



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 080

Cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional
2020

Analyse

Hakim Ouzennou, M.Sc.for, et Ian Paiement, ing.f., M.Sc.
sous la supervision de Carl Bergeron, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

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
mffp.gouv.qc.ca/les-forets/inventaire-ecoforestier/

© Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022
ISBN 978-2-550-93244-4 (1^{re} édition, novembre 2022)

Référence

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2020. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 080, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 29 p.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction : Description générale des processus liés à l'inventaire

- 1. Unité de sondage et population sondée : compilation des superficies incluses et exclues**
- 2. Composition en essences des peuplements écoforestiers : portrait et analyse**
- 3. Analyse de regroupement de la composition en essences : méthode et résultat**
- 4. Densité et hauteur des peuplements écoforestiers : portrait et analyse**
- 5. Regroupement des densités et hauteurs : méthode et résultat**
- 6. Allocation des placettes-échantillons temporaires aux strates d'échantillonnage : analyse et ajustements**
- 7. Synthèse des strates définies et de l'allocation des PET**

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 temporaires (PET) de l'unité de sondage (US) 080 du 5e inventaire écoforestier du Québec méridional.

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 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 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 de planification écologique (UPE) et pour chaque agence de mise en valeur des forêts privées. 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 et 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 à partir de l'intensité d'échantillonnage fixée pour les strates d'échantillonnage. 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. 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 l'allocation des PET consiste à déterminer le nombre de PET qui sera implanté dans chacune des strates d'échantillonnage. Dans le contexte d'application, 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 de 1 km², ensuite on quadrille chaque tuile à l'aide d'une grille de points équidistants de 125 m. Chaque point accessible localisés dans la population sondée représente ainsi un lieu potentiel d'implantation d'une placette.

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 080

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	été 2017
Cartographie écoforestière	Production	avril 2018 - décembre 2019
	Diffusion - statut primaire	juin 2020
	Diffusion - statut final	juin 2021
Sondage terrestre	Production	été 2020
	Diffusion	juin 2021
Compilation forestière	Diffusion	juin 2021

Paramètres et hypothèses initiaux de l'US 080

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)	185 739
Nombre total de PET à planter	716
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PET : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PET)	259
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PET)	2 594
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PET)	6 485

Superficie sondée

Il s'agit de la superficie de la population sondée. Celle-ci est obtenue à partir d'une grille de points équidistants de 125 m où chaque point correspond à 1,5625 ha. Les points retenus sont ceux localisés dans les peuplements forestiers productifs de 7 m et plus de hauteur de l'unité de sondage définie par des subdivisions territoriales. Les points situés sur pentes fortes ou à un endroit inaccessible en raison de pentes fortes sont exclus. Le détail des inclusions et exclusions de superficies est présenté à la section 1.2.

Nombre de PET à planter

Le nombre de PET à planter dans chaque unité de sondage a été déterminé avant la mise en œuvre du présent programme d'inventaire. Pour ce faire, le nombre total de PET à planter au cours de la réalisation du programme a d'abord été défini, soit 39 000 sur les terres publiques et 4 000 sur les terres privées, avant qu'elles soient réparties dans les unités de sondages. La répartition des placettes a d'abord été réalisée à partir d'une appréciation de la diversité des unités de sondage qui consistait, en partie, à calculer deux indices de Shannon (Spellerberg, 2008); un premier en fonction des peuplements de la carte écoforestière, et un deuxième, en fonction des volumes par essence mesurés dans les placettes-échantillons permanentes (PEP). Des ajustements ont par la suite été réalisés à la répartition afin de réduire le nombre de PET des petits territoires pour obtenir une densité de placettes par km² similaire à la densité moyenne de placettes du sous-domaine bioclimatique auquel elles appartiennent (MFFP, 2015).

La section 7 présente, selon les strates finales, le nombre de PET à planter et, dans le cas des unités de sondage avec une tenure privée, le nombre de PEP qui sera employé à la compilation.

Facteur d'expansion

Le facteur d'expansion correspond au poids de sondage associé à chacune des unités sélectionnées dans la population sondée (les PET dans les unités de sondage avec une tenure publique et les PET et les PEP dans les unités de sondage avec une tenure privée). 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 (PE/ha), tandis que le second correspond à la superficie de la population sondée représentée par chacune des placettes sélectionnées (ha/PE). 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 sondée 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 sondée, est donnée par le ratio entre les deux paramètres précédents, soit entre la superficie de la population sondée et le nombre de placette-échantillon 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 définis à l'avance. 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 placettes-échantillons seront présentes. 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 sondée

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 2019.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
080	Oui	01	Unité d'aménagement (UA)	237 562	40,3%
		09	Bleuetière sur unité d'aménagement (UA)	8	0,0%
		10	Érablière acéricole (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	156	0,0%
	Non	01	Unité d'aménagement (UA)	8 573	1,5%
		02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	3 380	0,6%
		09	Bleuetière sur unité d'aménagement (UA)	114	0,0%
		10	Érablière acéricole (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	36	0,0%
		13	Territoire forestier résiduel (TFR) avec Entente de délégation (ED)	33 183	5,6%
		15	Écosystème forestier exceptionnel (EFE) désigné sur forêt publique	298	0,1%
		20	Petite propriété privée	177 069	30,0%
		22	Grande propriété privée	9	0,0%
		30	Terrain attribué au MAPAQ	30	0,0%
		51	Terrain attribué au MDDELCC	2	0,0%
		52	Eaux (lacs importants et réservoir)	59 494	10,1%
		53	Réserve aquatique et/ou Habitat d'une espèce floristique menacée ou vulnérable	2	0,0%
		54	Réserve de biodiversité	60 371	10,2%
		55	Refuge biologique en projet (exclu de la production forestière)	1 608	0,3%
		59	Refuge biologique désigné	4 608	0,8%
		60	Terrain attribué aux autres Ministères et Organismes publics (Hydro, MTQ, MCC, etc)	327	0,1%
		66	Forêt d'expérimentation	230	0,0%
		71	Lot mixte	6	0,0%
		80	Érablière acéricole en territoire forestier résiduel (TFR)	25	0,0%
		81	Bleuetière sur territoire forestier résiduel (TFR)	794	0,1%
90	Réserve indienne	1 830	0,3%		
93	Établissement indien	41	0,0%		
				589 755	100,0%

Usage forestier et zone d'application des modalités d'intervention		Superficie	
Sondage	Code d'impact	ha	%
Non	01	1 366	40,2%
	02	50	1,5%
	05	1 574	46,3%
	06	411	12,1%
		3 400	100,0%

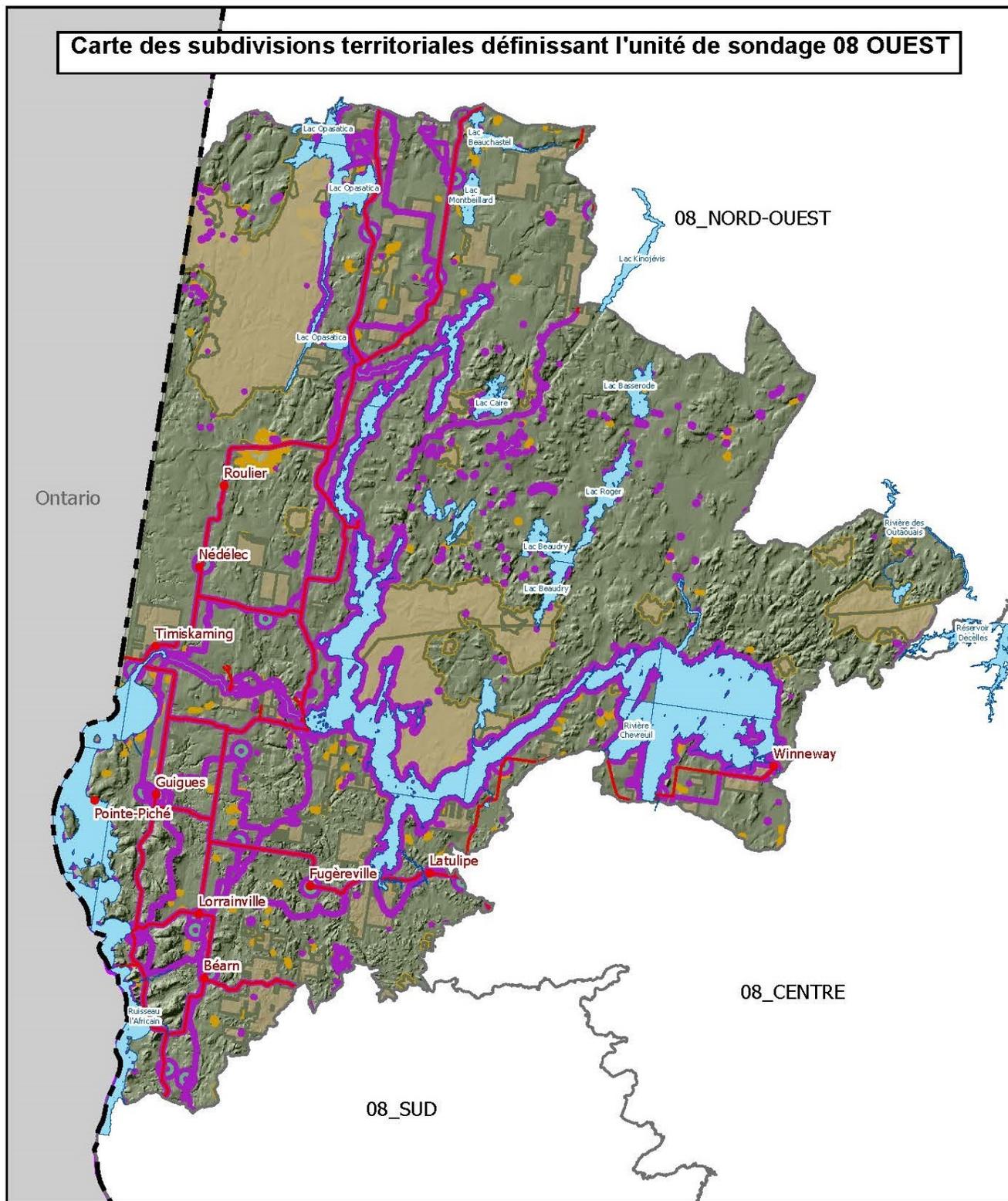
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

1.2 Définition de la population sondée

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

		Superficie	
Sondage	Description	ha	%
Oui	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur	185 739	31,5%
Oui		185 739	31,5%
Non	Superficie exclu de l'unité de sondage	352 320	59,7%
	Étendue d'eau	14 772	2,5%
	Terrain à vocation non forestière	433	0,1%
	Terrain forestier improductif	13 958	2,4%
	Terrain forestier avec pente «F» ou inaccessible	719	0,1%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	22 105	3,7%
Non		404 307	68,5%
		590 046	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage 08 OUEST



Territoire sondé

-  Unité de sondage 08 ouest
-  Mode de gestion
-  Usage forestier
-  Zone d'application des modalités d'intervention

Territoire non sondé

-  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

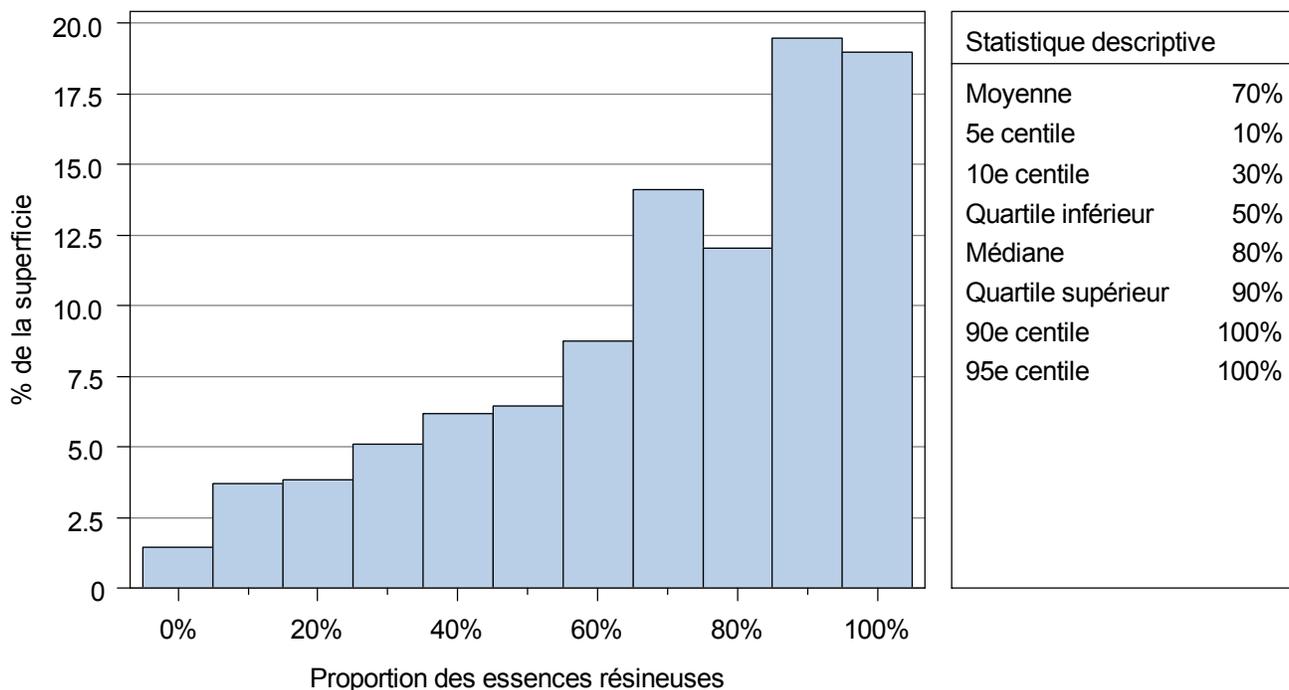
2.1 Types de couvert

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%	16 648	9%
MF	Mixte à dominance feuillue	25%	48%	20 995	11%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	74%	54 261	29%
R	Résineux	76%	100%	93 835	51%
		0%	100%	185 739	100%

* Note : Les superficies avec le type de couvert « MM » ont été intégrées dans le type de couvert dominant entre « MF » et « MR ».

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 (MFFP, 2017) donne la proportion de la surface terrière totale (surface terrière relative) occupée par chacune des essences identifiées dans chaque peuplement par dizaine de points de pourcentage. 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.

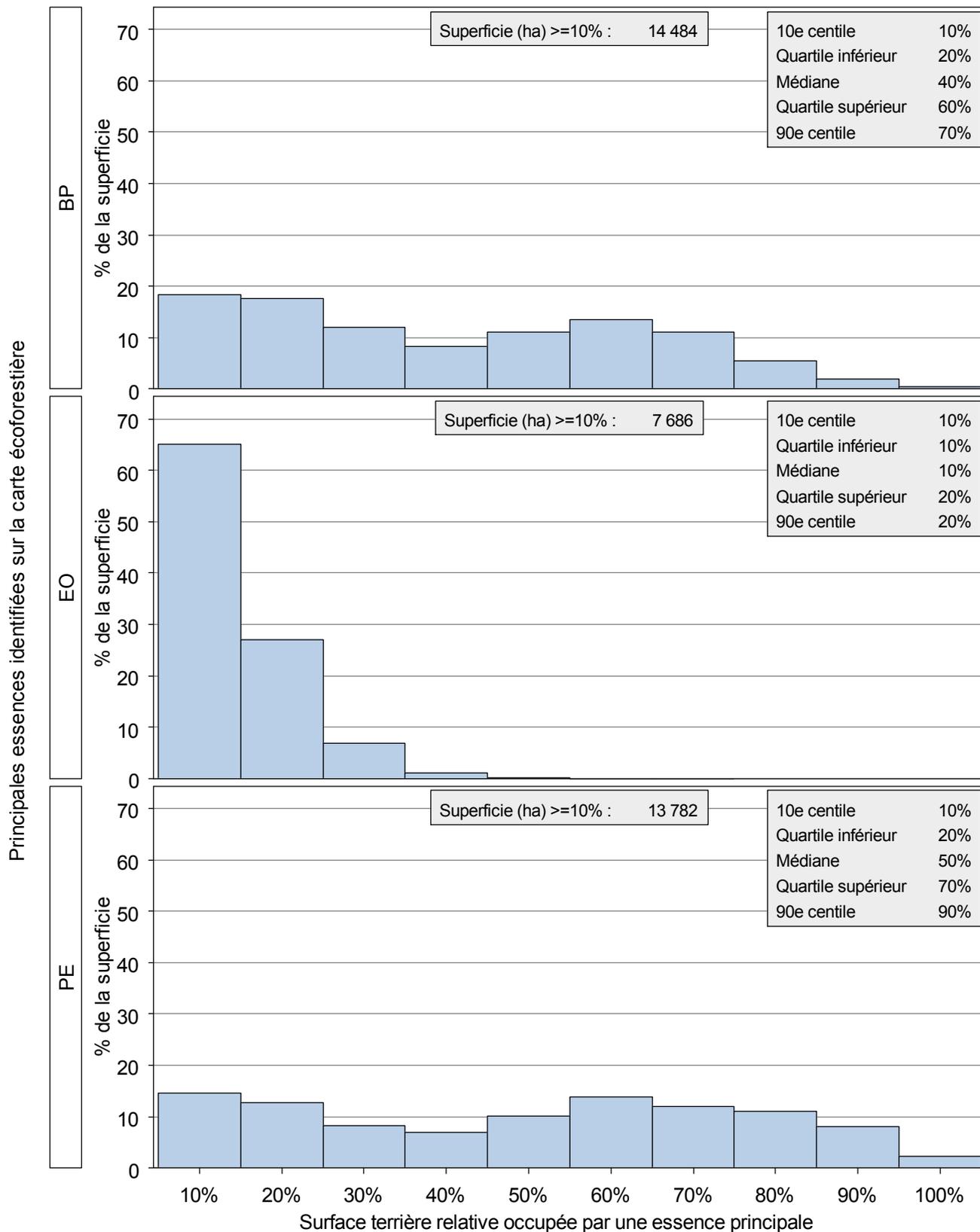
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BJ	Bouleau jaune	0,95%	3,33%	2,20%	0,12%	1,17%
	BP	Bouleau blanc (à papier)	35,14%	32,41%	23,65%	6,33%	16,92%
	EO	Érable rouge	6,70%	5,60%	2,28%	0,16%	1,98%
	ER	Érables	0,03%	0,06%	0,01%	0,00%	0,01%
	ES	Érable à sucre	0,65%	0,21%	0,01%	0,00%	0,08%
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0,00%	0,01%	0,01%	0,57%	0,29%
	FN	Feuillus non commerciaux	1,40%	0,90%	0,79%	0,17%	0,54%
	FO	Frêne noir	0,43%	0,28%	0,07%	0,01%	0,09%
	FT	Feuillus tolérants à l'ombre	0,08%	0,14%	0,11%	0,01%	0,06%
	FX	Feuillus indéterminés	0,10%	0,08%	0,11%	0,13%	0,12%
	FZ	Feuillus plantés indéterminés	0,16%	0,02%	0,00%	0,00%	0,02%
	PA	Peuplier baumier	0,68%	0,12%	0,01%	0,00%	0,08%
	PE	Peupliers	40,96%	21,35%	8,09%	1,14%	9,02%
	PT	Peuplier faux-tremble	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
			87,38%	64,51%	37,36%	8,63%	30,40%
Résineuse	EB	Épinette blanche	1,91%	7,33%	10,18%	4,02%	6,00%
	EN	Épinette noire	2,68%	8,74%	16,64%	48,32%	30,50%
	ML	Mélèze laricin	0,14%	0,45%	1,08%	7,84%	4,34%
	PB	Pin blanc	0,11%	0,55%	1,30%	2,39%	1,66%
	PG	Pin gris	0,56%	1,89%	2,60%	6,47%	4,29%
	PI	Pins	0,01%	0,07%	0,07%	0,08%	0,07%
	PR	Pin rouge	0,01%	0,06%	0,12%	0,20%	0,14%
	RX	Résineux indéterminés	1,87%	0,55%	0,52%	0,60%	0,68%
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,05%	0,15%	0,29%	0,47%	0,34%
	SB	Sapin baumier	3,75%	13,75%	26,68%	19,64%	19,60%
	SE	Sapin et épinette blanche	1,45%	0,62%	0,22%	0,21%	0,37%
TO	Thuya occidental	0,08%	1,32%	2,97%	1,15%	1,60%	
			12,62%	35,49%	62,64%	91,37%	69,60%
			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 au moins 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.

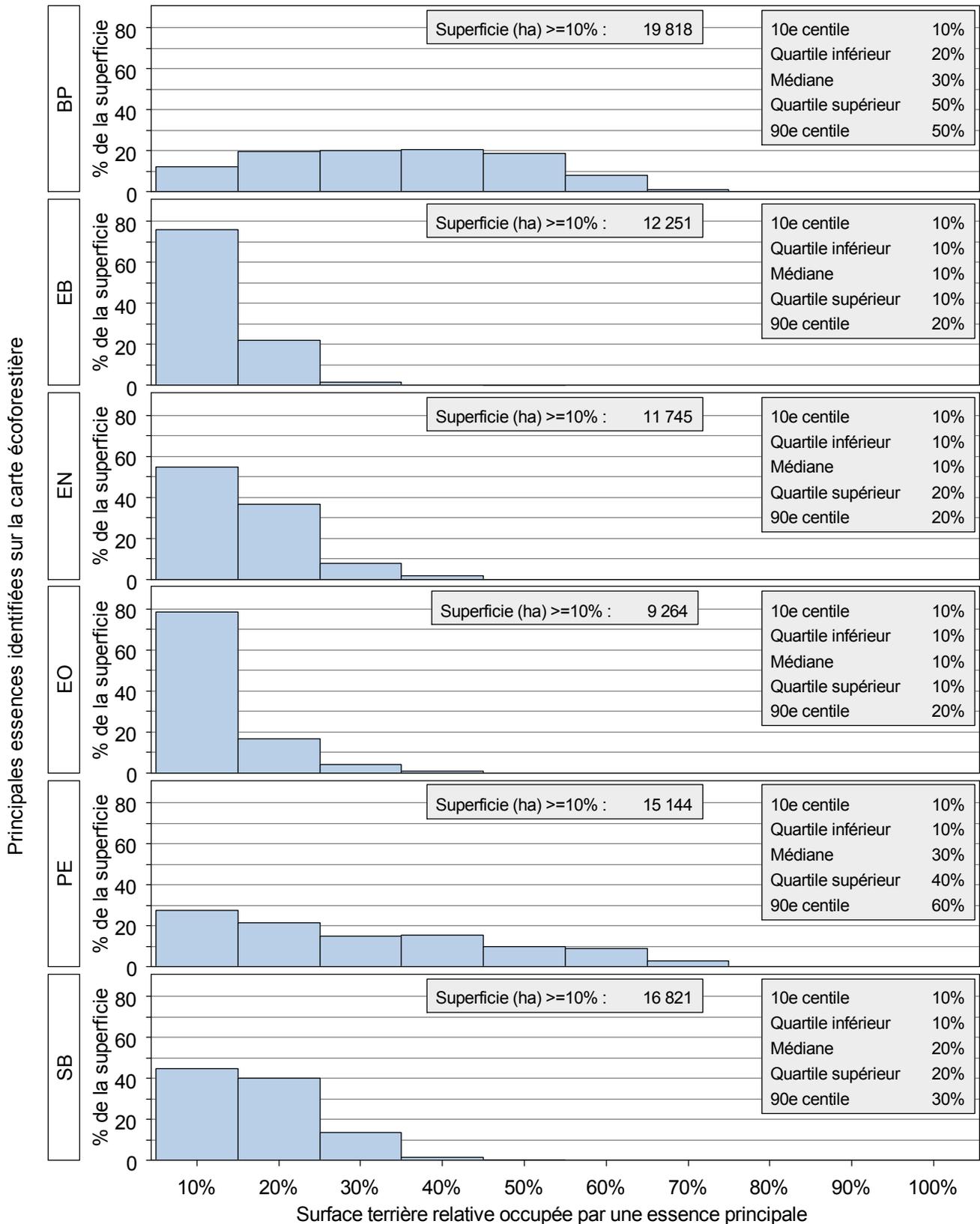
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 16 648 ha



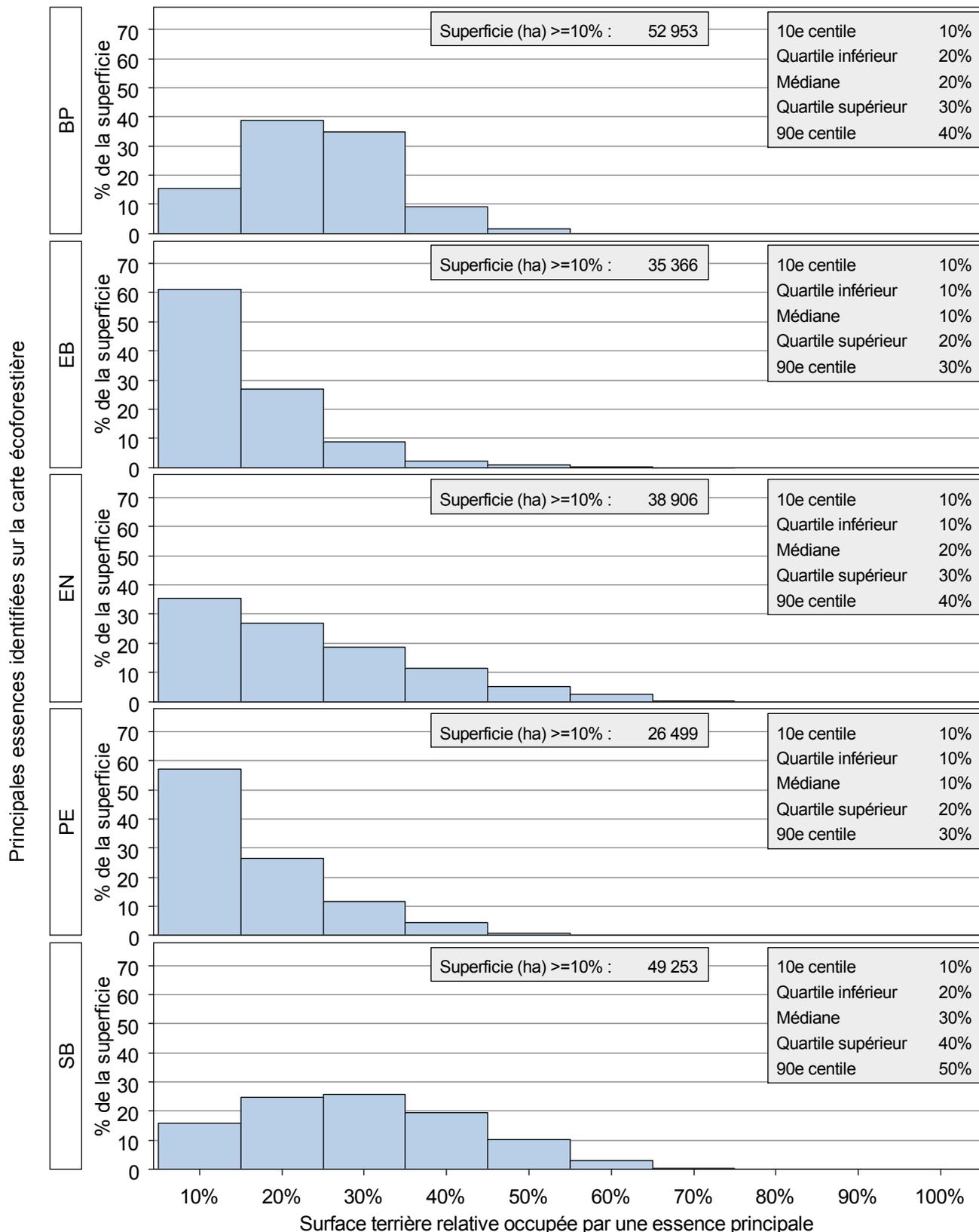
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 20 995 ha



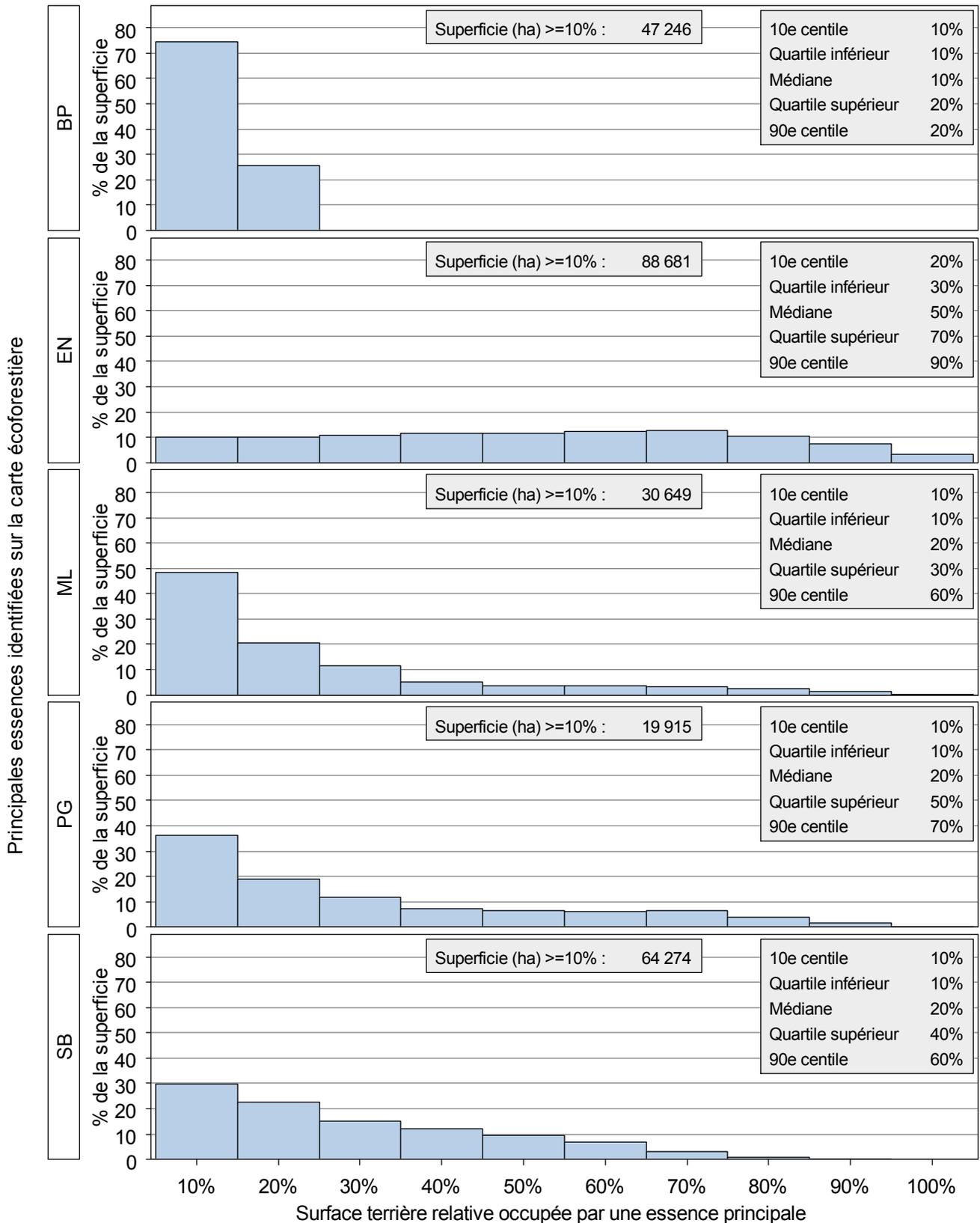
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 54 261 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 93 835 ha



3. Regroupement de la composition en essences des peuplements

3.1 Méthode

La diversité des compositions en essences découlant de la stratification par essence détaillée 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).

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)
Feuilleux	naturelle	Feuilleux	16 634	9%
			16 634	9%
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	20 839	11%
			20 839	11%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	52 951	29%
			52 951	29%
Plantation	plantation	Feuilleux	14	0%
		Mixte à dominance feuillue	156	0%
		Mixte à dominance résineuse	1 310	1%
		Résineux	2 911	2%
			4 391	2%
Résineux	naturelle	Résineux	90 924	49%
			90 924	49%

* 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, ils sont combinés avec les peuplements d'origine naturelle du même type de couvert.

Au final, 16 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements ont été définis. Les surfaces terrières relatives des essences des variables d'analyse des groupes définis sont présentées dans les tableaux qui suivent. On y trouve, par regroupement, les variables d'analyse utilisées et, pour chacune de ces variables, les valeurs du 10e et 90e centile en superficie. Ainsi, pour un groupe donné et une essence donnée, les valeurs du 10e et du 90e centile indiquent qu'environ 80 % des superficies ont une proportion de la surface terrière totale comprise entre les valeurs de ces centiles. Enfin, on a défini les appellations (étiquettes) des groupes à partir de la moyenne des surfaces terrières relatives des variables d'analyse.

Groupes définis dans le cas du type de couvert feuillu

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EN	EO	PE	SE
BP60PE10EO10	10e	40	0	0	0	0
	90e	80	10	20	30	10
PE70BP20	10e	0	0	0	40	0
	90e	30	10	10	90	10

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

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)						
Nom du groupe synthèse	en superficie	BJ	BP	EB	EN	EO	PE	SB
BP40PE10EO10SB10EN10EB10	10e	0	20	0	0	0	0	0
	90e	20	60	20	20	20	20	30
PE50BP10SB10EN10EB10	10e	0	0	0	0	0	30	0
	90e	0	30	20	20	10	60	30

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

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)								
Nom du groupe synthèse	en superficie	BJ	BP	EB	EN	EO	PE	PG	SB	TO
EN30SB20BP30PE10	10e	0	10	0	20	0	0	0	0	0
	90e	0	40	10	50	10	20	10	30	0
PG30EN20SB10BP20PE10	10e	0	10	0	0	0	0	20	0	0
	90e	0	40	10	30	10	30	50	20	0
SB20EB20TO10BP20BJ10	10e	0	10	10	0	0	0	0	10	0
	90e	20	40	30	10	10	10	0	30	30
SB30EN20EB10PE20BP20	10e	0	10	0	0	0	0	0	20	0
	90e	0	20	20	30	10	30	0	40	0
SB40EB10EN10BP30	10e	0	20	0	0	0	0	0	40	0
	90e	10	40	20	20	10	10	0	60	0

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	ML	PB	PG	SB
EN40SB30PB10EB10BP10	10e	0	0	20	0	0	0	20
	90e	20	10	50	10	20	10	40
EN70SB10ML10PG10	10e	0	0	50	0	0	0	0
	90e	10	10	80	30	10	20	20
EN90	10e	0	0	90	0	0	0	0
	90e	0	0	100	10	0	0	0
ML60EN20SB10	10e	0	0	10	40	0	0	0
	90e	10	0	40	80	0	0	40
PG60EN20BP10	10e	0	0	10	0	0	40	0
	90e	10	0	40	10	0	80	10
SB50EN20EB10BP10	10e	0	0	0	0	0	0	40
	90e	20	30	30	10	0	0	70

Groupes définis dans le cas des plantations

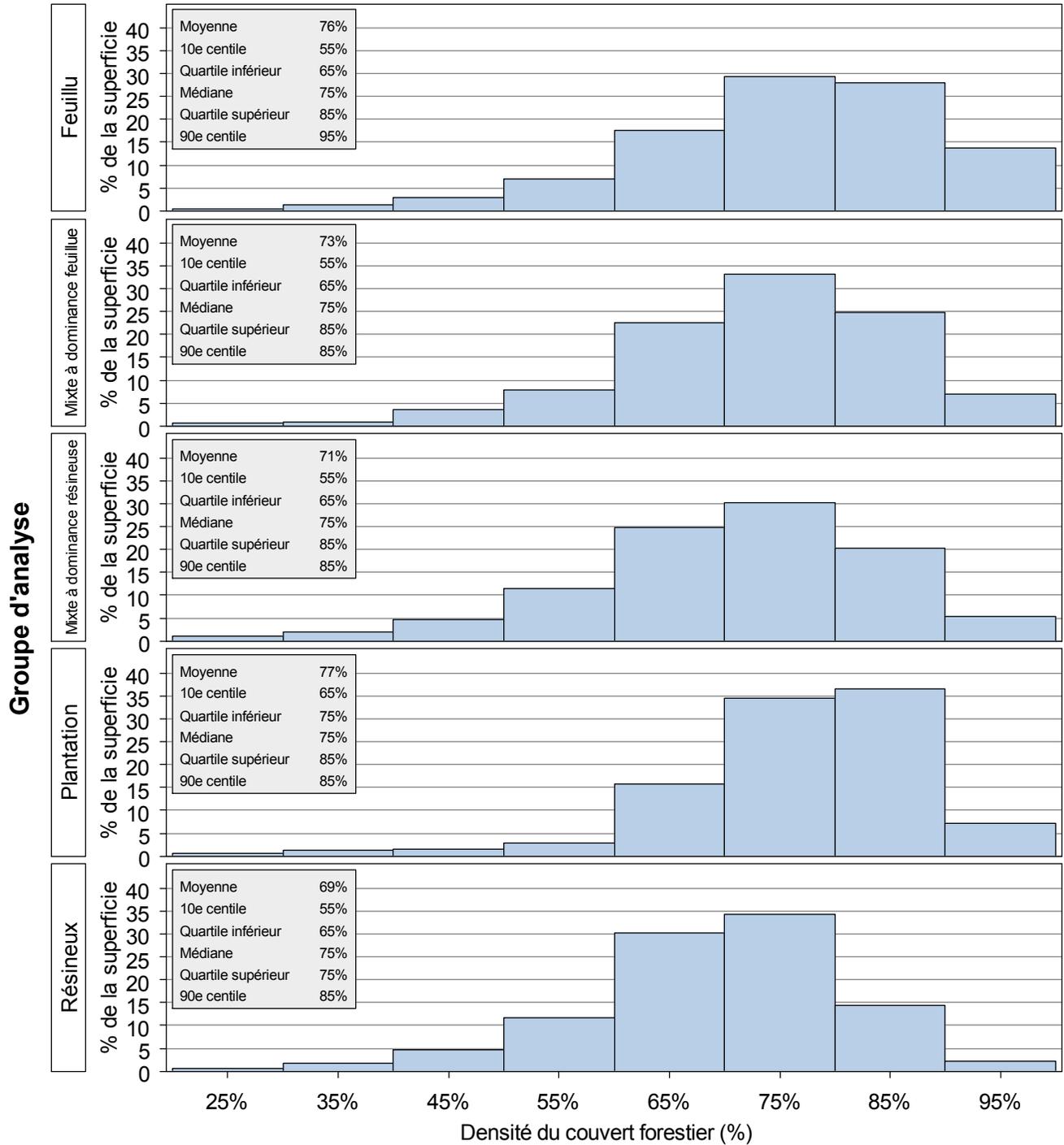
Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)							
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EB	EN	ML	PE	PG	RZ	SB
EN20RZ10ML10PG10SB10EB10BP10PE10	10e	0	0	0	0	0	0	0	0
	90e	30	40	60	60	20	60	60	30

* Note: La variable d'analyse 'FI' correspond à la somme des proportions de 'FI', 'BP' et 'PE'.

4. Densité et hauteur des peuplements

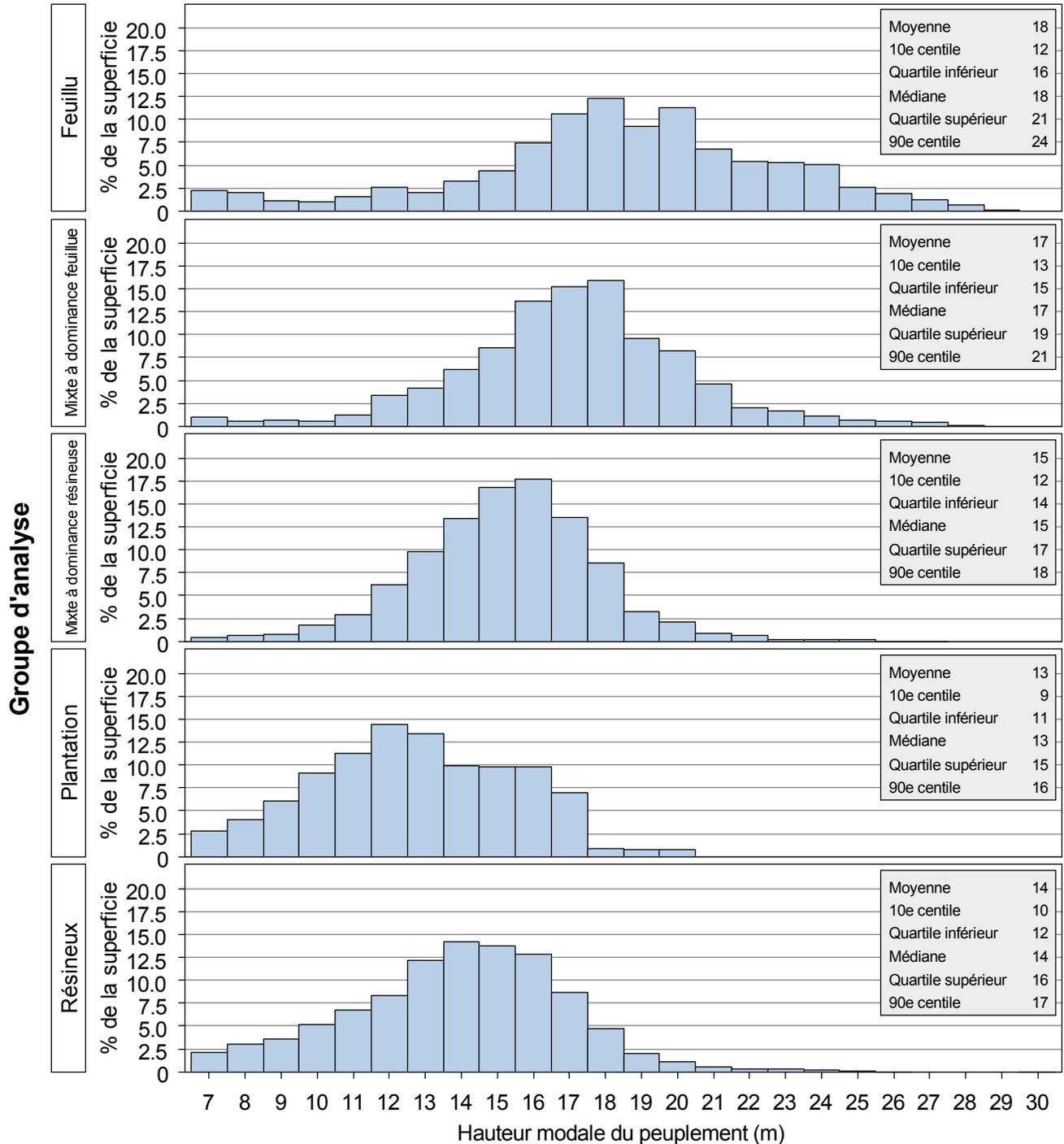
4.1 Portrait de la densité des peuplements

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



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.



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 16 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 11 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 35 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	Nom		Min.	Max.	Min.	Max.
F	BP60PE10EO10	F BP60PE10EO10	80 15	25	95	7	17
		F BP60PE10EO10	80 19	25	95	18	25
	PE70BP20	F PE70BP20	60 19	25	65	7	28
		F PE70BP20	80 19	75	95	7	29
MF	BP40PE10EO10SB10EN10EB10	MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10	60 15	25	65	7	26
		MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10	80 15	75	95	7	17
		MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10	80 18	75	95	17	27
	PE50BP10SB10EN10EB10	MF PE50BP10SB10EN10EB10	70 15	25	95	7	19
MF PE50BP10SB10EN10EB10		70 21	25	95	19	28	
MR	EN30SB20BP30PE10	MR EN30SB20BP30PE10	60 14	25	65	7	24
		MR EN30SB20BP30PE10	80 14	75	95	7	14
		MR EN30SB20BP30PE10	80 17	75	95	15	24
	PG30EN20SB10BP20PE10	MR PG30EN20SB10BP20PE10	70 17	25	95	8	25
	SB20EB20TO10BP20BJ10	MR SB20EB20TO10BP20BJ10	60 16	25	65	7	26
		MR SB20EB20TO10BP20BJ10	80 16	75	95	7	24
	SB30EN20EB10PE20BP20	MR SB30EN20EB10PE20BP20	60 18	25	65	16	25
		MR SB30EN20EB10PE20BP20	70 7	25	95	7	15
		MR SB30EN20EB10PE20BP20	80 18	75	95	16	27
	SB40EB10EN10BP30	MR SB40EB10EN10BP30	55 14	25	65	7	25
MR SB40EB10EN10BP30		80 14	75	95	7	22	
PL	EN20RZ10ML10PG10SB10EB10BP10PE10	PL EN20RZ10ML10PG10SB10EB10BP10PE10	75 13	25	95	7	20
R	EN40SB30PB10EB10BP10	R EN40SB30PB10EB10BP10	60 11	25	65	7	14
		R EN40SB30PB10EB10BP10	60 16	25	65	14	25
		R EN40SB30PB10EB10BP10	80 11	75	95	7	14
		R EN40SB30PB10EB10BP10	80 16	75	95	14	23

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	Nom		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN70SB10ML10PG10	R EN70SB10ML10PG10	50 10	25	55	7	12
		R EN70SB10ML10PG10	50 14	25	55	13	15
		R EN70SB10ML10PG10	70 10	65	95	7	12
		R EN70SB10ML10PG10	70 14	65	95	13	16
		R EN70SB10ML10PG10	70 15	25	95	16	24
	EN90	R EN90	65 14	25	95	7	20
	ML60EN20SB10	R ML60EN20SB10	70 15	25	95	7	30
	PG60EN20BP10	R PG60EN20BP10	65 16	25	95	7	24
	SB50EN20EB10BP10	R SB50EN20EB10BP10	70 11	25	95	7	13
		R SB50EN20EB10BP10	70 14	25	95	13	23

6. Allocation des placettes-échantillons aux strates d'échantillonnage

6.1 Méthode et analyse

La méthode de compilation forestière qui sera utilisée dans la production des estimations de variables dendrométriques par essence à l'échelle des strates, des peuplements ou des forels 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 une allocation strictement proportionnelle aux superficies. Les éléments à analyser pour ensuite préciser les ajustements de l'allocation aux groupes synthèses des essences sont les suivants :

- 1) L'importance relative des essences (section 2.2) et le nombre de placettes prévu par essence identifiée sur la carte écoforestière
- 2) Le nombre de placettes prévu par groupe synthèse de la composition en essences
- 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 car ceux-ci dépendent de la diversité des éléments à considérer propre à chaque projet. Quelques constats concernant chacun des éléments d'analyse considérés peuvent néanmoins 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. Les essences principales présentant une importance relative supérieure à toutes les autres essences dans l'unité de sondage 08O sont les suivantes :

EN, SB, BP, PE, EB

Il faut donc s'assurer d'avoir un échantillonnage adéquat de ces essences pour obtenir des estimations 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 :

RX, SE, RZ, FI, PR, FX, FO, ES, PA, PI, FT, FZ, ER, PT

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

ML, PG, EO, PB, TO, BJ

Si l'on vise des estimations fiables, au minimum 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.

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 (259 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 placettes par groupe d'analyse				
Type	Code	Nom descriptif	F	MF	MR	R	Tous
Feuilleuse	BJ	Bouleau jaune	1	7	11	0	20
	BP	Bouleau blanc (à papier)	46	67	172	46	331
	EO	Érable rouge	10	8	2	0	20
	ER	Érables	0	0	0	0	0
	ES	Érable à sucre	1	0	0	0	1
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0	0	0	0	0
	FN	Feuillus non commerciaux	2	1	2	0	5
	FO	Frêne noir	1	1	0	0	1
	FT	Feuillus tolérants à l'ombre	0	0	0	0	0
	FX	Feuillus indéterminés	0	0	0	0	0
	FZ	Feuillus plantés indéterminés	0	0	0	0	0
	PA	Peuplier baumier	0	0	0	0	0
	PE	Peupliers	45	42	44	5	136
	PT	Peuplier faux-tremble	0	0	0	0	0
Résineuse	EB	Épinette blanche	0	11	53	26	90
	EN	Épinette noire	1	20	97	308	426
	ML	Mélèze laricin	0	1	5	61	66
	PB	Pin blanc	0	1	4	17	22
	PG	Pin gris	0	4	13	49	66
	PI	Pins	0	0	0	0	0
	PR	Pin rouge	0	0	1	2	2
	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	1	2	4
	SB	Sapin baumier	3	36	159	174	372
	SE	Sapin et épinette blanche	0	0	0	0	0
	TO	Thuya occidental	0	2	16	9	27

2) Le nombre de placettes prévu par groupe synthèse de la composition en essences est ajusté en fonction du nombre en soi. C'est-à-dire que dans les cas où il est prévu d'établir moins de 30 placettes par groupe, on considère que ce nombre est insuffisant et on tente d'ajuster la prescription à la hausse. Dans le cas contraire, lorsqu'on constate qu'un groupe a un nombre de placettes très élevé par rapport aux autres groupes, le nombre de placettes prescrit est ajusté à la baisse.

3) On jauge 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 les groupes synthèses entre eux et ainsi déterminer les groupes les plus variables. On emploie par la suite cet indicateur pour moduler la prescription afin d'ajouter des placettes aux groupes qui ont un faible nombre de placettes et qui ont une valeur de l'indice élevé ou, dans le cas contraire, de diminuer le nombre de placettes des groupes qui ont un nombre élevé de placettes et qui ont une valeur de l'indice faible.

Indice de diversité de Shannon	Groupe synthèse des essences		Nombre de placettes
en nombre équivalent d'essences	Type	Nom	(Fe=259 ha/PET)
9.20	PL	EN20RZ10ML10PG10SB10EB10BP10PE10	17
7.27	MR	SB20EB20TO10BP20BJ10	40
7.23	MF	BP40PE10EO10SB10EN10EB10	56
6.63	MR	SB30EN20EB10PE20BP20	43
6.42	MR	EN30SB20BP30PE10	61
5.91	MR	PG30EN20SB10BP20PE10	12
5.80	R	EN40SB30PB10EB10BP10	71
5.47	MF	PE50BP10SB10EN10EB10	25
5.01	F	BP60PE10EO10	30
4.80	MR	SB40EB10EN10BP30	49
4.66	R	SB50EN20EB10BP10	62
3.89	R	EN70SB10ML10PG10	147
3.56	F	PE70BP20	34
3.38	R	PG60EN20BP10	19
3.23	R	ML60EN20SB10	18
1.48	R	EN90	34

6.2 Résultats

Les différents ajustements qui ont été apportés au nombre de placettes 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 trois éléments à considérer décrits à la section précédente.

Intensité d'échantillonnage		Facteur d'expansion (ha / PET)	Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des placettes (n)		
Groupe	Niveau			(ha)	(%)	Initiale	Ajustée	Écart
Initiale	0%	259	F BP60PE10EO10	7 778	4,2%	30	30	0
			F PE70BP20	8 856	4,8%	34	34	0
			MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10	14 468	7,8%	56	56	0
			MF PE50BP10SB10EN10EB10	6 371	3,4%	25	25	0
			MR PG30EN20SB10BP20PE10	3 125	1,7%	12	12	0
			MR SB30EN20EB10PE20BP20	11 197	6,0%	43	43	0
			MR SB40EB10EN10BP30	12 613	6,8%	49	49	0
			R EN40SB30PB10EB10BP10	18 357	9,9%	71	71	0
			R EN90	8 908	4,8%	34	34	0
				91 672	49,4%	354	354	0
Diminuée	-30%	370	R EN70SB10ML10PG10	38 091	20,5%	147	103	-44
	-15%	305	MR EN30SB20BP30PE10	15 769	8,5%	61	52	-9
			R SB50EN20EB10BP10	16 174	8,7%	62	53	-9
				70 035	37,7%	270	208	-63
Augmentée	+30%	199	MR SB20EB20TO10BP20BJ10	10 247	5,5%	40	51	12
	+50%	173	R ML60EN20SB10	4 552	2,5%	18	26	9
			R PG60EN20BP10	4 841	2,6%	19	28	9
	+150%	104	PLANTATION EN20RZ10ML10PG10SB10	4 391	2,4%	17	42	25
				24 032	12,9%	93	148	55

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 placettes planifié par strate d'échantillonnage (tableau précédent, colonne 'Ajustée') et le nombre de placettes final. Les résultats finaux sont présentés dans le tableau suivant.

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. Noter le recalcul des facteurs d'expansion pour la considération d'un nombre entier de PET à implanter, et non de fraction de PET.

La base de données géographiques personnelle des placettes-échantillons temporaires du 5e inventaire (PET5.mdb) intègre les informations relatives aux PET du tableau suivant. La table « PLAN_ECHAN » présente les strates d'échantillonnage, leur superficie ainsi que le nombre de placettes qui ont été établies dans celles-ci. À noter que les superficies dans les produits de diffusion ont été recalculées afin d'obtenir une valeur précise de la superficie incluse dans les strates d'échantillonnage et que le nombre de PET a été révisé. Cela puisque les placettes planifiées ne peuvent pas toujours être implantées, par exemple en raison d'une perturbation post-photo ou d'inaccessibilité, et de nouvelles virées de trois ou quatre placettes sont alors générées afin d'obtenir le nombre total de placettes alloué à l'US. La table « PLAN_PEE_STRATE » fait le lien entre les géocodes de la carte écoforestière originale et les strates d'échantillonnage tandis que la table « PLAN_COMPOSANTE_FACTEXP_STR » présente le facteur d'expansion des strates d'échantillonnages recalculé en fonction de la superficie et du nombre de PET implantées.

Strate d'échantillonnage			Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
1	R EN70SB10ML10PG10	70 15	13 378	7,2%	33	33	4,6%	405
2	R SB50EN20EB10BP10	70 14	11 422	13,4%	34	67	9,4%	336
3	R EN70SB10ML10PG10	70 14	11 400	19,5%	43	110	15,4%	265
4	R EN90	65 14	8 908	24,3%	38	148	20,7%	234
5	R EN40SB30PB10EB10BP10	80 16	7 617	28,4%	32	180	25,1%	238
6	R EN70SB10ML10PG10	70 10	7 126	32,2%	18	198	27,7%	396
7	MR SB40EB10EN10BP30	80 14	6 345	35,6%	19	217	30,3%	334
8	MR EN30SB20BP30PE10	80 17	6 304	39,0%	21	238	33,2%	300
9	MR SB40EB10EN10BP30	55 14	6 268	42,4%	18	256	35,8%	348
10	MR SB20EB20TO10BP20BJ10	80 16	5 884	45,6%	36	292	40,8%	163
11	MR EN30SB20BP30PE10	60 14	5 802	48,7%	21	313	43,7%	276
12	MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10	80 18	5 640	51,7%	16	329	45,9%	352
13	F PE70BP20	80 19	5 371	54,6%	17	346	48,3%	316
14	MR SB30EN20EB10PE20BP20	70 7	5 360	57,5%	23	369	51,5%	233
15	R PG60EN20BP10	65 16	4 841	60,1%	30	399	55,7%	161
16	R EN40SB30PB10EB10BP10	80 11	4 819	62,7%	17	416	58,1%	283
17	R SB50EN20EB10BP10	70 11	4 752	65,3%	16	432	60,3%	297
18	MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10	80 15	4 565	67,7%	16	448	62,6%	285
19	R ML60EN20SB10	70 15	4 552	70,2%	25	473	66,1%	182
20	PL EN20RZ10ML10PG10SB10EB10BP10PE10	75 13	4 391	72,5%	40	513	71,6%	110

Strate d'échantillonnage			Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
21	MR SB20EB20TO10BP20BJ10	60 16	4 363	74,9%	17	530	74,0%	257
22	MF BP40PE10EO10SB10EN10EB10 15	60	4 263	77,2%	8	538	75,1%	533
23	F BP60PE10EO10	80 19	4 249	79,5%	21	559	78,1%	202
24	MR EN30SB20BP30PE10	80 14	3 663	81,4%	15	574	80,2%	244
25	R EN70SB10ML10PG10	50 10	3 608	83,4%	11	585	81,7%	328
26	F BP60PE10EO10	80 15	3 529	85,3%	10	595	83,1%	353
27	F PE70BP20	60 19	3 485	87,2%	17	612	85,5%	205
28	MF PE50BP10SB10EN10EB10	70 21	3 457	89,0%	14	626	87,4%	247
29	MR SB30EN20EB10PE20BP20	60 18	3 135	90,7%	15	641	89,5%	209
30	MR PG30EN20SB10BP20PE10	70 17	3 125	92,4%	13	654	91,3%	240
31	R EN40SB30PB10EB10BP10	60 16	3 097	94,1%	13	667	93,2%	238
32	MF PE50BP10SB10EN10EB10	70 15	2 914	95,6%	15	682	95,3%	194
33	R EN40SB30PB10EB10BP10	60 11	2 824	97,2%	13	695	97,1%	217
34	MR SB30EN20EB10PE20BP20	80 18	2 702	98,6%	11	706	98,6%	246
35	R EN70SB10ML10PG10	50 14	2 578	100,0%	10	716	100,0%	258

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 (2015). Méthode de distribution des placettes dans les unités de sondage dans le cadre du 5e inventaire écoforestier du Québec méridional de la DIF. Ministère des Forêts, de la faune et des Parcs. Direction des inventaires forestiers. 10 pages.

MFFP (2017). Cartographie du 5e inventaire écoforestier du Québec méridional – Méthodes et données associées. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Direction des inventaires forestiers. 107 pages. Accessible en ligne à l'adresse : http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/carto_5E_methodes_donnees.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.