



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 A121

2019

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

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2019

ISBN : 978-2-550-84978-0

Référence

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2019. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage A121, 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

- 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, de l'allocation des PET et du dénombrement des PEP qui seront utilisées à la compilation**

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) A121 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. La méthode d'estimation des variables dendrométriques par essence utilisée à la compilation (imputations k-NN) est telle que l'échelle d'estimation n'est pas la strate d'échantillonnage, mais le forel ou 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 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 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 sondée 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 A121

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	2015
Cartographie écoforestière	Production	avril 2016 - décembre 2018
	Diffusion - statut primaire	mai 2019
	Diffusion - statut final	mai 2020
Sondage terrestre	Production	été 2019
	Diffusion	mai 2020
Compilation forestière	Diffusion	été 2020

Paramètres et hypothèses initiaux de l'US A121

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)	361 760
Somme du nombre de PET à implanter et du nombre de PEP qui seront utilisées à la compilation (US avec une domanialité privée seulement)	314
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PE (PET+PEP) : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PE)	1 152
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PE)	11 521
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PE)	28 803

Superficie sondée

Il s'agit de la superficie de la population sondée, 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 de PET à implanter

Le nombre de PET à implanter 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 implanter 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 implanter 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 2018.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
A121	Oui	20	Petite propriété privée	619 656	82,8%
	Non	01	Unité d'aménagement (UA)	27 077	3,6%
		02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	444	0,1%
		06	Forêt d'expérimentation sur unité d'aménagement (UA)	11	0,0%
		10	Érablière acéricole (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	306	0,0%
		22	Grande propriété privée	71 152	9,5%
		27	Concession minière privée	358	0,0%
		30	Terrain attribué au MAPAQ	77	0,0%
		40	Parc national québécois ou Projet de parc (Aire protégée)	7 495	1,0%
		50	Réserve écologique	884	0,1%
		51	Terrain attribué au MDDELCC	1 074	0,1%
		52	Eaux (lacs importants et réservoir)	5 330	0,7%
		55	Refuge biologique en projet (exclu de la production forestière)	306	0,0%
		59	Refuge biologique désigné	195	0,0%
		60	Terrain attribué aux autres Ministères et Organismes publics (Hydro, MTQ, MCC, etc)	1 656	0,2%
		66	Forêt d'expérimentation	291	0,0%
80	Érablière acéricole en territoire forestier résiduel (TFR)	3 113	0,4%		
99	Eaux (Fleuve ou Golfe St-Laurent)	8 539	1,1%		
				747 964	100,0%

Usage forestier et zone d'application des modalités d'intervention		Superficie	
Sondage	Code d'impact	ha	%
Non	06	866	22,7%
	05	372	9,8%
	02	1 163	30,5%
	01	1 413	37,0%
		3 813	100,0%

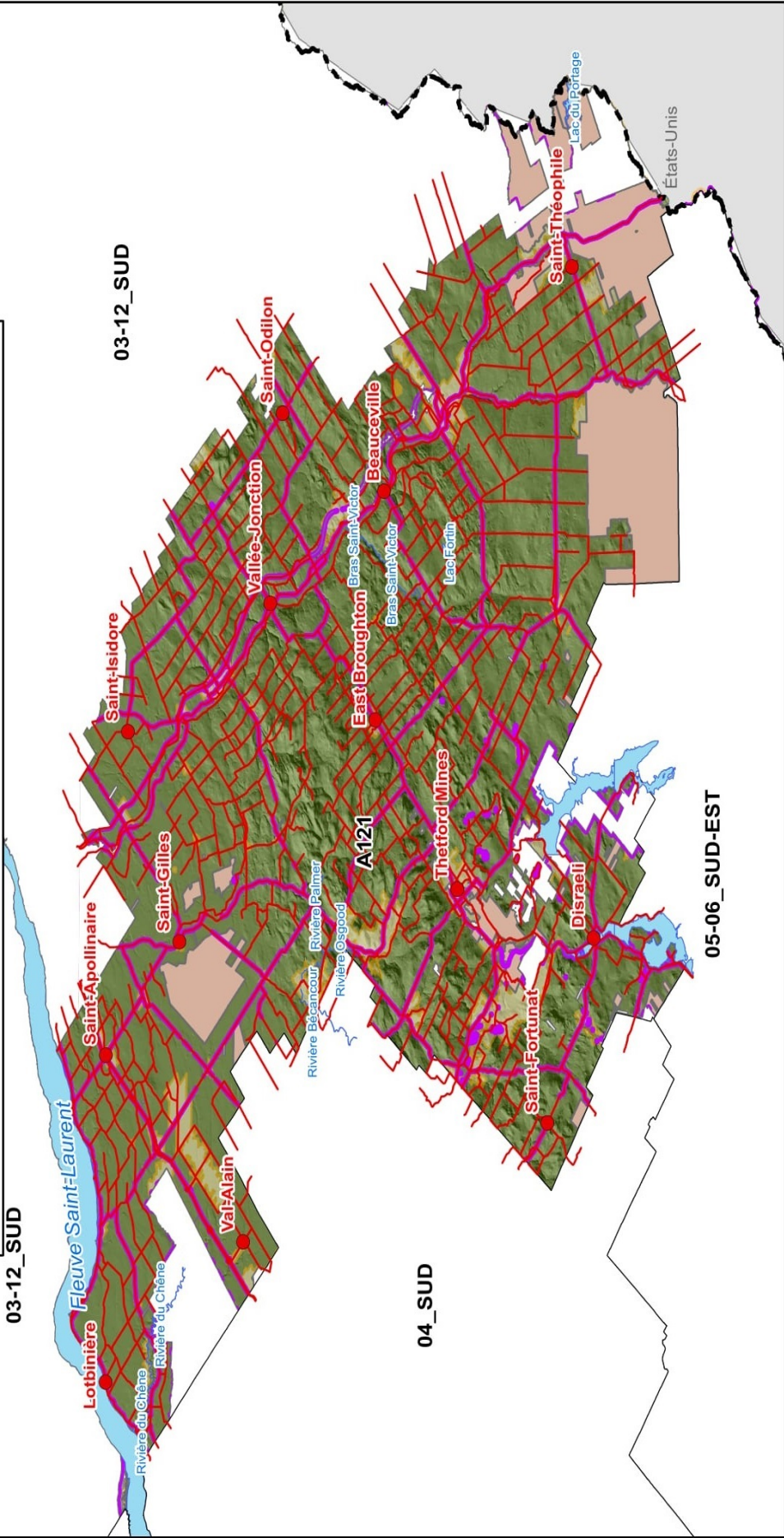
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

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.

Sondage	Description	Superficie	
		ha	%
Oui	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur	361 760	59,3%
Oui		361 760	59,3%
Non	Étendue d'eau	5 806	1,0%
	Terrain à vocation non forestière	198 268	32,5%
	Terrain forestier improductif	6 026	1,0%
	Terrain forestier avec pente «F» ou inaccessible	1 402	0,2%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	36 990	6,1%
Non		248 491	40,7%
		610 251	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage A121



Territoire sondé	Unité de sondage A121	Frontières	Frontière internationale
Territoire non sondé	Mode de gestion	Frontière interprovinciale	Frontière Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)
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	

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

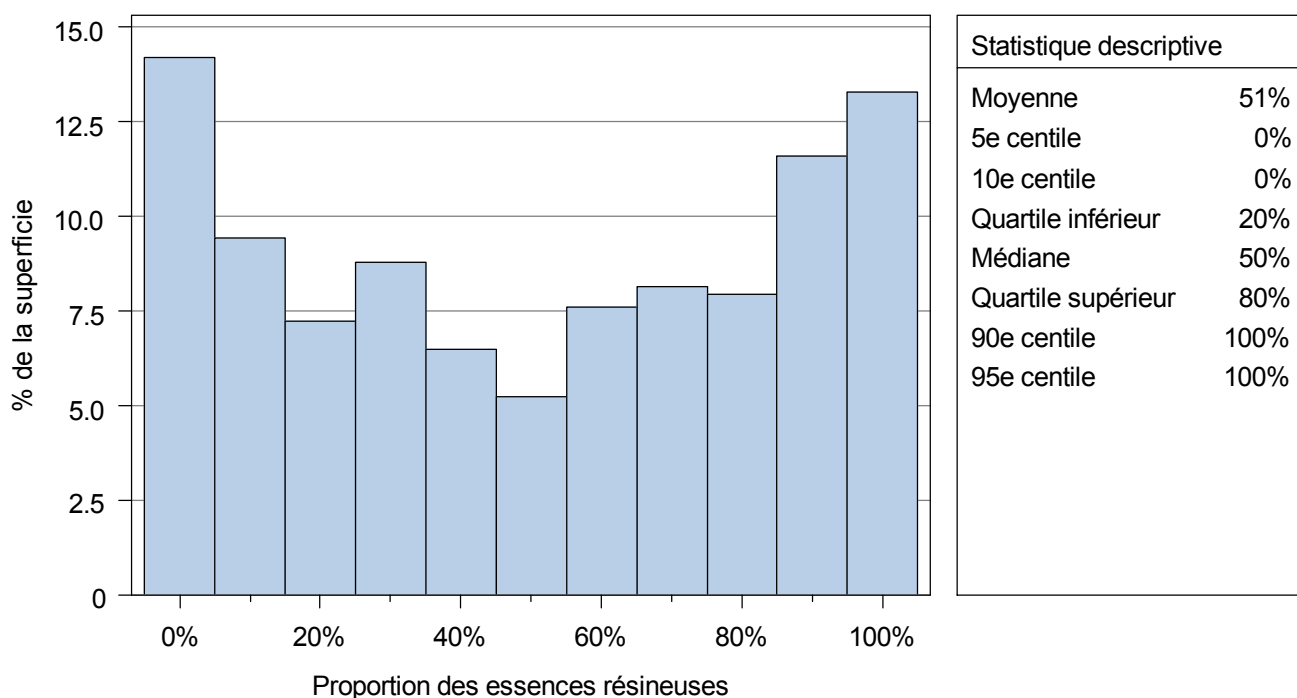
2.1 Types de couvert

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%	111 683	31%
MF	Mixte à dominance feuillue	26%	48%	55 334	15%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	72%	75 870	21%
R	Résineux	76%	100%	118 731	33%
		0%	100%	361 618	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
Feuilleuse	BG	Bouleau gris (à feuilles de peuplier)	0,89%	0,91%	0,39%	0,08%	0,52%
	BJ	Bouleau jaune	10,60%	7,46%	3,33%	0,20%	5,18%
	BP	Bouleau blanc (à papier)	5,75%	9,57%	6,75%	1,02%	4,99%
	CR	Chêne rouge	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CT	Cerisier tardif	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	EA	Érable argenté	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	EO	Érable rouge	24,61%	25,10%	14,32%	1,42%	14,91%
	ER	Érables	0,09%	0,29%	0,27%	0,08%	0,16%
	ES	Érable à sucre	33,55%	3,16%	0,60%	0,01%	10,98%
	FA	Frêne d'Amérique	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	FH	Feuillus sur station humide	0,19%	0,15%	0,13%	0,07%	0,13%
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	0,87%	1,82%	2,74%	1,91%	1,75%
	FN	Feuillus non commerciaux	0,65%	0,85%	0,79%	0,30%	0,59%
	FO	Frêne noir	0,51%	0,57%	0,44%	0,11%	0,37%
	FR	Frênes	0,18%	0,12%	0,03%	0,00%	0,08%
	FT	Feuillus tolérants à l'ombre	3,85%	1,47%	0,87%	0,25%	1,68%
	FX	Feuillus indéterminés	0,80%	1,32%	1,30%	1,86%	1,33%
	FZ	Feuillus plantés indéterminés	0,10%	0,03%	0,01%	0,00%	0,04%
	HG	Hêtre à grandes feuilles	1,66%	0,07%	0,01%	0,00%	0,52%
	OA	Orme d'Amérique	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	PA	Peuplier baumier	0,13%	0,18%	0,09%	0,01%	0,09%
	PE	Peupliers	7,81%	12,68%	6,53%	1,04%	6,07%
	TA	Tilleul d'Amérique	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
			92,25%	65,75%	38,60%	8,37%	49,40%
Résineuse	EB	Épinette blanche	0,57%	4,01%	10,64%	19,05%	9,28%
	EN	Épinette noire	0,03%	0,43%	1,71%	5,44%	2,22%
	EP	Épinettes	0,00%	0,02%	0,07%	0,02%	0,02%
	EU	Épinette rouge	0,36%	2,76%	5,51%	4,74%	3,25%
	EV	Épinette de Norvège	0,00%	0,00%	0,05%	0,52%	0,18%
	ML	Mélèze laricin	0,06%	0,49%	1,41%	4,45%	1,85%

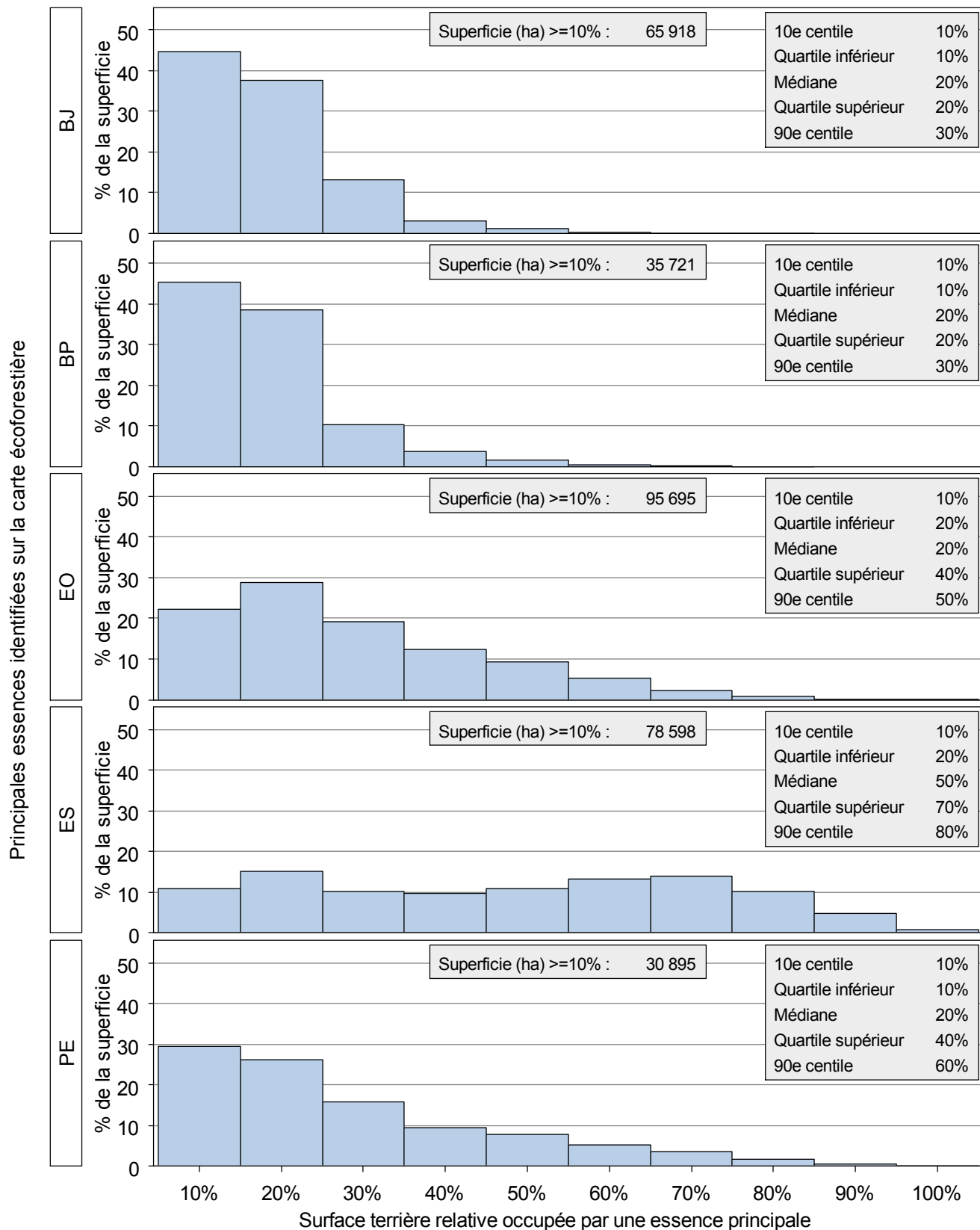
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Résineuse	PB	Pin blanc	0,02%	0,25%	0,52%	0,46%	0,30%
	PG	Pin gris	0,00%	0,01%	0,01%	0,04%	0,02%
	PI	Pins	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%
	PR	Pin rouge	0,01%	0,04%	0,09%	0,48%	0,19%
	PS	Pin sylvestre	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,01%
	PU	Pruche de l'Est	0,19%	0,95%	0,78%	0,06%	0,39%
	RX	Résineux indéterminés	2,01%	3,54%	2,21%	1,47%	2,11%
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,00%	0,15%	1,68%	20,90%	7,24%
	SB	Sapin baumier	3,55%	19,55%	31,83%	27,19%	19,69%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,80%	0,28%	0,03%	0,02%	0,30%
	TO	Thuya occidental	0,15%	1,76%	4,83%	6,75%	3,54%
			7,75%	34,25%	61,40%	91,63%	50,60%
			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.

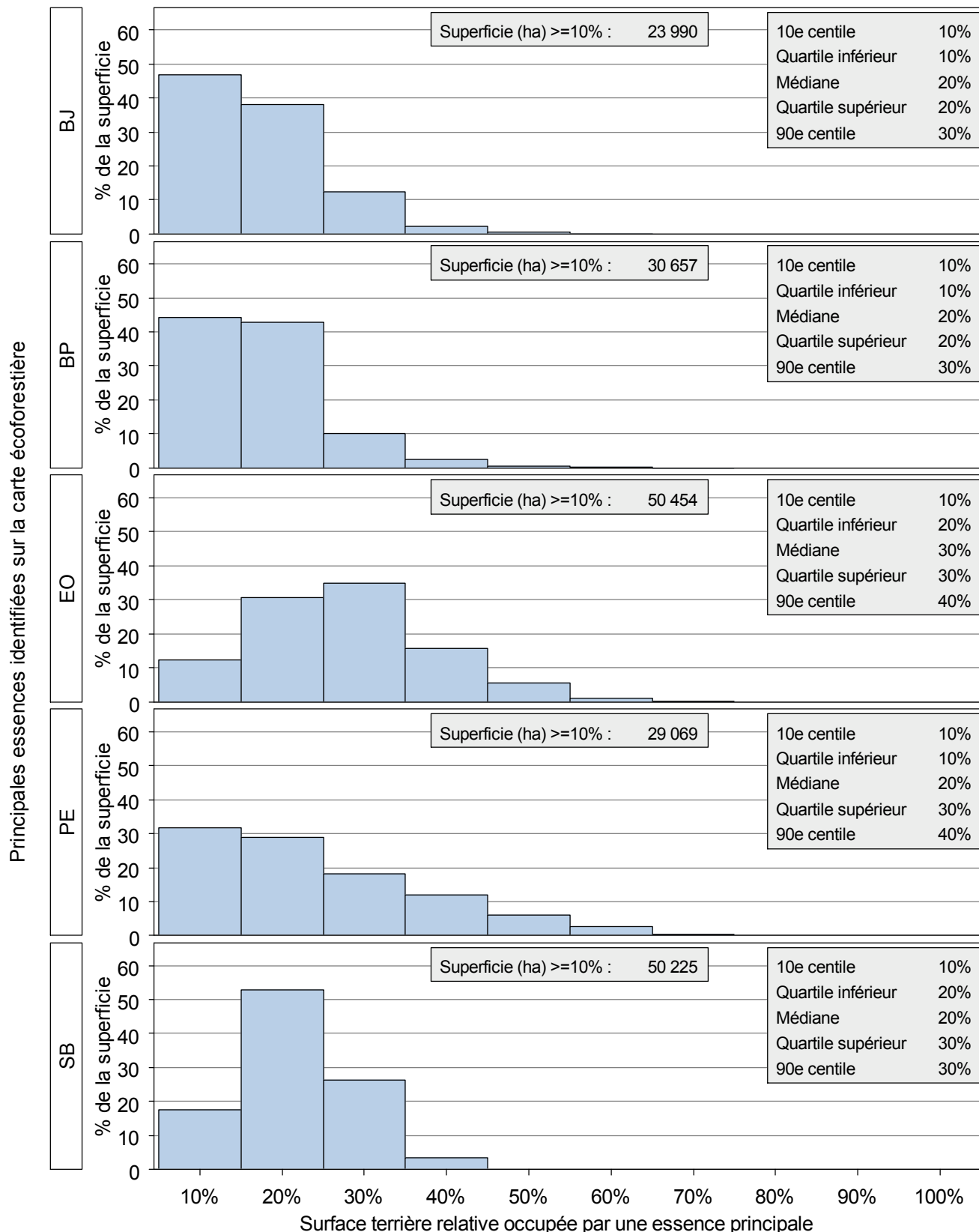
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 111 683 ha



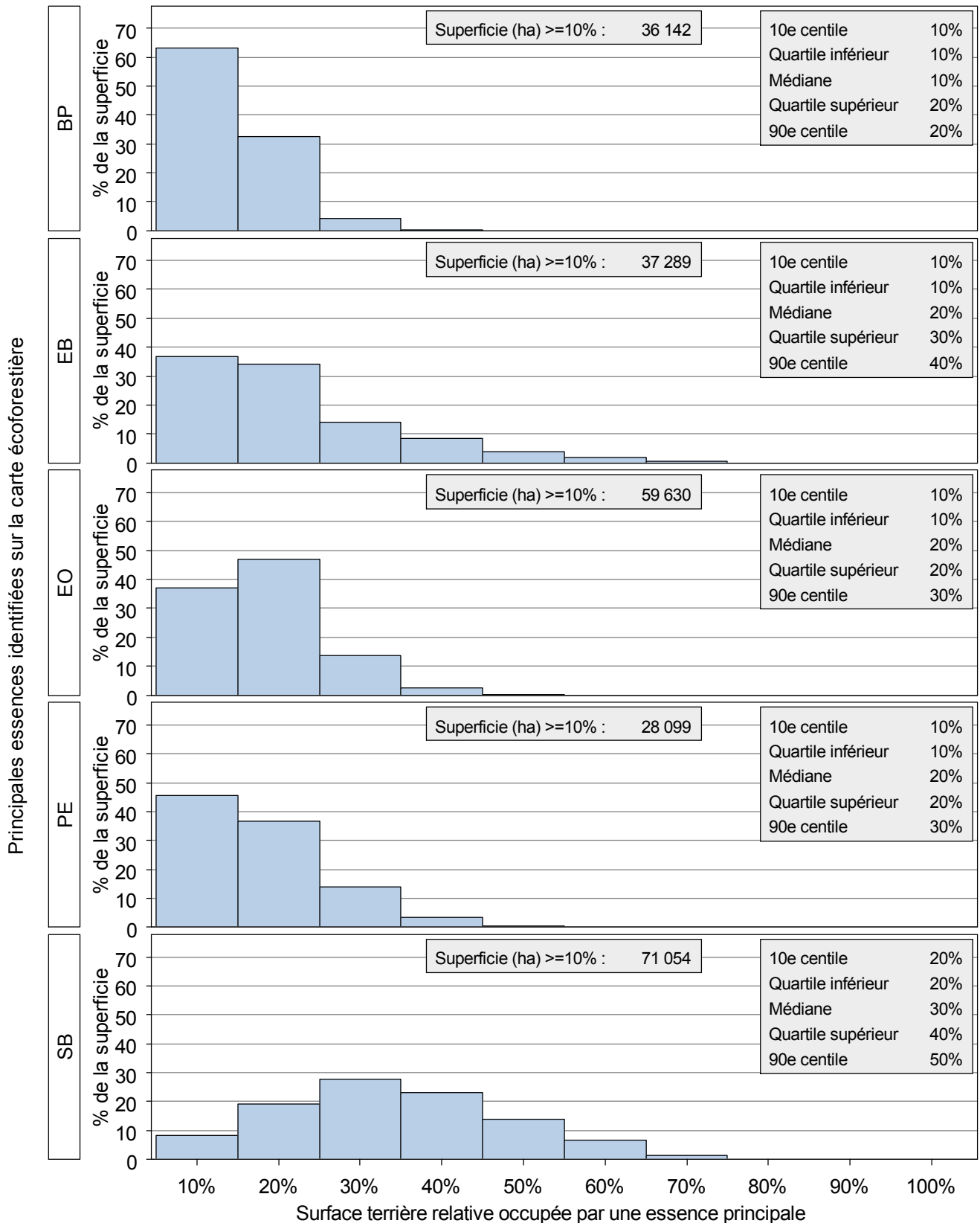
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 55 334 ha



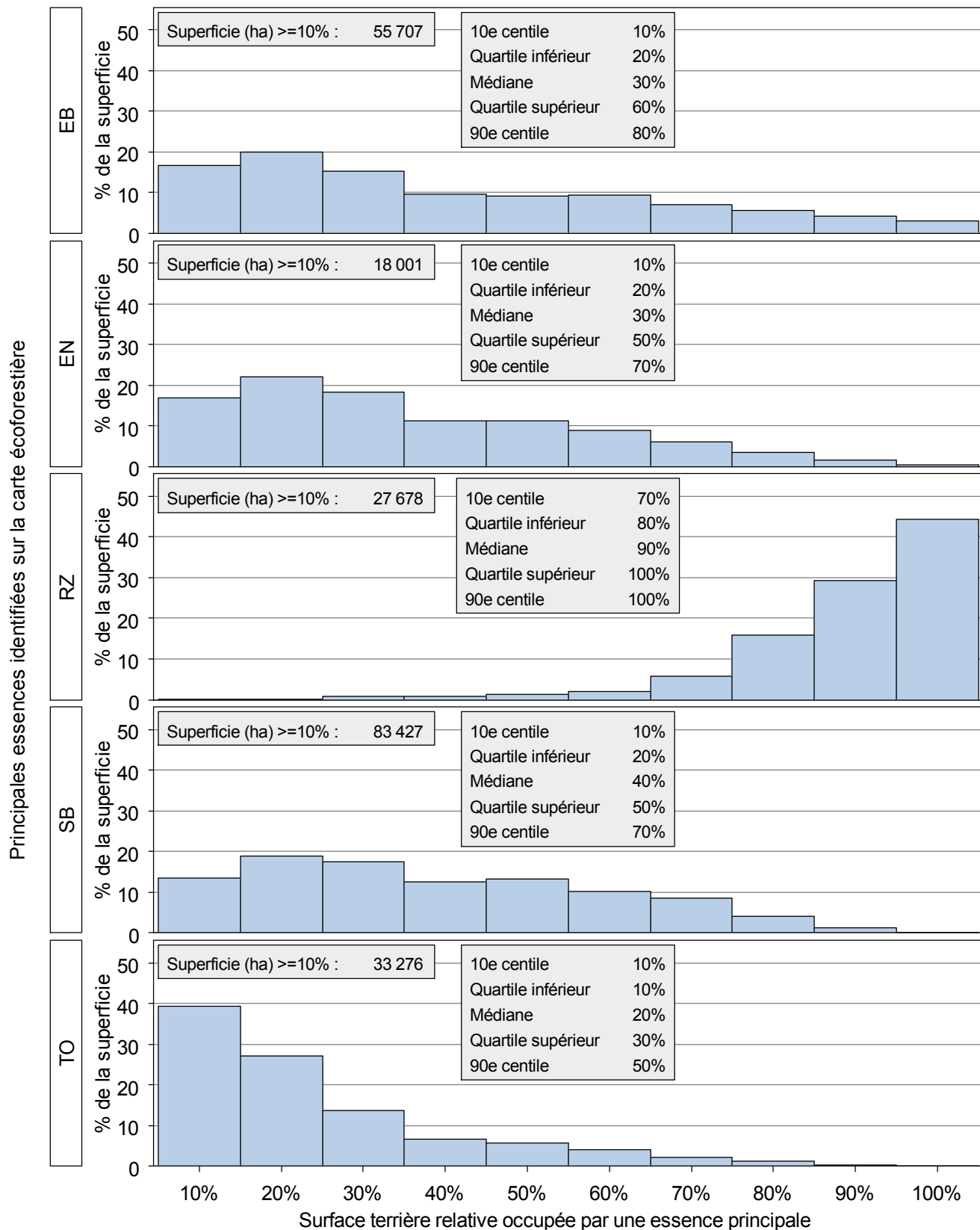
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 75 870 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 118 731 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). La notion de distance dont il est ici question est la même que celle utilisée dans la méthode k-NN qui permet d'estimer des variables dendrométriques par peuplement dans le processus des compilations forestières.

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

3.2 Résultat

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

Groupe retenu pour l'analyse de classification	Élément considéré		Superficie	
	Nom	Origine des essences	Type de couvert	(ha)
Feuillu	naturelle	Feuillu	111 553	31%
			111 553	31%
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	55 023	15%
			55 023	15%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	73 084	20%
			73 084	20%
Plantation	plantation	Feuillu	130	0%
		Mixte à dominance feuillue	311	0%
		Mixte à dominance résineuse	2 786	1%
		Résineux	32 362	9%
			35 589	10%
Résineux	naturelle	Résineux	86 368	24%
			86 368	24%

* 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, 8 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	EO	ES	FT	PE	SB
EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	10e	0	0	10	0	0	0	0
	90e	30	20	60	30	10	40	20
ES60EO10BJ10FT10	10e	0	0	0	40	0	0	0
	90e	20	10	20	80	10	0	10

* Note: La variable d'analyse 'SB' correspond à la somme des proportions de 'SB', 'EB' et 'SE'.

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	EO	ES	EU	PE	RX	SB
EO30PE10BP10BJ10SB20	10e	0	0	0	10	0	0	0	0	10
	90e	20	20	10	40	10	10	40	10	30

* Note: La variable d'analyse 'EU' correspond à la somme des proportions de 'EU', 'EN' et 'EP'.

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	EO	EU	PE	SB	TO	
SB30EU20EO20	10e	0	0	0	10	0	0	10	0	
	90e	10	10	10	30	30	12	40	10	
SB40EB10TO10EO10BP10PE10	10e	0	0	0	0	0	0	20	0	
	90e	10	20	40	20	10	20	60	20	

* Note: La variable d'analyse 'EU' correspond à la somme des proportions de 'EU', 'EN' et 'EP'.

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	EB	EN	EU	FI	ML	SB	TO	
EB60SB20TO10FI10	10e	40	0	0	0	0	0	0	
	90e	80	0	10	10	0	30	20	
SB40TO10EN10EB10EU10ML10	10e	0	0	0	0	0	10	0	
	90e	30	40	30	10	30	70	40	

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

Groupes définis dans le cas des plantations

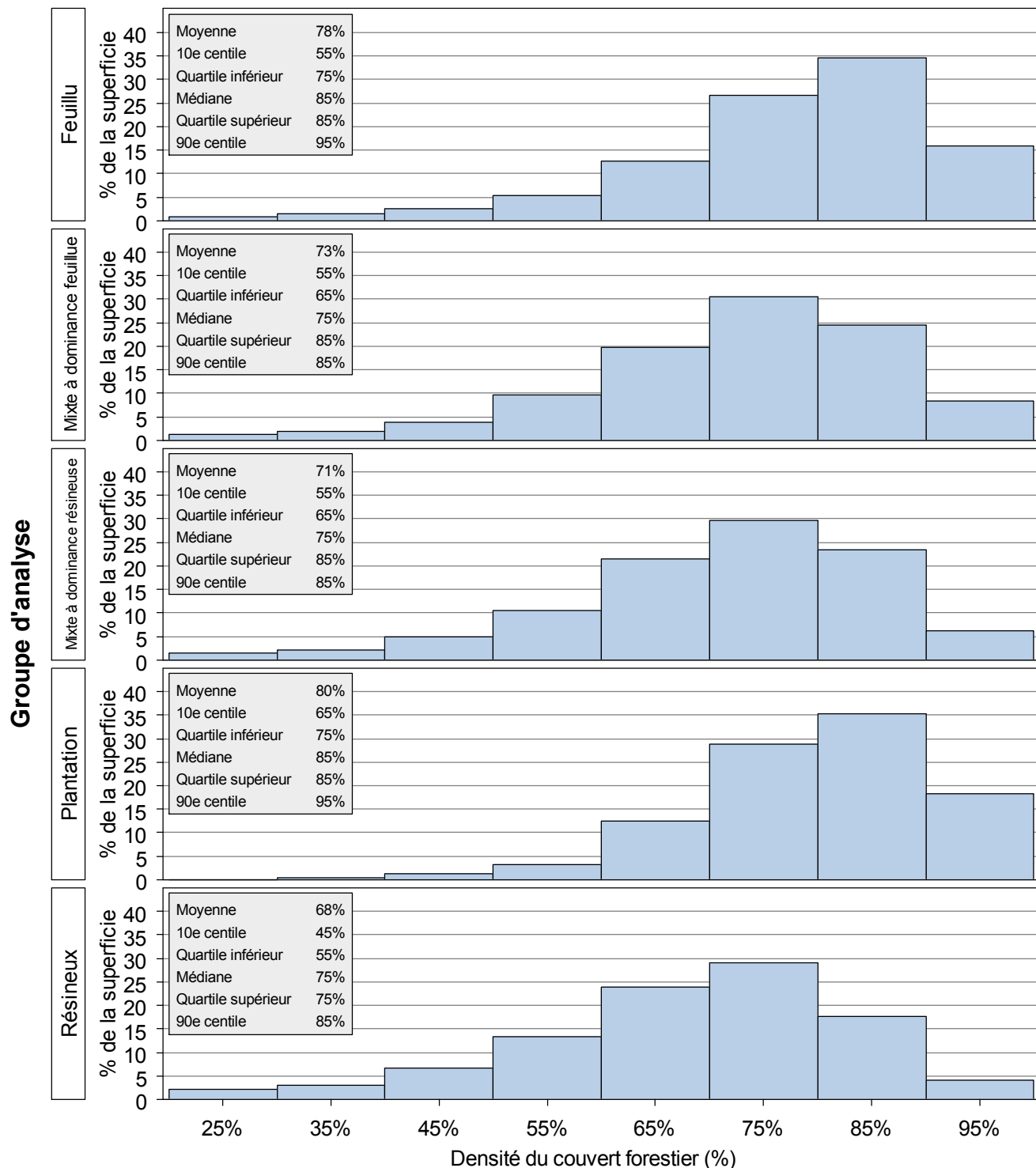
Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)		
Nom du groupe synthèse	en superficie	EB	FI	RZ
RZ70EB10	10e	0	0	0
	90e	40	10	100

* 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

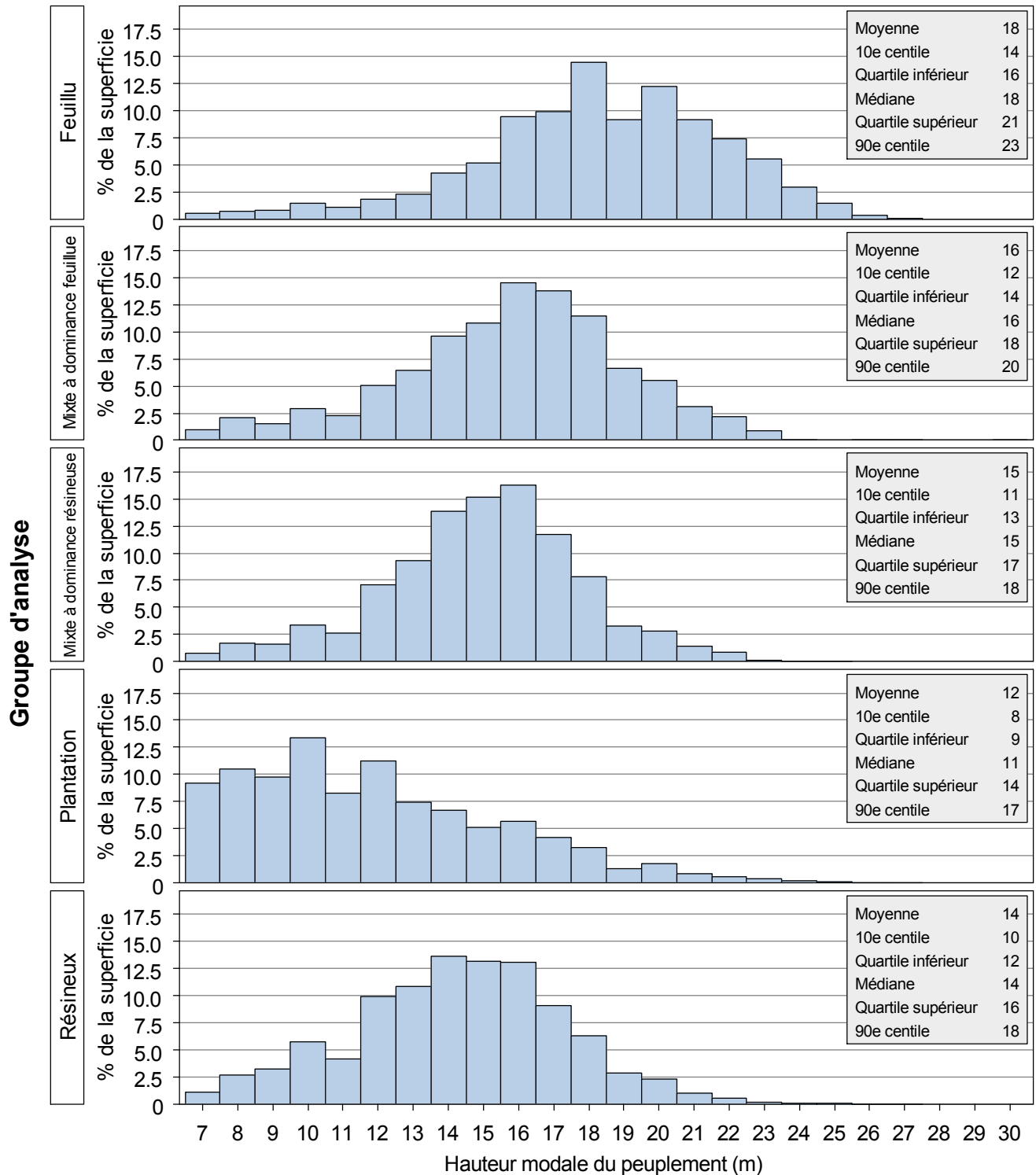
Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des densités des peuplements en fonction des groupes considérés.



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 8 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 6 ont été scindés en 2 à 4 sous-groupes en fonction des valeurs de densité et de hauteur. Il en résulte un nombre final de 19 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	EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	55 18	25	65	7	26
		F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	85 14	75	95	7	17
		F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	85 18	75	95	17	26
	ES60EO10BJ10FT10	F ES60EO10BJ10FT10	70 22	25	75	20	26
		F ES60EO10BJ10FT10	80 9	25	95	7	20
		F ES60EO10BJ10FT10	90 22	85	95	20	27
MF	EO30PE10BP10BJ10SB20	MF EO30PE10BP10BJ10SB20	55 16	25	65	7	30
		MF EO30PE10BP10BJ10SB20	80 13	75	95	7	15
		MF EO30PE10BP10BJ10SB20	80 16	75	95	16	27
MR	SB30EU20EO20	MR SB30EU20EO20	75 15	25	95	7	25
	SB40EB10TO10EO10BP10PE10	MR SB40EB10TO10EO10BP10PE10 12	70	25	95	7	15
		MR SB40EB10TO10EO10BP10PE10 17	70	25	95	15	25

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	Nom		Min.	Max.	Min.	Max.
PL	RZ70EB10	PL RZ70EB10	80 14	25	95	11	27
		PL RZ70EB10	80 9	25	95	7	11
R	EB60SB20TO10FI10	R EB60SB20TO10FI10	65 16	25	95	7	24
	SB40TO10EN10EB10EU10ML10	R SB40TO10EN10EB10EU10ML10	55	25	65	7	14
		R SB40TO10EN10EB10EU10ML10	55	25	65	14	27
		R SB40TO10EN10EB10EU10ML10	80	75	95	7	13
		R SB40TO10EN10EB10EU10ML10	80	75	95	14	27

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

6.1 Méthode et analyse

Pour les fins du présent exercice (section 6), nous allons prétendre que les PEP qui seront employées lors de la compilation des territoires avec une tenure privée sont des PET. Cela nous permettra d'appliquer la même méthode et de réaliser les mêmes analyses pour les deux types de tenures. À la fin de l'analyse, un nombre correspondant de PET sera remplacé par des PEP selon les strates d'échantillonnage et la disponibilité. Le tableau synthèse de la section 7 fait état du portrait final de l'allocation des PET et des PEP par strates d'échantillonnage.

La méthode k-NN qui sera utilisée dans la production des estimations de variables dendrométriques par essence à l'échelle 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. 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 A121 sont les suivantes :

SB, EO, ES, EB, RZ, PE, BJ

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 :

HG, BG, PU, FO, PB, SE, PR, EV, ER, FH, PA, FR, FZ, EP, PG, PS, TA, PI, OA, CR, FA, EA, CT

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

BP, TO, EU, EN, RX, ML, FI, FT, FX

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.

Le nombre de placettes des essences cartographiées qui résulte d'une allocation proportionnelle à la superficie peut être évalué en calculant, pour chaque essence, le rapport entre la superficie (ha) où l'essence est identifiée sur la carte et la valeur initiale du facteur d'expansion (1 152 ha/PE). 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
Feuillue	BG	Bouleau gris (à feuilles de peuplier)	2	1	1	0	5
	BJ	Bouleau jaune	32	11	5	0	47
	BP	Bouleau blanc (à papier)	17	15	12	1	44
	EO	Érable rouge	65	38	33	1	137
	ER	Érables	0	0	0	0	1
	ES	Érable à sucre	61	4	1	0	66
	FH	Feuillus sur station humide	0	0	0	0	1
	FI	Feuillus intolérants à l'ombre	1	2	5	1	9
	FN	Feuillus non commerciaux	1	1	1	0	3
	FO	Frêne noir	1	0	1	0	2
	FR	Frênes	0	0	0	0	0
	FT	Feuillus tolérants à l'ombre	5	1	1	0	6
	FX	Feuillus indéterminés	0	0	1	0	2
	FZ	Feuillus plantés indéterminés	0	0	0	0	0
	HG	Hêtre à grandes feuilles	3	0	0	0	3
	OA	Orme d'Amérique	0	0	0	0	0
	PA	Peuplier baumier	0	0	0	0	1
	PE	Peupliers	19	17	13	2	51
	TA	Tilleul d'Amérique	0	0	0	0	0
	Résineuse	EB	Épinette blanche	1	4	20	40
EN		Épinette noire	0	0	4	13	17
EP		Épinettes	0	0	0	0	0
EU		Épinette rouge	0	3	11	14	28
EV		Épinette de Norvège	0	0	0	1	1
ML		Mélèze laricin	0	1	2	11	14
PB		Pin blanc	0	0	1	1	2
PG		Pin gris	0	0	0	0	0
PI		Pins	0	0	0	0	0
PR		Pin rouge	0	0	0	1	1
PS		Pin sylvestre	0	0	0	0	0
PU		Pruche de l'Est	0	1	1	0	3

Essence			Nombre de placettes par groupe d'analyse				
Type	Code	Nom descriptif	F	MF	MR	R	Tous
Résineuse	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	2	24	26
	SB	Sapin baumier	8	36	56	63	163
	SE	Sapin et épinette blanche	0	0	0	0	1
	TO	Thuya occidental	0	1	9	18	28

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 en nombre équivalent d'essences	Groupe synthèse des essences		Nombre de placettes (Fe=1 152 ha/PE)
	Type	Nom	
10.80	MR	SB30EU20EO20	20
10.65	MF	EO30PE10BP10BJ10SB20	48
9.11	F	EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	52
8.55	MR	SB40EB10TO10EO10BP10PE10	44
7.31	R	SB40TO10EN10EB10EU10ML10	54
4.34	PL	RZ70EB10	31
4.18	F	ES60EO10BJ10FT10	45
4.15	R	EB60SB20TO10FI10	21

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 / PE)	Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des placettes (n)		
Groupe	Niveau			(ha)	(%)	Initiale	Ajustée	Écart
Initiale	0%	1 152	F ES60EO10BJ10FT10	52 018	14,4%	45	45	0
			PLANTATION RZ70EB10	35 589	9,8%	31	31	0
				87 608	24,2%	76	76	0
Diminuée	-10%	1 280	F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	59 535	16,5%	52	47	-5
			MF EO30PE10BP10BJ10SB20	55 023	15,2%	48	43	-5
			MR SB40EB10TO10EO10BP10PE10	50 379	13,9%	44	39	-4
			R SB40TO10EN10EB10EU10ML10	62 102	17,2%	54	49	-5
			227 040	62,8%	197	177	-20	
Augmentée	+50%	768	MR SB30EU20EO20	22 705	6,3%	20	30	10
			R EB60SB20TO10FI10	24 266	6,7%	21	32	11
			46 971	13,0%	41	61	20	

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.

Allocation finale des placettes							
Intensité d'échantillonnage		Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des placettes (n)		
Ajustement prévu	Ajustement plan de sondage		(ha)	(%)	Initiale	Finale	Écart
0%	-13%	PLANTATION RZ70EB10	35 589	9,8%	31	27	-4
	-11%	F ES60EO10BJ10FT10	52 018	14,4%	45	40	-5
			87 608	24,2%	76	67	-9
-10%	-13%	R SB40TO10EN10EB10EU10ML10	62 102	17,2%	54	47	-7
	-8%	MF EO30PE10BP10BJ10SB20	55 023	15,2%	48	44	-4
	-2%	MR SB40EB10TO10EO10BP10PE10	50 379	13,9%	44	43	-1
	+6%	F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10	59 535	16,5%	52	55	3
			227 040	62,8%	197	189	-9
+50%	+28%	R EB60SB20TO10FI10	24 266	6,7%	21	27	6
	+56%	MR SB30EU20EO20	22 705	6,3%	20	31	11
			46 971	13,0%	41	58	17

7. Synthèse des strates définies, de l'allocation des PET et du dénombrement des PEP qui seront utilisées à la compilation

Le tableau suivant présente les strates finales formées, leur superficie, le nombre de PET à implanter, le nombre de PEP qui seront utilisées à la compilation ainsi que le facteur d'expansion de l'ensemble de ces placettes. Notez le recalcul des facteurs d'expansion pour la considération d'un nombre entier de placettes.

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	PEP	PE cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom	Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	n	%	ha / PE
1	MR SB40EB10TO10EO10BP10PE10 70 17	29 429	8,1%	17	6	23	7,3%	1280
2	F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10 85 18	26 690	15,5%	14	7	44	14,0%	1271
3	R EB60SB20TO10FI10 65 16	24 266	22,2%	27	3	74	23,6%	809
4	F ES60EO10BJ10FT10 80 9	22 777	28,5%	10	10	94	29,9%	1139
5	MR SB30EU20EO20 75 15	22 705	34,8%	26	4	124	39,5%	757
6	MF EO30PE10BP10BJ10SB20 80 16	22 444	41,0%	9	9	142	45,2%	1247
7	MR SB40EB10TO10EO10BP10PE10 70 12	20 950	46,8%	9	7	158	50,3%	1309
8	R SB40TO10EN10EB10EU10ML10 80 16	20 551	52,5%	11	5	174	55,4%	1284
9	PL RZ70EB10 80 14	20 340	58,1%	17	1	192	61,1%	1130
10	MF EO30PE10BP10BJ10SB20 55 16	20 123	63,7%	10	6	208	66,2%	1258
11	F ES60EO10BJ10FT10 90 22	17 849	68,6%	5	10	223	71,0%	1190
12	F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10 55 18	17 301	73,4%	12	2	237	75,5%	1236
13	F EO30PE10BJ10BP10ES10SB10 85 14	15 544	77,7%	10	2	249	79,3%	1295
14	PL RZ70EB10 80 9	15 249	81,9%	11	2	262	83,4%	1173
15	R SB40TO10EN10EB10EU10ML10 55 11	14 696	86,0%	8	3	273	86,9%	1336

Strate d'échantillonnage		Superficie		PET	PEP	PE cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom	Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	n	%	ha / PE
16	R SB40TO10EN10EB10EU10ML10 80 11	13 600	89,7%	8	3	284	90,4%	1236
17	R SB40TO10EN10EB10EU10ML10 55 16	13 255	93,4%	5	5	294	93,6%	1325
18	MF EO30PE10BP10BJ10SB20 80 13	12 456	96,8%	9	1	304	96,8%	1246
19	F ES60EO10BJ10FT10 70 22	11 392	100,0%	6	4	314	100,0%	1139

Ainsi, dans l'unité de sondage A121, 224 placettes-échantillons temporaires seront établies et 90 placettes-échantillons permanentes déjà présentes sur le territoire de l'unité de sondage seront employées à la compilation.

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.