



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 096001

Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional
2013

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, 4^e 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, 2013. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 096001, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 32 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 096001.

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 aléatoire stratifié. Ce type de plan d'échantillonnage permet de contrôler 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 pour couvrir 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 de l'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

Le plan de sondage est réalisé de façon à ce que les placettes soient réparties en virées d'inventaire dans le respect des nombres de placettes alloués aux strates d'échantillonnage.

Processus de l'inventaire écoforestier du Québec méridional de l'US 096001

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	2009
Cartographie écoforestière	Production	avril 2011 - décembre 2012
	Diffusion - statut primaire	février 2013
	Diffusion - statut final	juin 2013
Sondage terrestre	Production	été 2013
	Diffusion	juin 2014
Compilation forestière	Diffusion	février 2015

Paramètres et hypothèses initiaux pour l'US 096001

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)	373 409
Nombre total de PET à implanter	750
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PET : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PET)	498
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PET)	4 979
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PET)	12 447

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 2012.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
096001	Oui	05	Réserve forestière avec convention d'aménagement forestier (CvAF)	731 684	92,1%
	Non	15	Écosystème forestier exceptionnel désigné (EFE)	134	0,0%
		20	Petite propriété privée	278	0,0%
		40	Parc national québécois	57 238	7,2%
		50	Réserve écologique	4 110	0,5%
		52	Eaux (lacs importants, fleuve et réservoir)	544	0,1%
		60	Autre terrain vacant	159	0,0%
		66	Forêt d'expérimentation sur réserve forestière	83	0,0%
		70	Réserve forestière au Nord de la limite nordique et à l'Est des unités d'aménag. forestier (UAF)	358	0,0%
				794 588	100,0%

Usage forestier				Superficie	
Sondage	Code	Nom	Code d'impact	ha	%
Non	CM	Camping aménagé ou semi-aménagé	01	6	0,1%
	CO	Colonie d'oiseaux (incluant falaise, île ou presqu'île)	01	28	0,3%
	ES	Site d'enfouissement sanitaire et de dépôts en tranchées	01	2	0,0%
	HC	Centre d'hébergement	01	24	0,3%
	HE	Héronnière	01	2	0,0%
	HF	Habitat d'espèces floristiques menacées ou vulnérables	01	532	5,8%
	LS	Rivière à saumons	03	5 461	59,4%
	N1	Habitat d'espèces fauniques menacées ou vulnérables	01	57	0,6%
	N3	Habitat d'espèces fauniques menacées ou vulnérables	01	2 632	28,6%
	PF	Projet d'EFE sur forêt publique	01	12	0,1%
	RH	Site de restauration ou d'hébergement	01	32	0,4%
	VR	Site de villégiature regroupée	01	411	4,5%
				9 198	100,0%

Zone d'application des modalités d'intervention				Superficie	
Sondage	Usage associé	Mode de gestion associé	Code d'impact	ha	%
Non		40	05	1 221	2,9%
		50	05	207	0,5%
	CB		06	4 374	10,3%
	CH		05	1	0,0%
	CM		05	4	0,0%
	CR		06	309	0,7%
	CU		05	0	0,0%
	ES		05	3	0,0%
	HC		05	13	0,0%
	HE		01	133	0,3%
	LS		03	32 073	75,4%
	OB		05	5	0,0%
	PE		01	16	0,0%
	PO		01	3 891	9,2%
	RH		05	29	0,1%
	SG		01	69	0,2%
	SO		05	1	0,0%
	SQ		05	1	0,0%
	VR		05	167	0,4%
				42 515	100,0%

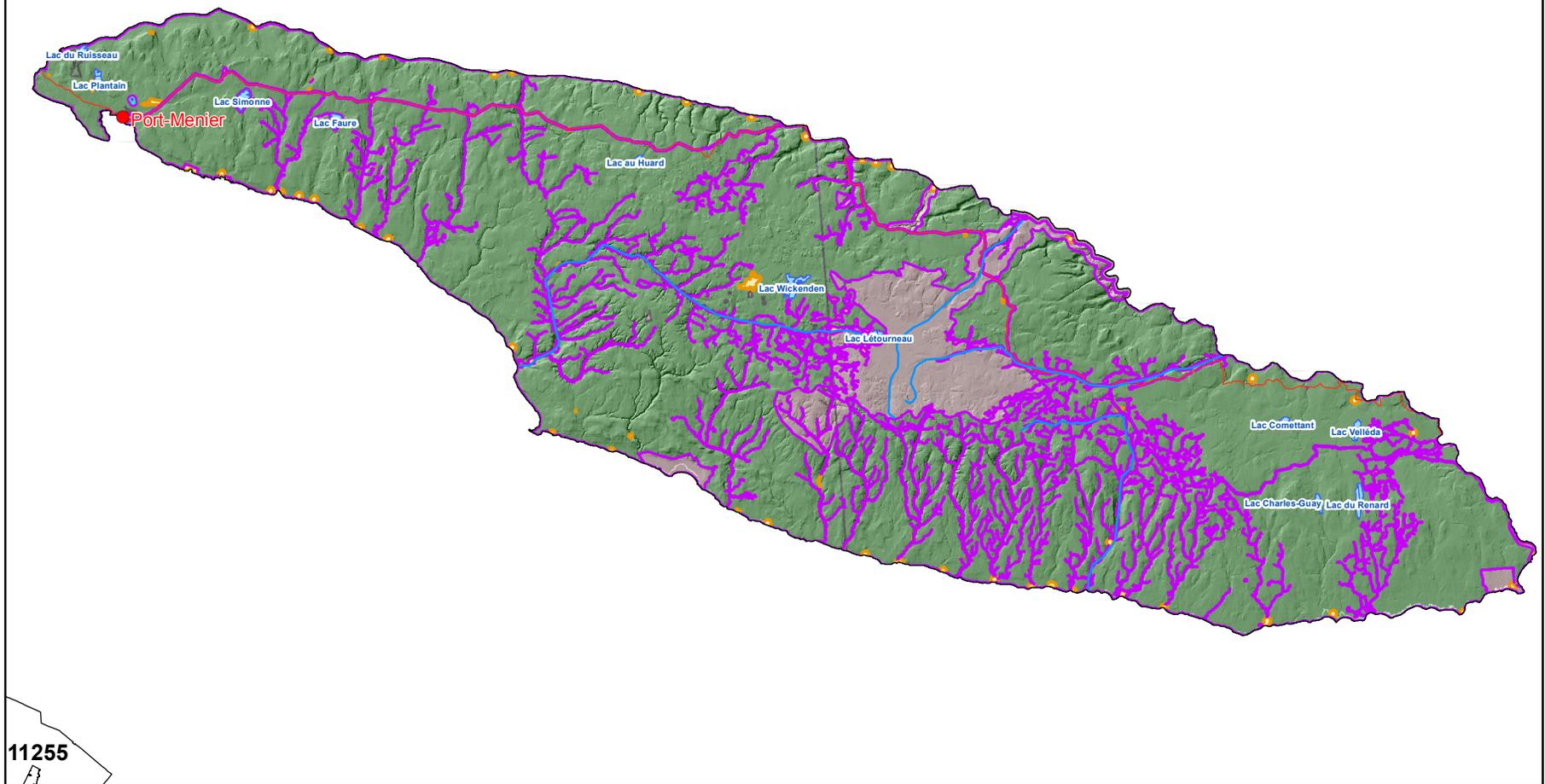
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

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.

Sondage	Description	Superficie	
		ha	%
Oui	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur	373 409	54,9%
Oui		373 409	54,9%
Non	Étendue d'eau	13 576	2,0%
	Terrain à vocation non forestière	245	0,0%
	Terrain forestier inaccessible (pente «F» ou «S»)	3 157	0,5%
	Terrain forestier improductif	151 184	22,2%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	138 401	20,4%
Non		306 562	45,1%
		679 971	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage RF096001



Territoire sondé

Unité de sondage RF096001

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)

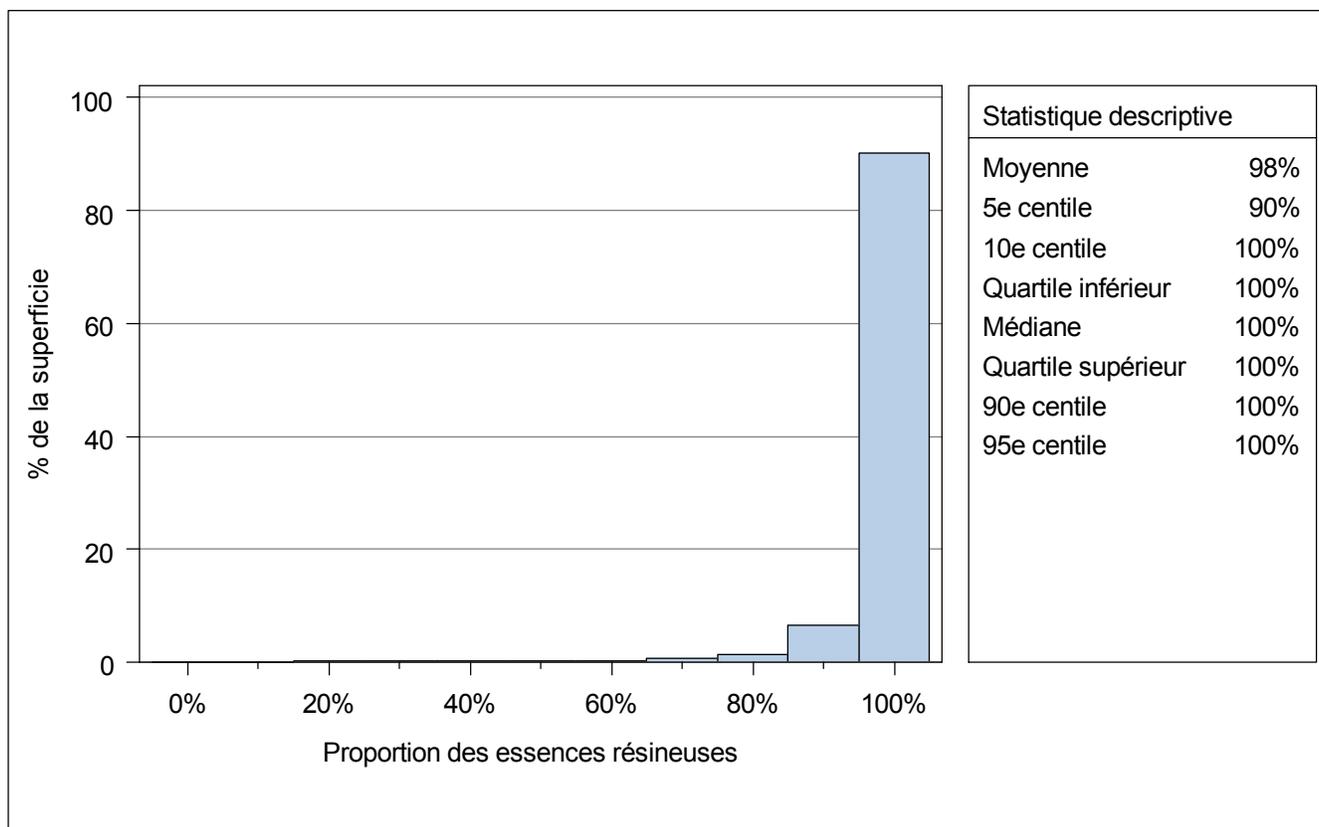
2. Portrait et analyse de la composition en essences des peuplements

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%	20%	1 170	0%
MF	Mixte à dominance feuillue	28%	46%	2 009	1%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	75%	4 149	1%
R	Résineux	76%	100%	366 081	98%
		0%	100%	373 409	100%

Plus précisément, l'importance relative en termes de superficie des différentes proportions d'essences résineuses 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.

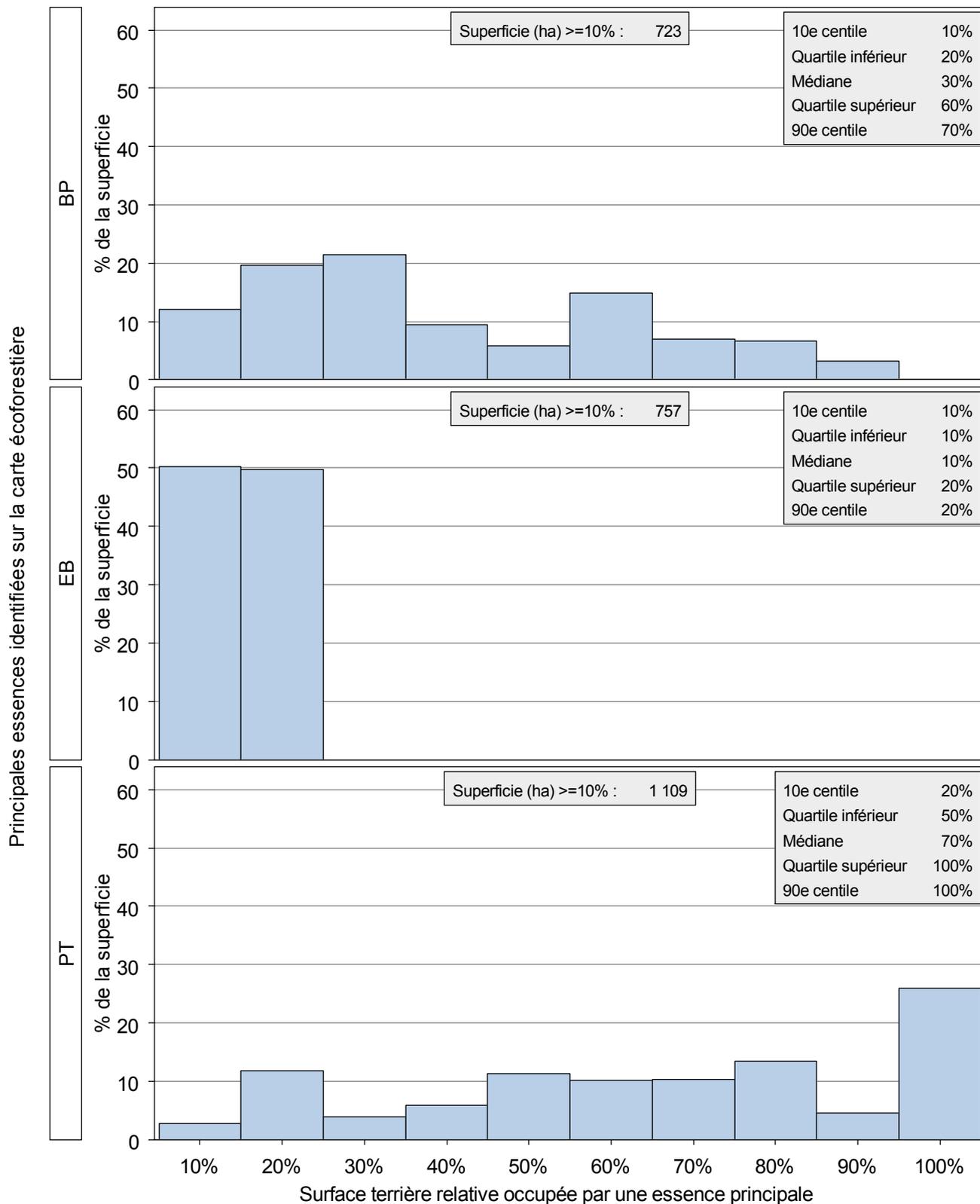
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuilleuse	BP	Bouleau à papier	25,12%	28,92%	22,35%	0,61%	1,08%
	FI	Feuillus intolérants	0,00%	0,01%	0,00%	0,15%	0,15%
	FN	Feuillus non commerciaux	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
	FX	Feuillus indéterminés	0,00%	0,00%	0,02%	0,03%	0,03%
	PA	Peuplier baumier	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	PE	Peuplier	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
	PT	Peuplier faux-tremble	62,77%	36,15%	14,33%	0,14%	0,69%
			87,89%	65,09%	36,85%	0,93%	1,94%
Résineuse	EB	Épinette blanche	9,69%	25,15%	39,59%	38,12%	37,98%
	EN	Épinette noire	0,22%	2,32%	5,27%	35,01%	34,39%
	ML	Mélèze laricin	0,10%	0,00%	0,25%	4,24%	4,16%
	PB	Pin blanc	0,00%	0,00%	0,03%	0,01%	0,01%
	PG	Pin gris	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	RX	Résineux indéterminés	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,03%
	RZ	Résineux indistincts plantés	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	SB	Sapin baumier	2,06%	7,42%	18,02%	21,58%	21,40%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,04%	0,03%	0,00%	0,09%	0,09%
			12,11%	34,91%	63,15%	99,07%	98,06%
			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 $\geq 10\%$ 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.

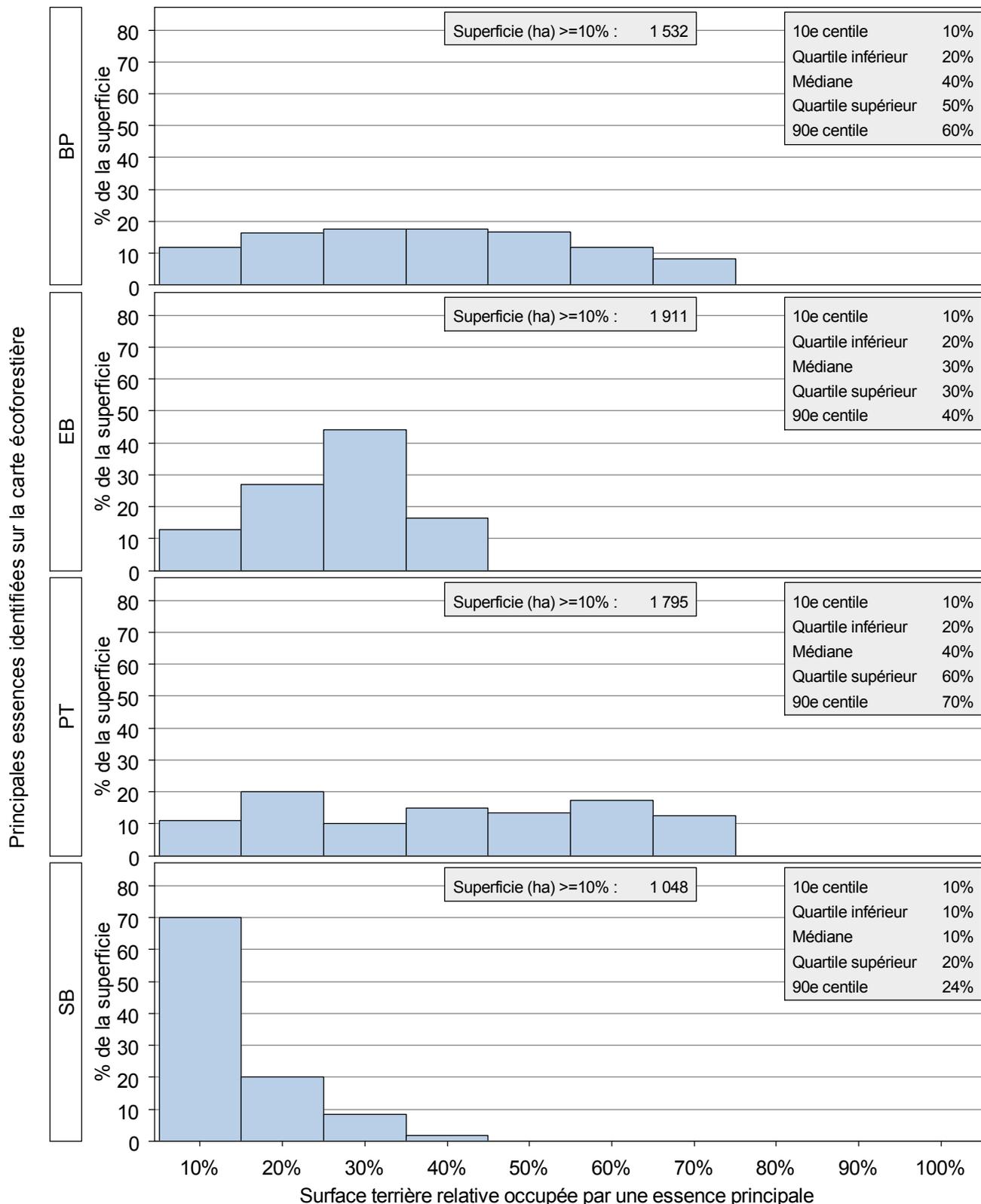
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 1 170 ha



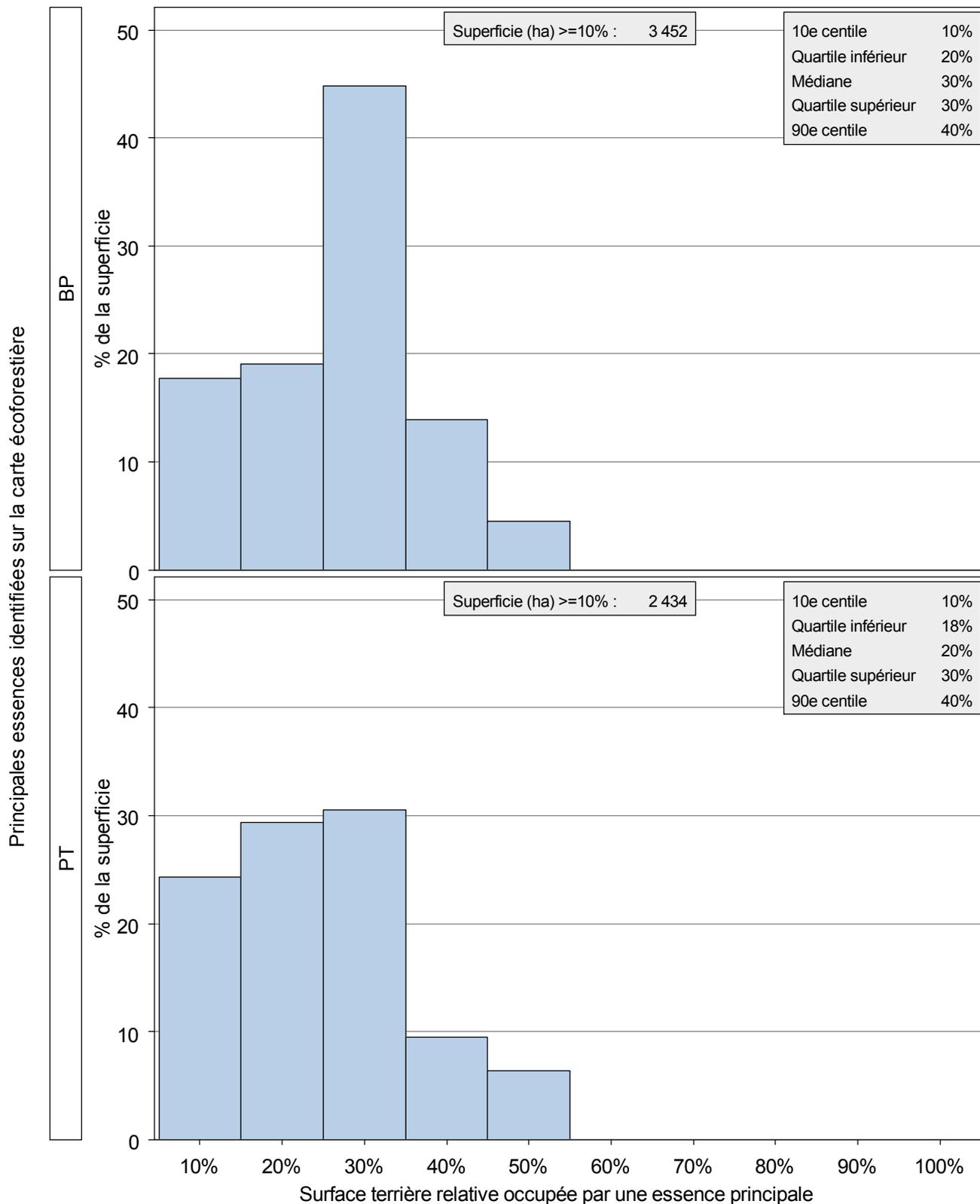
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 2 009 ha



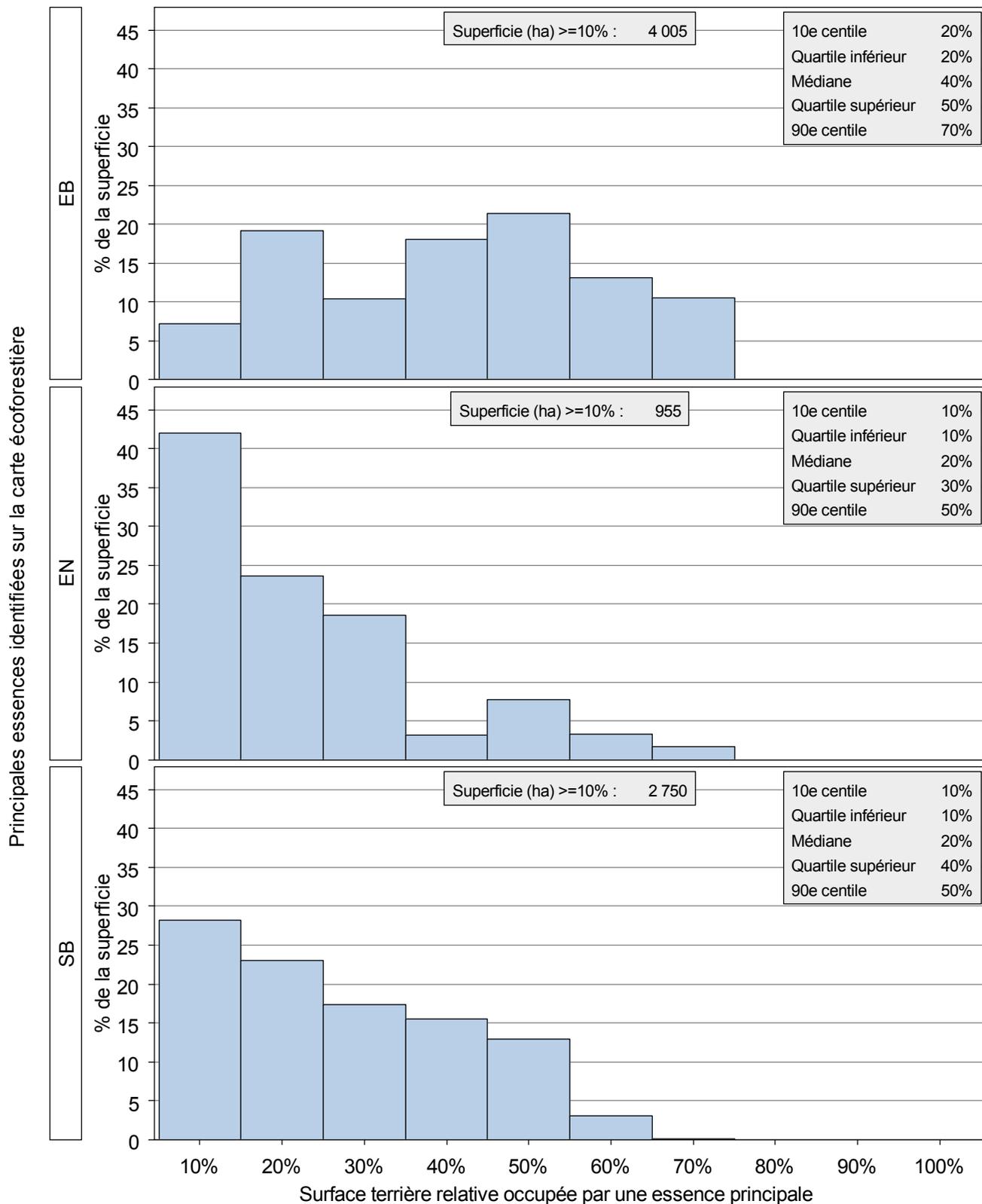
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 4 149 ha



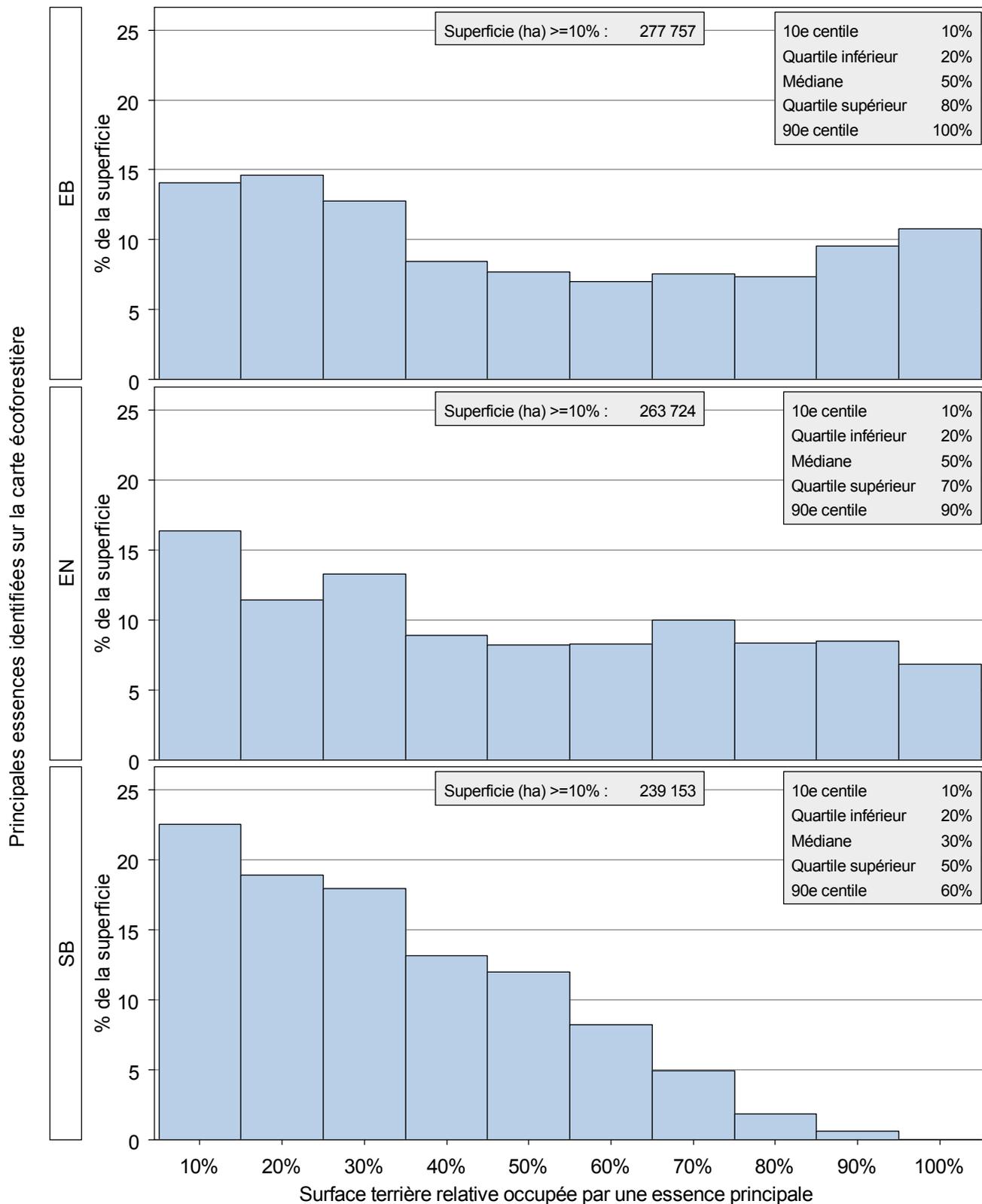
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse (suite)

Superficie totale du type de couvert : 4 149 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 366 081 ha



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)	(%)
Feuille-Mixtes	naturelle	Feuille		1 170	0%
		Mixte à dominance feuillue		2 009	1%
		Mixte à dominance résineuse		4 149	1%
				7 328	2%
Résineux	naturelle	Résineux		366 080	98%
				366 080	98%

* 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, 17 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 des types de couvert feuillu et mixtes

Regroupement des essences	Centile en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)			
Nom du groupe synthèse		BP	PT	EB	SB
PT30BP20EB30SB10	10e	0	0	10	0
	90e	50	70	60	40

Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

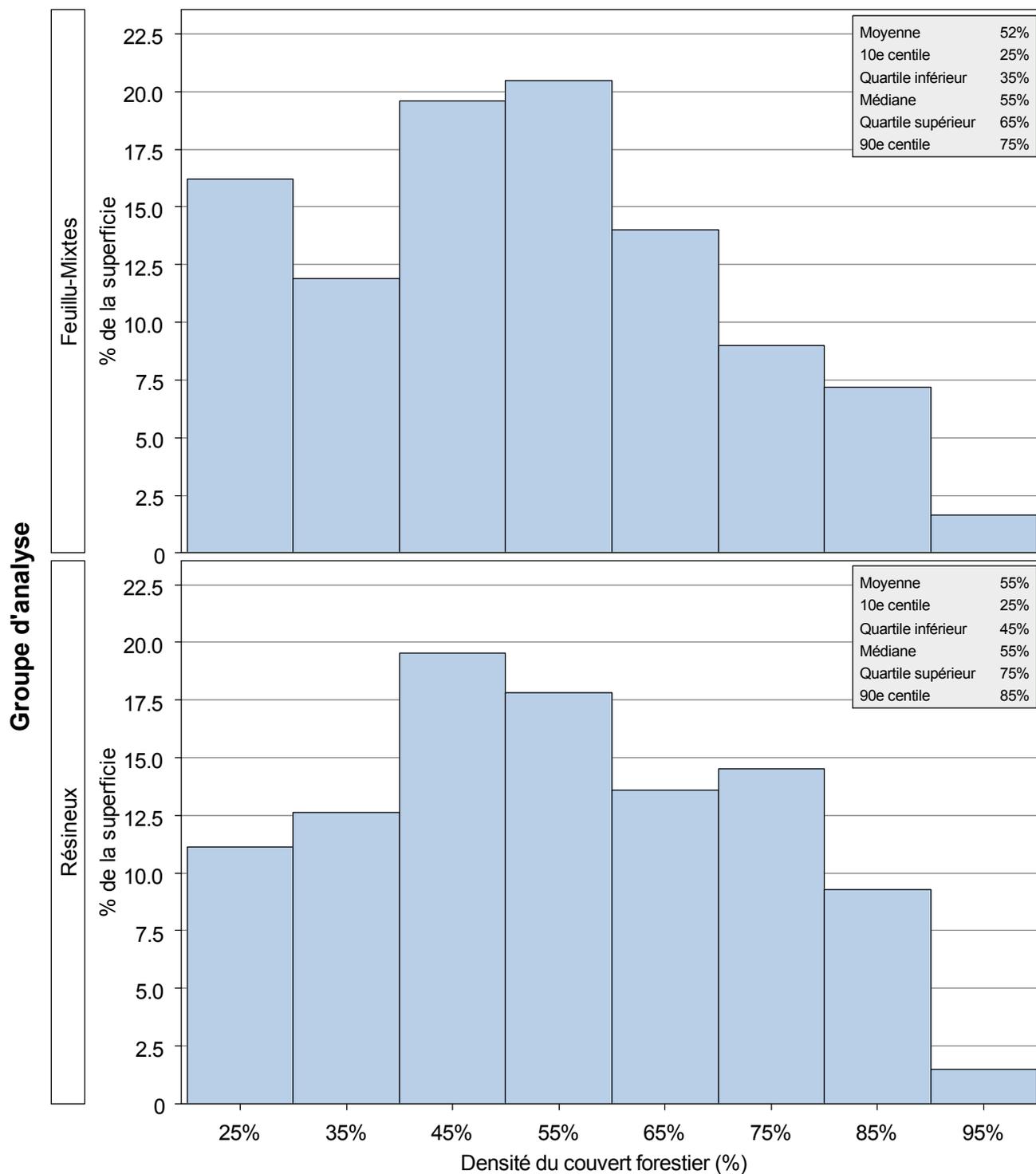
Regroupement des essences	Centile en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)			
Nom du groupe synthèse		EB	EN	ML	SB
EB60SB30EN10	10e	50	0	0	20
	90e	60	20	0	40
EB70EN30	10e	50	20	0	0
	90e	80	40	0	10
EB80SB20	10e	70	0	0	10
	90e	80	10	0	30
EB90	10e	90	0	0	0
	90e	100	10	0	10
EN50EB40	10e	30	50	0	0
	90e	50	60	10	10
EN60SB30EB10	10e	0	50	0	20
	90e	20	60	10	40
EN70EB20	10e	20	70	0	0
	90e	30	80	10	10
EN70ML20	10e	0	70	20	0
	90e	0	80	30	10
EN70SB20	10e	0	70	0	20
	90e	10	80	0	30
EN90	10e	0	80	0	0
	90e	10	100	10	10
ML40EN40EB10SB10	10e	0	20	20	0
	90e	30	60	60	30

Regroupement des essences Nom du groupe synthèse	Centile en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)			
		EB	EN	ML	SB
ML80EN20	10e	0	0	70	0
	90e	10	30	90	0
SB30EN30EB30	10e	20	20	0	20
	90e	50	40	0	40
SB50EB40	10e	40	0	0	50
	90e	50	10	0	60
SB60EN30EB10	10e	0	20	0	50
	90e	30	40	0	70
SB70EB20	10e	10	0	0	60
	90e	30	10	0	80

4. Densité et hauteur des peuplements

4.1 Portrait de la densité des peuplements

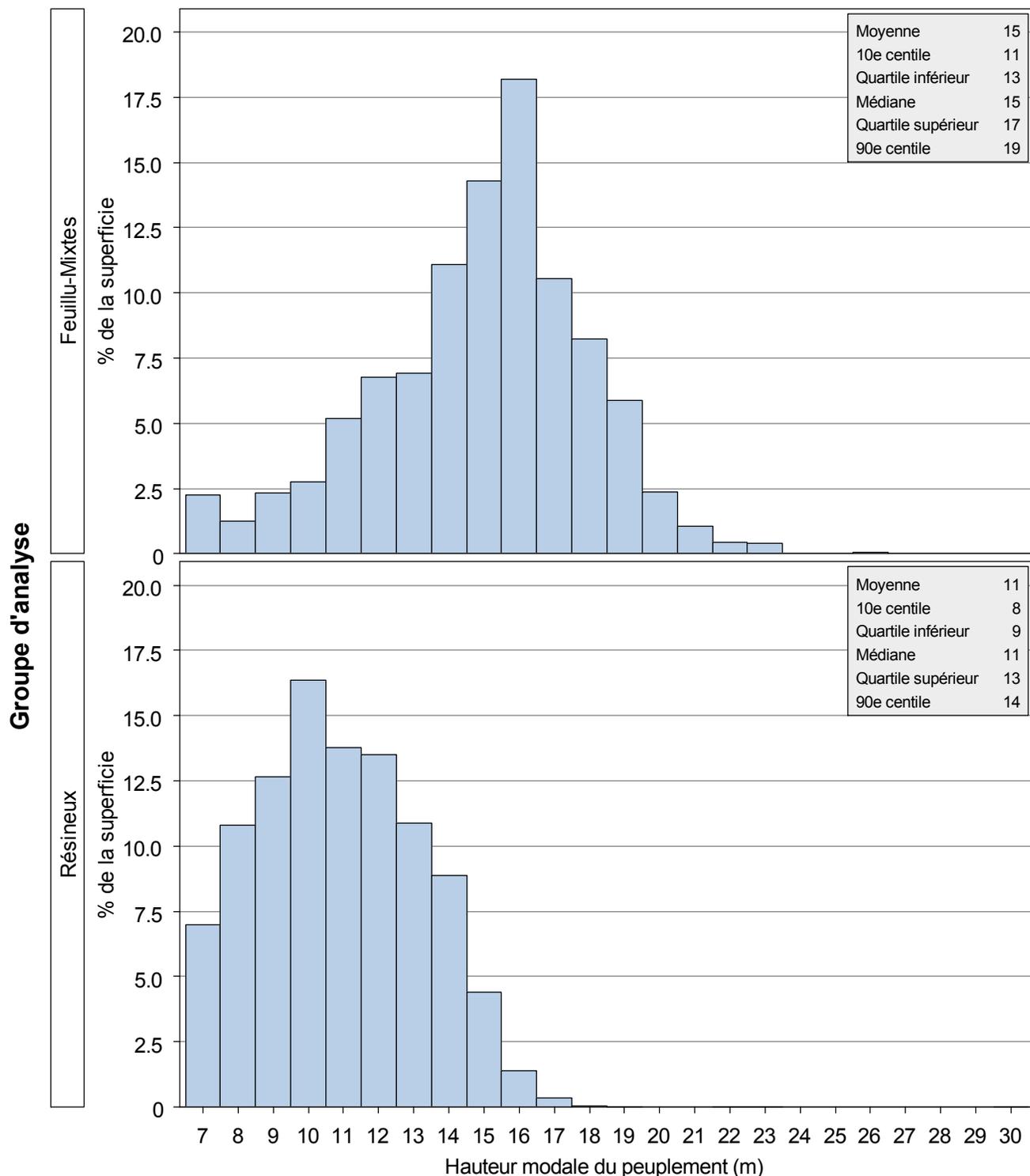
Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des densités des peuplements en fonction des groupes considérés.



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 17 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 12 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 40 strates d'échantillonnage. L'étendue des valeurs de densité et de hauteur par strate d'échantillonnage est présenté dans le tableau qui suit.

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
FM	PT30BP20EB30SB10	FM PT30BP20EB30SB10	50 15	25	95	7	26
R	EB60SB30EN10	R EB60SB30EN10	30 13	25	35	8	18
		R EB60SB30EN10	65 13	45	95	7	18
	EB70EN30	R EB70EN30	45 10	25	55	7	16
		R EB70EN30	75 10	65	95	7	15
	EB80SB20	R EB80SB20	55 10	25	95	7	13
		R EB80SB20	55 14	25	55	13	18
		R EB80SB20	75 14	65	95	13	18
	EB90	R EB90	50 10	25	65	9	12
		R EB90	50 14	25	65	12	18
		R EB90	50 8	25	65	7	8
		R EB90	80 10	75	95	9	11
		R EB90	80 14	75	95	12	18
R EB90		80 8	75	95	7	8	
EN50EB40	R EN50EB40	60 9	25	95	7	15	

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN60SB30EB10	R EN60SB30EB10	40 11	25	35	10	15
		R EN60SB30EB10	40 9	25	85	7	9
		R EN60SB30EB10	55 11	45	95	10	17
	EN70EB20	R EN70EB20	55 9	25	95	7	15
	EN70ML20	R EN70ML20	40 9	25	95	7	18
	EN70SB20	R EN70SB20	30 10	25	35	7	30
		R EN70SB20	55 10	45	95	7	16
	EN90	R EN90	30 11	25	35	10	22
		R EN90	30 8	25	35	7	8
		R EN90	30 9	25	35	9	9
		R EN90	55 11	45	95	10	15
		R EN90	55 8	45	95	7	8
		R EN90	55 9	45	95	9	10
	ML40EN40EB10SB10	R ML40EN40EB10SB10	35 10	25	45	7	18
		R ML40EN40EB10SB10	65 10	55	95	7	18
	ML80EN20	R ML80EN20	55 11	25	95	7	19
	SB30EN30EB30	R SB30EN30EB30	45 10	25	95	7	12
		R SB30EN30EB30	45 13	25	35	12	16
		R SB30EN30EB30	55 13	45	95	12	16
	SB50EB40	R SB50EB40	35 13	25	45	7	18
		R SB50EB40	65 13	55	95	7	18
	SB60EN30EB10	R SB60EN30EB10	50 10	25	95	7	11
		R SB60EN30EB10	50 13	25	95	12	17
SB70EB20	R SB70EB20	30 13	25	35	7	18	
	R SB70EB20	60 13	45	95	7	23	

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 096001 sont les suivantes :

EB, EN, SB

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 :

PT, FI, SE, FX, RX, PB, PE, PA, RZ, PG

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

ML, BP

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 (498 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	PET_FM	R	Tous
Feuilleuse	BP	Bouleau à papier	10	6	15
	FI	Feuillus intolérants	0	1	1
	PA	Peuplier baumier	0	0	0
	PE	Peuplier	0	0	0
	PT	Peuplier faux-tremble	9	2	11
Résineuse	EB	Épinette blanche	12	479	491
	EN	Épinette noire	1	443	444
	ML	Mélèze laricin	0	56	56
	PB	Pin blanc	0	0	0
	RZ	Résineux indistincts plantés	0	0	0
	SB	Sapin baumier	5	372	376
	SE	Sapin et épinette blanche	0	1	1

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 en nombre équivalent d'essences	Groupe synthèse des essences		Nombre de PET (Fe=498 ha/PET)
	Type	Nom	
4.40	FM	PT30BP20EB30SB10	15
3.35	R	SB30EN30EB30	49
3.32	R	ML40EN40EB10SB10	23
2.87	R	EB60SB30EN10	43
2.86	R	EN60SB30EB10	57
2.80	R	SB60EN30EB10	49
2.60	R	EN50EB40	20
2.43	R	EB70EN30	48
	R	SB50EB40	32
2.40	R	SB70EB20	48
2.31	R	EN70EB20	25
2.10	R	EB80SB20	53
2.06	R	EN70ML20	9
2.01	R	EN70SB20	49
1.92	R	ML80EN20	18
1.59	R	EN90	96
1.38	R	EB90	116

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 (ha / PET)	Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des PET (n)		
Groupe	Niveau			(ha)	(%)	Initiale	Ajustée	Écart
Initiale	0%	498	R EB60SB30EN10	21 335	5,7%	43	43	0
			R EB70EN30	23 861	6,4%	48	48	0
			R EB80SB20	26 288	7,0%	53	53	0
			R EN50EB40	9 976	2,7%	20	20	0
			R EN60SB30EB10	28 436	7,6%	57	57	0
			R EN70EB20	12 636	3,4%	25	25	0
			R EN70ML20	4 623	1,2%	9	9	0
			R EN70SB20	24 478	6,6%	49	49	0
			R ML80EN20	8 914	2,4%	18	18	0
			R SB50EB40	16 141	4,3%	32	32	0
			R SB60EN30EB10	24 314	6,5%	49	49	0
R SB70EB20	23 781	6,4%	48	48	0			
				224 784	60,2%	451	451	0
Diminuée	-25% de PET	664	R EB90	57 645	15,4%	116	87	-29
			R EN90	48 013	12,9%	96	72	-24
				105 659	28,3%	212	159	-53
Augmentée	+54% de PET	324	R ML40EN40EB10SB10	11 285	3,0%	23	35	12
			R SB30EN30EB30	24 353	6,5%	49	75	26
	+100% de PET	249	FM PT30BP20EB30SB10	7 328	2,0%	15	29	15
				42 966	11,5%	86	139	53

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 EN70SB20	55 10	17 710	4,7%	37	37	4,9%	479
2	R SB70EB20	60 13	17 059	9,3%	35	72	9,6%	487
3	R EN60SB30EB10	55 11	16 526	13,7%	33	105	14,0%	501
4	R EB70EN30	75 10	16 355	18,1%	33	138	18,4%	496
5	R EN90	55 11	15 003	22,1%	23	161	21,5%	652
6	R EB90	80 14	14 572	26,0%	22	183	24,4%	662
7	R EB60SB30EN10	65 13	13 449	29,6%	27	210	28,0%	498
8	R SB60EN30EB10	50 13	12 772	33,1%	26	236	31,5%	491
9	R EN70EB20	55 9	12 636	36,4%	25	261	34,8%	505
10	R EB80SB20	55 10	12 105	39,7%	24	285	38,0%	504
11	R EB90	80 10	11 919	42,9%	18	303	40,4%	662
12	R SB60EN30EB10	50 10	11 542	46,0%	23	326	43,5%	502
13	R SB30EN30EB30	45 10	10 626	48,8%	33	359	47,9%	322
14	R EN50EB40	60 9	9 976	51,5%	20	379	50,5%	499
15	R SB30EN30EB30	55 13	9 167	53,9%	28	407	54,3%	327
16	R ML80EN20	55 11	8 914	56,3%	18	425	56,7%	495
17	R EB90	50 8	8 676	58,7%	13	438	58,4%	667
18	R EB90	80 8	8 579	60,9%	13	451	60,1%	660
19	R SB50EB40	65 13	8 213	63,1%	16	467	62,3%	513
20	R EN90	55 9	8 168	65,3%	12	479	63,9%	681
21	R SB50EB40	35 13	7 928	67,5%	16	495	66,0%	496
22	R EB60SB30EN10	30 13	7 886	69,6%	16	511	68,1%	493
23	R EB80SB20	75 14	7 848	71,7%	16	527	70,3%	490
24	R EB70EN30	45 10	7 506	73,7%	15	542	72,3%	500
25	FM PT30BP20EB30SB10	50 15	7 328	75,6%	29	571	76,1%	253
26	R EN90	55 8	7 227	77,6%	11	582	77,6%	657
27	R EB90	50 10	7 085	79,5%	11	593	79,1%	644
28	R EB90	50 14	6 814	81,3%	10	603	80,4%	681
29	R EN70SB20	30 10	6 768	83,1%	14	617	82,3%	483
30	R SB70EB20	30 13	6 722	84,9%	14	631	84,1%	480

Strate d'échantillonnage			Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
31	R EN90	30 11	6 668	86,7%	10	641	85,5%	667
32	R EB80SB20	55 14	6 336	88,4%	13	654	87,2%	487
33	R EN90	30 8	6 213	90,1%	9	663	88,4%	690
34	R EN60SB30EB10	40 9	6 195	91,7%	12	675	90,0%	516
35	R ML40EN40EB10SB10	65 10	5 943	93,3%	18	693	92,4%	330
36	R EN60SB30EB10	40 11	5 715	94,8%	11	704	93,9%	520
37	R ML40EN40EB10SB10	35 10	5 342	96,3%	16	720	96,0%	334
38	R EN90	30 9	4 734	97,5%	7	727	96,9%	676
39	R EN70ML20	40 9	4 623	98,8%	9	736	98,1%	514
40	R SB30EN30EB30	45 13	4 560	100,0%	14	750	100,0%	326

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.