



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 02451S

Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional
2016

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, 2016. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 02451S, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 31 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 02451S.

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 02451S

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	2012 - 2013
Cartographie écoforestière	Production	mars 2014 - décembre 2015
	Diffusion - statut primaire	mai 2016
	Diffusion - statut final	mai 2017
Sondage terrestre	Production	été 2016
	Diffusion	mai 2017
Compilation forestière	Diffusion	été 2017

Paramètres et hypothèses initiaux de l'US 02451S

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)	229 857
Nombre total de PET à planter	375
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PET : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PET)	613
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PET)	6 130
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PET)	15 324

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 planter

Le nombre de placettes-échantillons à planter 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 planter 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 2015.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
02451S	Oui	01	Unité d'aménagement (UA)	353 347	96,6%
	Non	02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	47	0,0%
		06	Forêt d'expérimentation sur unité d'aménagement (UA)	70	0,0%
		09	Bleuetière de type forêt-bleuet (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	122	0,0%
		20	Petite propriété privée	111	0,0%
		52	Eaux (lacs importants, fleuve et réservoir)	4 678	1,3%
		55	Projet de refuge biologique exclu de la production forestière	2 700	0,7%
		59	Refuge biologique désigné	4 747	1,3%
		71	Lot mixte	16	0,0%
		80	Érablière acéricole en territoire forestier résiduel (TFR)	22	0,0%
				365 859	100,0%

Usage forestier				Superficie	
Sondage	Code	Nom	Code d'impact	ha	%
Non	BK	Bande riveraine d'intérêt faunique	01	1 170	41,1%
	N3	Espèce faunique 3	01	33	1,2%
	QE	Équipement énergétique	01	1 277	44,8%
	SG	Site archéologique	01	3	0,1%
	ST	Station de mesure	01	6	0,2%
	SU	Site d'utilité publique	01	108	3,8%
	VC	Site de villégiature complémentaire	01	53	1,9%
	VR	Site de villégiature regroupée	01	198	7,0%
				2 848	100,0%

Zone d'application des modalités d'intervention			Superficie	
Sondage	Usage associé	Code d'impact	ha	%
Non	CA	01	44	1,8%
	CR	06	1 733	72,4%
	KA	01	3	0,1%
	RH	05	2	0,1%
	SG	01	53	2,2%
	SL	05	64	2,7%
	SS	05	2	0,1%
	VC	05	106	4,4%
	VR	05	386	16,1%
			2 392	100,0%

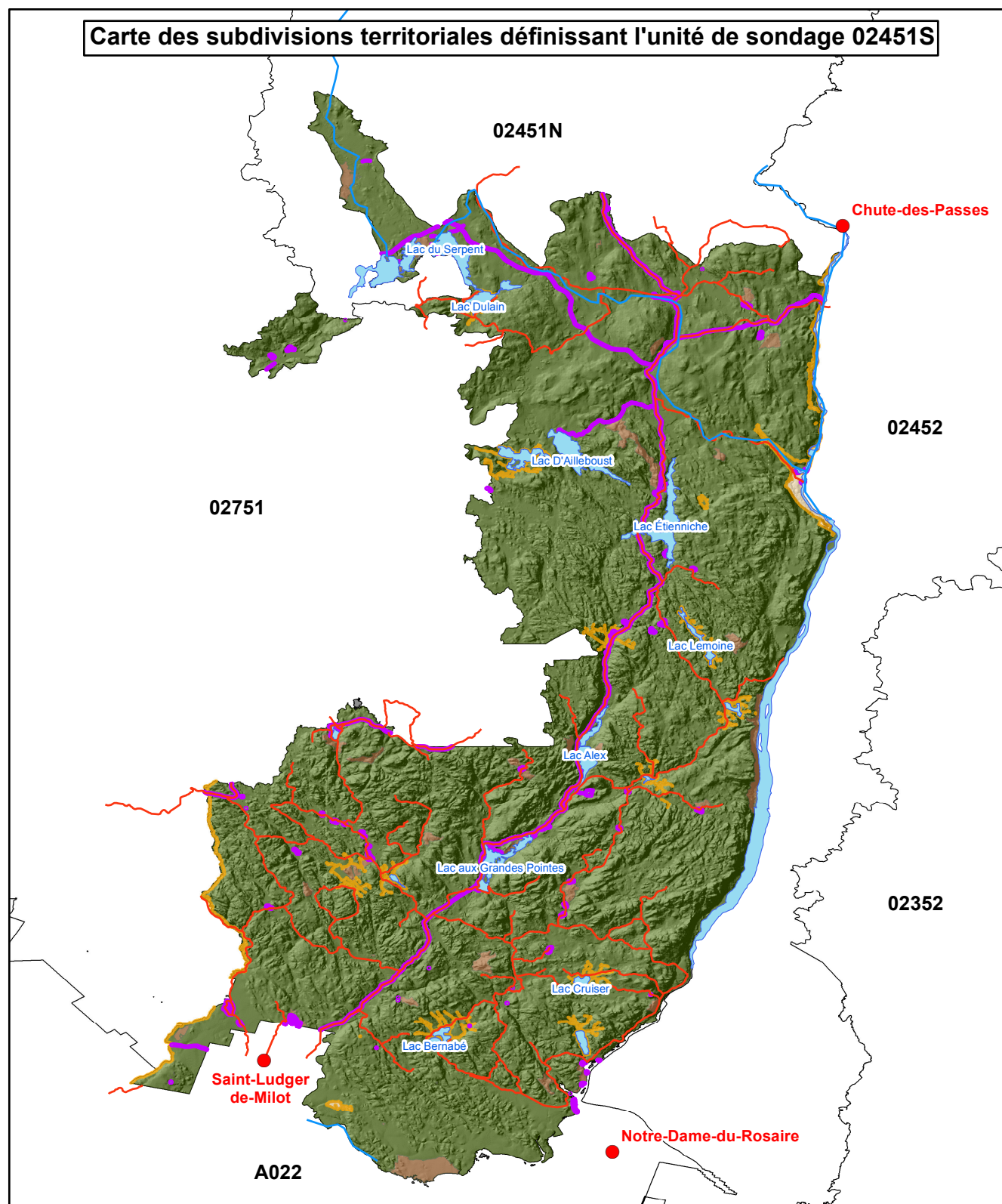
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

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 - Stratification AIPF	229 857	66,5%
Oui		229 857	66,5%
Non	Étendue d'eau	21 468	6,2%
	Terrain à vocation non forestière	1 414	0,4%
	Terrain forestier inaccessible (pente «F» ou «S»)	13 633	3,9%
	Terrain forestier improductif	16 284	4,7%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	63 179	18,3%
Non		115 978	33,5%
		345 834	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage 02451S



Territoire sondé

-  Unité de sondage 02451S
-  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)

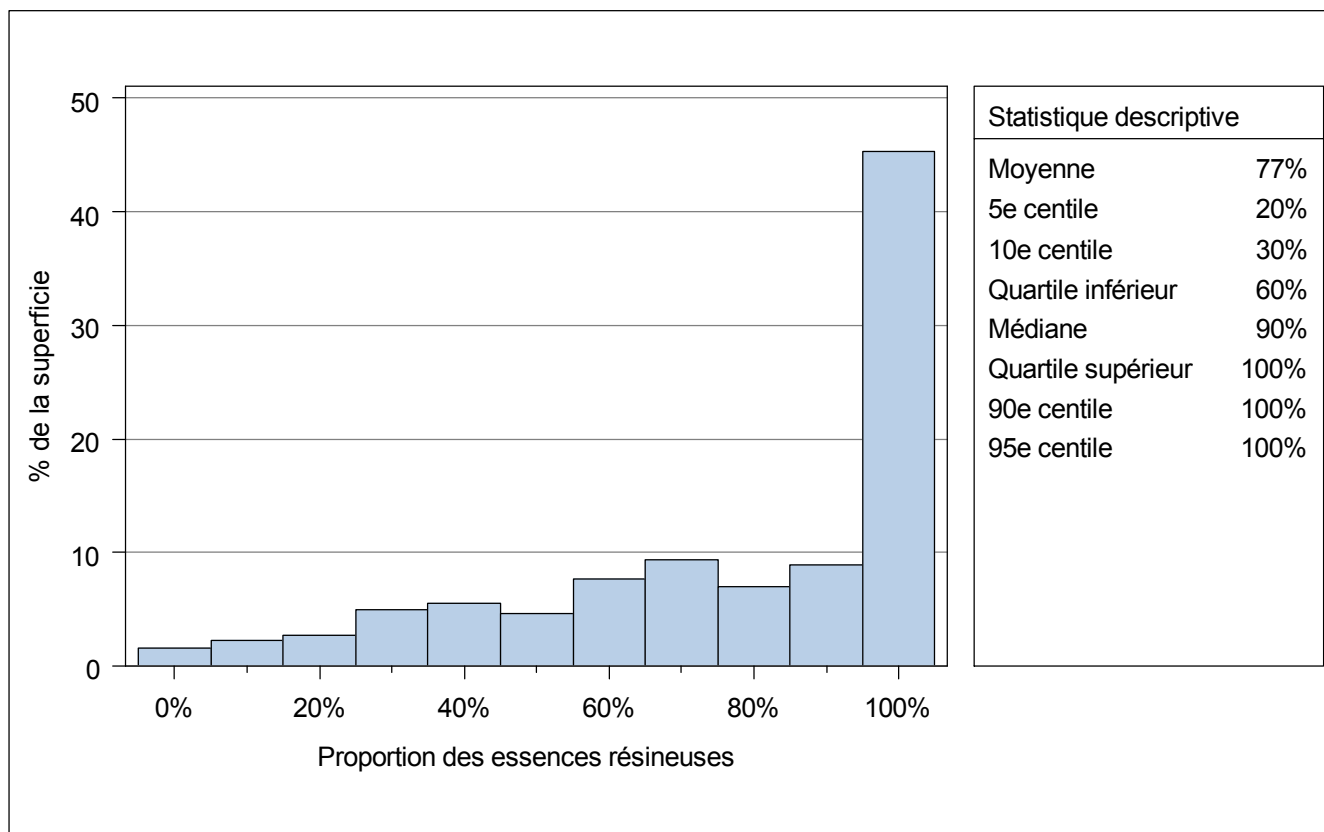
2. Portrait et analyse de la composition en essences des peuplements

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%	15 336	7%
MF	Mixte à dominance feuillue	30%	48%	24 239	11%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	74%	49 794	22%
R	Résineux	76%	100%	140 488	61%
		0%	100%	229 857	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.

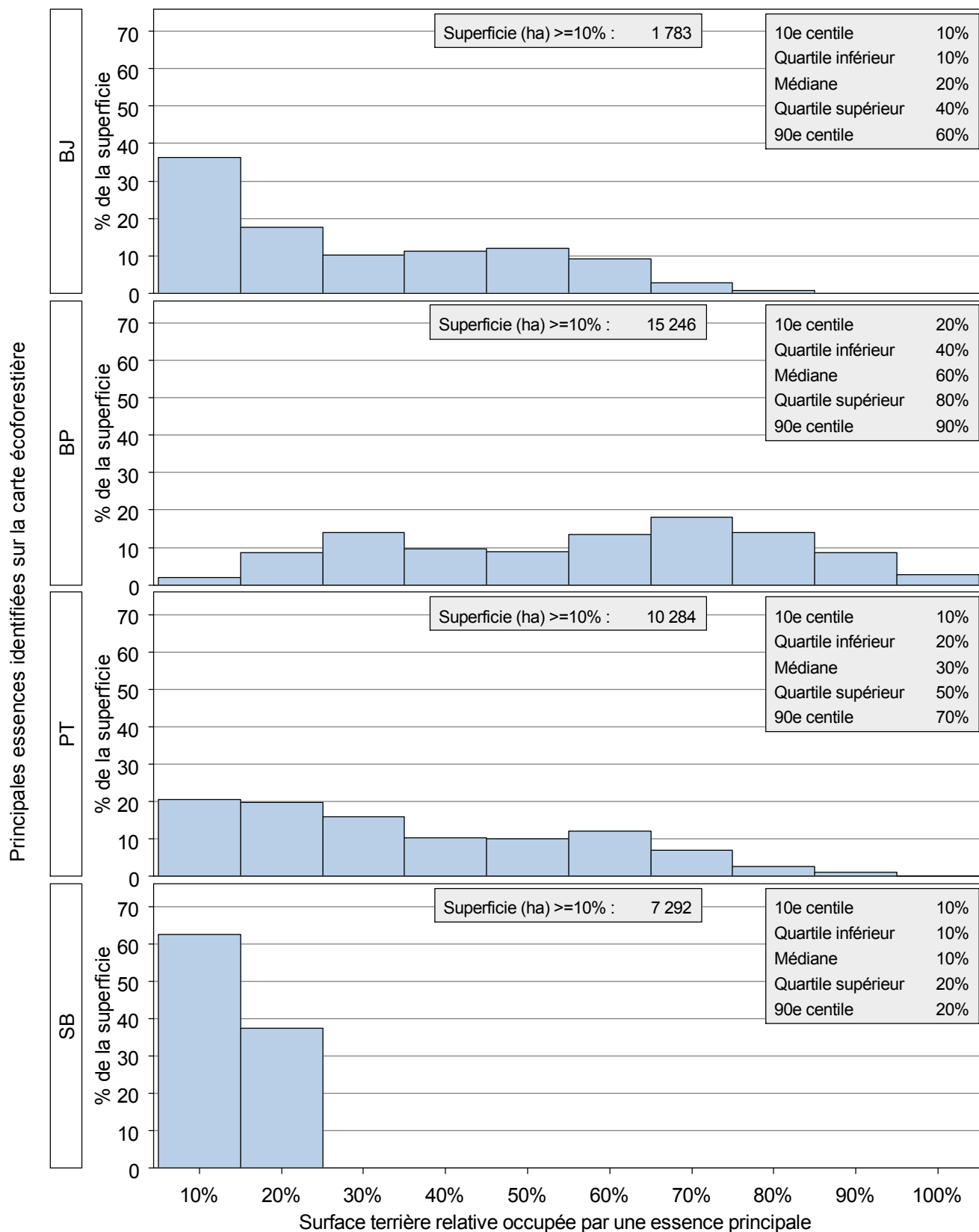
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BJ	Bouleau jaune	3,34%	6,75%	1,99%	0,03%	1,38%
	BP	Bouleau blanc (à papier)	56,65%	44,01%	28,38%	2,81%	16,28%
	EO	Érable rouge	2,35%	1,35%	0,48%	0,00%	0,40%
	ES	Érable à sucre	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	FH	Feuillus sur station humide	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0,01%	0,01%	0,15%	0,41%	0,29%
	FN	Feuillus non commerciaux	0,82%	0,57%	0,44%	0,03%	0,23%
	FT	Feuillus tolérants à l'ombre	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
	FX	Feuillus indéterminés	1,09%	0,86%	1,51%	0,18%	0,60%
	PE	Peupliers	0,08%	0,08%	0,06%	0,00%	0,03%
	PT	Peuplier faux-tremble	23,93%	11,08%	4,77%	0,27%	3,97%
			88,30%	64,73%	37,79%	3,73%	23,18%
Résineuse	EB	Épinette blanche	1,09%	5,84%	7,93%	1,67%	3,42%
	EN	Épinette noire	2,73%	5,04%	12,71%	61,59%	41,11%
	EP	Épinettes	0,00%	0,01%	0,02%	0,09%	0,06%
	ML	Mélèze laricin	0,00%	0,02%	0,07%	1,18%	0,74%
	PB	Pin blanc	0,00%	0,00%	0,03%	0,01%	0,01%
	PG	Pin gris	0,24%	0,54%	1,10%	6,74%	4,43%
	PR	Pin rouge	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
	RX	Résineux indéterminés	0,96%	0,34%	0,38%	0,29%	0,36%
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,00%	0,01%	0,07%	0,52%	0,34%
	SB	Sapin baumier	6,55%	23,47%	39,90%	24,18%	26,33%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,13%	0,02%	0,00%	0,00%	0,01%
			11,70%	35,27%	62,21%	96,27%	76,82%
			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.

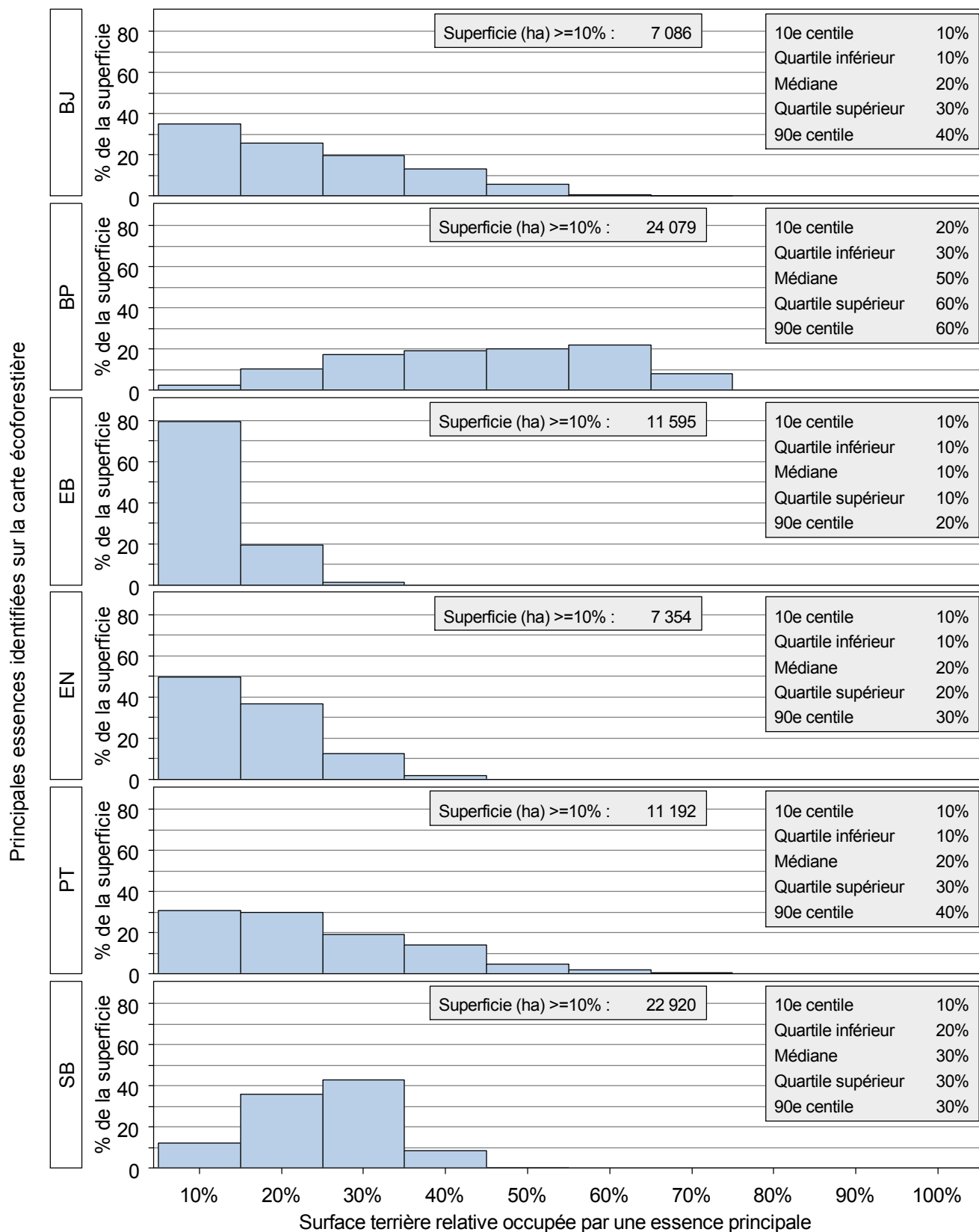
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 15 336 ha



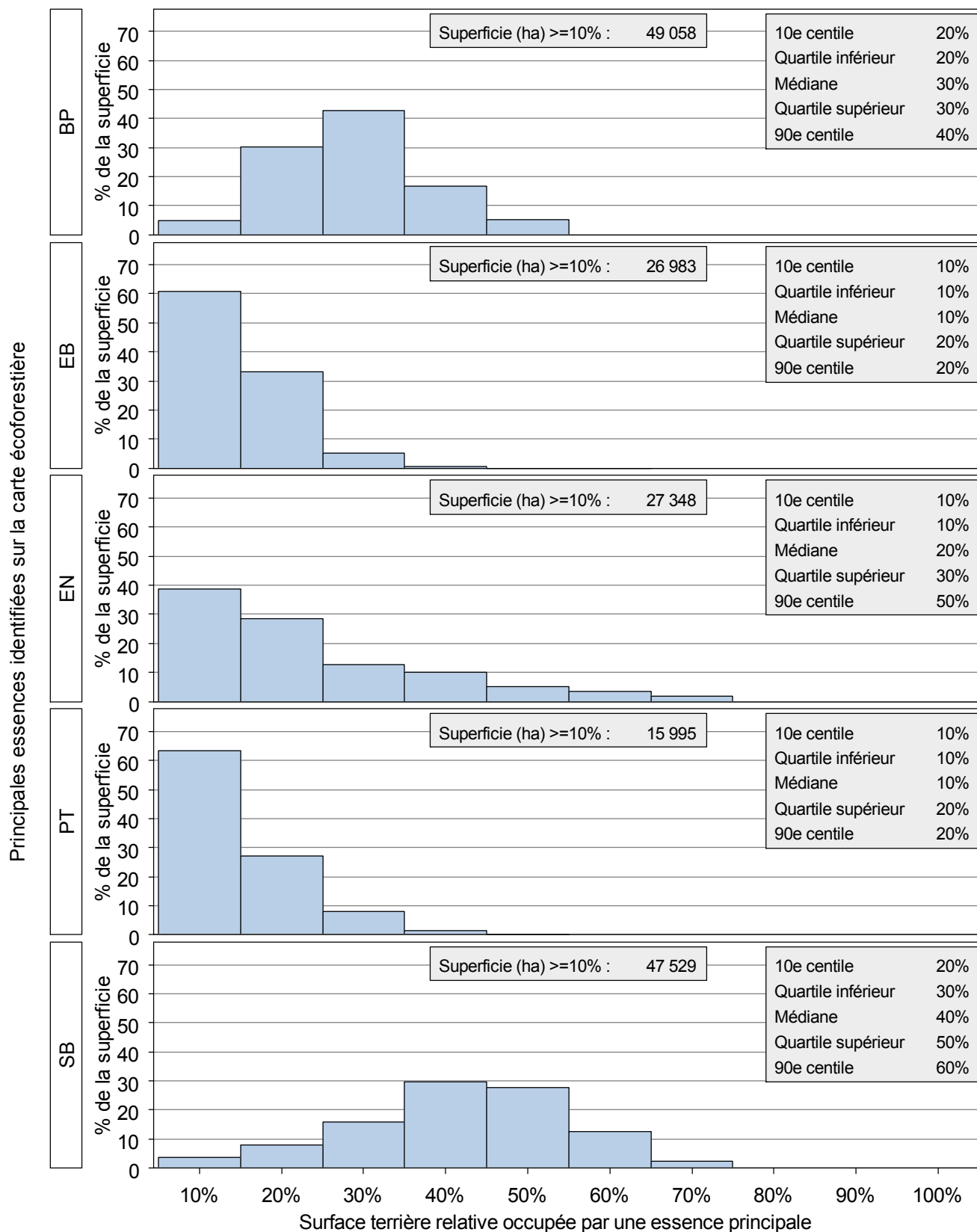
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 24 239 ha



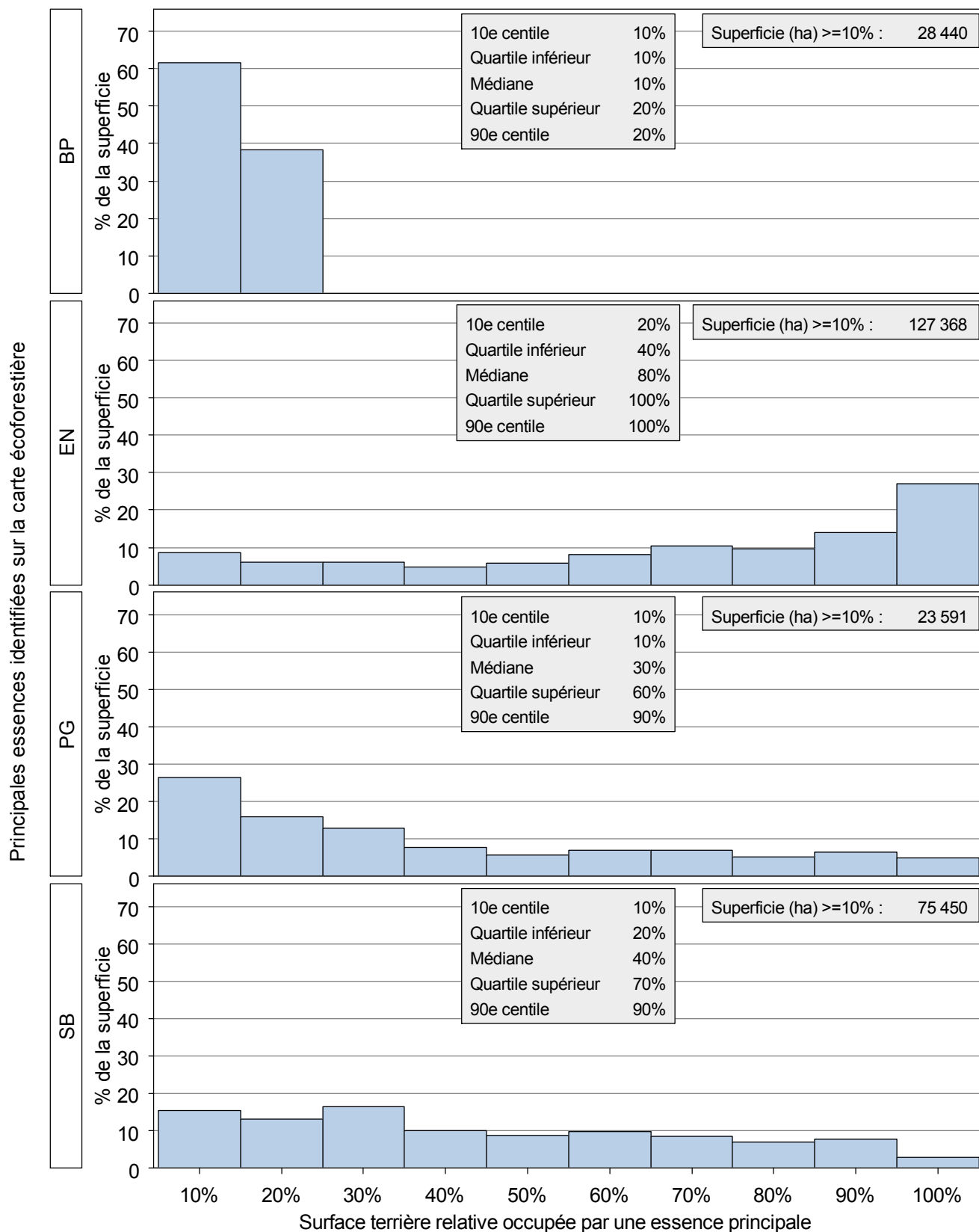
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 49 794 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 140 488 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	
	Origine des essences	Type de couvert	(ha)	(%)
Feuillu	naturelle	Feuillu	15 336	7%
			15 336	7%
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	24 190	11%
	plantation	Mixte à dominance feuillue	48	0%
			24 239	11%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	49 679	22%
	plantation	Mixte à dominance résineuse	116	0%
			49 794	22%
Résineux	naturelle	Résineux	138 916	60%
	plantation	Résineux	1 572	1%
			140 488	61%

* 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, 12 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	BJ	BP	EN	EO	PT	SB
BP60PT20SB10	10e	0	20	0	0	0	0
	90e	10	90	10	10	60	20

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	BJ	BP	EB	EN	PT	SB
BP30PT30SB20EN10	10e	0	20	0	0	20	0
	90e	0	50	10	20	40	30
BP50BJ10SB20EB10	10e	0	30	0	0	0	10
	90e	30	70	20	10	10	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	BJ	BP	EB	EN	PT	SB
EN30SB30BP30PT10	10e	0	10	0	20	0	0
	90e	0	40	0	50	20	50
SB40EB20EN10BP30	10e	0	20	10	0	0	30
	90e	20	40	20	20	10	50
SB50BP30PT10	10e	0	20	0	0	0	50
	90e	10	40	10	10	20	60

Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

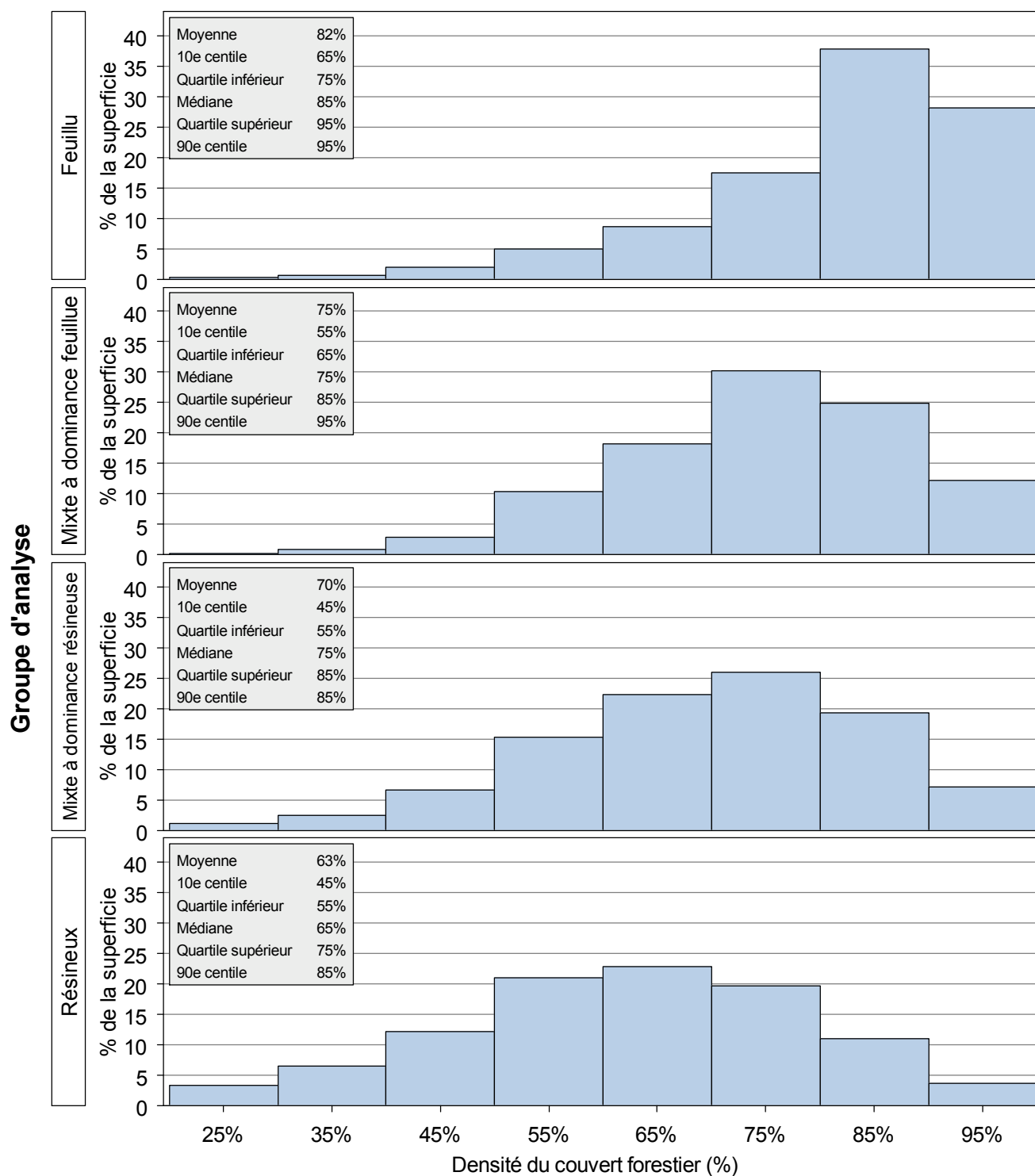
Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EB	EN	PG	SB
EN40SB40	10e	0	0	30	0	10
	90e	20	0	60	0	60
EN70PG30	10e	0	0	50	20	0
	90e	0	0	80	50	0

Regroupement des essences		Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	Centile en superficie	BP	EB	EN	PG	SB
EN70SB20	10e	0	0	60	0	20
	90e	10	0	80	0	30
EN90	10e	0	0	90	0	0
	90e	0	0	100	0	10
PG80EN20	10e	0	0	0	60	0
	90e	0	0	40	100	0
SB70EN10EB10BP10	10e	0	0	0	0	50
	90e	20	20	20	0	90

4. Densité et hauteur des peuplements

4.1 Portrait de la densité des peuplements

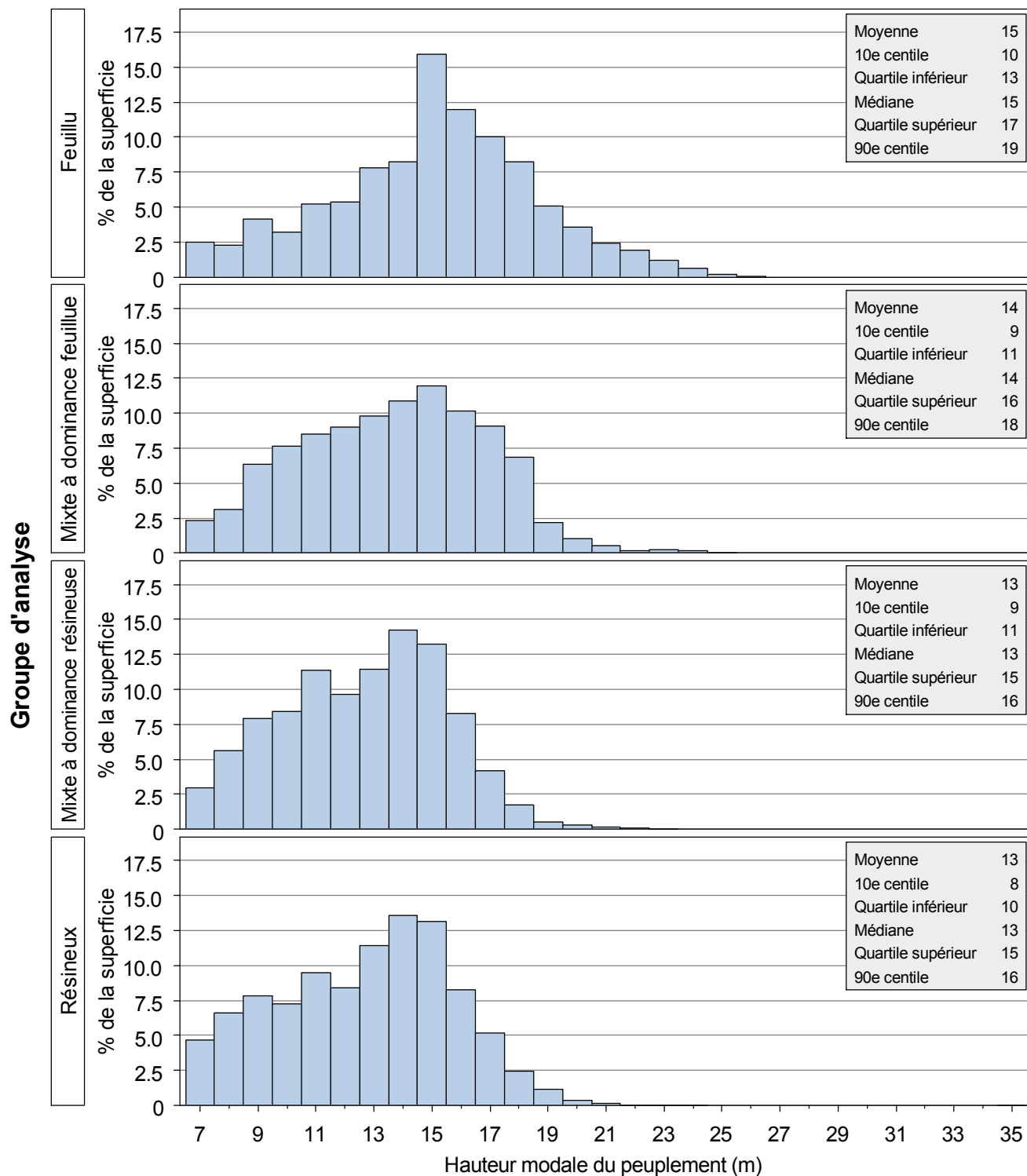
Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des densités des peuplements en fonction des groupes considérés.



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 12 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 8 ont été scindés en 2 à 5 sous-groupes en fonction des valeurs de densité et de hauteur. Il en résulte un nombre final de 24 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	BP60PT20SB10	F BP60PT20SB10	65 15	25	75	7	25
		F BP60PT20SB10	90 15	85	95	7	26
MF	BP30PT30SB20EN10	MF BP30PT30SB20EN10	70 13	25	95	7	25
	BP50BJ10SB20EB10	MF BP50BJ10SB20EB10	75 14	25	95	7	24
MR	EN30SB30BP30PT10	MR EN30SB30BP30PT10	65 15	25	95	12	22
		MR EN30SB30BP30PT10	65 9	25	95	7	11
	SB40EB20EN10BP30	MR SB40EB20EN10BP30	50 14	25	55	7	23
		MR SB40EB20EN10BP30	75 14	65	95	7	21
	SB50BP30PT10	MR SB50BP30PT10	75 10	25	95	7	12
		MR SB50BP30PT10	75 14	25	95	12	21
R	EN40SB40	R EN40SB40	65 13	25	95	11	21
		R EN40SB40	65 8	25	95	7	11
	EN70PG30	R EN70PG30	55 14	25	95	7	24
	EN70SB20	R EN70SB20	60 10	25	95	7	13
		R EN70SB20	60 15	25	95	13	21

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN90	R EN90	40 13	25	45	11	14
		R EN90	40 9	25	45	7	10
		R EN90	60 13	55	95	11	14
		R EN90	60 16	25	95	15	35
		R EN90	60 9	55	85	7	10
	PG80EN20	R PG80EN20	65 14	25	95	7	22
	SB70EN10EB10BP10	R SB70EN10EB10BP10	55 15	25	65	13	21
		R SB70EN10EB10BP10	80 10	25	95	7	13
		R SB70EN10EB10BP10	80 15	75	95	13	20

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 02451S sont les suivantes :

EN, SB, BP

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 :

ML, FX, EO, RX, RZ, FI, EP, PE, SE, PB, PR, ES, FT, FH

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

PG, PT, EB, BJ

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 (613 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
Feuilleuse	BJ	Bouleau jaune	2	7	4	0	13
	BP	Bouleau blanc (à papier)	24	38	76	18	157
	EO	Érable rouge	2	1	0	0	3
	ES	Érable à sucre	0	0	0	0	0
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0	0	1	2	3
	FN	Feuillus non commerciaux	0	0	0	0	1
	PE	Peupliers	0	0	0	0	0
	PT	Peuplier faux-tremble	13	13	10	1	36
Résineuse	EB	Épinette blanche	0	4	17	10	31
	EN	Épinette noire	1	6	27	190	224
	EP	Épinettes	0	0	0	0	0
	ML	Mélèze laricin	0	0	0	6	6
	PB	Pin blanc	0	0	0	0	0
	PG	Pin gris	0	1	2	28	31
	PR	Pin rouge	0	0	0	0	0
	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	0	1	2
	SB	Sapin baumier	4	33	75	104	216
	SE	Sapin et épinette blanche	0	0	0	0	0

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=613 ha/PET)
	Type	Nom	
5.13	MF	BP30PT30SB20EN10	13
5.01	MR	EN30SB30BP30PT10	23
4.66	MR	SB40EB20EN10BP30	33
4.39	MF	BP50BJ10SB20EB10	27
3.91	F	BP60PT20SB10	25
3.86	R	EN40SB40	28
3.71	MR	SB50BP30PT10	25
2.63	R	SB70EN10EB10BP10	46
2.43	R	EN70SB20	35
2.29	R	PG80EN20	13
2.19	R	EN70PG30	14
1.39	R	EN90	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%	613	MR SB50BP30PT10	15 598	6,8%	25	25	0
			R EN40SB40	16 998	7,4%	28	28	0
				32 596	14,2%	53	53	0
Diminuée	-20% de PET	766	R EN90	57 586	25,1%	94	75	-19
	-10% de PET	681	R EN70SB20	21 426	9,3%	35	31	-3
			R SB70EN10EB10BP10	28 039	12,2%	46	41	-5
				107 051	46,6%	175	148	-27
Augmentée	+10% de PET	556	F BP60PT20SB10	15 336	6,7%	25	28	3
			MF BP50BJ10SB20EB10	16 362	7,1%	27	29	3
			MR EN30SB30BP30PT10	14 147	6,2%	23	25	2
			MR SB40EB20EN10BP30	20 050	8,7%	33	36	3
	+40% de PET	438	MF BP30PT30SB20EN10	7 876	3,4%	13	18	5
			R EN70PG30	8 337	3,6%	14	19	5
			R PG80EN20	8 101	3,5%	13	19	5
				90 209	39,2%	147	174	27

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%	-14% de PET	708	R EN40SB40	16 998	7,4%	28	24	-4
	+24% de PET	503	MR SB50BP30PT10	15 598	6,8%	25	31	6
				32 596	14,2%	53	55	2
-10% de PET	-28% de PET	850	R SB70EN10EB10BP10	28 039	12,2%	46	33	-13
	-11% de PET	691	R EN70SB20	21 426	9,3%	35	31	-4
				49 465	21,5%	81	64	-17
-20% de PET	-18% de PET	748	R EN90	57 586	25,1%	94	77	-17
				57 586	25,1%	94	77	-17
+10% de PET	0%	608	MR SB40EB20EN10BP30	20 050	8,7%	33	33	0
	+4% de PET	589	MR EN30SB30BP30PT10	14 147	6,2%	23	24	1
	+16% de PET	529	F BP60PT20SB10	15 336	6,7%	25	29	4
	+15% de PET	528	MF BP50BJ10SB20EB10	16 362	7,1%	27	31	4
				65 894	28,7%	108	117	9
+40% de PET	+44% de PET	417	R EN70PG30	8 337	3,6%	14	20	6
	+53% de PET	405	R PG80EN20	8 101	3,5%	13	20	7
	+70% de PET	358	MF BP30PT30SB20EN10	7 876	3,4%	13	22	9
				24 315	10,6%	40	62	22

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 EN90 60 16	19 992	8,7%	26	26	6,9%	769
2	R EN90 60 13	16 572	15,9%	19	45	12,0%	872
3	MF BP50BJ10SB20EB10 75 14	16 362	23,0%	31	76	20,3%	528
4	R SB70EN10EB10BP10 80 10	13 847	29,0%	15	91	24,3%	923
5	MR SB40EB20EN10BP30 75 14	13 714	35,0%	19	110	29,3%	722
6	R EN70SB20 60 15	11 217	39,9%	15	125	33,3%	748
7	R EN70SB20 60 10	10 209	44,3%	16	141	37,6%	638
8	F BP60PT20SB10 90 15	10 111	48,7%	16	157	41,9%	632
9	R EN40SB40 65 13	9 890	53,0%	14	171	45,6%	706
10	R EN90 40 13	8 709	56,8%	13	184	49,1%	670
11	MR SB50BP30PT10 75 14	8 489	60,5%	16	200	53,3%	531
12	R EN70PG30 55 14	8 337	64,1%	20	220	58,7%	417
13	R PG80EN20 65 14	8 101	67,7%	20	240	64,0%	405
14	MF BP30PT30SB20EN10 70 13	7 876	71,1%	22	262	69,9%	358
15	MR EN30SB30BP30PT10 65 15	7 703	74,5%	12	274	73,1%	642
16	R SB70EN10EB10BP10 55 15	7 347	77,6%	11	285	76,0%	668
17	MR SB50BP30PT10 75 10	7 109	80,7%	15	300	80,0%	474
18	R EN40SB40 65 8	7 108	83,8%	10	310	82,7%	711
19	R SB70EN10EB10BP10 80 15	6 845	86,8%	7	317	84,5%	978
20	R EN90 60 9	6 826	89,8%	7	324	86,4%	975
21	MR EN30SB30BP30PT10 65 9	6 444	92,6%	12	336	89,6%	537
22	MR SB40EB20EN10BP30 50 14	6 336	95,3%	14	350	93,3%	453
23	R EN90 40 9	5 487	97,7%	12	362	96,5%	457
24	F BP60PT20SB10 65 15	5 225	100,0%	13	375	100,0%	402

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.