

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage A141

Cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional
2023

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, MRNF

Photographie de la page couverture

Robin Lefrançois, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MRNF

Diffusion

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

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

© Gouvernement du Québec

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2023

ISBN 978-2-550-95082-0 (1^{re} édition, juin 2023)

Référence

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS, 2022. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage A141, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction des inventaires forestiers, 30 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) A141 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 normalement 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 équilibré sur les strates (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 cherche à se coller le plus possible sur la prescription de placettes définie à l'étape de conception. Pour se faire, on a recours à un plan d'échantillonnage à deux degrés (de tuiles et placettes) à probabilités de sélections variables. Les probabilités sont calculées sur la base de la prescription des placettes à partir des placettes éligibles et disponibles. Toutefois, pour se rapprocher davantage de la prescription, on a aussi recours aux méthodes qui permettent d'obtenir un sondage équilibré. Un sondage est dit « équilibré » s'il permet de satisfaire certaines contraintes. En l'occurrence, celles-ci sont définies ici afin de permettre d'obtenir des tuiles de quatre placettes (assimilables à la notion de virées) et le bon nombre de placettes souhaitées par strates de sondage.

La détermination des lieux précis d'implantation des placettes se fait en quadrillant le territoire selon deux échelles. Pour cette étape, on quadrille d'abord le territoire à l'aide d'une grille de tuiles de 1 km², et ensuite, on fait de même pour chaque tuile à l'aide d'une grille de points équidistants de 125 m. Chaque point accessible localisé dans cette population de points représente ainsi un lieu potentiel d'implantation d'une placette.

On réalise ensuite la sélection des tuiles, puis des placettes à établir pour chaque tuile, à partir des probabilités de sélection du plan d'échantillonnage définie précédemment, et ce, dans le cadre d'un sondage équilibré.

Processus de l'inventaire écoforestier du Québec méridional de l'US A141

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	2018
Cartographie écoforestière	Production	avril 2020 - décembre 2021
	Diffusion - statut primaire	mai 2022
	Diffusion - statut final	mai 2023
Sondage terrestre	Production	été 2022
	Diffusion	mai 2023
Compilation forestière	Diffusion	été 2023

Paramètres et hypothèses initiaux de l'US A141

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)	158 055
Somme du nombre de PET à implanter et du nombre de PEP qui seront utilisées à la compilation (US avec une domanialité privée seulement)	360
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)	439
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PE)	4 390
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PE)	10 976

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 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 2021.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
A141	Oui	20	Petite propriété privée	416 349	54,4%
	Non	01	Unité d'aménagement (UA)	281 488	36,8%
		02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	4 626	0,6%
		04	Pépinière publique forestière (PPU)	144	0,0%
		06	Forêt d'expérimentation sur unité d'aménagement (UA)	127	0,0%
		10	Érablière acéricole (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	269	0,0%
		12	Territoire forestier résiduel (TFR) sous Convention de gestion territoriale (CGT)	6 690	0,9%
		15	Écosystème forestier exceptionnel (EFE) désigné sur forêt publique	28	0,0%
		20	Petite propriété privée	21 353	2,8%
		22	Grande propriété privée	997	0,1%
		27	Concession minière privée	72	0,0%
		30	Terrain attribué au MAPAQ	44	0,0%
		40	Parc national québécois ou Projet de parc (Aire protégée)	1 508	0,2%
		50	Réserve écologique	417	0,1%
		51	Terrain attribué au MDDELCC	28	0,0%
		52	Eaux (lacs importants et réservoir)	16 305	2,1%
		53	Réserve aquatique et/ou Habitat d'une espèce floristique menacée ou vulnérable	11	0,0%
		54	Réserve de biodiversité	6 696	0,9%
		55	Refuge biologique en projet (exclu de la production forestière)	211	0,0%
		59	Refuge biologique désigné	5 291	0,7%
60	Terrain attribué aux autres Ministères et Organismes publics (Hydro, MTQ, MCC, etc)	1 053	0,1%		
64	Pépinière publique forestière (PPU) - Source de semences	36	0,0%		
65	Forêt d'expérimentation (FE) - Source de semences	34	0,0%		
66	Forêt d'expérimentation	47	0,0%		
71	Lot mixte	119	0,0%		
80	Érablière acéricole en territoire forestier résiduel (TFR)	731	0,1%		
90	Réserve indienne	2	0,0%		

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
A141	Non	95	Réserve nationale de faune	22	0,0%
				764 698	100,0%

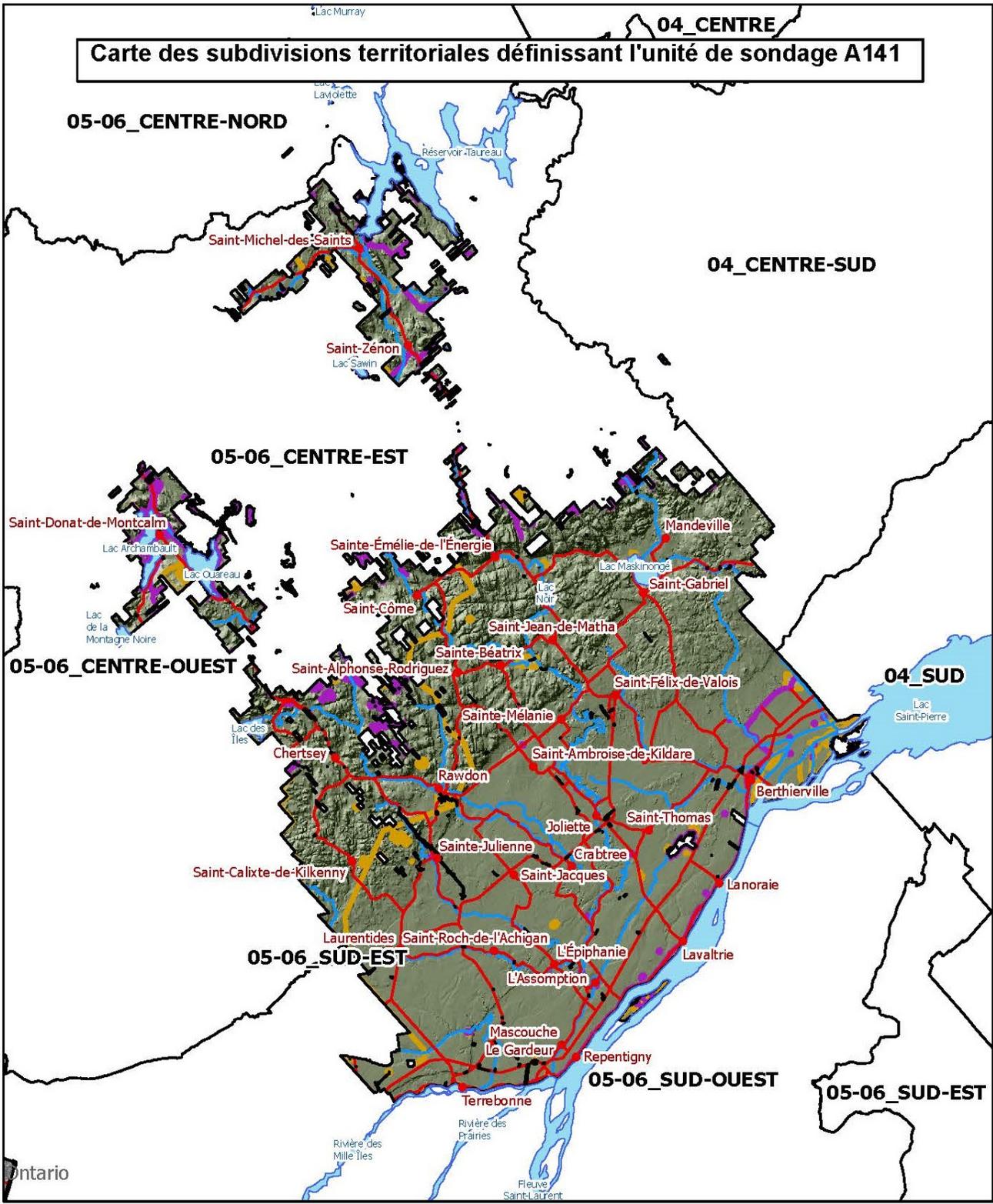
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

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	158 055	37,1%
Oui		158 055	37,1%
Non	Étendue d'eau	19 654	4,6%
	Terrain à vocation non forestière	163 081	38,2%
	Terrain forestier improductif	4 449	1,0%
	Terrain forestier avec pente «F» ou inaccessible	9 284	2,2%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	10 248	2,4%
	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur	61 746	14,5%
Non		268 463	62,9%
		426 518	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage A141



- Territoire sondé**
- Unité de sondage A141
 - Territoire non sondé
 - Mode de gestion
 - Usage forestier
 - Zone d'application des modalités d'intervention

- Frontières**
- Territoire non sondé et non cartographié
 - Hydrographie surfacique
 - Hydrographie linéaire
 - Réseau routier
 - Limite des unités de planification écologique

- 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

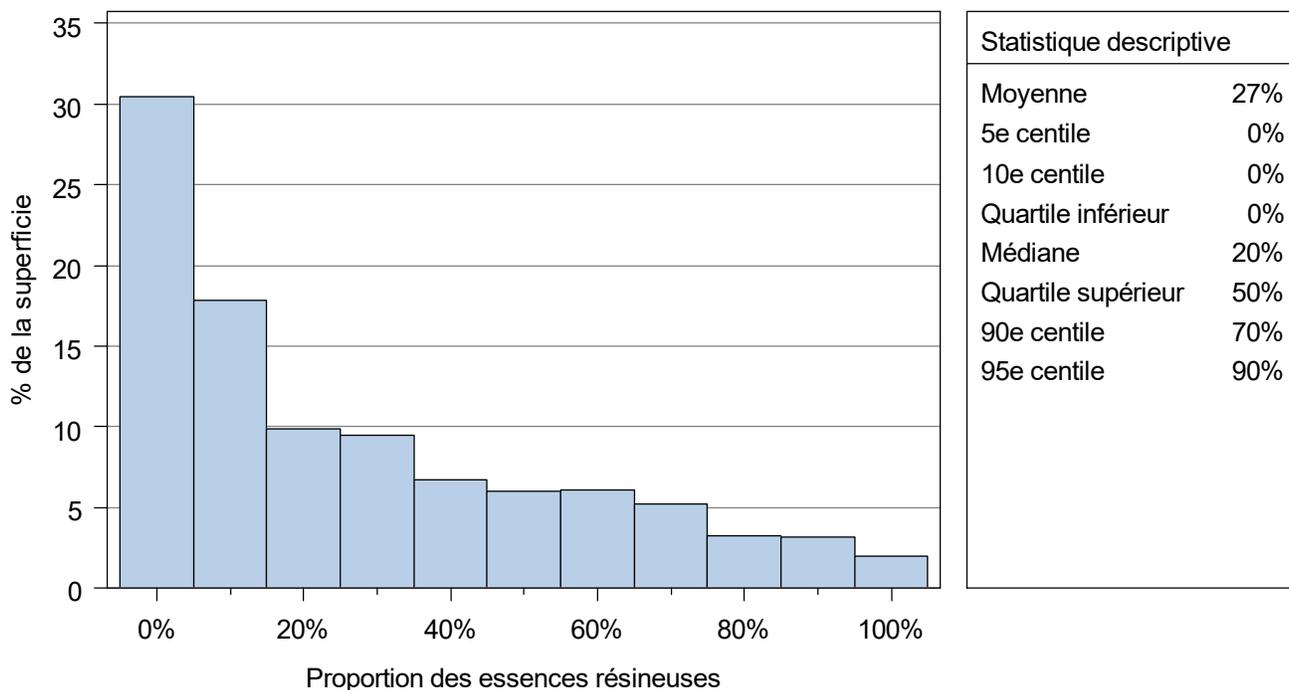
2.1 Types de couvert

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%	91 936	58%
MF	Mixte à dominance feuillue	26%	50%	35 085	22%
MR	Mixte à dominance résineuse	52%	74%	17 946	11%
R	Résineux	76%	100%	13 088	8%
		0%	100%	158 055	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, 2022) 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	BG	Bouleau gris (à feuilles de peuplier)	2,30%	1,58%	1,10%	0,35%	1,84%
	BJ	Bouleau jaune	4,64%	4,01%	1,79%	0,22%	3,81%
	BP	Bouleau blanc (à papier)	11,46%	15,52%	10,47%	3,55%	11,59%
	CG	Chêne à gros fruits	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
	CR	Chêne rouge	2,83%	0,76%	0,35%	0,04%	1,86%
	EA	Érable argenté	0,87%	0,07%	0,03%	0,00%	0,52%
	EO	Érable rouge	22,02%	21,47%	13,86%	3,72%	19,45%
	ER	Érables	2,86%	1,58%	0,86%	0,14%	2,12%
	ES	Érable à sucre	26,50%	5,18%	1,11%	0,21%	16,71%
	FN	Feuillus non commerciaux	0,92%	0,55%	0,47%	0,30%	0,73%
	FO	Frêne noir	0,25%	0,29%	0,28%	0,16%	0,25%
	FR	Frênes	0,86%	0,15%	0,02%	0,01%	0,54%
	FX	Feuillus indéterminés	0,59%	0,84%	1,19%	1,83%	0,81%
	FZ	Feuillus plantés indéterminés	0,08%	0,01%	0,03%	0,01%	0,05%
	HG	Hêtre à grandes feuilles	6,57%	0,82%	0,27%	0,05%	4,04%
	OR	Ormes	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
	PA	Peuplier baumier	0,02%	0,02%	0,04%	0,01%	0,02%
	PE	Peupliers	10,64%	8,73%	3,55%	0,93%	8,61%
	PH	Peuplier hybride	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
	PL	Peuplier à feuilles deltoïdes	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
TA	Tilleul d'Amérique	0,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	
			93,55%	61,59%	35,41%	11,53%	73,06%
Résineuse	EB	Épinette blanche	0,23%	3,83%	6,21%	8,14%	2,36%
	EN	Épinette noire	0,01%	0,36%	1,37%	8,76%	0,97%
	EU	Épinette rouge	0,11%	2,23%	5,42%	5,42%	1,63%
	EV	Épinette de Norvège	0,00%	0,00%	0,01%	0,34%	0,03%
	MH	Mélèze hybride	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	ML	Mélèze laricin	0,04%	0,55%	2,32%	8,82%	1,14%
	PB	Pin blanc	0,34%	3,09%	6,93%	11,14%	2,60%
	PG	Pin gris	0,01%	0,15%	0,54%	2,87%	0,34%

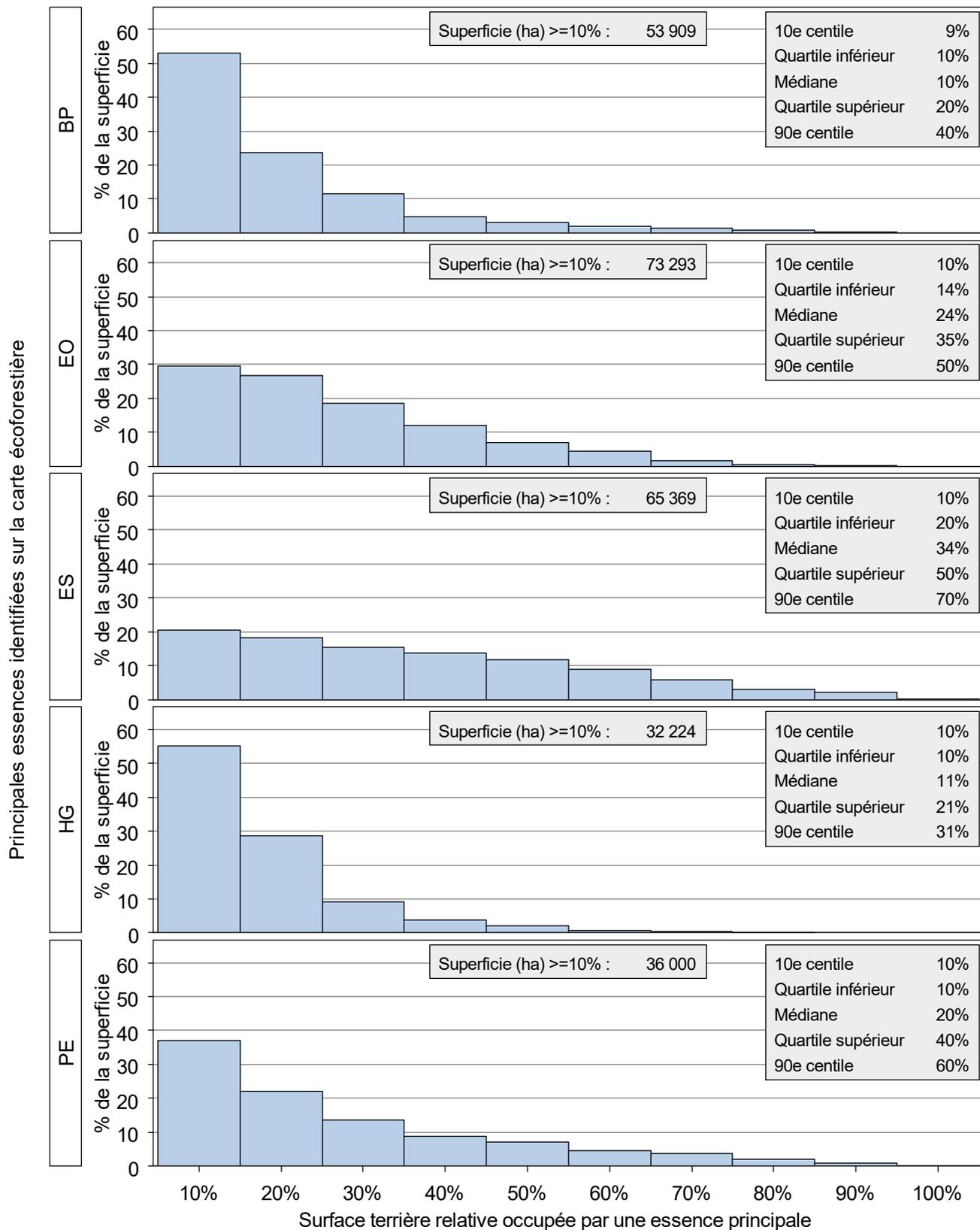
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Résineuse	PI	Pins	0,03%	0,17%	0,54%	0,75%	0,18%
	PR	Pin rouge	0,02%	0,17%	0,46%	3,99%	0,43%
	PS	Pin sylvestre	0,00%	0,00%	0,01%	0,03%	0,00%
	PU	Pruche de l'Est	0,50%	2,85%	4,87%	2,20%	1,66%
	RX	Résineux indéterminés	1,91%	3,42%	2,83%	1,79%	2,34%
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,00%	0,11%	0,51%	5,34%	0,53%
	SB	Sapin baumier	2,44%	17,36%	24,81%	19,24%	9,68%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,65%	0,85%	0,42%	0,28%	0,64%
	TO	Thuya occidental	0,16%	3,26%	7,34%	9,34%	2,42%
			6,45%	38,41%	64,59%	88,47%	26,94%
			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.

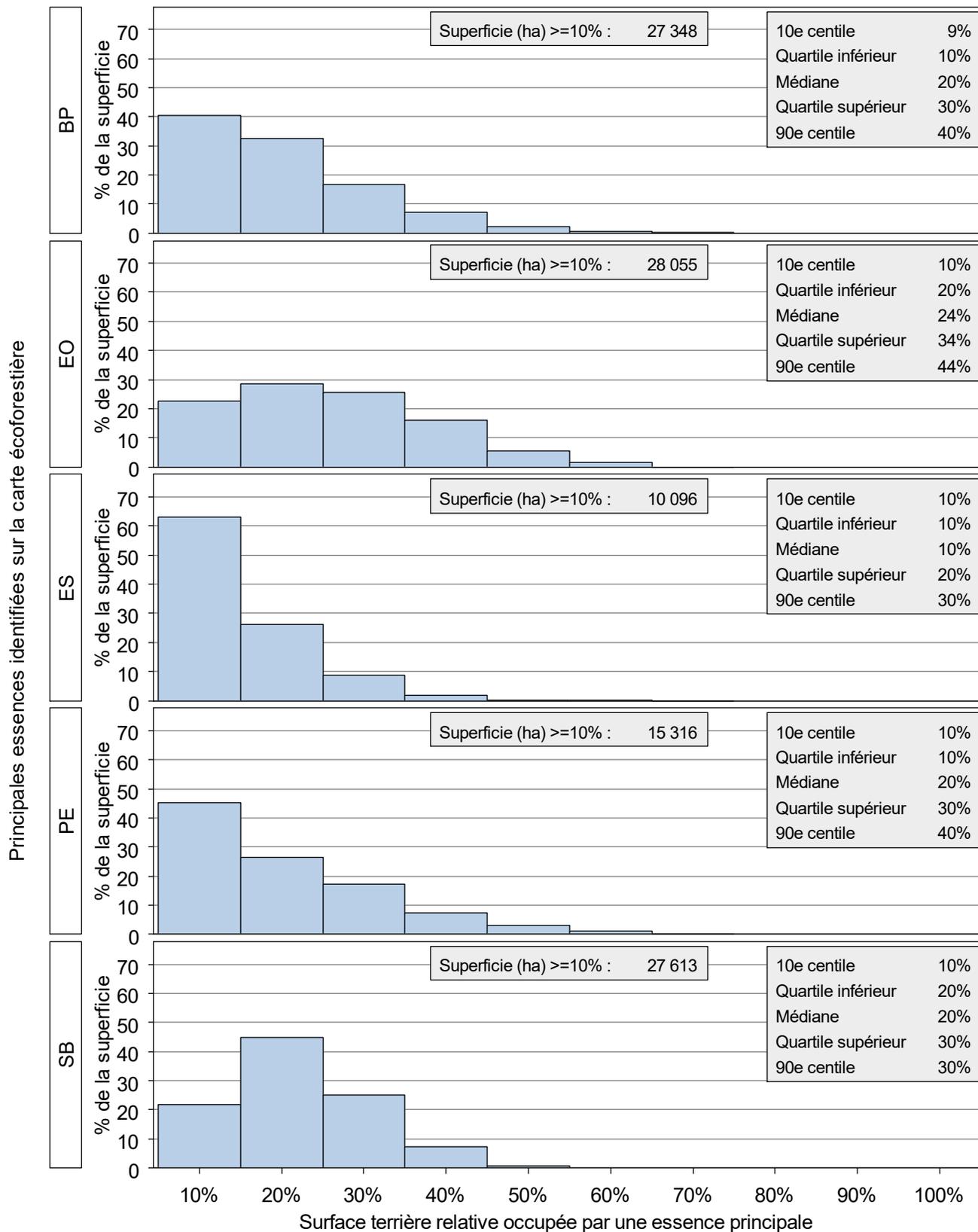
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 91 936 ha



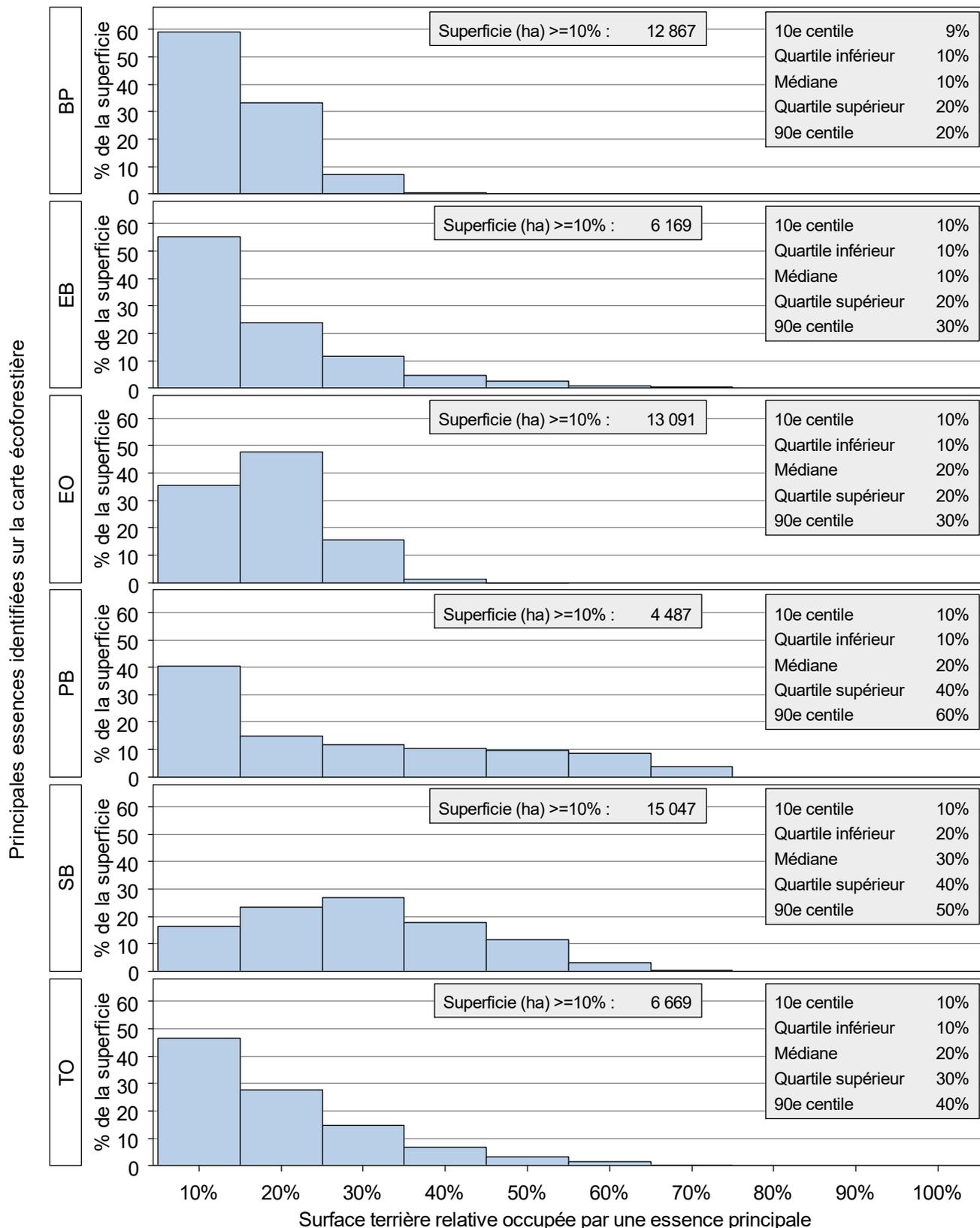
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 35 085 ha



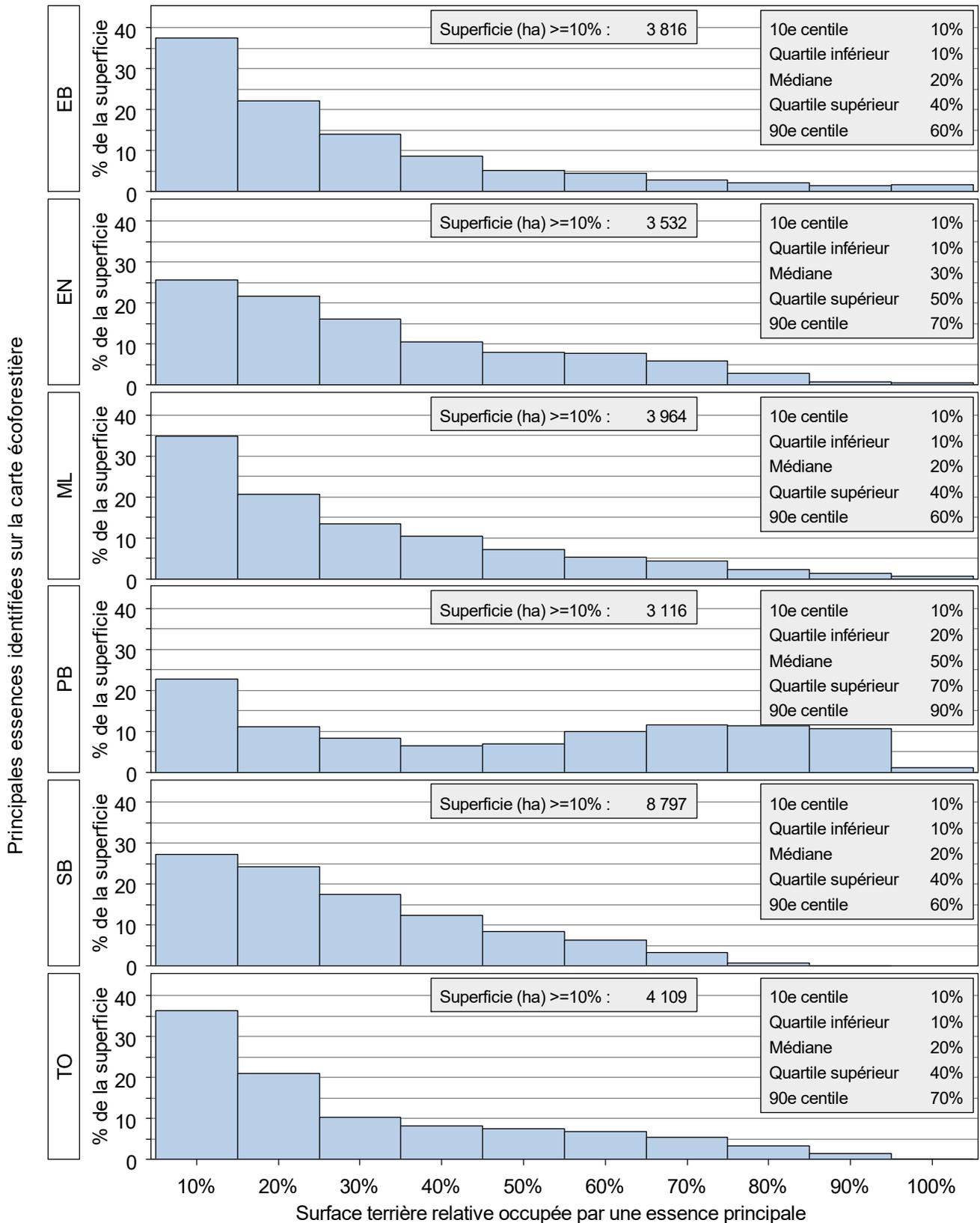
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 17 946 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 13 088 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)
Feuillu	naturelle	Feuillu	91 832	58%
	plantation	Feuillu	105	0%
			91 936	58%
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	34 983	22%
	plantation	Mixte à dominance feuillue	102	0%
			35 085	22%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	17 692	11%
	plantation	Mixte à dominance résineuse	255	0%
			17 946	11%
Résineux	naturelle	Résineux	11 366	7%
	plantation	Résineux	1 722	1%
			13 088	8%

* 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, 7 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 en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)						
Nom du groupe synthèse		BJ	BP	EO	ES	HG	PE	SE
EO40BP10ES10PE10	10e	0	0	30	0	0	0	0
	90e	12	30	64	24	10	20	10
ES40EO20HG10BP10BJ10	10e	0	0	0	10	0	0	0
	90e	20	20	30	74	30	10	10
PE30BP20EO10ES10SE10	10e	0	0	0	0	0	0	0
	90e	10	60	24	20	2	70	20

* Note: La variable d'analyse 'SE' 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 en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)									
Nom du groupe synthèse		BJ	BP	EB	EO	ES	PB	PE	RX	SB	TO
BP20EO10PE10SB20EB10	10e	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	90e	20	40	10	30	10	10	30	10	30	10
EO30ES10BP10SB10	10e	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0
	90e	11	10	10	50	24	20	10	10	30	20

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

Regroupement des essences	Centile en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)									
Nom du groupe synthèse		BP	EB	EO	EU	PB	PE	PU	RX	SB	TO
SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	10e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90e	20	20	30	20	30	10	20	10	50	20

* Note: La variable d'analyse 'RX' correspond à la somme des proportions de 'RX' et de 'RZ'.

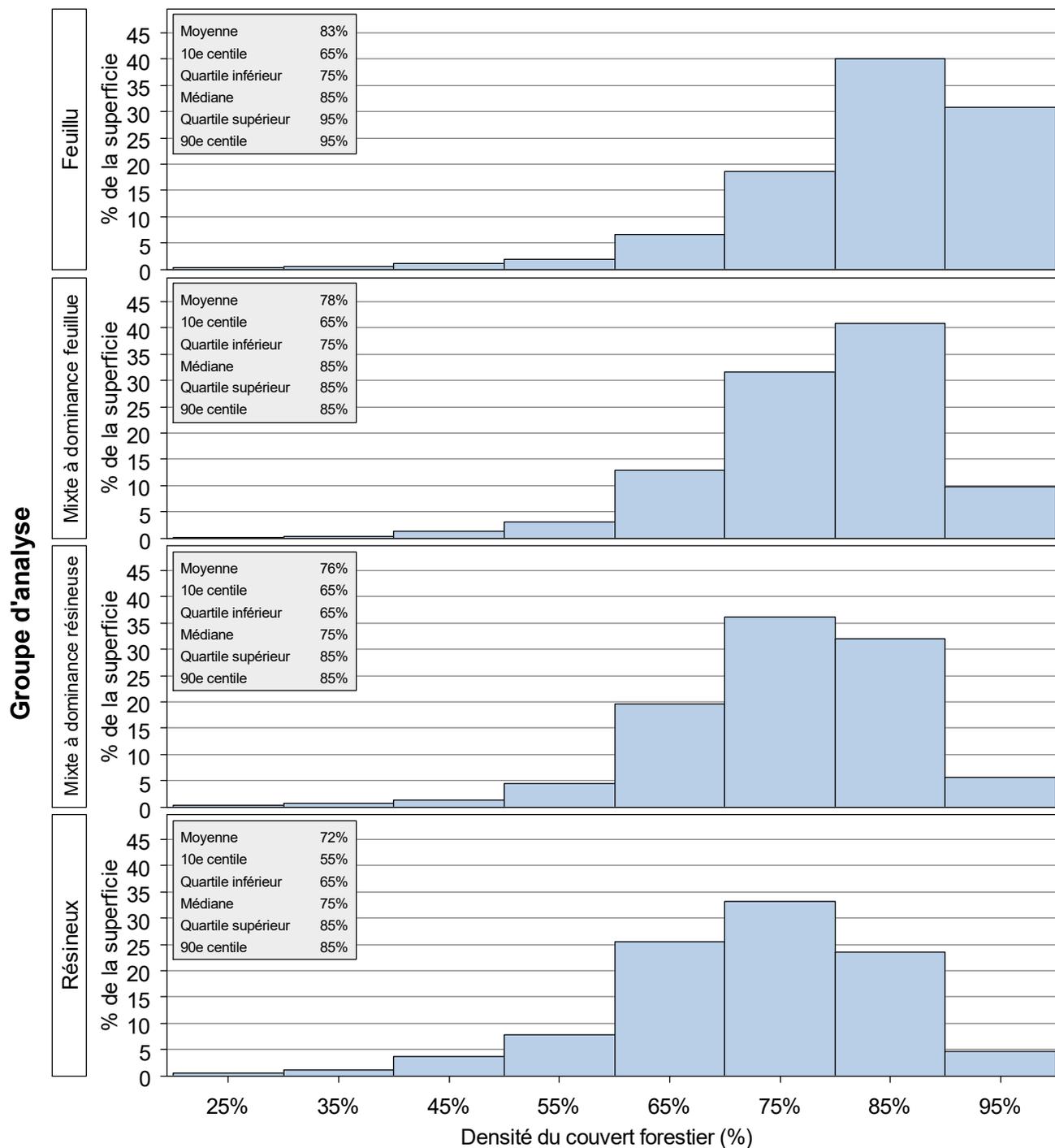
Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

Regroupement des essences	Centile en superficie	Variables d'analyse retenues (% des essences)									
Nom du groupe synthèse		BP	EB	EN	EO	EU	ML	PB	PR	RZ	SB
SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	10e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90e	10	30	30	10	20	30	60	0	0	50

4. Densité et hauteur des peuplements

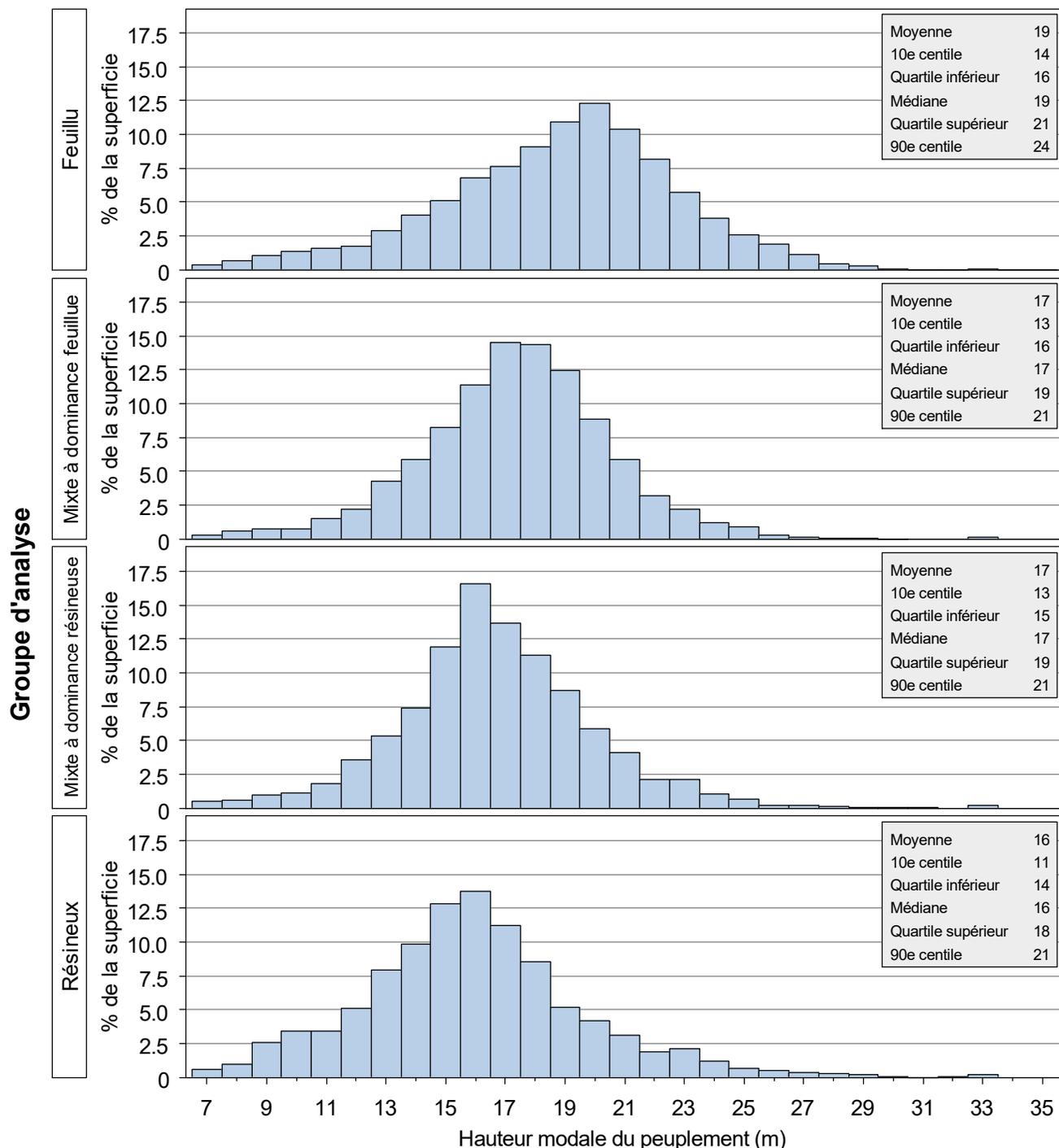
4.1 Portrait de la densité des peuplements

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 7 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 7 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 22 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	EO40BP10ES10PE10	F EO40BP10ES10PE10	65 16	25	75	7	18
		F EO40BP10ES10PE10	65 21	25	75	19	30
		F EO40BP10ES10PE10	90 16	85	95	7	18
		F EO40BP10ES10PE10	90 21	85	95	19	33
	ES40EO20HG10BP10BJ10	F ES40EO20HG10BP10BJ10	70 16	25	75	7	20
		F ES40EO20HG10BP10BJ10	70 22	25	75	20	34
		F ES40EO20HG10BP10BJ10	90 16	85	95	7	20
		F ES40EO20HG10BP10BJ10	90 22	85	95	20	33
	PE30BP20EO10ES10SE10	F PE30BP20EO10ES10SE10	70 14	25	75	7	18
		F PE30BP20EO10ES10SE10	70 21	25	75	18	33
		F PE30BP20EO10ES10SE10	90 14	85	95	7	18
		F PE30BP20EO10ES10SE10	90 21	85	95	18	35
MF	BP20EO10PE10SB20EB10	MF BP20EO10PE10SB20EB10	75 14	25	95	7	17
		MF BP20EO10PE10SB20EB10	75 19	25	95	17	33
	EO30ES10BP10SB10	MF EO30ES10BP10SB10	80 15	25	95	7	18
		MF EO30ES10BP10SB10	80 20	25	95	18	33
MR	SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	MR SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	75 14	25	95	7	17
		MR SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	75 19	35	95	17	33
R	SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	60 13	25	65	7	16
		R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	60 19	25	65	16	27
		R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	80 13	75	95	7	15
		R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	80 19	75	95	16	33

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 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 A141 sont les suivantes :

EO, ES, BP, SB, PE

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 :

EN, FX, SE, FR, RZ, EA, PR, PG, FO, PI, TA, FZ, EV, PA, PH, PL, OR, PS, CG, MH

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

HG, BJ, PB, TO, EB, ER, CR, BG, PU, EU, ML

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 (438 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)	11	3	1	0	14
	BJ	Bouleau jaune	20	7	1	0	28
	BP	Bouleau blanc (à papier)	56	36	11	0	103
	CG	Chêne à gros fruits	0	0	0	0	0
	CR	Chêne rouge	13	2	0	0	15
	EA	Érable argenté	3	0	0	0	3
	EO	Érable rouge	113	49	19	2	183
	ER	Érables	14	3	1	0	18
	ES	Érable à sucre	115	8	0	0	123
	FN	Feuillus non commerciaux	3	0	0	0	3
	FO	Frêne noir	1	1	0	0	2
	FR	Frênes	5	0	0	0	5
	FX	Feuillus indéterminés	0	0	0	0	0
	FZ	Feuillus plantés indéterminés	0	0	0	0	0
	HG	Hêtre à grandes feuilles	33	1	0	0	33
	OR	Ormes	0	0	0	0	0
	PA	Peuplier baumier	0	0	0	0	0
	PE	Peupliers	52	19	4	0	75
	PH	Peuplier hybride	0	0	0	0	0
	PL	Peuplier à feuilles deltoïdes	0	0	0	0	0
TA	Tilleul d'Amérique	0	0	0	0	0	
Résineuse	EB	Épinette blanche	0	6	6	5	18
	EN	Épinette noire	0	0	2	6	8
	EU	Épinette rouge	0	3	6	4	13
	EV	Épinette de Norvège	0	0	0	0	0
	ML	Mélèze laricin	0	1	2	6	9
	PB	Pin blanc	1	7	6	6	19
	PG	Pin gris	0	0	1	2	3
	PI	Pins	0	0	0	0	1
	PR	Pin rouge	0	0	1	2	3
	PS	Pin sylvestre	0	0	0	0	0

Essence			Nombre de placettes par groupe d'analyse				
Type	Code	Nom descriptif	F	MF	MR	R	Tous
Résineuse	PU	Pruche de l'Est	2	7	5	1	15
	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	0	2	2
	SB	Sapin baumier	9	49	29	15	101
	SE	Sapin et épinette blanche	1	2	0	0	3
	TO	Thuya occidental	0	6	8	6	21

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 juge 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 (Fe=438 ha/PE)
	Type	Nom	
14.22	R	SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	30
13.34	MR	SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	41
11.63	MF	EO30ES10BP10SB10	33
11.18	MF	BP20EO10PE10SB20EB10	47
7.93	F	EO40BP10ES10PE10	56
7.81	F	ES40EO20HG10BP10BJ10	107
7.75	F	PE30BP20EO10ES10SE10	46

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%	439	F EO40BP10ES10PE10	24 496	15,5%	56	56	0
			F PE30BP20EO10ES10SE10	20 261	12,8%	46	46	0
			MF BP20EO10PE10SB20EB10	20 639	13,1%	47	47	0
			MR SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	17 946	11,4%	41	41	0
				83 341	52,7%	190	190	0
Diminuée	-15%	516	F ES40EO20HG10BP10BJ10	47 180	29,9%	107	91	-16
				47 180	29,9%	107	91	-16
Augmentée	+25%	351	MF EO30ES10BP10SB10	14 446	9,1%	33	41	8
			R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	13 088	8,3%	30	37	7
				27 534	17,4%	63	78	16

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, 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 n	PEP n	PE cumulée		Facteur d'expansion ha / PE
		Strate (ha)	Cumulée (%)			n	%	
Nom								
F ES40EO20HG10BP10BJ10	90 22	17 449	11,0%	21	7	28	7,8%	623
F ES40EO20HG10BP10BJ10	90 16	17 112	21,9%	17	11	56	15,6%	611
MF BP20EO10PE10SB20EB10	75 19	12 689	29,9%	16	8	80	22,2%	529
MR SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	75 19	9 023	35,6%	17	3	100	27,8%	451
MR SB20TO10PB10EB10EU10EO10BP10	75 14	8 923	41,2%	18	3	121	33,6%	425
F EO40BP10ES10PE10	90 21	8 706	46,8%	13	6	140	38,9%	458
MF EO30ES10BP10SB10	80 20	7 989	51,8%	23	1	164	45,6%	333
MF BP20EO10PE10SB20EB10	75 14	7 950	56,8%	12	5	181	50,3%	468
F ES40EO20HG10BP10BJ10	70 22	7 795	61,8%	15	2	198	55,0%	459
F PE30BP20EO10ES10SE10	90 21	7 589	66,6%	12	3	213	59,2%	506
F EO40BP10ES10PE10	90 16	7 384	71,2%	13	4	230	63,9%	434
F PE30BP20EO10ES10SE10	90 14	6 835	75,6%	11	5	246	68,3%	427
MF EO30ES10BP10SB10	80 15	6 457	79,7%	17	3	266	73,9%	323
R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	80 19	4 962	82,8%	11	2	279	77,5%	382
F ES40EO20HG10BP10BJ10	70 16	4 824	85,8%	10	1	290	80,6%	439

Strate d'échantillonnage		Superficie		PET	PEP	PE cumulée		Facteur d'expansion
Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	n	%	ha / PE
F EO40BP10ES10PE10	65 21	4 488	88,7%	9	1	300	83,3%	449
F EO40BP10ES10PE10	65 16	3 918	91,2%	9	1	310	86,1%	392
F PE30BP20EO10ES10SE10	70 21	3 752	93,5%	7	3	320	88,9%	375
R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	80 13	3 079	95,5%	11	1	332	92,2%	257
R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	60 13	3 021	97,4%	9	1	342	95,0%	302
F PE30BP20EO10ES10SE10	70 14	2 085	98,7%	7	1	350	97,2%	261
R SB20PB10TO10ML10EN10EB10EU10RZ10	60 19	2 027	100,0%	10	0	360	100,0%	203

Dans l'unité de sondage A141, 288 placettes-échantillons temporaires seront établies et 72 placettes-échantillons permanentes déjà présentes sur le territoire de l'unité de sondage seront disponibles 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 (2022). 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. 130 pages. Accessible en ligne à l'adresse : <https://mffp.gouv.qc.ca/nos-publications/cartographie-5e-inventaire-methodes-donnees-associees/>

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.