



Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 05SE

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 978-2-550-95080-6 (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 05SE, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction des inventaires forestiers, 32 p.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction : Description générale des processus liés à l'inventaire

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

INTRODUCTION

Le présent rapport présente les données, l'analyse et les méthodes qui ont conduit à la définition des strates d'échantillonnage et à l'allocation des placettes-échantillons temporaires (PET) de l'unité de sondage (US) 05SE 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 05SE

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 05SE

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)	23 655
Nombre total de PET à implanter	684
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PET : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PET)	35
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 10 PET)	346
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 25 PET)	865

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	%
05SE	Oui	01	Unité d'aménagement (UA)	36 313	2,7%
		10	Érabièrre acéricole (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	1 100	0,1%
	Non	01	Unité d'aménagement (UA)	5 224	0,4%
		02	Territoire forestier résiduel (TFR) libre de droit au sud de la limite nordique	1 117	0,1%
		06	Forêt d'expérimentation sur unité d'aménagement (UA)	11	0,0%
		10	Érabièrre acéricole (production mixte) sur unité d'aménagement (UA)	369	0,0%
		13	Territoire forestier résiduel (TFR) avec Entente de délégation (ED)	5 621	0,4%
		15	Écosystème forestier exceptionnel (EFE) désigné sur forêt publique	164	0,0%
		20	Petite propriété privée	1 114 905	82,7%
		22	Grande propriété privée	129 288	9,6%
		27	Concession minière privée	88	0,0%
		40	Parc national québécois ou Projet de parc (Aire protégée)	21 505	1,6%
		50	Réserve écologique	1 244	0,1%
		51	Terrain attribué au MDDELCC	5 370	0,4%
		52	Eaux (lacs importants et réservoir)	19 259	1,4%
		54	Réserve de biodiversité	108	0,0%
		55	Refuge biologique en projet (exclu de la production forestière)	320	0,0%
		59	Refuge biologique désigné	616	0,0%
		60	Terrain attribué aux autres Ministères et Organismes publics (Hydro, MTQ, MCC, etc)	1 205	0,1%
		65	Forêt d'expérimentation (FE) - Source de semences	20	0,0%
66	Forêt d'expérimentation	538	0,0%		
80	Érabièrre acéricole en territoire forestier résiduel (TFR)	3 857	0,3%		
92	Autre terrain fédéral	641	0,0%		
				1 348 882	100,0%

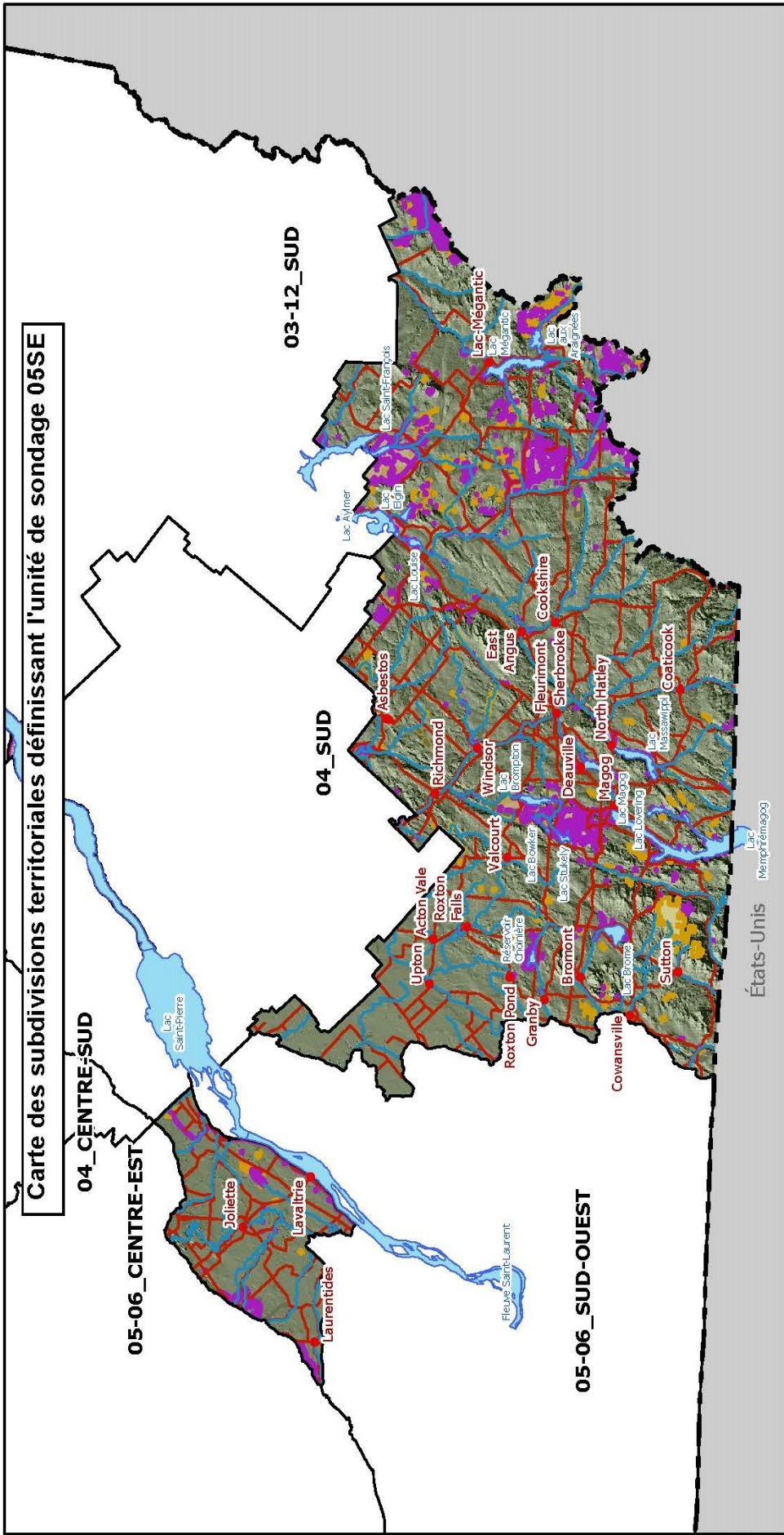
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

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	23 655	57,7%
Oui		23 655	57,7%
Non	Étendue d'eau	400	1,0%
	Terrain à vocation non forestière	25	0,1%
	Terrain forestier improductif	797	1,9%
	Terrain forestier avec pente «F» ou inaccessible	678	1,7%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	1 777	4,3%
	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur	13 682	33,4%
Non		17 359	42,3%
		41 014	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage 05SE



Territoire sondé

-  Unité de sondage 05SE
-  Territoire non sondé
-  Mode de gestion
-  Usage forestier
-  Zone d'application des modalités d'intervention



Territoire non sondé et non cartographié




Hydrographie surfacique

Hydrographie linéaire

Réseau routier

Limite des unités de planification écologique

Frontières

-  Frontière internationale
-  Frontière interprovinciale
-  Frontière Québec—Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

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

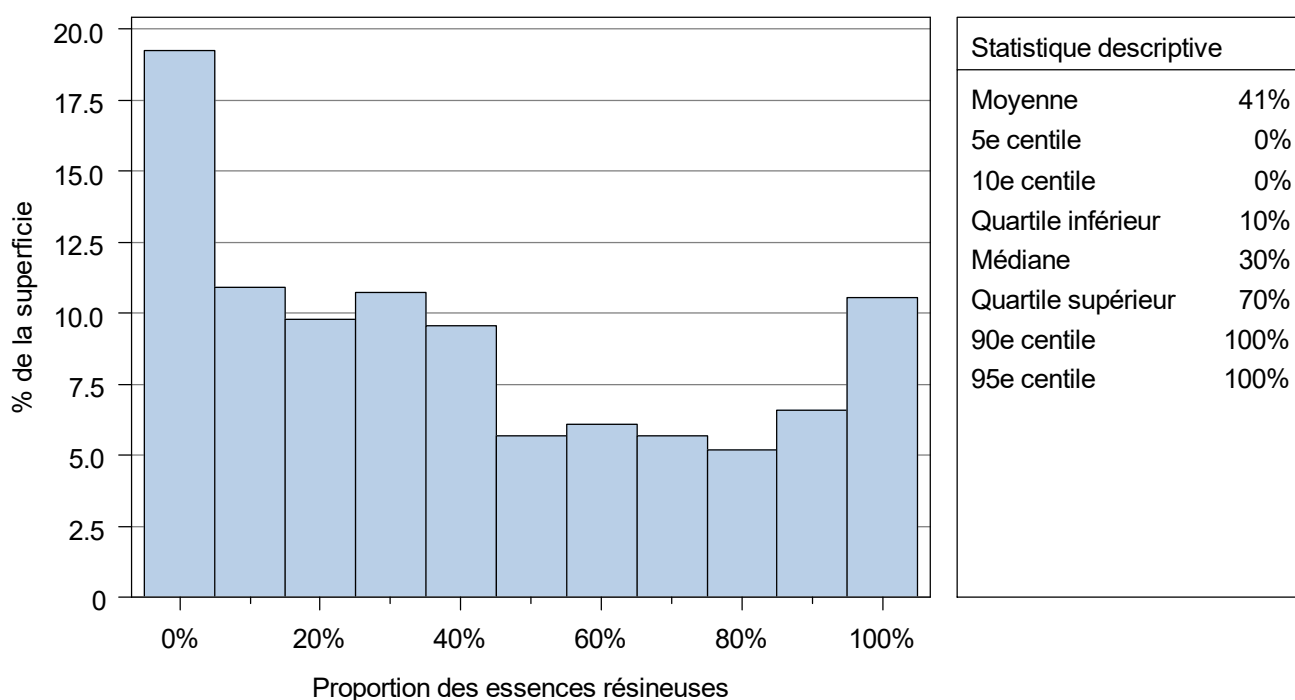
2.1 Types de couvert

Les types de couvert sont définis en fonction de la proportion des essences résineuses identifiées sur la carte écoforestière. Le tableau qui suit présente leur superficie et leur importance relative.

Type de couvert		Proportion des essences résineuses		Superficie	
Code	Nom	min	max	(ha)	(%)
F	Feuille	0%	22%	9 444	40%
MF	Mixte à dominance feuillue	26%	50%	6 148	26%
MR	Mixte à dominance résineuse	60%	72%	2 782	12%
R	Résineux	76%	100%	5 282	22%
		0%	100%	23 655	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.

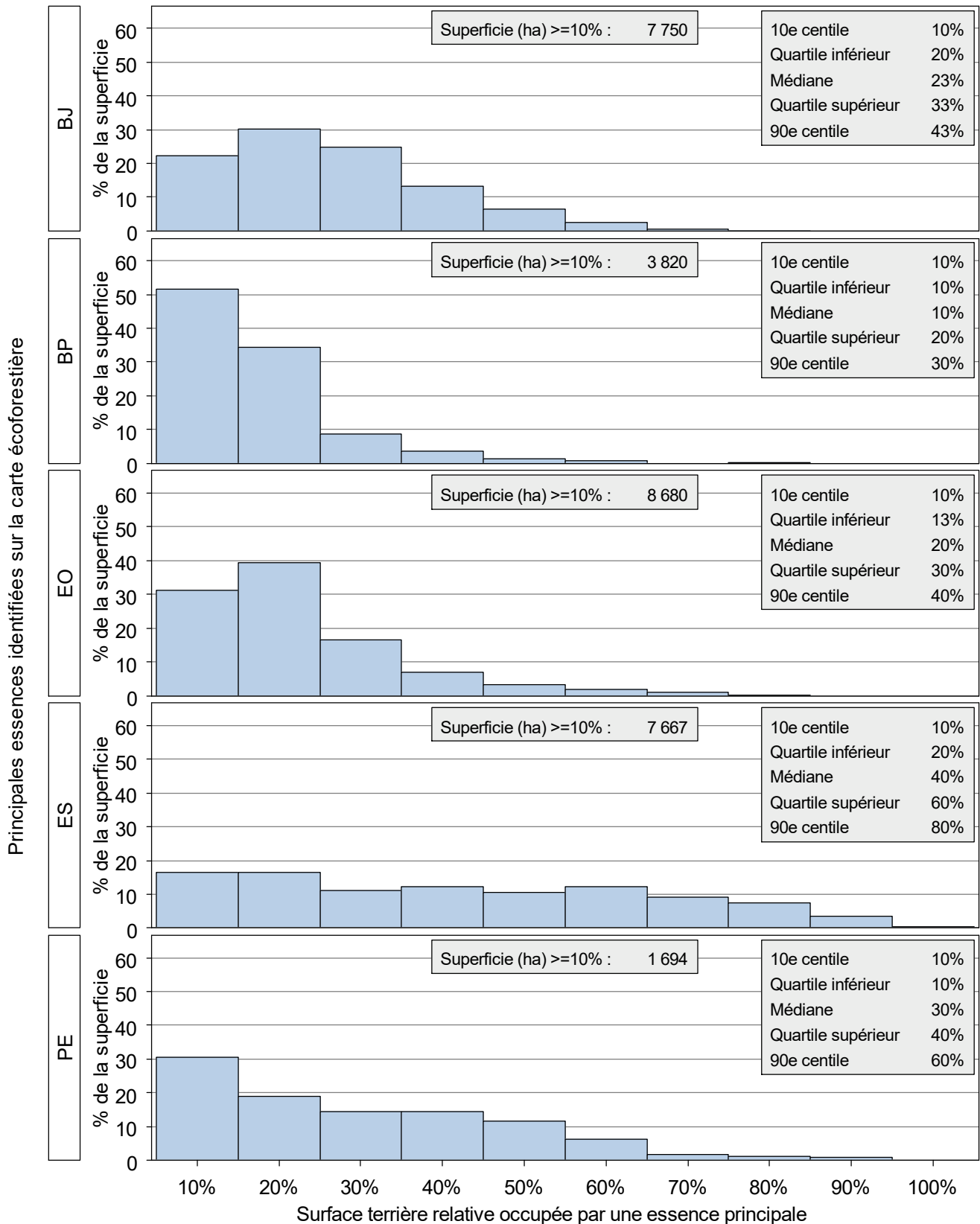
Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BG	Bouleau gris (à feuilles de peuplier)	0,21%	0,17%	0,10%	0,00%	0,14%
	BJ	Bouleau jaune	22,16%	17,17%	5,79%	0,39%	14,08%
	BP	Bouleau blanc (à papier)	6,95%	15,36%	13,61%	4,22%	9,31%
	EO	Érable rouge	21,00%	18,33%	8,77%	0,94%	14,39%
	ER	Érables	0,01%	0,24%	0,19%	0,02%	0,10%
	ES	Érable à sucre	35,05%	3,40%	0,51%	0,07%	14,95%
	FN	Feuillus non commerciaux	0,24%	0,41%	0,18%	0,08%	0,24%
	FO	Frêne noir	0,18%	0,16%	0,23%	0,08%	0,16%
	FR	Frênes	0,16%	0,04%	0,08%	0,00%	0,09%
	FX	Feuillus indéterminés	0,36%	0,32%	0,97%	0,95%	0,55%
	HG	Hêtre à grandes feuilles	0,76%	0,13%	0,00%	0,00%	0,34%
	PA	Peuplier baumier	0,00%	0,02%	0,03%	0,00%	0,01%
	PE	Peupliers	5,31%	6,23%	4,69%	0,87%	4,48%
			92,38%	61,97%	35,16%	7,62%	58,82%
Résineuse	EB	Épinette blanche	0,29%	3,28%	5,81%	6,94%	3,20%
	EN	Épinette noire	0,09%	1,25%	4,46%	22,65%	5,94%
	EU	Épinette rouge	1,72%	10,30%	14,64%	11,12%	7,57%
	EV	Épinette de Norvège	0,00%	0,03%	0,34%	1,11%	0,30%
	ML	Mélèze laricin	0,00%	0,07%	0,34%	4,21%	1,00%
	PB	Pin blanc	0,00%	0,03%	0,18%	0,74%	0,19%
	PR	Pin rouge	0,00%	0,00%	0,02%	0,15%	0,04%
	PU	Pruche de l'Est	0,05%	0,12%	0,10%	0,04%	0,07%
	RX	Résineux indéterminés	1,34%	1,81%	1,10%	1,19%	1,40%
	RZ	Résineux planté indéterminé	0,00%	0,02%	0,00%	0,04%	0,01%
	SB	Sapin baumier	3,05%	17,95%	30,96%	36,22%	17,61%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,83%	0,52%	0,11%	0,08%	0,50%
	TO	Thuya occidental	0,24%	2,66%	6,80%	7,89%	3,35%
			7,62%	38,03%	64,84%	92,38%	41,18%
			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.

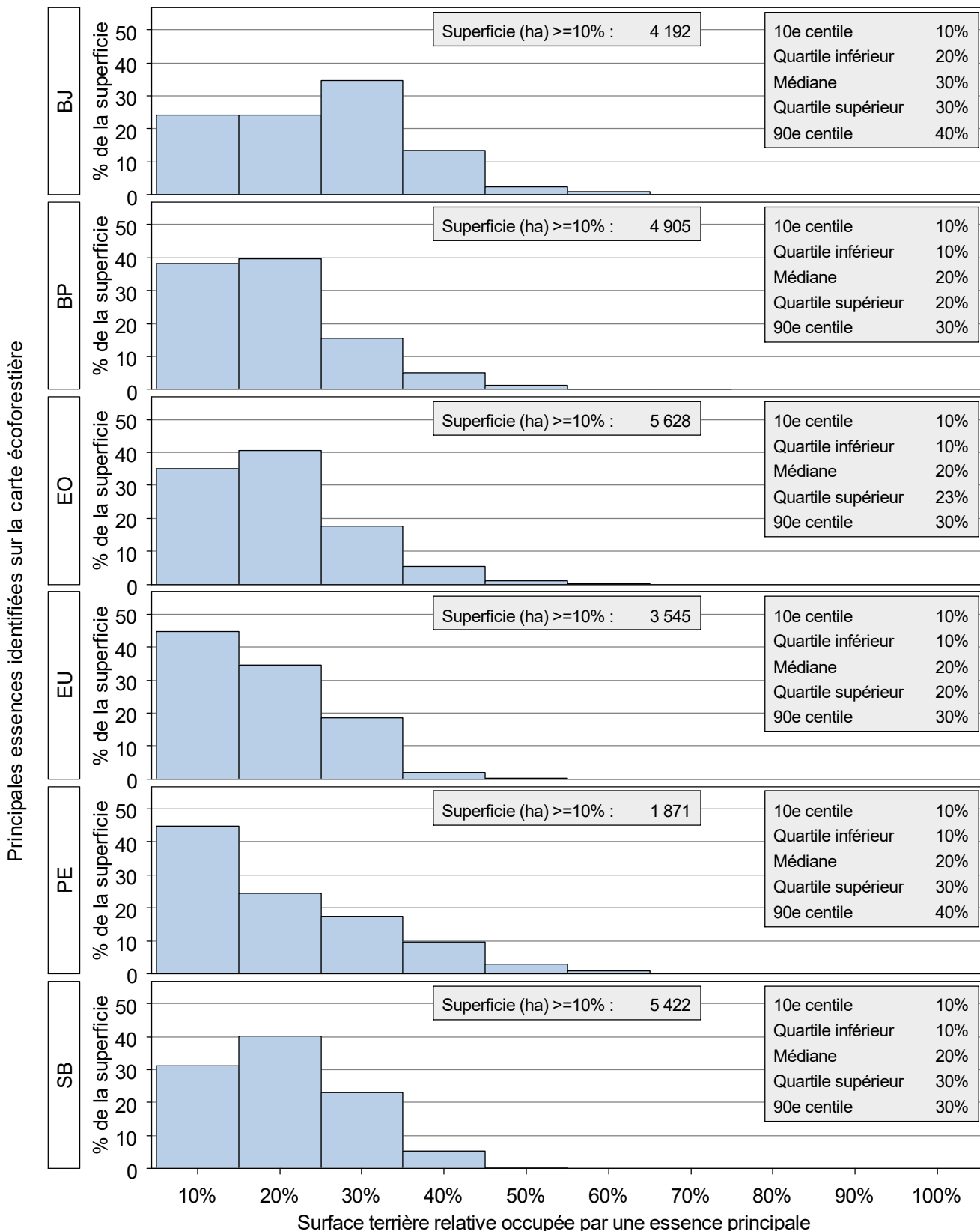
Type de couvert : Feuillu

Superficie totale du type de couvert : 9 444 ha



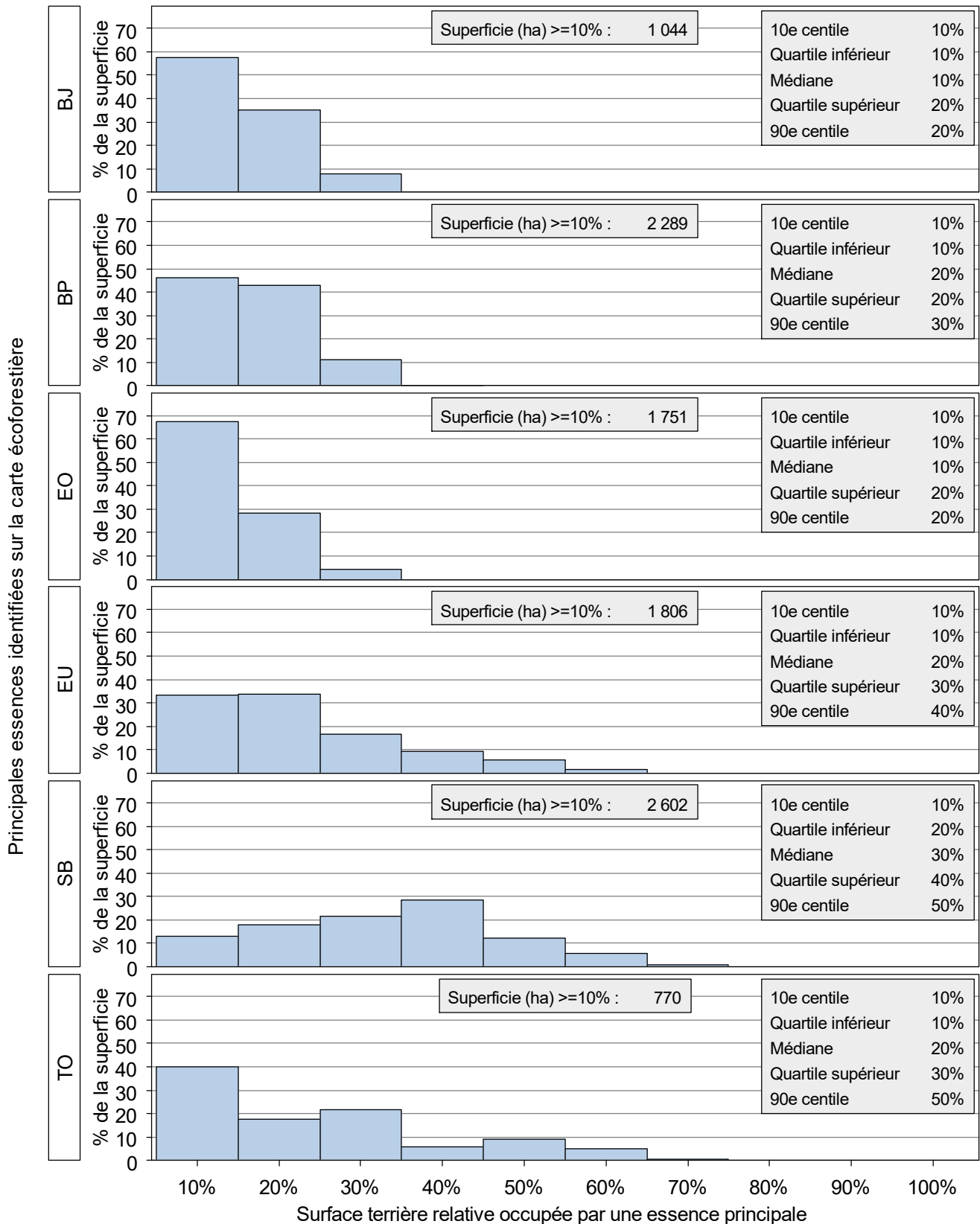
Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Superficie totale du type de couvert : 6 148 ha



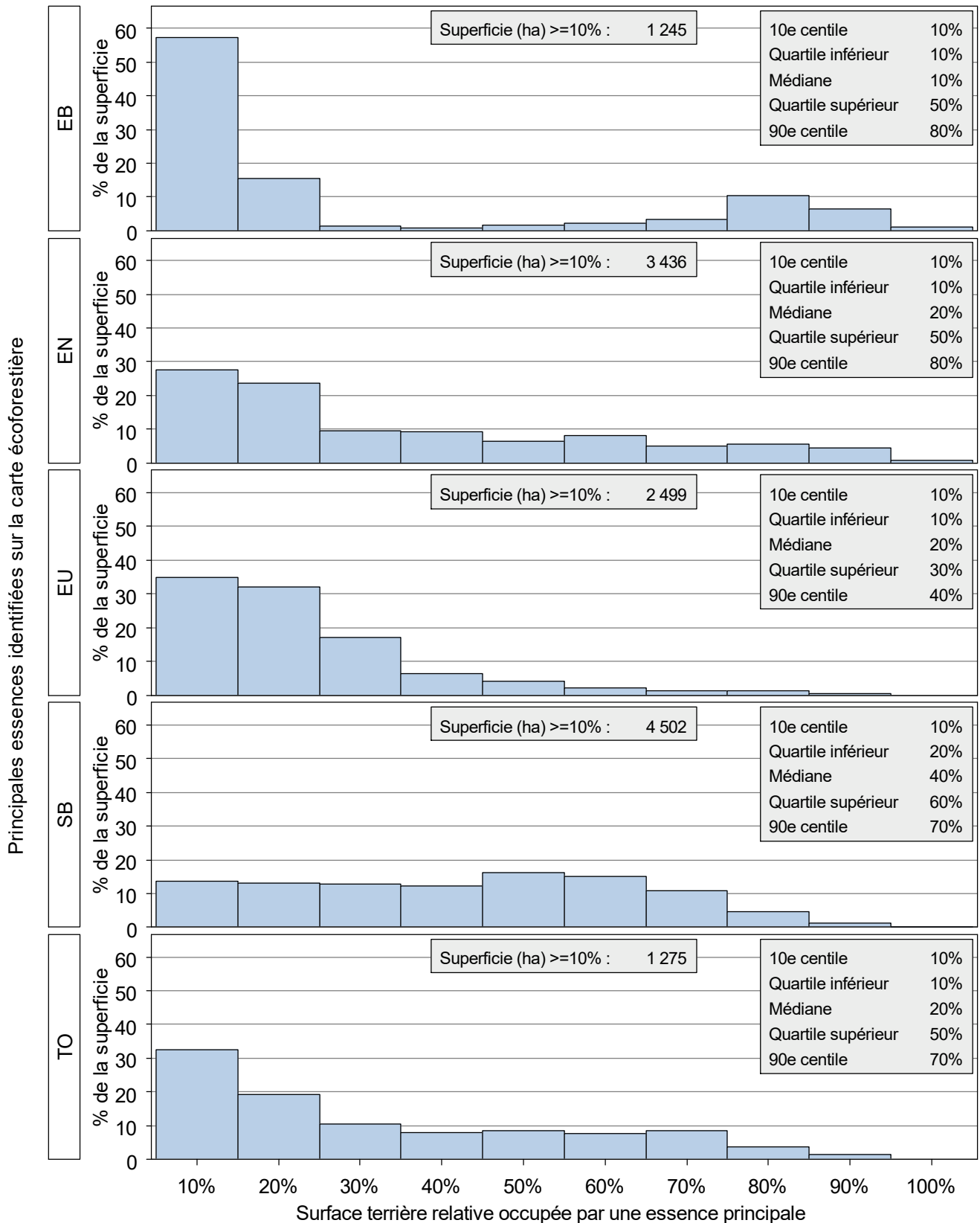
Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

Superficie totale du type de couvert : 2 782 ha



Type de couvert : Résineux

Superficie totale du type de couvert : 5 282 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)
Feuille	naturelle	Feuille	9 440	40%
			9 440	40%
Mixte à dominance feuillue	naturelle	Mixte à dominance feuillue	6 077	26%
			6 077	26%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	2 618	11%
			2 618	11%
Plantation	plantation	Feuille	3	0%
		Mixte à dominance feuillue	70	0%
		Mixte à dominance résineuse	164	1%
		Résineux	559	2%
			797	3%
Résineux	naturelle	Résineux	4 723	20%
			4 723	20%

* 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, 15 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	PE	SB
BJ50EO20ES20BP10	10e	40	0	10	0	0	0
	90e	60	20	30	30	0	10
EO40BJ20BP10ES10SB10	10e	0	0	20	0	0	0
	90e	30	40	60	24	10	20
ES50BJ20EO20	10e	10	0	10	30	0	0
	90e	33	10	30	64	0	0
ES80EO10BJ10	10e	0	0	3	70	0	0
	90e	13	0	20	94	0	0
PE40EO20BP20SB10	10e	0	0	10	0	20	0
	90e	10	20	33	4	60	20

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

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)							
Nom du groupe synthèse	en superficie	BJ	BP	EB	EO	ES	EU	PE	SB
BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	10e	20	0	0	10	0	0	0	10
	90e	40	20	10	30	24	20	0	30
BJ30EO20BP10EU20SB10	10e	20	0	0	10	0	10	0	0
	90e	40	20	10	30	10	30	0	10
EO20BP20BJ10SB20EU10	10e	0	10	0	10	0	0	0	10
	90e	10	40	10	40	4	20	10	40
PE30BP20EO10SB20	10e	0	10	0	0	0	0	10	10
	90e	10	30	10	30	0	10	40	30

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

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)								
Nom du groupe synthèse	en superficie	BJ	BP	EB	EN	EO	EU	PE	SB	TO
EU20TO20SB20BP10EO10BJ10	10e	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90e	20	20	10	10	20	50	10	40	50
SB40EU10EB10BP10EO10PE10	10e	0	0	0	0	0	0	0	30	0
	90e	20	30	20	20	20	20	20	50	10

Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)					
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EN	EU	ML	SB	TO
EN60ML10SB10	10e	0	40	0	0	0	0
	90e	0	90	20	30	30	10
SB50EU20EN10BP10	10e	0	0	0	0	30	0
	90e	18	30	40	10	70	20
TO60EN20SB10	10e	0	0	0	0	0	30
	90e	10	40	10	10	20	80

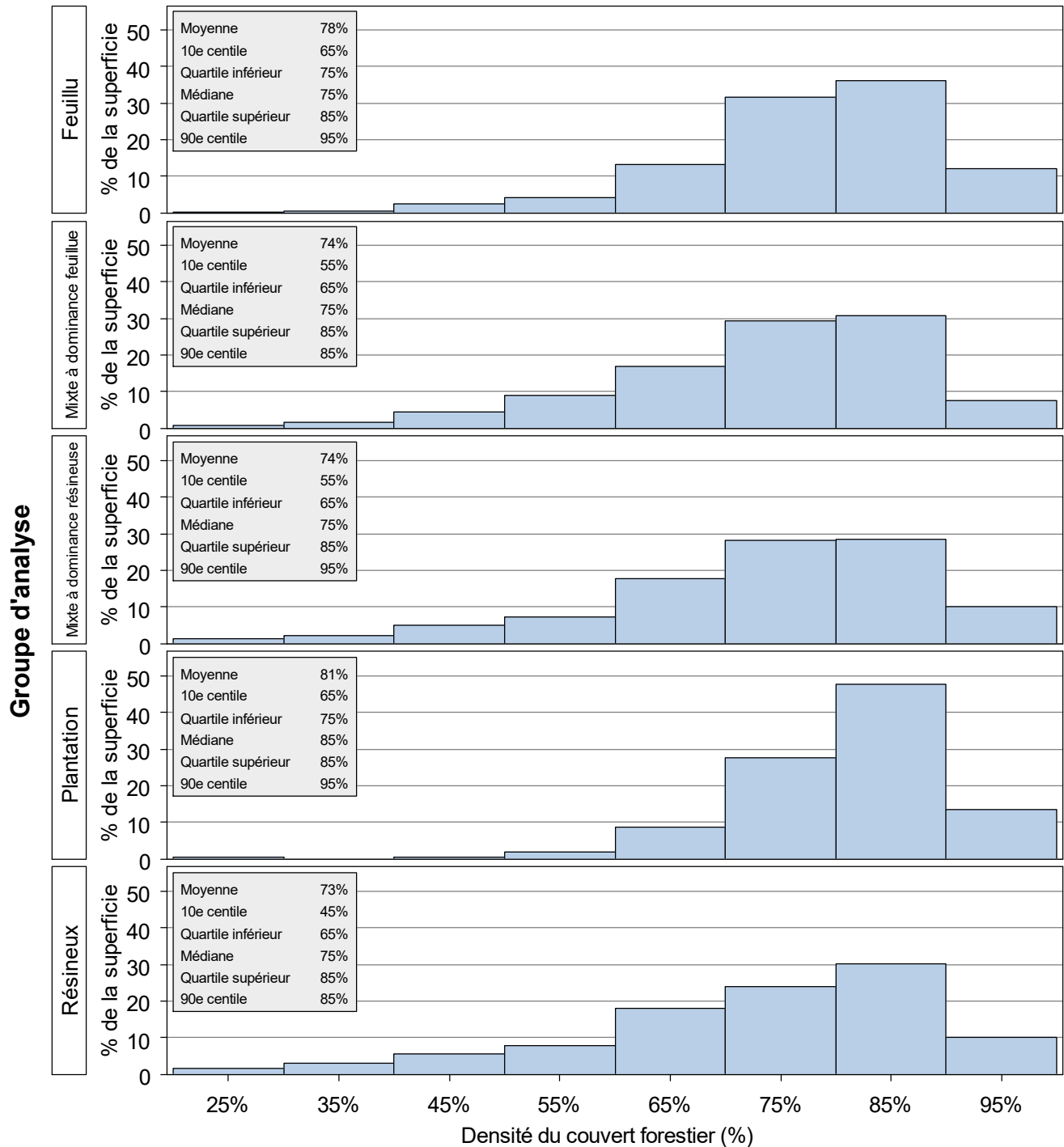
Groupes définis dans le cas des plantations

Regroupement des essences	Centile	Variables d'analyse retenues (% des essences)					
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	EB	EN	EV	PE	SB
EB40SB20EN10EV10BP10PE10	10e	0	0	0	0	0	0
	90e	20	90	60	40	20	50

4. Densité et hauteur des peuplements

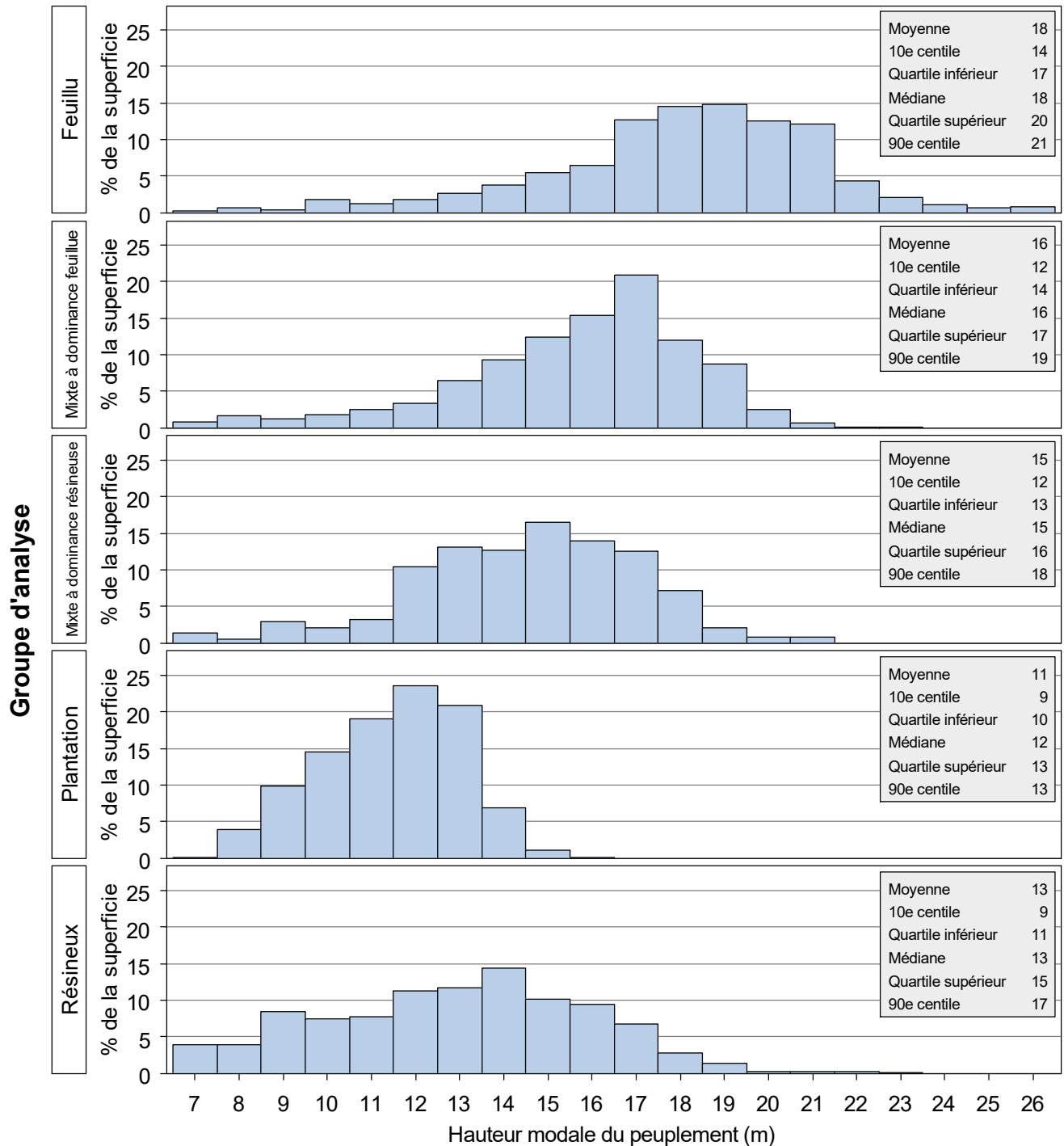
4.1 Portrait de la densité des peuplements

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 15 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 12 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 32 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	BJ50EO20ES20BP10	F BJ50EO20ES20BP10	60 18	35	65	12	21
		F BJ50EO20ES20BP10	80 18	75	95	13	22
	EO40BJ20BP10ES10SB10	F EO40BJ20BP10ES10SB10	60 18	35	65	17	22
		F EO40BJ20BP10ES10SB10	80 14	35	95	7	16
		F EO40BJ20BP10ES10SB10	80 18	75	95	17	22
	ES50BJ20EO20	F ES50BJ20EO20	70 17	25	75	12	18
		F ES50BJ20EO20	70 20	45	75	19	24
		F ES50BJ20EO20	85 17	85	95	8	18
		F ES50BJ20EO20	85 20	85	95	19	24
	ES80EO10BJ10	F ES80EO10BJ10	75 21	45	75	15	26
		F ES80EO10BJ10	85 21	85	95	15	26
	PE40EO20BP20SB10	F PE40EO20BP20SB10	80 11	45	95	7	13
F PE40EO20BP20SB10		80 17	25	95	14	25	
MF	BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	MF BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	60 16	35	65	9	20
		MF BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	80 16	75	95	7	21
	BJ30EO20BP10EU20SB10	MF BJ30EO20BP10EU20SB10	70 15	25	95	12	16
		MF BJ30EO20BP10EU20SB10	70 18	25	85	17	21
	EO20BP20BJ10SB20EU10	MF EO20BP20BJ10SB20EU10	75 12	25	95	7	14
		MF EO20BP20BJ10SB20EU10	75 16	35	95	15	19
PE30BP20EO10SB20	MF PE30BP20EO10SB20	75 14	25	95	7	23	
MR	EU20TO20SB20BP10EO10BJ10	MR EU20TO20SB20BP10EO10BJ10	70 13	25	95	7	15
		MR EU20TO20SB20BP10EO10BJ10	70 17	25	95	16	21
	SB40EU10EB10BP10EO10PE10	MR SB40EU10EB10BP10EO10PE10	75 12	25	95	7	13
		MR SB40EU10EB10BP10EO10PE10	75 16	35	95	14	19
PL	EB40SB20EN10EV10BP10PE10	PL EB40SB20EN10EV10BP10PE10	80 11	25	95	7	16

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	Nom		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN60ML10SB10	R EN60ML10SB10	65 15	25	95	13	21
		R EN60ML10SB10	65 9	25	95	7	12
	SB50EU20EN10BP10	R SB50EU20EN10BP10	55 10	25	65	7	12
		R SB50EU20EN10BP10	55 15	25	65	13	20
		R SB50EU20EN10BP10	85 10	75	95	7	12
		R SB50EU20EN10BP10	85 15	75	95	13	23
	TO60EN20SB10	R TO60EN20SB10	70 14	25	95	8	18

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

6.1 Méthode et analyse

La méthode de compilation forestière qui sera utilisée dans la production des estimations de variables dendrométriques par essence à l'échelle des strates, des peuplements ou des forels est telle qu'elle exige un minimum d'observations des essences pour qu'on puisse être en mesure de les estimer. À l'opposé, au-delà d'un certain seuil, il n'est probablement pas utile d'établir l'échantillonnage de façon strictement proportionnelle à la superficie des peuplements monospécifiques, composés d'une combinaison d'essences très fréquente ou occupant une très grande superficie. Par conséquent, les spécificités de chaque groupe synthèse de la composition en essences des peuplements de même que le nombre de placettes qui leur est alloué selon l'hypothèse initiale dictent la pertinence de maintenir ou non une allocation strictement proportionnelle aux superficies. Les éléments à analyser pour ensuite préciser les ajustements de l'allocation aux groupes synthèses des essences sont les suivants :

- 1) L'importance relative des essences (section 2.2) et le nombre de placettes prévu par essence identifiée sur la carte écoforestière
- 2) Le nombre de placettes prévu par groupe synthèse de la composition en essences
- 3) La diversité des combinaisons d'essences et de leur surface terrière relative associée

Il est difficile d'établir des règles absolues qui dicteraient de façon objective les ajustements à appliquer car ceux-ci dépendent de la diversité des éléments à considérer propre à chaque projet. Quelques constats concernant chacun des éléments d'analyse considérés peuvent néanmoins être soulevés.

1) Le tableau de l'importance relative des essences (section 2.2) permet d'identifier grossièrement les essences pour lesquelles on vise des estimations. Les essences principales présentant une importance relative supérieure à toutes les autres essences dans l'unité de sondage 05SE sont les suivantes :

SB, ES, EO, BJ, BP, EU, EN

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 :

ML, FX, SE, HG, EV, PB, FO, BG, ER, FR, PU, PR, RZ, PA

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

PE, TO, EB

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 (34 ha/PET). Le tableau qui suit présente cette information. On a seulement utilisé dans le calcul les superficies où le pourcentage de l'essence est de 20 % ou plus afin de ne pas tenir compte des peuplements où l'essence n'occupe que 10 % de la surface terrière totale (essence compagne).

Essence			Nombre de placettes par groupe d'analyse				
Type	Code	Nom descriptif	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BG	Bouleau gris (à feuilles de peuplier)	2	0	0	0	2
	BJ	Bouleau jaune	174	92	13	0	279
	BP	Bouleau blanc (à papier)	53	87	36	10	186
	EO	Érable rouge	173	106	16	1	296
	ER	Érables	0	1	0	0	1
	ES	Érable à sucre	186	14	0	0	200
	FN	Feuillus non commerciaux	1	2	0	0	3
	FO	Frêne noir	1	0	0	0	1
	FR	Frênes	0	0	0	0	0
	HG	Hêtre à grandes feuilles	1	0	0	0	1
	PA	Peuplier baumier	0	0	0	0	0
	PE	Peupliers	34	30	9	1	74
Résineuse	EB	Épinette blanche	0	11	9	16	36
	EN	Épinette noire	0	6	9	72	87
	EU	Épinette rouge	6	57	35	47	145
	EV	Épinette de Norvège	0	0	1	4	5
	ML	Mélèze laricin	0	0	1	17	18
	PB	Pin blanc	0	0	0	1	2
	PR	Pin rouge	0	0	0	1	1
	PU	Pruche de l'Est	0	0	0	0	1
	RZ	Résineux planté indéterminé	0	0	0	0	0
	SB	Sapin baumier	19	108	66	112	305
	TO	Thuya occidental	0	13	13	25	52

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

3) On jauge la diversité des groupes synthèses des essences formés en calculant un indice de diversité nommé « Indice de Shannon » (Spellerberg, 2008). Cet indice permet de tenir compte du nombre d'essences distinctes et de l'importance de chacune d'elles en proportion de la surface terrière totale, et ce, pour l'ensemble des peuplements constituant un groupe synthèse donné. L'indice, une fois transformé, permet de comparer directement les groupes synthèses entre eux et ainsi déterminer les groupes les plus variables. On emploie par la suite cet indicateur pour moduler la prescription afin d'ajouter des placettes aux groupes qui ont un faible nombre de placettes et qui ont une valeur de l'indice élevé ou, dans le cas contraire, de diminuer le nombre de placettes des groupes qui ont un nombre élevé de placettes et qui ont une valeur de l'indice faible.

Indice de diversité de Shannon	Groupe synthèse des essences		Nombre de placettes
en nombre équivalent d'essences	Type	Nom	(Fe=34 ha/PET)
8.49	MR	EU20TO20SB20BP10EO10BJ10	27
7.81	MF	BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	51
7.59	MF	PE30BP20EO10SB20	31
7.46	MF	EO20BP20BJ10SB20EU10	53
7.37	MR	SB40EU10EB10BP10EO10PE10	48
6.80	F	EO40BJ20BP10ES10SB10	55
6.76	MF	BJ30EO20BP10EU20SB10	39
6.57	PL	EB40SB20EN10EV10BP10PE10	23
5.84	F	PE40EO20BP20SB10	29
5.30	R	SB50EU20EN10BP10	89
5.21	F	BJ50EO20ES20BP10	50
4.62	R	TO60EN20SB10	14
4.21	F	ES50BJ20EO20	100
3.61	R	EN60ML10SB10	32
1.96	F	ES80EO10BJ10	36

6.2 Résultats

Les différents ajustements qui ont été apportés au nombre de placettes alloué à chacun des groupes synthèses sont présentés dans le tableau qui suit. Ces ajustements ont été appliqués à la suite de l'analyse des trois éléments à considérer décrits à la section précédente.

Intensité d'échantillonnage		Facteur d'expansion (ha / PET)	Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des placettes (n)		
Groupe	Niveau			(ha)	(%)	Initiale	Ajustée	Écart
Initiale	0%	35	F EO40BJ20BP10ES10SB10	1 911	8,1%	55	55	0
			F ES80EO10BJ10	1 269	5,4%	36	36	0
			MF BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	1 782	7,5%	51	51	0
			MF BJ30EO20BP10EU20SB10	1 377	5,8%	39	39	0
			MF EO20BP20BJ10SB20EU10	1 846	7,8%	53	53	0
			MR SB40EU10EB10BP10EO10PE10	1 678	7,1%	48	48	0
				9 862	41,7%	282	282	0
Diminuée	-30%	50	F ES50BJ20EO20	3 491	14,8%	100	70	-30
	-10%	39	F BJ50EO20ES20BP10	1 742	7,4%	50	45	-5
			R SB50EU20EN10BP10	3 119	13,2%	89	80	-9
				8 353	35,3%	239	195	-44
Augmentée	+15%	30	F PE40EO20BP20SB10	1 027	4,3%	29	34	4
			MF PE30BP20EO10SB20	1 074	4,5%	31	35	5
			R EN60ML10SB10	1 130	4,8%	32	37	5
	+50%	23	MR EU20TO20SB20BP10EO10BJ10	939	4,0%	27	40	13
	+70%	21	PLANTATION EB40SB20EN10EV10BP10	797	3,4%	23	39	16
			R TO60EN20SB10	474	2,0%	14	23	9
				5 440	23,0%	155	208	53

En raison de la méthode d'échantillonnage appliquée liée au processus de réalisation du plan de sondage, il peut y avoir des écarts entre le nombre de placettes planifié par strate d'échantillonnage (tableau précédent, colonne 'Ajustée') et le nombre de placettes final. Les résultats finaux sont présentés dans le tableau suivant.

7. Synthèse des strates définies et de l'allocation des PET

Le tableau suivant présente les strates finales formées, leur superficie, le nombre de PET à implanter et le facteur d'expansion. Noter le recalcul des facteurs d'expansion pour la considération d'un nombre entier de PET à implanter, et non de fraction de PET.

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

Strate d'échantillonnage			Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
1	R SB50EU20EN10BP10	85 15	1 241	5,2%	33	33	4,8%	38
2	MF BJ30EO20BP10ES10SB20EU10	80 16	1 225	10,4%	33	66	9,6%	37
3	F BJ50EO20ES20BP10	80 18	1 200	15,5%	33	99	14,5%	36
4	F ES50BJ20EO20	70 20	1 099	20,1%	22	121	17,7%	50
5	MF EO20BP20BJ10SB20EU10	75 16	1 083	24,7%	31	152	22,2%	35
6	MF PE30BP20EO10SB20	75 14	1 074	29,3%	34	186	27,2%	32
7	R SB50EU20EN10BP10	85 10	999	33,5%	25	211	30,8%	40
8	MR SB40EU10EB10BP10EO10PE10	75 16	988	37,7%	31	242	35,4%	32
9	MF BJ30EO20BP10EU20SB10	70 18	970	41,8%	27	269	39,3%	36
10	F ES50BJ20EO20	85 17	902	45,6%	18	287	42,0%	50
11	F ES50BJ20EO20	85 20	895	49,4%	19	306	44,7%	47
12	PL EB40SB20EN10EV10BP10PE10	80 11	797	52,7%	39	345	50,4%	20
13	F EO40BJ20BP10ES10SB10	80 18	784	56,0%	22	367	53,7%	36
14	MF EO20BP20BJ10SB20EU10	75 12	763	59,3%	21	388	56,7%	36
15	F EO40BJ20BP10ES10SB10	80 14	738	62,4%	21	409	59,8%	35
16	F ES80EO10BJ10	85 21	713	65,4%	22	431	63,0%	32
17	MR SB40EU10EB10BP10EO10PE10	75 12	691	68,3%	22	453	66,2%	31
18	R EN60ML10SB10	65 15	652	71,1%	22	475	69,4%	30
19	F ES50BJ20EO20	70 17	595	73,6%	12	487	71,2%	50
20	F ES80EO10BJ10	75 21	556	75,9%	15	502	73,4%	37

Strate d'échantillonnage			Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
21	MF BJ30EO20BP10ES10SB20EU10 16	60	556	78,3%	14	516	75,4%	40
22	F BJ50EO20ES20BP10	60 18	542	80,6%	14	530	77,5%	39
23	F PE40EO20BP20SB10	80 17	524	82,8%	17	547	80,0%	31
24	F PE40EO20BP20SB10	80 11	503	84,9%	16	563	82,3%	31
25	MR EU20TO20SB20BP10EO10BJ10 17	70	495	87,0%	18	581	84,9%	28
26	R EN60ML10SB10	65 9	478	89,0%	16	597	87,3%	30
27	R TO60EN20SB10	70 14	474	91,0%	22	619	90,5%	22
28	R SB50EU20EN10BP10	55 15	463	93,0%	12	631	92,3%	39
29	MR EU20TO20SB20BP10EO10BJ10 13	70	444	94,9%	19	650	95,0%	23
30	R SB50EU20EN10BP10	55 10	417	96,6%	11	661	96,6%	38
31	MF BJ30EO20BP10EU20SB10	70 15	406	98,4%	13	674	98,5%	31
32	F EO40BJ20BP10ES10SB10	60 18	389	100,0%	10	684	100,0%	39

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.