



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 02452S

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 02452S, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 30 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 02452S.

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 02452S

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 02452S

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)	192 262
Nombre total de PET à implanter	375
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 2015.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
02452S	Oui	01	Unité d'aménagement (UA)	332 143	84,5%
	Non	02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	1 708	0,4%
		06	Forêt d'expérimentation sur unité d'aménagement (UA)	39	0,0%
		20	Petite propriété privée	11	0,0%
		52	Eaux (lacs importants, fleuve et réservoir)	54 299	13,8%
		55	Projet de refuge biologique exclu de la production forestière	2 422	0,6%
		59	Refuge biologique désigné	2 374	0,6%
		80	Érablière acéricole en territoire forestier résiduel (TFR)	47	0,0%
		81	Bleuetière de type conventionnel sur territoire forestier résiduel (TFR)	36	0,0%
				393 078	100,0%

Usage forestier				Superficie	
Sondage	Code	Nom	Code d'impact	ha	%
Non	BK	Bande riveraine d'intérêt faunique	01	659	24,6%
	CU	Camping rustique	01	2	0,1%
	ES	lieu d'enfouissement de matières résiduelles	01	6	0,2%
	HC	Établissement d'hébergement	01	3	0,1%
	N3	Espèce faunique 3	01	34	1,3%
	PG	Projet gouvernemental	01	380	14,1%
	QE	Équipement énergétique	01	1 417	52,8%
	RH	Site de restauration ou d'hébergement	01	3	0,1%
	VC	Site de villégiature complémentaire	01	23	0,9%
	VR	Site de villégiature regroupée	01	156	5,8%
				2 684	100,0%

Zone d'application des modalités d'intervention			Superficie	
Sondage	Usage associé	Code d'impact	ha	%
Non	CA	01	19	0,8%
	CR	06	1 663	72,4%
	CT	01	5	0,2%
	CU	05	9	0,4%
	ES	05	3	0,1%
	HC	05	5	0,2%
	PE	01	2	0,1%
	PI	05	117	5,1%
	RH	05	11	0,5%
	RS	05	6	0,3%
	SG	01	180	7,8%
	VC	05	50	2,2%
	VR	05	228	9,9%
			2 297	100,0%

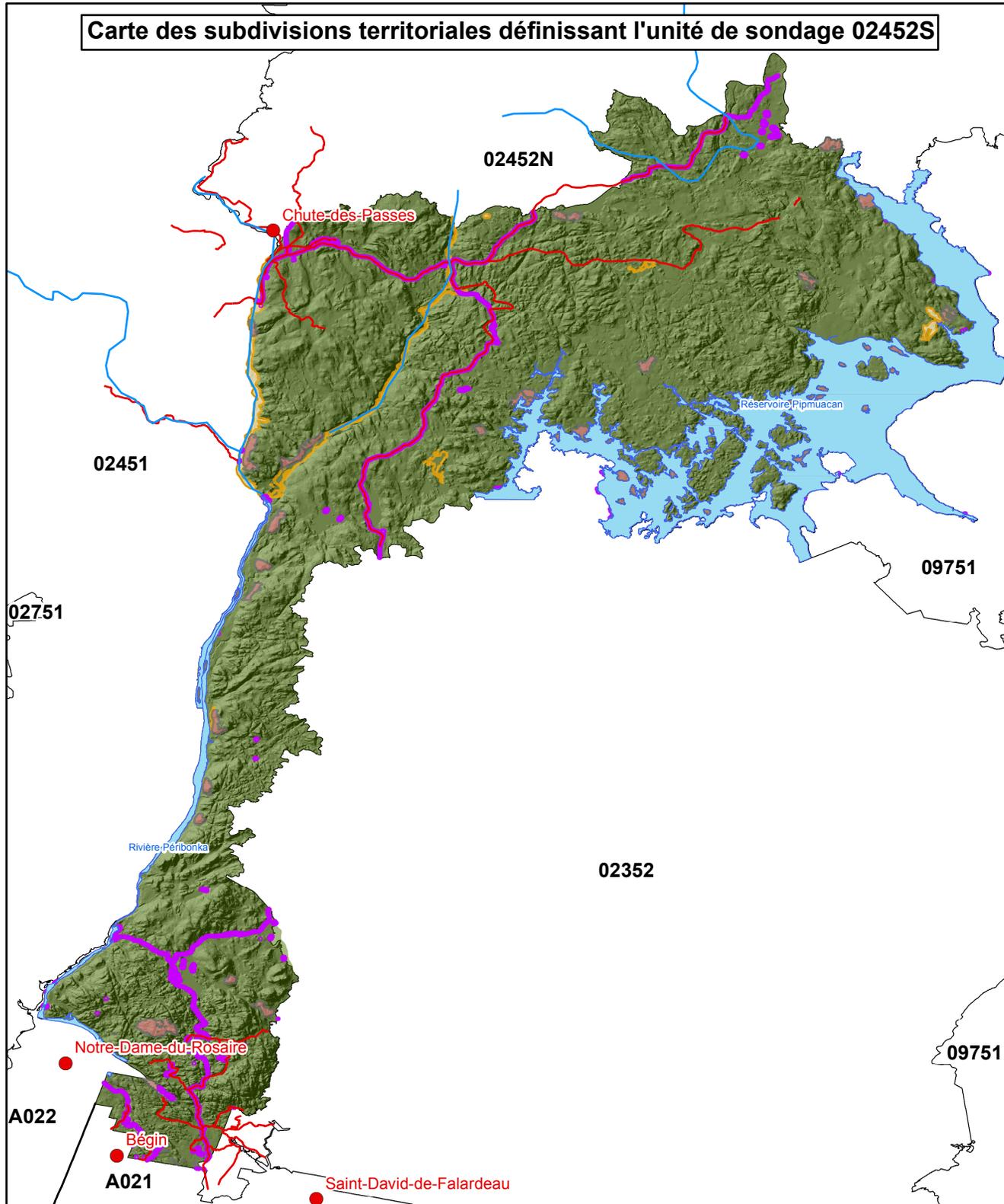
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

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	192 262	59,1%
Oui		192 262	59,1%
Non	Étendue d'eau	21 056	6,5%
	Terrain à vocation non forestière	692	0,2%
	Terrain forestier inaccessible (pente «F» ou «S»)	8 161	2,5%
	Terrain forestier improductif	15 626	4,8%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	87 635	26,9%
Non		133 169	40,9%
		325 432	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage 02452S



Territoire sondé

-  Unité de sondage 02452S
-  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)

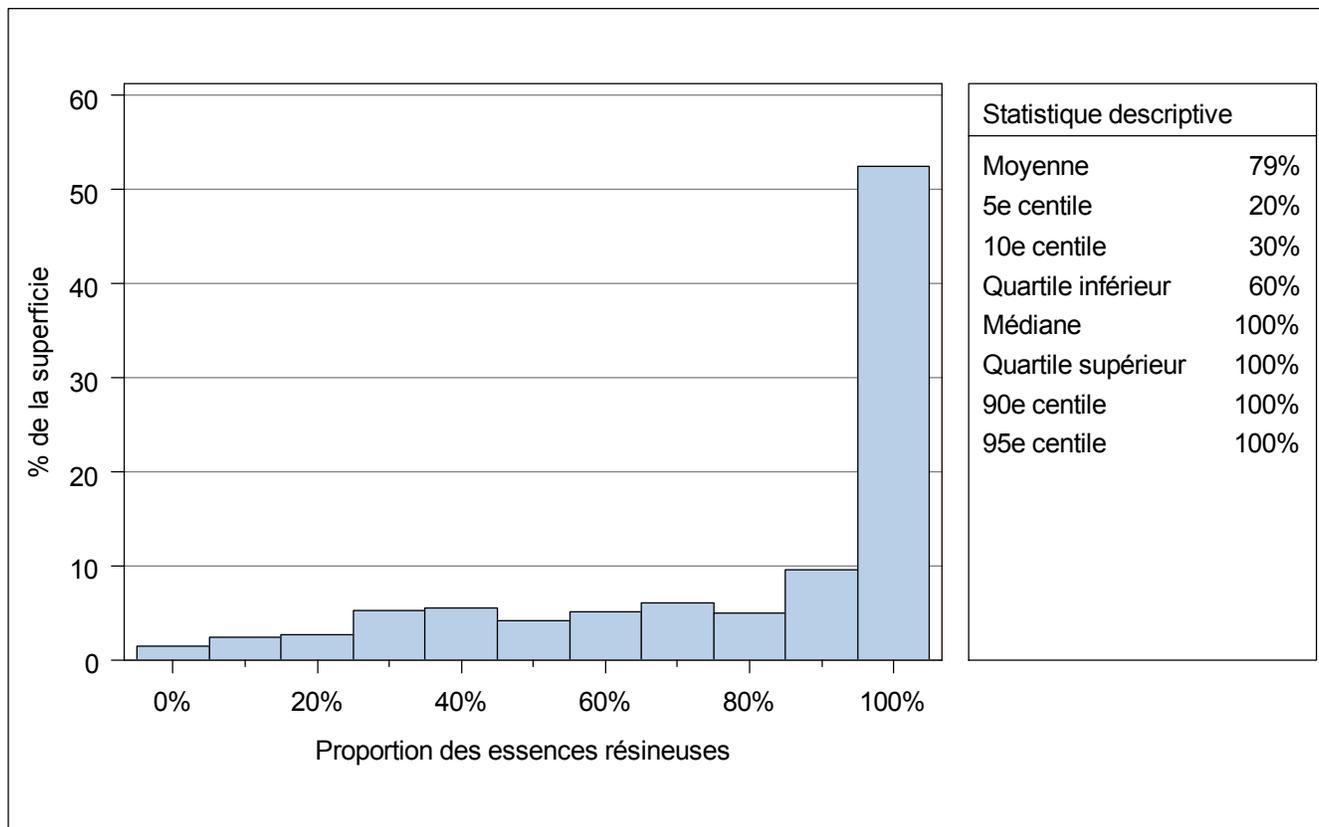
2. Portrait et analyse de la composition en essences des peuplements

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%	12 829	7%
MF	Mixte à dominance feuillue	28%	48%	20 654	11%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	75%	29 575	15%
R	Résineux	76%	100%	129 205	67%
		0%	100%	192 262	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.

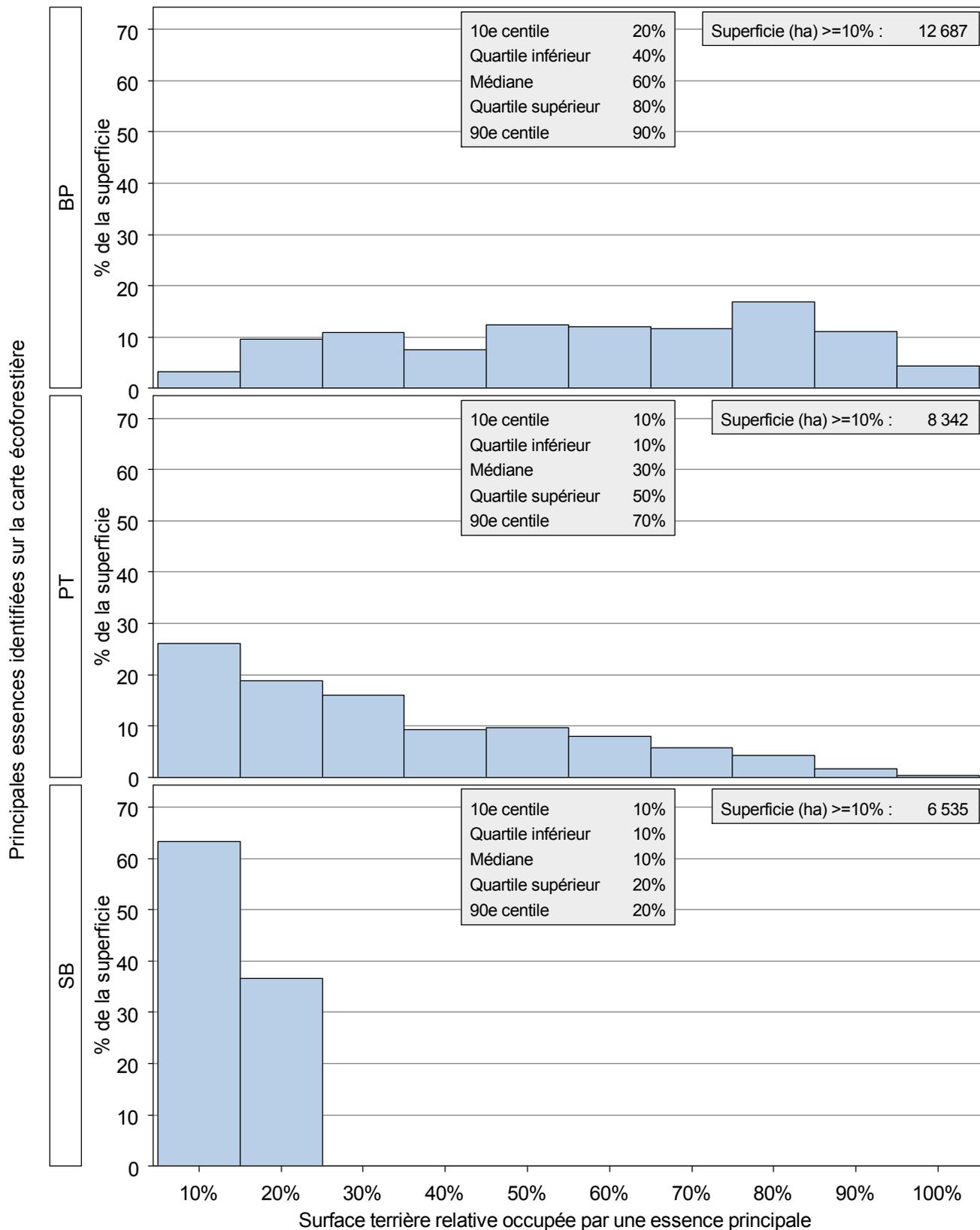
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BJ	Bouleau jaune	3,48%	8,44%	2,33%	0,01%	1,50%
	BP	Bouleau blanc (à papier)	57,57%	44,16%	29,59%	2,17%	14,60%
	EO	Érable rouge	2,42%	1,81%	0,69%	0,00%	0,46%
	ES	Érable à sucre	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0,00%	0,00%	0,01%	0,45%	0,30%
	FN	Feuillus non commerciaux	2,56%	0,57%	0,39%	0,02%	0,31%
	FT	Feuillus tolérants à l'ombre	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	FX	Feuillus indéterminés	0,01%	0,03%	0,02%	0,01%	0,01%
	PE	Peupliers	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	PT	Peuplier faux-tremble	22,01%	9,88%	5,64%	0,27%	3,58%
			88,21%	64,89%	38,69%	2,93%	20,78%
Résineuse	EB	Épinette blanche	0,68%	4,57%	5,77%	1,41%	2,38%
	EN	Épinette noire	3,19%	5,58%	13,97%	61,90%	44,56%
	ML	Mélèze laricin	0,00%	0,04%	0,14%	0,76%	0,54%
	PB	Pin blanc	0,05%	0,04%	0,01%	0,01%	0,01%
	PG	Pin gris	0,23%	0,37%	1,32%	5,80%	4,15%
	RX	Résineux indéterminés	0,52%	0,04%	0,04%	0,08%	0,10%
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,00%	0,23%	0,08%	0,61%	0,45%
	SB	Sapin baumier	6,95%	24,24%	39,97%	26,49%	27,02%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,17%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%
			11,79%	35,11%	61,31%	97,07%	79,22%
			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.

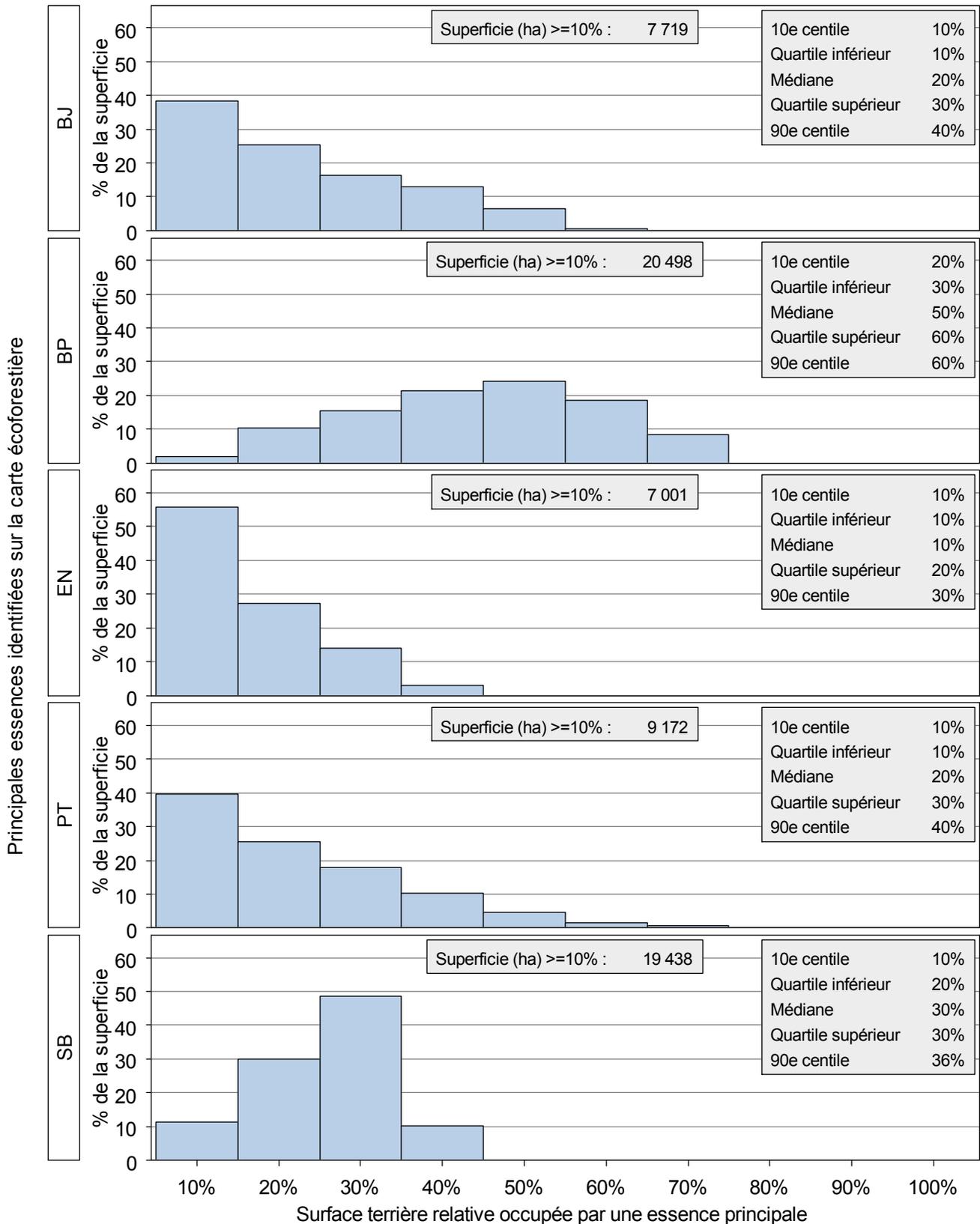
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 12 829 ha



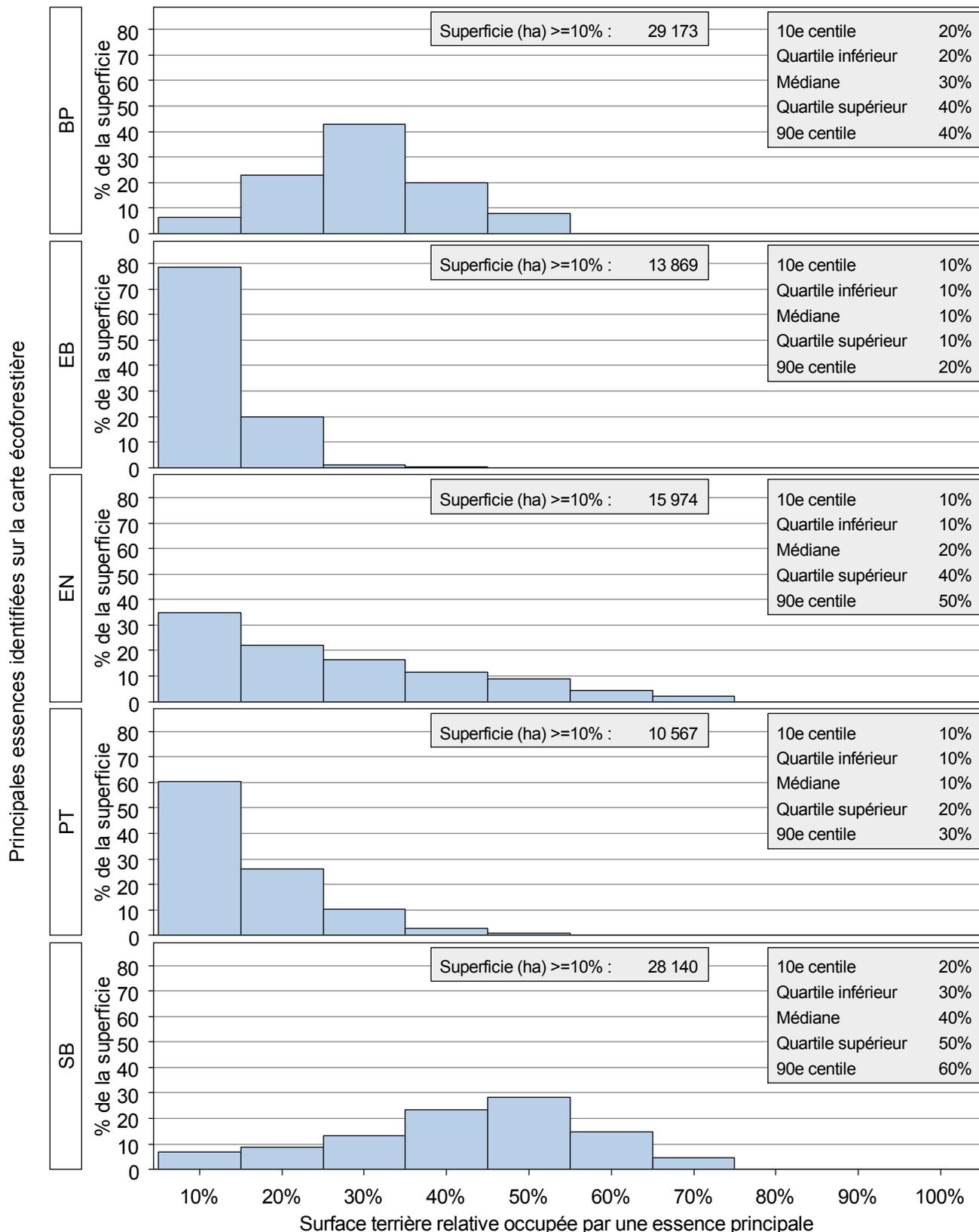
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 20 654 ha



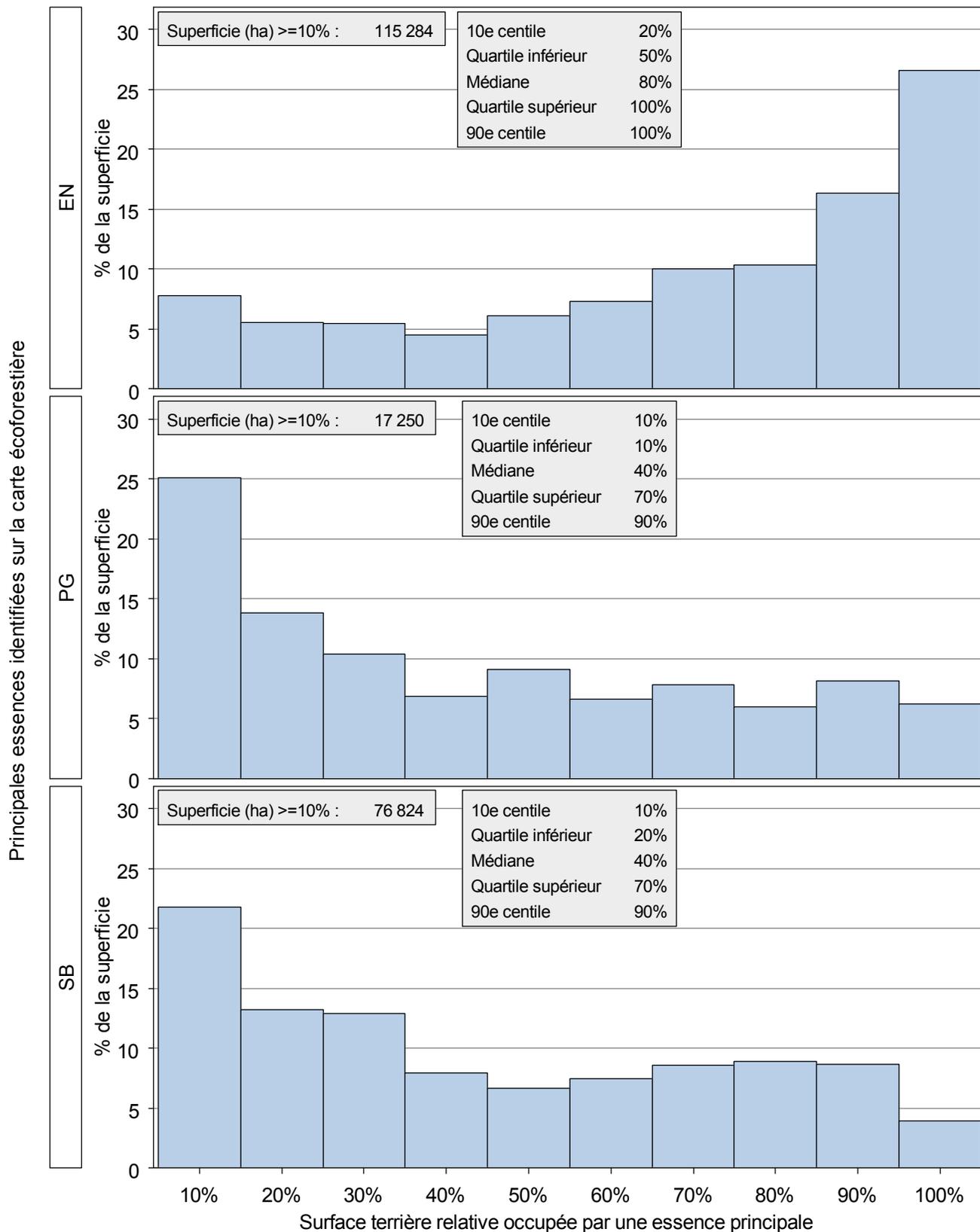
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 29 575 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 129 205 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	12 829	7%
			12 829	7%
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	20 457	11%
	plantation	Mixte à dominance feuillue	197	0%
			20 654	11%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	29 412	15%
	plantation	Mixte à dominance résineuse	163	0%
			29 575	15%
Résineux	naturelle	Résineux	127 829	66%
	plantation	Résineux	1 377	1%
			129 205	67%

* 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	EO	PT	SB
BP30PT20BJ10SB20	10e	0	20	0	0	0	0	10
	90e	40	40	10	20	0	40	40
BP50BJ10SB20EN10	10e	0	40	0	0	0	0	10
	90e	20	70	10	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
EN40SB10BP30PT10	10e	0	10	0	20	0	0
	90e	0	40	0	60	30	30
SB50EB10EN10BP30	10e	0	20	0	0	0	30
	90e	10	40	20	20	20	60

Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

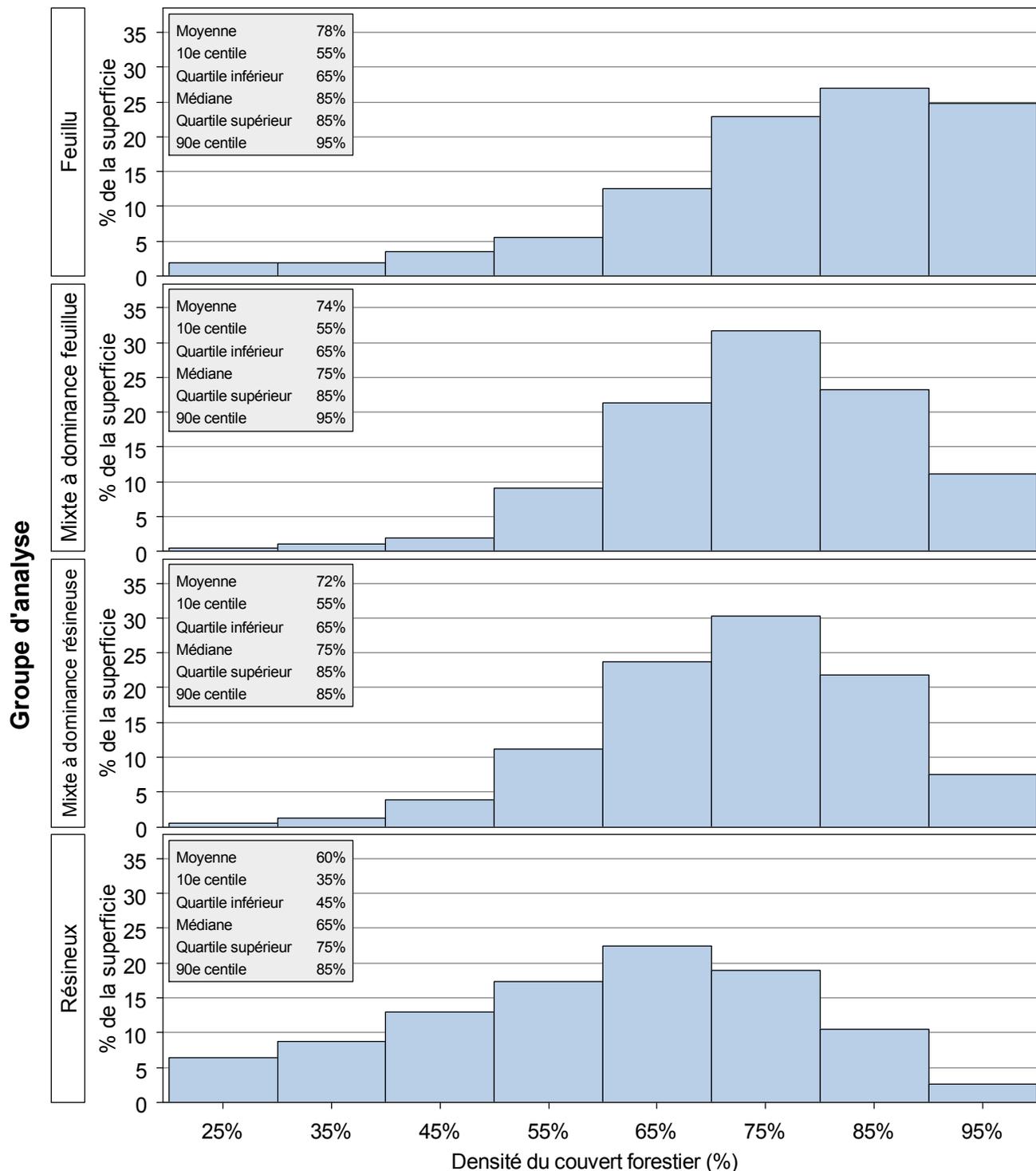
Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)			
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EN	PG	SB
EN50SB30	10e	0	40	0	20
	90e	20	60	0	50
EN70PG30	10e	0	60	20	0
	90e	0	80	40	10
EN70SB20	10e	0	70	0	20
	90e	0	80	0	30
EN90	10e	0	80	0	0
	90e	0	100	0	10

Regroupement des essences		Variables d'analyse retenues (% des essences)			
Nom du groupe synthèse	Centile en superficie	BP	EN	PG	SB
PG70EN20	10e	0	0	50	0
	90e	0	50	100	0
SB60EN20BP10	10e	0	0	0	50
	90e	20	40	0	80
SB90	10e	0	0	0	80
	90e	10	10	0	100

4. Densité et hauteur des peuplements

4.1 Portrait de la densité des peuplements

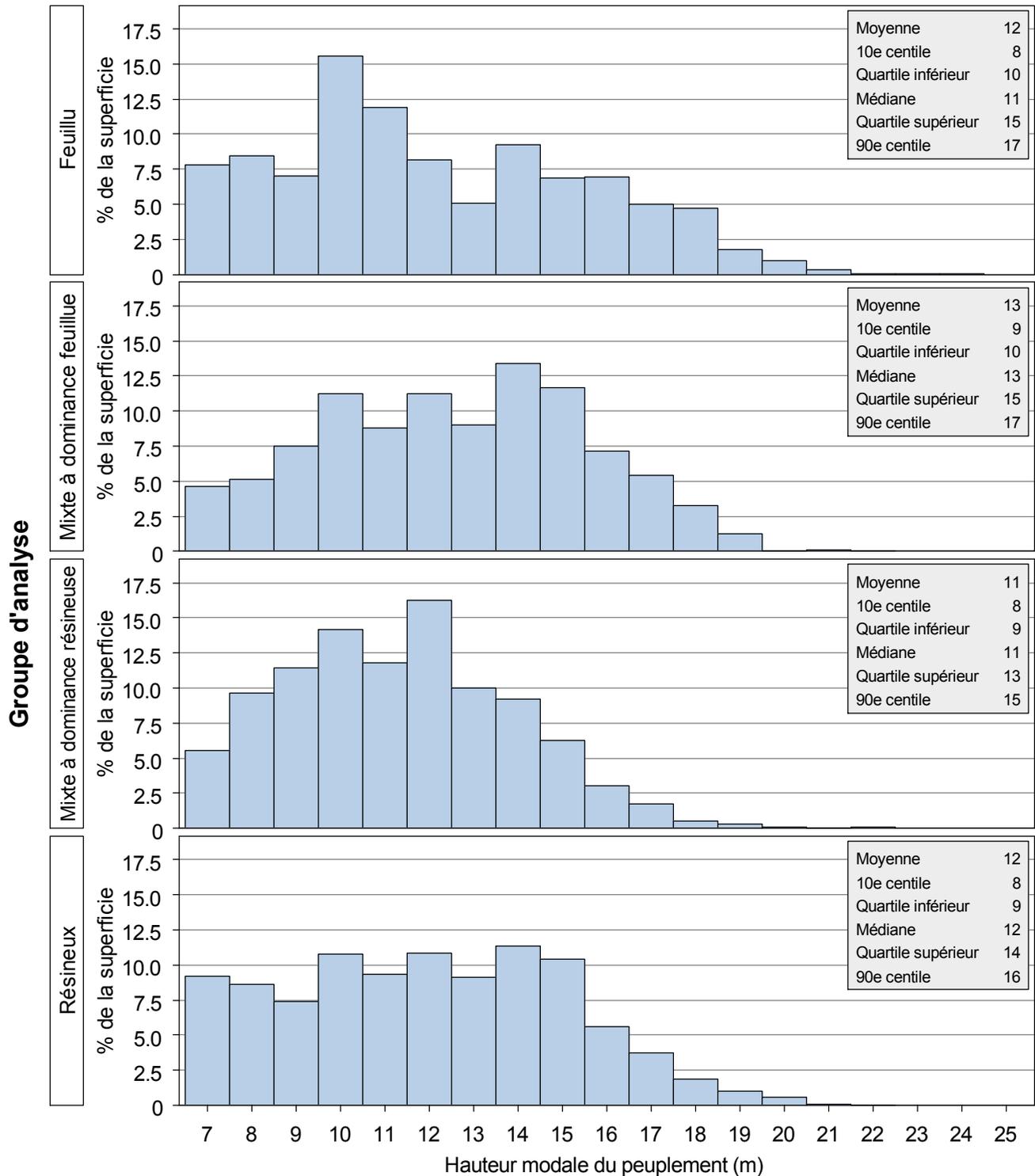
Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des densités des peuplements en fonction des groupes considérés.



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, 7 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 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 12	25	75	7	24
		F BP60PT20SB10	90 12	85	95	7	20
MF	BP30PT20BJ10SB20	MF BP30PT20BJ10SB20	70 14	25	95	7	22
	BP50BJ10SB20EN10	MF BP50BJ10SB20EN10	75 12	25	95	7	19
MR	EN40SB10BP30PT10	MR EN40SB10BP30PT10	65 11	25	95	7	22
	SB50EB10EN10BP30	MR SB50EB10EN10BP30	60 13	25	65	11	20
		MR SB50EB10EN10BP30	80 13	75	95	11	19
		MR SB50EB10EN10BP30	80 9	25	95	7	10
R	EN50SB30	R EN50SB30	60 14	25	95	11	22
		R EN50SB30	60 8	25	95	7	11
	EN70PG30	R EN70PG30	50 13	25	95	7	21
	EN70SB20	R EN70SB20	60 15	25	95	12	21
		R EN70SB20	60 9	25	95	7	12

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN90	R EN90	35 11	25	45	10	14
		R EN90	35 16	25	45	14	21
		R EN90	35 8	25	45	7	9
		R EN90	65 11	55	95	10	13
		R EN90	65 16	55	95	14	21
		R EN90	65 8	55	95	7	9
	PG70EN20	R PG70EN20	60 12	25	95	7	22
	SB60EN20BP10	R SB60EN20BP10	70 13	25	95	11	20
		R SB60EN20BP10	70 9	25	95	7	11
	SB90	R SB90	75 14	25	95	12	20
		R SB90	75 9	25	95	7	11

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 02452S 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, EO, RZ, FI, RX, FX, PB, SE, ES, PE, FT

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 (513 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	9	2	0	14
	BP	Bouleau blanc (à papier)	24	39	53	14	131
	EO	Érable rouge	2	2	0	0	4
	ES	Érable à sucre	0	0	0	0	0
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0	0	0	0	0
	FN	Feuillus non commerciaux	1	1	0	0	2
	PE	Peupliers	0	0	0	0	0
	PT	Peuplier faux-tremble	12	11	8	1	32
Résineuse	EB	Épinette blanche	0	1	6	8	15
	EN	Épinette noire	1	6	20	207	235
	ML	Mélèze laricin	0	0	0	4	4
	PB	Pin blanc	0	0	0	0	0
	PG	Pin gris	0	0	2	25	27
	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	0	2	2
	SB	Sapin baumier	5	34	51	117	207

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=513 ha/PET)
	Type	Nom	
5.67	MF	BP30PT20BJ10SB20	14
4.76	MR	EN40SB10BP30PT10	12
4.22	MF	BP50BJ10SB20EN10	26
4.10	MR	SB50EB10EN10BP30	45
3.93	F	BP60PT20SB10	25
3.56	R	EN50SB30	28
2.85	R	SB60EN20BP10	34
2.24	R	EN70PG30	10
2.18	R	PG70EN20	15
1.99	R	EN70SB20	30
1.66	R	SB90	27
1.40	R	EN90	107

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%	513	F BP60PT20SB10	12 829	6,7%	25	25	0
			MR SB50EB10EN10BP30	23 196	12,1%	45	45	0
			R EN50SB30	14 488	7,5%	28	28	0
			R EN70SB20	15 344	8,0%	30	30	0
			R SB60EN20BP10	17 635	9,2%	34	34	0
			R SB90	14 058	7,3%	27	27	0
				97 551	50,7%	190	190	0
Diminuée	-30% de PET	732	R EN90	55 057	28,6%	107	75	-32
				55 057	28,6%	107	75	-32
Augmentée	+37% de PET	375	MF BP30PT20BJ10SB20	7 232	3,8%	14	19	5
			MF BP50BJ10SB20EN10	13 422	7,0%	26	36	10
			MR EN40SB10BP30PT10	6 378	3,3%	12	17	5
			R PG70EN20	7 657	4,0%	15	20	6
	+75% de PET	293	R EN70PG30	4 966	2,6%	10	17	7
				39 655	20,6%	77	110	32

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 (ha / PET)	Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des PET (n)		
Ajustement prévu	Ajustement plan de sondage			(ha)	(%)	Initiale	Finale	Écart
0%	-23% de PET	667	R EN70SB20	15 344	8,0%	30	23	-7
	-15% de PET	611	R SB90	14 058	7,3%	27	23	-4
	+11% de PET	464	MR SB50EB10EN10BP30	23 196	12,1%	45	50	5
	+12% de PET	458	F BP60PT20SB10	12 829	6,7%	25	28	3
	+17% de PET	441	R SB60EN20BP10	17 635	9,2%	34	40	6
	+25% de PET	414	R EN50SB30	14 488	7,5%	28	35	7
				97 551	50,7%	190	199	10
-30% de PET	-22% de PET	663	R EN90	55 057	28,6%	107	83	-24
				55 057	28,6%	107	83	-24
+37% de PET	0%	510	R PG70EN20	7 657	4,0%	15	15	0
	+16% de PET	456	MR EN40SB10BP30PT10	6 378	3,3%	12	14	2
	+14% de PET	452	MF BP30PT20BJ10SB20	7 232	3,8%	14	16	2
	+23% de PET	419	MF BP50BJ10SB20EN10	13 422	7,0%	26	32	6
				34 689	18,0%	68	77	10
+75% de PET	+62% de PET	310	R EN70PG30	4 966	2,6%	10	16	6
				4 966	2,6%	10	16	6

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 65 11	13 632	7,1%	17	17	4,5%	802
2	MF BP50BJ10SB20EN10 75 12	13 422	14,1%	32	49	13,1%	419
3	R EN90 65 16	13 183	20,9%	18	67	17,9%	732
4	R SB60EN20BP10 70 13	10 116	26,2%	21	88	23,5%	482
5	R EN90 35 11	9 283	31,0%	12	100	26,7%	774
6	MR SB50EB10EN10BP30 80 9	9 024	35,7%	18	118	31,5%	501
7	MR SB50EB10EN10BP30 80 13	8 519	40,1%	22	140	37,3%	387
8	R EN70SB20 60 15	8 021	44,3%	11	151	40,3%	729
9	R PG70EN20 60 12	7 657	48,3%	15	166	44,3%	510
10	R SB60EN20BP10 70 9	7 519	52,2%	19	185	49,3%	396
11	R SB90 75 14	7 519	56,1%	11	196	52,3%	684
12	R EN50SB30 60 14	7 444	60,0%	22	218	58,1%	338
13	R EN90 35 16	7 394	63,8%	12	230	61,3%	616
14	R EN70SB20 60 9	7 324	67,6%	12	242	64,5%	610
15	MF BP30PT20BJ10SB20 70 14	7 232	71,4%	16	258	68,8%	452
16	R EN50SB30 60 8	7 044	75,1%	13	271	72,3%	542
17	F BP60PT20SB10 90 12	6 635	78,5%	15	286	76,3%	442
18	R SB90 75 9	6 539	81,9%	12	298	79,5%	545
19	MR EN40SB10BP30PT10 65 11	6 378	85,2%	14	312	83,2%	456
20	F BP60PT20SB10 65 12	6 194	88,5%	13	325	86,7%	476
21	R EN90 35 8	6 047	91,6%	13	338	90,1%	465
22	MR SB50EB10EN10BP30 60 13	5 653	94,5%	10	348	92,8%	565
23	R EN90 65 8	5 517	97,4%	11	359	95,7%	502
24	R EN70PG30 50 13	4 966	100,0%	16	375	100,0%	310

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.