et des spécificités qu'impose la méthode d'estimation k-NN à l'échelle des peuplements d'autre part. Quelques constats concernant chacun des éléments d'analyse considérés peuvent être soulevés.

1) Le tableau de l'importance relative des essences (section 2.2) permet d'identifier grossièrement les essences pour lesquelles on vise des estimations à l'échelle des peuplements. Les essences principales présentant une importance relative supérieure à toutes les autres essences dans l'unité de sondage 08764 sont les suivantes :

EN, PG, SB, BP, PT

Il faut donc s'assurer d'avoir un échantillonnage adéquat de ces essences pour obtenir des estimations k-NN par peuplement de qualité.

À l'opposé, les essences ayant moins de 1 % d'importance relative (tous les types de couvert confondus) sont généralement trop marginales pour qu'un ajustement de l'intensité d'échantillonnage soit justifié. Ces essences sont les suivantes :

FI, RZ, FX, EB, RX, SE

Enfin, certaines essences ont une importance relativement faible, mais sont non marginales (1% à 5%) :

ML

Si l'on vise des estimations fiables à l'échelle des peuplements, ou à tout le moins à l'échelle de l'unité de sondage, les peuplements où on a identifié ces essences avec une importance relative faible pourraient nécessiter un plus grand nombre de placettes que ce qui a été prévu initialement.

2) Le nombre de placettes des essences cartographiées qui résulte d'une allocation proportionnelle à la superficie peut être évalué en calculant, pour chaque essence, le rapport entre la superficie (ha) où l'essence est identifiée sur la carte et la valeur initiale du facteur d'expansion (1 368 ha/PET). Le tableau qui suit présente cette information. On a seulement utilisé dans le calcul les superficies où le pourcentage de l'essence est de 20 % ou plus afin de ne pas tenir compte des peuplements où l'essence n'occupe que 10 % de la surface terrière totale (essence compagne).

Essence			Nombre de PET par groupe d'analyse				
Type	**Code**	**Nom descriptif**	**F**	**MF**	**MR**	**R**	**Tous**
Feuillue	BP	Bouleau blanc (à papier)	12	11	15	6	**44**
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0	0	1	1	**2**
	FN	Feuillus non commerciaux	4	2	1	0	**7**
	PT	Peuplier faux-tremble	12	12	12	3	**39**
Résineuse	EB	Épinette blanche	0	0	0	1	**1**
	EN	Épinette noire	1	10	22	225	**258**
	ML	Mélèze laricin	0	0	0	12	**13**
	PG	Pin gris	1	2	6	55	**63**
	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	0	1	**2**
	SB	Sapin baumier	1	5	12	28	**46**

3) On peut mesurer la diversité des groupes synthèses des essences formés en calculant un indice de diversité nommé « Indice de Shannon » (Spellerberg 2008). Cet indice permet de tenir compte du nombre d'essences distinctes et de l'importance de chacune d'elles en proportion de la surface terrière totale, et ce, pour l'ensemble des peuplements constituant un groupe synthèse donné. L'indice, une fois transformé, permet de comparer directement entre eux les groupes synthèses et ainsi déterminer les groupes les plus variables. On pourrait donc l'utiliser comme indicateur pour moduler la prescription de PET, lorsque cela est nécessaire.

Indice de diversité de Shannon	Groupe synthèse des essences		Nombre de PET
en nombre équivalent d'essences	**Type**	**Nom**	**(Fe=513 ha/PET)**
5.80	MR	EN30SB20PG10BP20PT20	27
5.32	MF	PT30BP30FN10EN20SB10	16
4.70	R	EN40SB30	25
4.09	F	PT40BP40FN10EN10	16
2.55	R	PG60EN30	16
2.37	R	EN70PG30	30
2.08	R	EN80	66
1.45	R	PG90	10
1.00	R	EN100	94

6.2 Résultats

Les différents ajustements qui ont été apportés au nombre de PET alloué à chacun des groupes synthèses sont présentés dans le tableau qui suit. Ces ajustements ont été appliqués à la suite de l'analyse des deux éléments à considérer décrits à la section précédente.

Ajustement de l'allocation des PET								
Intensité d'échantillonnage		Facteur d'expansion	Groupe d'analyse	Superficie		Allocation des PET (n)		
Groupe	Niveau	(ha / PET)	Type et essences	(ha)	(%)	Initiale	Ajustée	Écart
Initiale	**0%**	**513**	MR EN30SB20PG10BP20PT20	13 650	8,9%	27	27	0
			R EN40SB30	12 838	8,3%	25	25	0
			R EN70PG30	15 305	10,0%	30	30	0
			R PG60EN30	8 044	5,2%	16	16	0
			R PG90	5 179	3,4%	10	10	0
				55 016	**35,8%**	**107**	**107**	**0**
Diminuée	**-20% de PET**	**641**	R EN100	48 171	31,3%	94	75	-19
	-10% de PET	**570**	R EN80	33 898	22,0%	66	60	-7
				82 069	**53,4%**	**160**	**135**	**-25**
Augmentée	**+78% de PET**	**288**	F PT40BP40FN10EN10	8 387	5,5%	16	29	13
			MF PT30BP30FN10EN20SB10	8 327	5,4%	16	29	13
				16 714	**10,9%**	**33**	**58**	**25**

En raison de la méthode d'échantillonnage appliquée liée au processus de réalisation du plan de sondage, il peut y avoir des écarts entre le nombre de PET planifié par strate d'échantillonnage (tableau précédent, colonne 'Ajustée') et le nombre de PET final. Les résultats finaux sont présentés dans le tableau suivant.

Allocation finale des PET								
Intensité d'échantillonnage		Facteur d'expansion	Groupe d'analyse	Superficie		Allocation des PET (n)		
Ajustement prévu	Ajustement plan de sondage	(ha / PET)	Type et essences	(ha)	(%)	Initiale	Finale	Écart
0%	**-4% de PET**	**535**	R EN40SB30	12 838	8,3%	25	24	-1
	-4% de PET	**525**	MR EN30SB20PG10BP20PT20	13 650	8,9%	27	26	-1
	0%	**510**	R EN70PG30	15 305	10,0%	30	30	0
	+20% de PET	**432**	R PG90	5 179	3,4%	10	12	2
	+51% de PET	**335**	R PG60EN30	8 044	5,2%	16	24	8
				55 016	**35,8%**	**107**	**116**	**8**
-20% de PET	**-19% de PET**	**634**	R EN100	48 171	31,3%	94	76	-18
				48 171	**31,3%**	**94**	**76**	**-18**
-10% de PET	**-21% de PET**	**652**	R EN80	33 898	22,0%	66	52	-14
				33 898	**22,0%**	**66**	**52**	**-14**
+78% de PET	**+61% de PET**	**323**	F PT40BP40FN10EN10	8 387	5,5%	16	26	10
	+86% de PET	**278**	MF PT30BP30FN10EN20SB10	8 327	5,4%	16	30	14
				16 714	**10,9%**	**33**	**56**	**24**

7. Synthèse des strates définies et de l'allocation des PET

Le tableau suivant présente les strates finales formées, leur superficie, le nombre de PET à implanter et le facteur d'expansion. Notez le recalcul des facteurs d'expansion pour la considération d'un nombre entier de PET à implanter, et non de fraction de PET. Ces facteurs serviront à pondérer les PET dans la compilation des résultats à l'échelle de l'US et de certaines sous-populations.

Strate d'échantillonnage		Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom	Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
1	R EN100 70 15	13 273	8,6%	19	19	6,3%	699
2	R EN80 75 15	10 630	15,5%	15	34	11,3%	709
3	R EN100 70 12	9 340	21,6%	8	42	14,0%	1167
4	R EN80 45 15	8 911	27,4%	12	54	18,0%	743
5	R EN70PG30 85 14	8 910	33,2%	14	68	22,7%	636
6	MR EN30SB20PG10BP20PT20 70 14	8 630	38,8%	16	84	28,0%	539
7	F PT40BP40FN10EN10 75 11	8 387	44,3%	26	110	36,7%	323
8	MF PT30BP30FN10EN20SB10 75 12	8 327	49,7%	30	140	46,7%	278
9	R EN100 40 9	8 132	55,0%	15	155	51,7%	542
10	R PG60EN30 70 13	8 044	60,2%	24	179	59,7%	335
11	R EN80 45 10	7 732	65,2%	13	192	64,0%	595
12	R EN40SB30 85 11	7 201	69,9%	14	206	68,7%	514
13	R EN80 75 10	6 624	74,2%	12	218	72,7%	552
14	R EN100 40 12	6 446	78,4%	16	234	78,0%	403
15	R EN70PG30 55 14	6 395	82,6%	16	250	83,3%	400
16	R EN100 40 15	6 198	86,6%	7	257	85,7%	885
17	R EN40SB30 55 11	5 637	90,3%	10	267	89,0%	564
18	R PG90 60 8	5 179	93,6%	12	279	93,0%	432
19	MR EN30SB20PG10BP20PT20 70 8	5 020	96,9%	10	289	96,3%	502
20	R EN100 70 9	4 782	100,0%	11	300	100,0%	435

RÉFÉRENCES

Daigle, G., et L.-P. Rivest (2010). Analyses de regroupement des parcelles de l'UAF 012-54 à partir des variables photo-interprétées. Québec, Service de consultation statistique, Université Laval, 25 p..

Husch, B., T.W. Beers et J.A. Kershaw (2003). Forest mensuration. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. New-York. 443 p.

MFFP-DIF (2015). Norme de stratification écoforestière, Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional (octobre 2008, réédition - septembre 2015). Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Direction des inventaires forestiers. 101 pages. Accessible en ligne à l'adresse : http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification-2015.pdf

SAS Institute Inc. (2010). SAS/STAT 9.22 User's Guide. Cary, NC., SAS Institute Inc.

Spellerberg, I.F. (2008). Shannon-Wiener Index dans 'Encyclopedia of Ecology'. Elsevier B.V. pages 3249-3252.