



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 08562

Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional
2012

Rédaction

Jean-Gabriel Élie, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Carl Bergeron, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Collaboration

Sylvain Bernier, stat., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

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

Jean Mercier, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Philippe Morin, tech.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Ian Paiement, ing.f., M.Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Isabelle Pomerleau, ing.f., Direction des inventaires forestiers, MFFP

Révision linguistique

Hélène D'Avignon, ing.f., rédactrice professionnelle

Photographie de la page couverture

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

Diffusion

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Direction des inventaires forestiers

5700, 4^e Avenue Ouest, local A-108

Québec (Québec) G1H 6R1

Téléphone : 418 627-8669

Ligne sans frais : 1 877 936-7387

Télécopieur : 418 646-1995

inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca

<http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/index.jsp>

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Référence

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2012. Définition des strates d'échantillonnage et allocation des placettes-échantillons temporaires de l'unité de sondage 08562, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 27 p.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction : Description générale des processus liés à l'inventaire

Processus général de l'inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM)

Processus spécifique de la planification du sondage

Section 1

Unité de sondage et population cible : compilation des superficies incluses et exclues

Section 2

Composition en essences des peuplements écoforestiers : portrait et analyse

Section 3

Analyse de regroupement de la composition en essences : méthode et résultat

Section 4

Densité et hauteur des peuplements écoforestiers : portrait et analyse

Section 5

Regroupement des densités et hauteurs : méthode et résultat

Section 6

Allocation des placettes-échantillons aux strates d'échantillonnage : analyse et ajustements

Section 7

Synthèse de la stratification de l'échantillonnage et de l'allocation des placettes-échantillons

INTRODUCTION

Le présent rapport présente les données, l'analyse et les méthodes qui ont conduit à la définition des strates d'échantillonnage et à l'allocation des placettes-échantillons de l'unité de sondage 08562.

Processus général de l'inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM)

L'inventaire écoforestier vise à acquérir et à diffuser les connaissances sur les écosystèmes forestiers québécois. Il permet notamment de qualifier et de quantifier la superficie des peuplements forestiers et les volumes marchands bruts de bois sur pied. Le processus comporte quatre grandes activités qui sont réalisées sur une période de quatre ans. Ces étapes successives sont les suivantes :

Année 0 : Acquisition des photographies aériennes numériques

Années 1 et 2 : Cartographie écoforestière

Produite par photo-interprétation des images numériques, elle consiste à délimiter, à qualifier et à évaluer les superficies des peuplements écoforestiers selon des critères précisément établis.

Année 3 : Sondage

Consiste à établir des placettes-échantillons temporaires (PET) dans le but d'acquérir des mesures de variables dendrométriques dans les peuplements cartographiés.

Année 4 : Compilation forestière

Consiste à associer des variables dendrométriques mesurées dans les placettes à différentes échelles d'agrégation des peuplements de la carte écoforestière, allant des peuplements individuels jusqu'à l'unité de sondage.

Processus spécifique de la planification du sondage

Le processus de planification du sondage comporte quatre grandes étapes ici résumées.

1) Définition de l'unité de sondage et de la population cible

L'unité de sondage (US) correspond au territoire dans lequel est établi un échantillonnage terrain de variables dendrométriques et écologiques et des attributs des stations forestières au moyen de placettes-échantillons temporaires. Une US est définie pour chaque unité d'aménagement (UA), chaque agence de mise en valeur des forêts privées et pour certaines réserves forestières (095001 et 096001). Les critères retenus dans la définition de l'US sont le mode de gestion et les usages des territoires forestiers (usages surfaciques et zones d'application de modalités d'intervention [ZAMI]). Ainsi, compte tenu de l'objectif d'échantillonner seulement les forêts aménagées, seuls certains modes de gestion sont considérés dans la définition de l'US. Quant aux usages, ils permettent de distinguer différentes utilisations du territoire et de leur attribuer des mesures de protection particulières. Un code d'impact sur la possibilité forestière est associé à chacun de ces usages et ceux ayant une valeur située entre « 01 » et « 06 » sont exclus de l'US. Enfin, la carte écoforestière sert de base pour la définition de la population cible à échantillonner dans l'US, soit les peuplements écoforestiers productifs accessibles de 7 m ou plus de hauteur.

2) Objectifs poursuivis et plan d'échantillonnage

Le sondage de type PET est planifié et réalisé selon un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié. Ce type de plan d'échantillonnage permet de contrôler le nombre de PET alloué par strate contrairement à un plan d'échantillonnage aléatoire simple ou systématique. La méthode d'estimation des variables dendrométriques par essence utilisée à la compilation (imputations k-NN) est telle que l'échelle d'estimation est - non pas la strate d'échantillonnage, mais le peuplement écoforestier. Il en découle que les objectifs poursuivis par la stratification de l'échantillonnage sont d'assurer que chacune des strates est représentée dans l'échantillon global tout en assurant l'allocation d'une quantité suffisante de placettes-échantillons pour couvrir les principales compositions d'essences.

Puisqu'on vise des estimations par essence, les attributs de la carte écoforestière qui définissent les strates sont d'abord les essences et leur proportion relative de la surface terrière totale, et ensuite la densité et la hauteur des peuplements. Ces attributs permettent de tenir compte des gradients appréhendés des variables dendrométriques d'intérêt. Le regroupement des différentes compositions en essences est réalisé avec une analyse de classification. Dans le cas des densités et des hauteurs, on a utilisé les centiles (30e, médiane et 70e) pour scinder, lorsque cela était possible et en fonction de la superficie, les regroupements des compositions en essences.

3) Allocation des PET aux strates d'échantillonnage

La prescription ou allocation des PET consiste à déterminer le nombre de PET qui sera implanté dans chacune des strates d'échantillonnage. Dans le contexte de l'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

Le plan de sondage est réalisé de façon à répartir les placettes en virées d'inventaire tout en respectant les nombres de placettes alloués aux strates d'échantillonnage.

Processus d'inventaire écoforestier du Québec méridional pour l'US 08562

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	2009
Cartographie écoforestière	Production	avril 2010 - décembre 2011
	Diffusion - version primaire	mai 2012
	Diffusion - version finale	février 2013
Sondage terrestre	Production	été 2012
	Diffusion	octobre 2013
Compilation forestière	Diffusion	novembre 2013

Paramètres et hypothèses initiaux pour l'US 08562

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)	20 376
Nombre total de PET à implanter	400
Hypothèse initiale du facteur d'expansion (« Fe ») des valeurs à l'hectare d'une PET : allocation proportionnelle à la superficie sondée (ha / PET)	51
Superficie minimale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 5 PET)	255
Superficie maximale (ha) des strates d'échantillonnage à définir (environ 20 PET)	1 019

Superficie sondée

Il s'agit de la superficie de la population cible, soit celle des polygones des peuplements forestiers, productifs, accessibles, de 7 m ou plus de hauteur et localisés dans l'unité de sondage définie par des subdivisions territoriales. Le détail des inclusions et exclusions de superficies est présenté à la section 1.2.

Nombre total de PET à implanter

Le nombre total de strates d'échantillonnage et leur superficie ne sont pas précisément définis *a priori*. Cependant, les paramètres précédemment décrits, combinés à la recherche d'un certain équilibre entre considérer un maximum d'attributs de la carte écoforestière (suppose de définir un grand nombre de strates) et conserver la possibilité d'ajuster le facteur d'expansion de chacune des strates (suppose de définir peu de strates), définissent quelques balises. C'est ainsi que l'on vise à définir des strates pour lesquelles approximativement entre 5 et 20 PET seront allouées. En multipliant ces nombres de placettes par le facteur d'expansion, on obtient des balises approximatives - encore une fois sur la superficie minimale et maximale des strates à définir.

Facteur d'expansion

Le facteur d'expansion correspond au poids de sondage associé à chacune des unités sélectionnées (placettes) dans la population sondée (unité de sondage). Plus explicitement, on définit le facteur d'expansion ici comme étant le produit de deux facteurs : le premier permet de convertir les données mesurées dans une placette-échantillon lors du sondage terrain à des valeurs à l'hectare (PET/ha), tandis que le second correspond à la superficie de la population cible représentée par chacune des placettes sélectionnées (ha/PET). Dans le présent rapport, on ne considère que le deuxième facteur, puisque dans le cadre de la planification du sondage terrestre, on travaille à l'échelle de la population cible et non pas à l'échelle de la placette. Le premier facteur sera intégré dans l'équation lorsque les données des placettes seront disponibles et que les résultats de compilations seront produits. La valeur initiale du deuxième facteur, qui résulte de l'orientation d'obtenir un échantillonnage aléatoire et uniforme de la population cible, est donnée par le ratio entre les deux paramètres précédents, soit entre la superficie de la population cible et le nombre de PET prévu dans l'unité de sondage. Il correspond à une même constante pour chaque placette. Cependant, nous verrons à la section 6 que des ajustements de ce ratio peuvent être appliqués en fonction de la composition en essences des strates.

Superficie des strates d'échantillonnage

Le nombre total de strates d'échantillonnage et leur superficie ne sont pas précisément définis a priori. Cependant, les paramètres précédemment décrits, combinés à la recherche d'un certain équilibre entre considérer un maximum d'attributs de la carte écoforestière (suppose de définir un grand nombre de strates) et conserver la possibilité d'ajuster le facteur d'expansion de chacune des strates (suppose de définir peu de strates), définissent quelques balises. C'est ainsi que l'on vise à définir des strates pour lesquelles approximativement entre 5 et 20 PET seront allouées. En multipliant ces nombres de placettes par le facteur d'expansion, on obtient des balises approximatives - encore une fois sur la superficie minimale et maximale des strates à définir.

1. Unité de sondage et population cible

1.1 Définition de l'unité de sondage basée sur les subdivisions territoriales

On présente ici les superficies incluses et exclues basées sur les données territoriales considérées pour définir l'unité de sondage. Ces données ont été vérifiées, puis corrigées lorsque cela était nécessaire, à la suite de l'exercice de validation des intrants à la définition des unités de sondage réalisé à l'automne 2011.

Territoire d'intérêt		Mode de gestion		Superficie	
Périmètre	Sondage	Code	Nom	ha	%
08562	Oui	01	Unité d'aménagement forestier (UAF)	79 082	59,7%
	Non	02	Réserve forestière libre de droit au sud de la limite nordique	5 284	4,0%
		53	Réserve aquatique	4 292	3,2%
		54	Réserve de biodiversité	43 301	32,7%
		55	Refuge biologique	603	0,5%
				132 562	100,0%

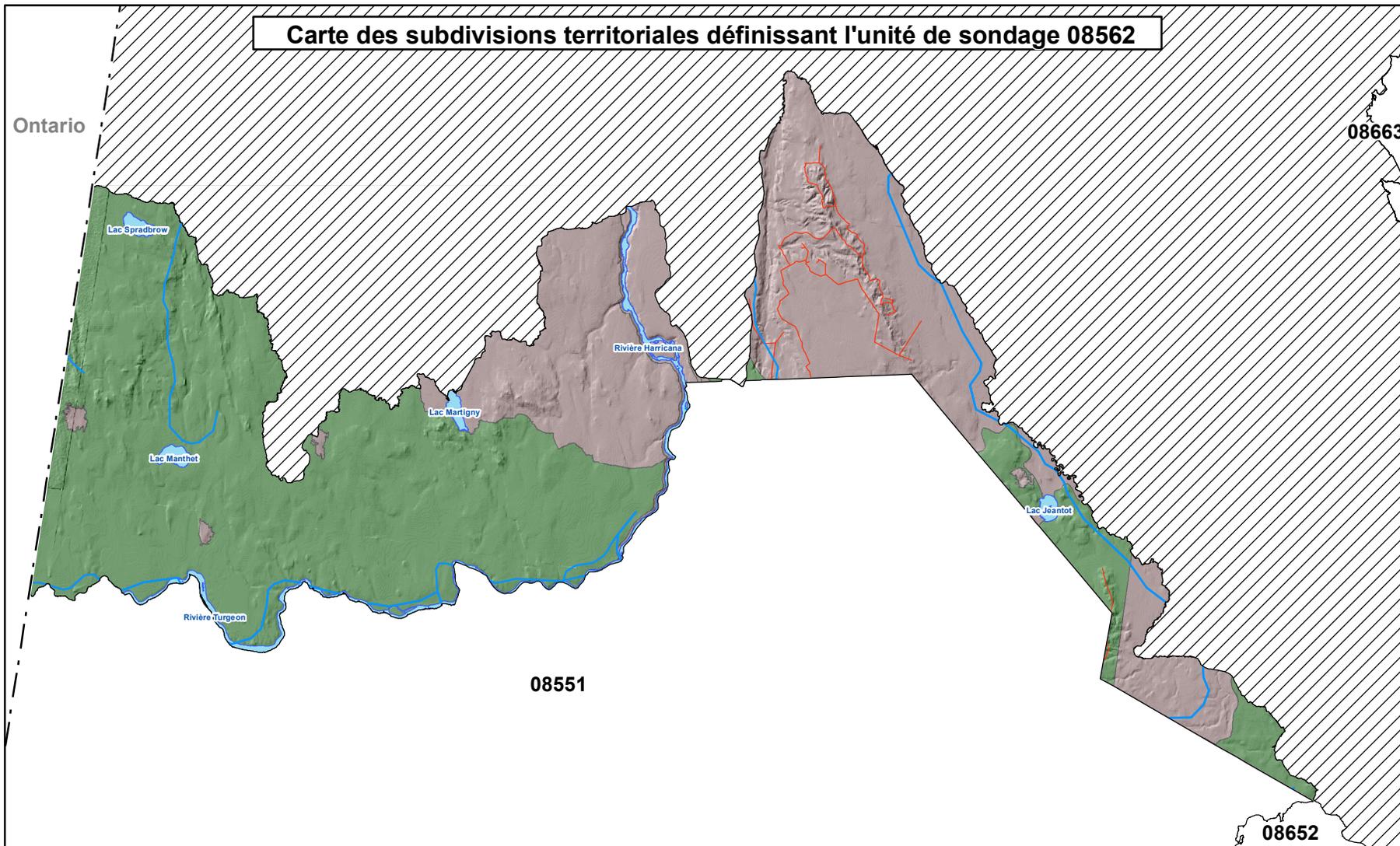
La synthèse des inclusions et exclusions basées sur les subdivisions territoriales est présentée sur la carte apparaissant à la fin de la présente section.

1.2 Définition de la population cible

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

Sondage	Description	Superficie	
		ha	%
Oui	Peuplements écoforestiers de 7 m ou plus de hauteur	20 376	25,8%
Oui		20 376	25,8%
Non	Bandes riveraines, emprises de chemin et terrain forestier inaccessible (pente «F» ou «S»)	8 676	11,0%
	Étendue d'eau	4 133	5,2%
	Terrain forestier improductif	37 452	47,4%
	Peuplements écoforestiers de moins de 7 m de hauteur	8 445	10,7%
Non		58 706	74,2%
		79 082	100,0%

Carte des subdivisions territoriales définissant l'unité de sondage 08562



- Territoire sondé**
- Unité de sondage 08562
- 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 sondage

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

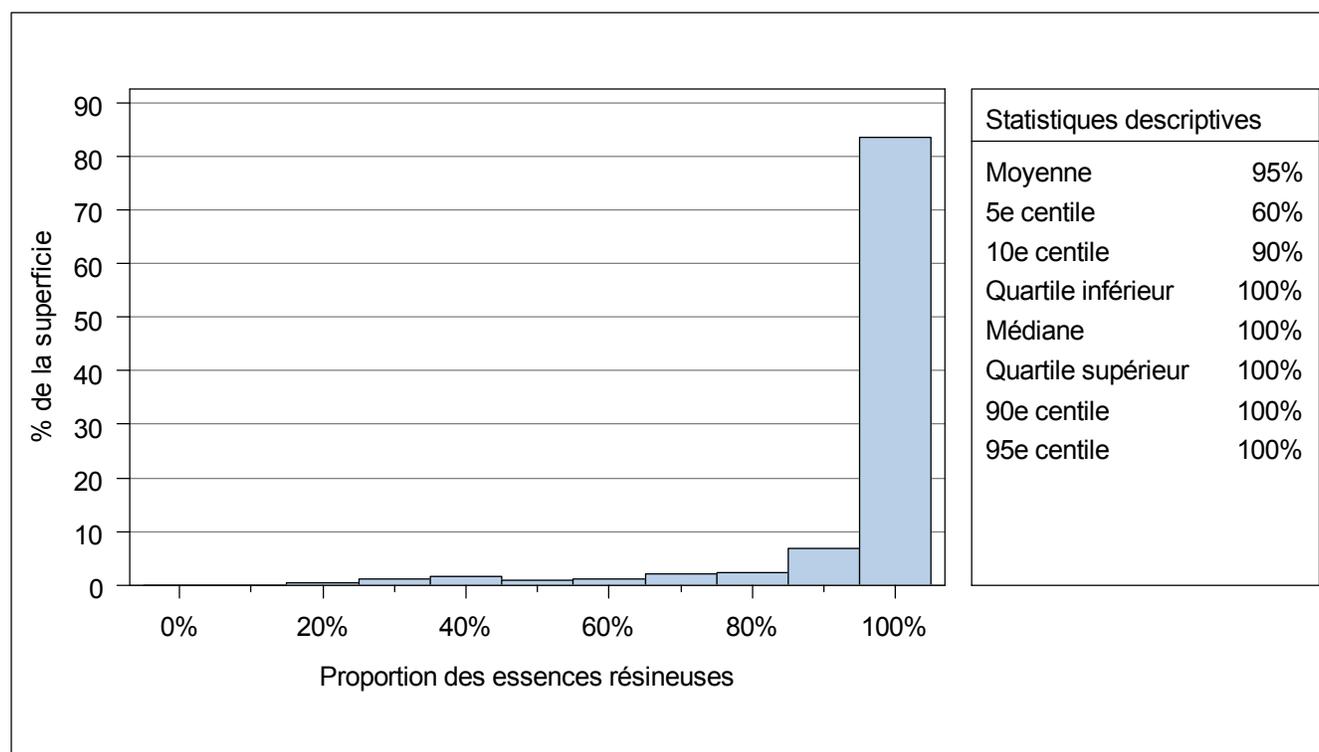
2. Portrait et analyse de la composition en essences des peuplements

2.1 Types de couvert

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

Type de couvert		Proportion des essences résineuses		Superficie	
Code	Nom	min	max	(ha)	(%)
F	Feuilleu	0%	20%	133	1%
MF	Mixte à dominance feuillue	30%	40%	524	3%
MR	Mixte à dominance résineuse	50%	70%	851	4%
R	Résineux	80%	100%	18 868	93%
		0%	100%	20 376	100%

Plus précisément, l'importance relative en termes de superficie des différentes proportions d'essences résineuses est présentée dans l'histogramme ci-dessous. On remarque que les peuplements essentiellement constitués d'essences résineuses sont très largement dominants.



2.2 Importance relative des essences identifiées sur la carte écoforestière

La stratification écoforestière « AIPF » (MFFP-DIF 2015, chapitre 2) donne directement la proportion de la surface terrière totale (surface terrière relative) occupée par chacune des essences identifiées dans chaque peuplement. Il est donc aisé de déduire l'importance relative de chaque essence de l'ensemble des peuplements cibles de l'US. Pour ce faire, il suffit de sommer les produits des proportions de la surface terrière totale des essences avec la proportion de la superficie totale occupée par chaque peuplement. Cette importance relative de chaque essence est ici présentée par type de couvert, puis pour tous les types de couvert.

Essence			Type de couvert				
Type	Code	Nom	F	MF	MR	R	Tous
Feuillue	BP	Bouleau à papier	1,31%	13,80%	10,02%	0,10%	0,88%
	FI	Feuillus intolérants	0,00%	0,03%	0,00%	0,20%	0,19%
	FN	Feuillus non commerciaux	0,64%	0,40%	0,58%	0,00%	0,04%
	FX	Feuillus indéterminés	0,00%	0,00%	0,11%	0,04%	0,04%
	PA	Peuplier baumier	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%
	PE	Peuplier	0,00%	0,00%	0,03%	0,02%	0,02%
	PT	Peuplier faux-tremble	80,64%	49,92%	26,53%	0,84%	3,70%
			82,59%	64,15%	37,26%	1,23%	4,88%
Résineuse	EN	Épinette noire	15,15%	27,42%	49,33%	85,10%	81,67%
	ML	Mélèze laricin	0,00%	0,17%	0,26%	7,45%	6,92%
	PG	Pin gris	1,62%	2,37%	6,40%	5,70%	5,62%
	RX	Résineux indéterminés	0,00%	0,11%	0,11%	0,01%	0,01%
	SB	Sapin baumier	0,63%	4,54%	5,54%	0,50%	0,81%
	SE	Sapin et épinette blanche	0,00%	1,25%	1,09%	0,01%	0,09%
			17,41%	35,85%	62,74%	98,77%	95,12%
			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Considérant que les couverts feuillu et mixtes représentent une superficie très faible, on remarque que le territoire est très largement dominé par l'épinette noire. Seulement trois autres essences ont une importance relative totale supérieure à 1 % d'après les attributs de la carte écoforestière. Ces essences sont, dans l'ordre d'importance, le mélèze laricin, le pin gris et le peuplier faux tremble.

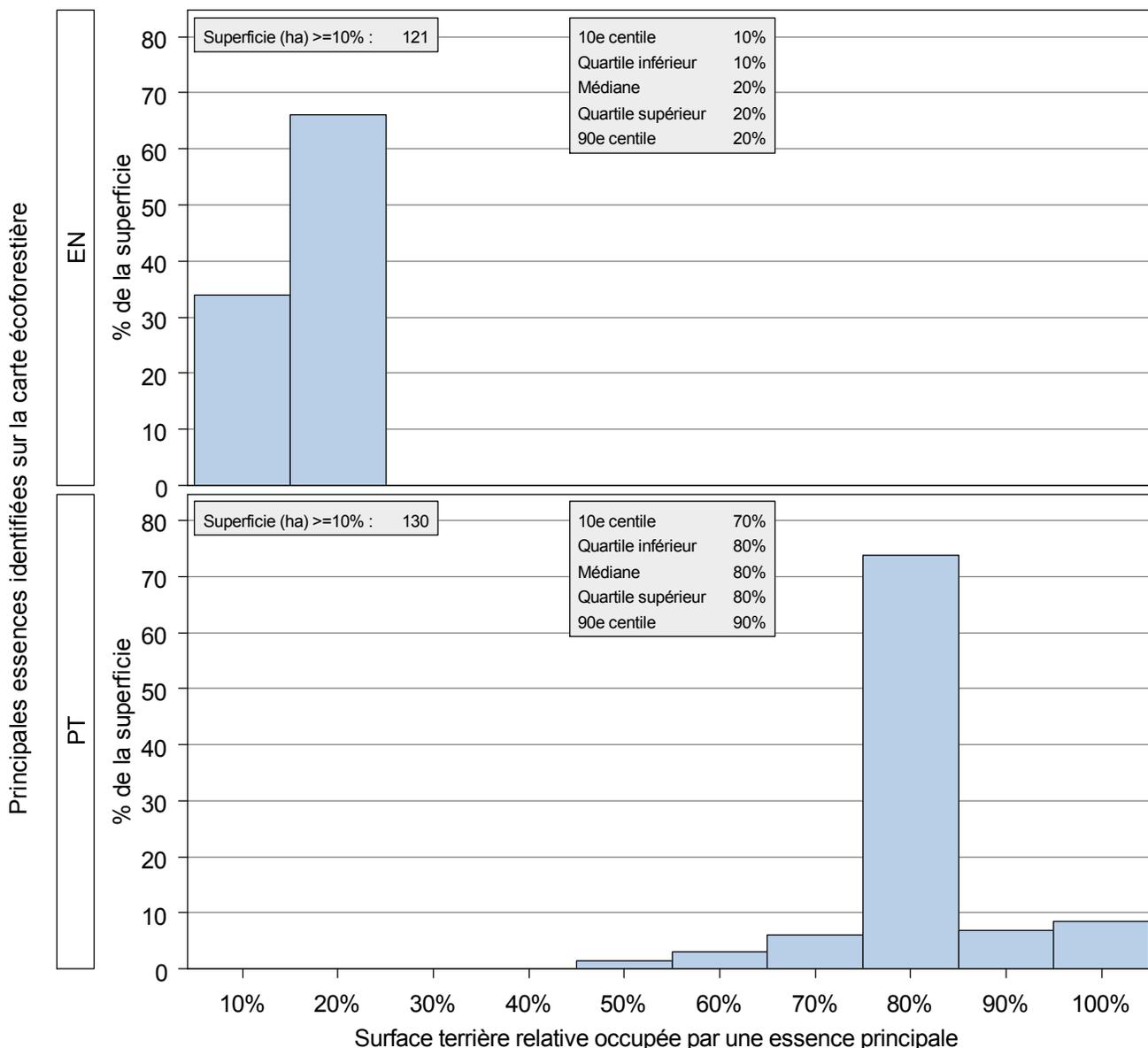
2.3 Distribution des surfaces terrières relatives occupées par les principales essences identifiées sur la carte écoforestière

Les pages qui suivent montrent au moyen d'histogrammes la distribution de la surface terrière relative (exprimée en %) des principales essences identifiées sur la carte écoforestière. Pour qu'une essence ait été considérée dans le calcul de la surface terrière, elle devait occuper $\geq 10\%$ de la surface terrière totale du peuplement cartographié auquel elle faisait partie. Cette condition permet de constater, par exemple, si une essence est essentiellement présente à titre d'essence compagne ou si, à l'inverse, elle est essentiellement présente dans des peuplements purs, voire strictement monospécifiques. Ces distributions de surfaces terrières relatives sont présentées ci-dessous par type de couvert.

Type de couvert : Feuillu

Les superficies en jeu sont ici très faibles, soit moins de 1 % de la population cible. Le peuplier faux tremble y est dominant et est essentiellement accompagné de 10 à 20 % d'épinette noire.

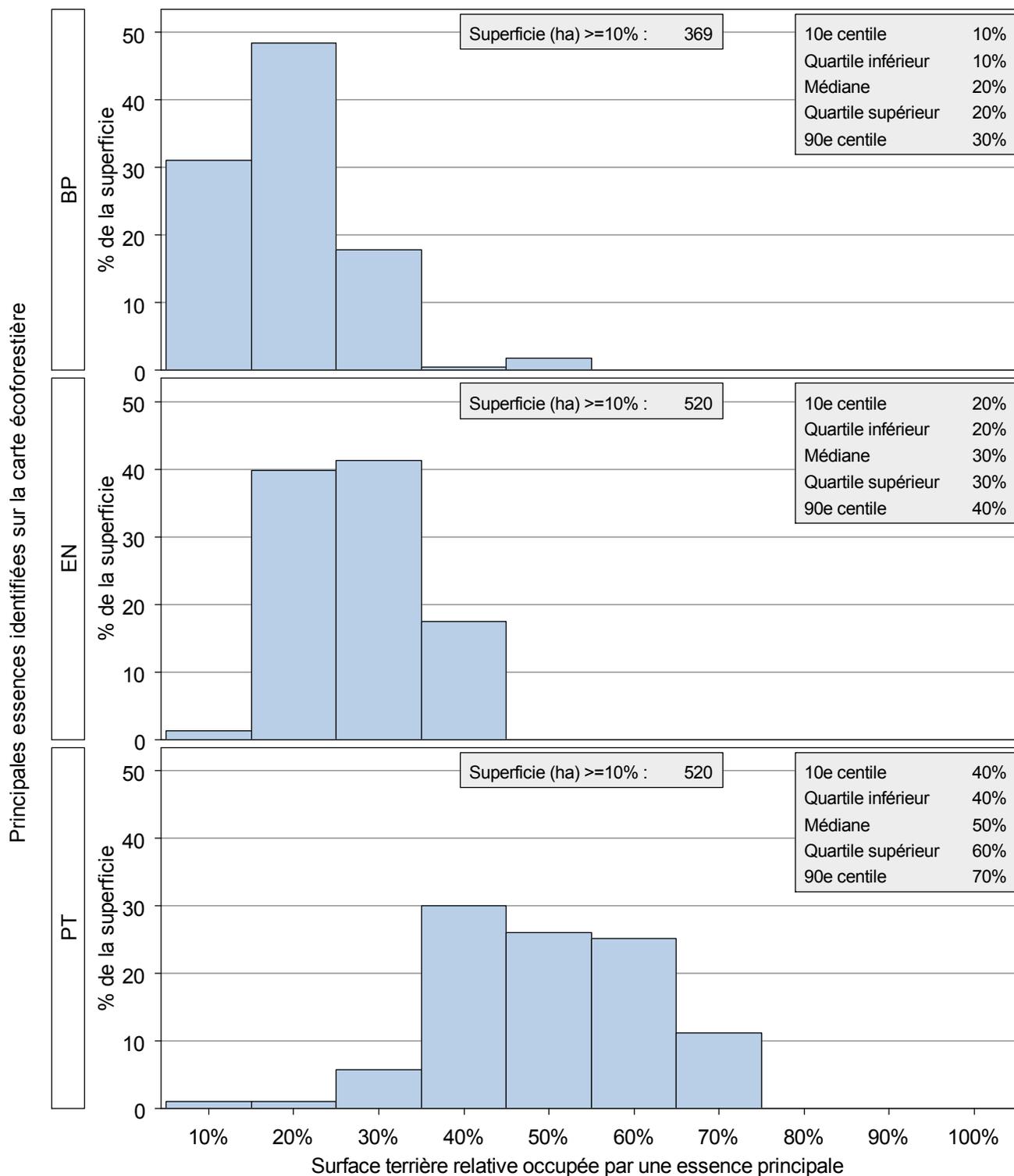
Superficie totale du type de couvert : 133 ha



Type de couvert : Mixte à dominance feuillue

Le peuplier faux tremble domine dans ce type de couvert avec des proportions de la surface terrière totale autour de 50 %. L'épinette noire est présente sur davantage de superficies que le bouleau à papier et en proportion légèrement plus élevée.

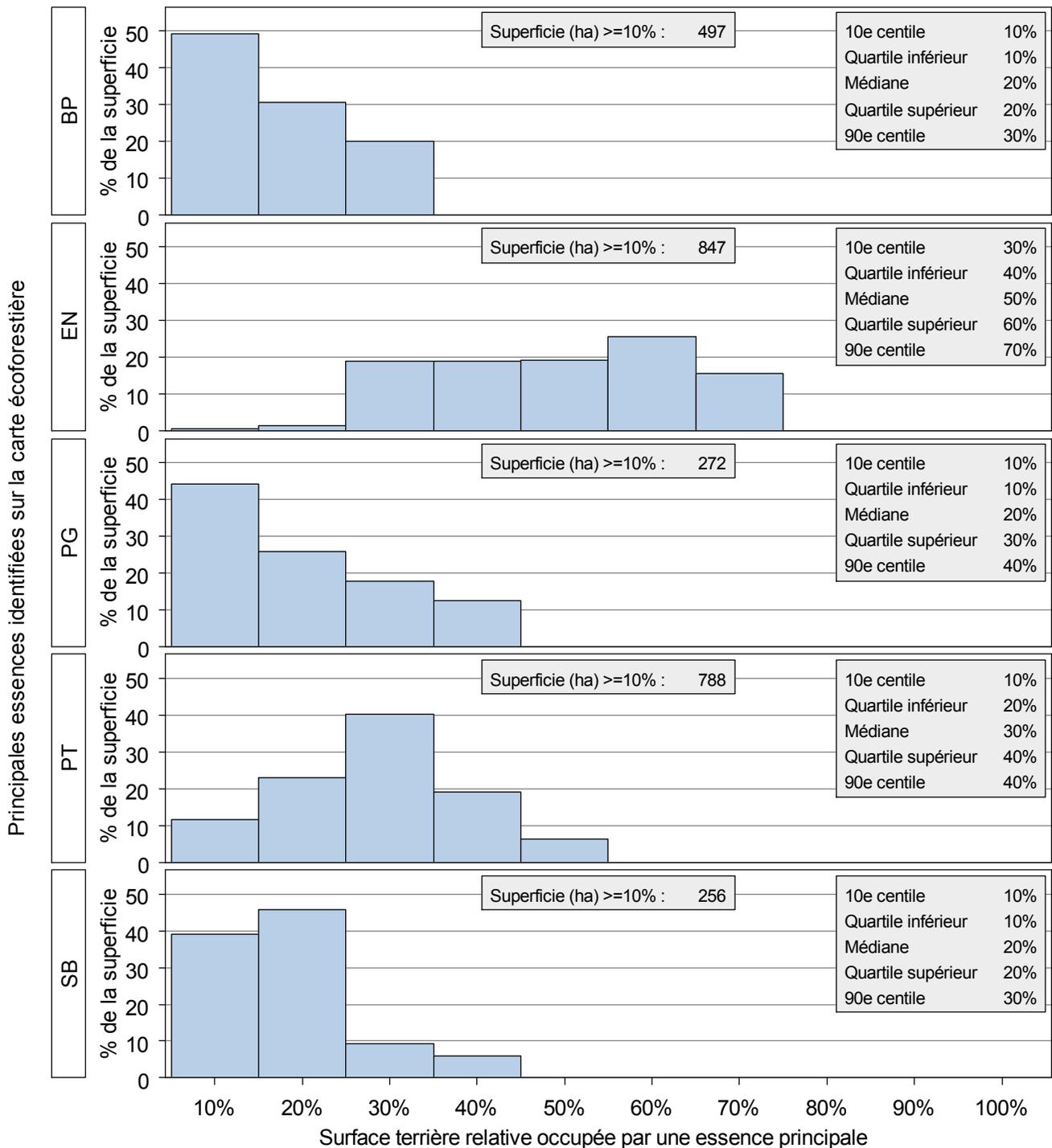
Superficie totale du type de couvert : 524 ha



Type de couvert : Mixte à dominance résineuse

L'épinette noire est l'essence la plus fréquente dans ce type de couvert (identifiée sur 847 ha). En effet, les proportions de la superficie de cette essence sont réparties de façon très uniforme entre les proportions de la surface terrière totale comprises entre 30 et 70 %. Les autres essences ne dépassent généralement pas 40 % de la surface terrière totale. Par ailleurs, outre l'épinette noire, le peuplier faux tremble est l'essence la plus fréquente en termes de superficie.

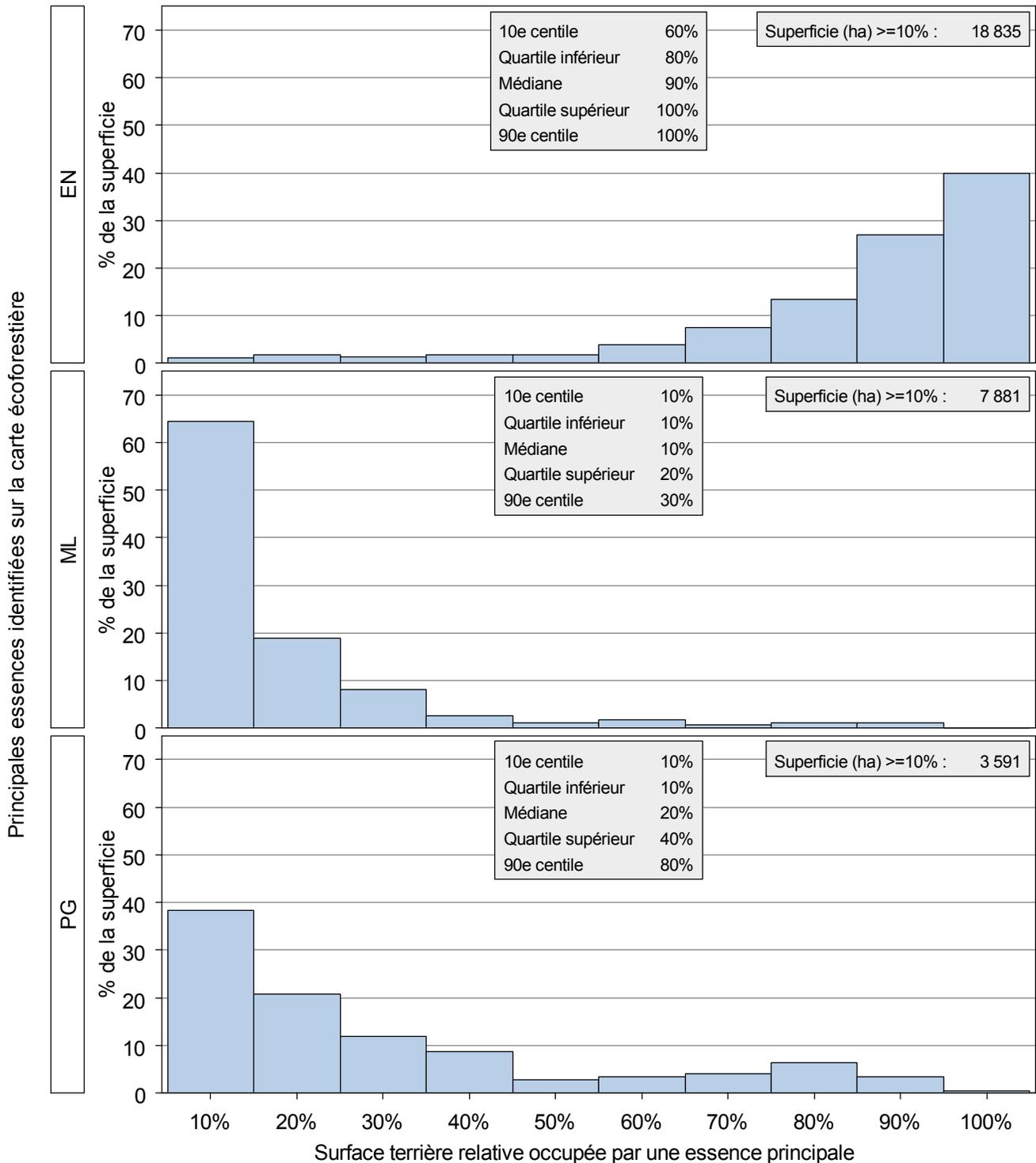
Superficie totale du type de couvert : 851 ha



Type de couvert : Résineux

Les peuplements résineux sont, sans surprise, largement dominés par l'épinette noire. De plus, il s'agit en grande partie de peuplements purs puisque 75 % des superficies où le peuplement est identifié sont composées de 80 % et plus d'épinette noire. Le mélèze et dans une moindre mesure le pin gris sont donc essentiellement des essences compagnes de l'épinette noire.

Superficie totale du type de couvert : 18 868 ha



3. Regroupement de la composition en essences des peuplements

3.1 Méthode

La diversité des compositions en essences découlant de la stratification « AIPF » est telle qu'il est difficile d'utiliser une approche empirique pour définir objectivement les groupes à retenir. Une façon simple de le faire est de préciser d'abord les essences que l'on considère comme importantes dans l'unité de sondage et d'effectuer ensuite une analyse de classification entre les peuplements en considérant la surface terrière relative de chacune des essences retenues pour l'analyse.

Cette analyse de classification a été retenue pour la définition des regroupements de la composition en essences des peuplements écoforestiers. L'analyse réalisée est de type hiérarchique (méthode de Ward) et la similarité des peuplements a été quantifiée par une mesure de « distance » (procédure CLUSTER, SAS Institute Inc. 2010; Daigle et Rivest 2010). La notion de distance dont il est ici question est la même que celle utilisée dans la méthode k-NN qui permet d'estimer des variables dendrométriques par peuplement dans le processus des compilations forestières.

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

3.2 Résultat

La très faible superficie des types de couvert feuillu et mixtes a conduit à ne retenir que deux groupes, soit un groupe constitué des types de couvert feuillu et mixte à dominance feuillue, et un groupe qui ne contient que le type de couvert mixte à dominance résineuse. Le tableau ci-dessous présente la compilation des superficies des groupes considérés.

Groupe retenu pour l'analyse de classification	Éléments considérés		Superficie	
	Nom	Origine des essences	Type de couvert	(ha)
Feuillu - Mixte à dominance feuillue	naturelle	Feuillu	133	1%
		Mixte à dominance feuillue	524	3%
			657	3%
Mixte à dominance résineuse	naturelle	Mixte à dominance résineuse	851	4%
			851	4%
Résineux	naturelle	Résineux	18 868	93%
			18 868	93%

Aucune plantation n'est présente sur le territoire. Aussi, malgré le fait que seuls deux groupes aient été considérés dans le cas des types de couvert feuillu et mixtes, leur rareté est telle qu'ils n'ont pas été subdivisés en groupes synthèses de la composition en essences. L'analyse de classification selon la méthode précédemment décrite n'a donc été réalisée que dans le cas des peuplements résineux.

Au final, 13 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 des types de couvert feuillu et mixte à dominance feuillue

Regroupement des essences	Centiles	Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	PT	EN	PG	SB+SE
PT60BP10EN20	10e	0	40	20	0	0
	90e	30	80	40	10	20

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

Regroupement des essences	Centiles	Variables d'analyse retenues (% des essences)				
Nom du groupe synthèse	en superficie	BP	PT	EN	PG	SB+SE
EN40PG10SE10PT30BP10	10e	0	10	30	0	0
	90e	30	40	70	20	20

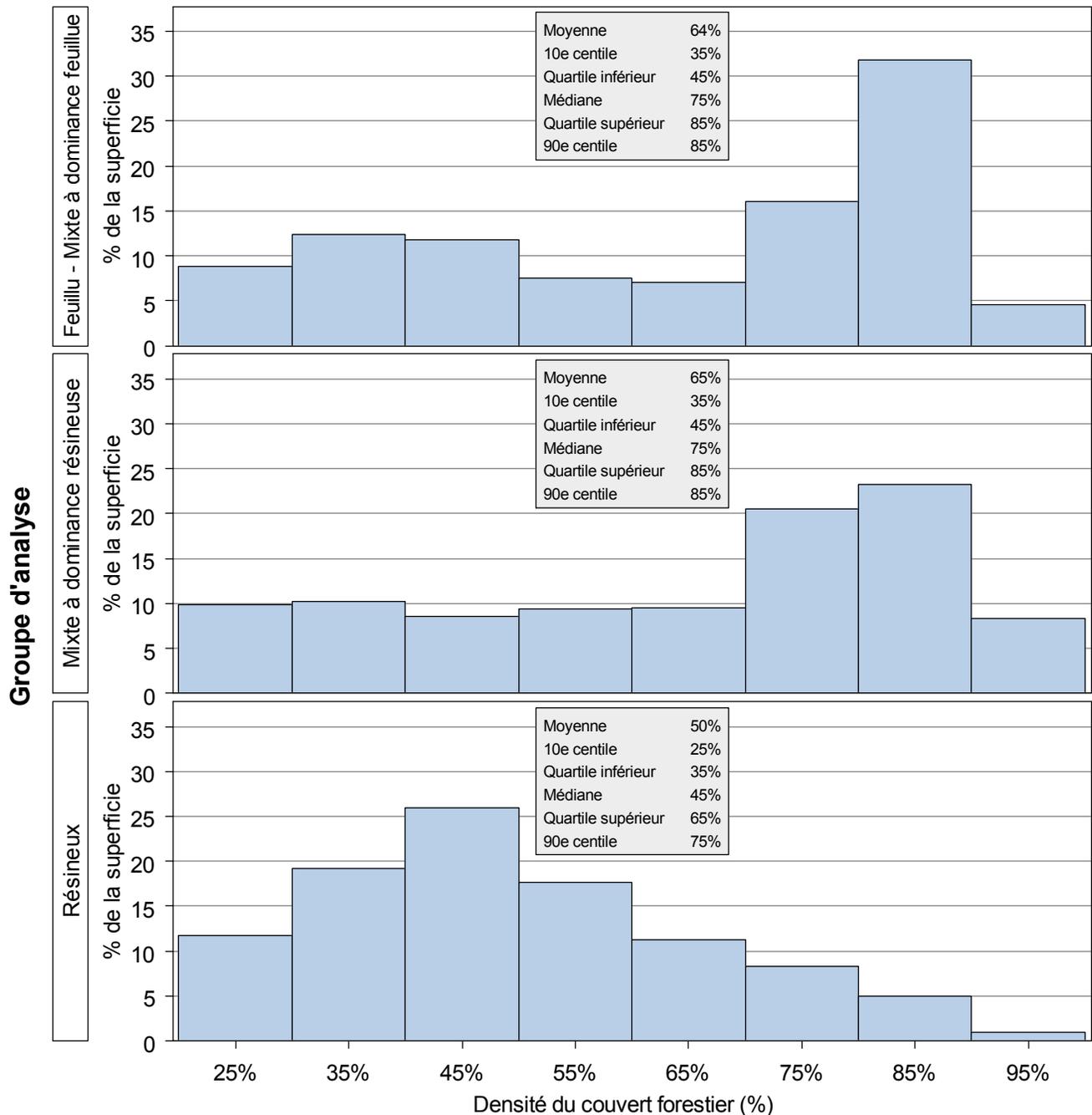
Groupes définis dans le cas du type de couvert résineux

Regroupement des essences	Centiles	Variables d'analyse retenues (% des essences)			
Nom du groupe synthèse	en superficie	EN	ML	PG	SB
EN100	10e	100	0	0	0
	90e	100	0	0	0
EN50PG40	10e	40	0	30	0
	90e	60	10	50	0
EN60ML30	10e	50	30	0	0
	90e	70	40	20	0
EN60SB20	10e	50	0	0	0
	90e	70	10	10	40
EN70PG20	10e	70	0	20	0
	90e	70	10	30	0
EN80ML20	10e	80	20	0	0
	90e	80	20	0	0
EN80PG10	10e	80	0	10	0
	90e	90	10	20	0
EN90ML10	10e	90	0	0	0
	90e	90	10	0	0
ML70EN30	10e	10	60	0	0
	90e	40	90	0	0
PG60EN30	10e	20	0	60	0
	90e	40	10	70	0
PG80EN20	10e	10	0	80	0
	90e	20	0	90	0

4. Densité et hauteur des peuplements

4.1 Portrait de la densité des peuplements

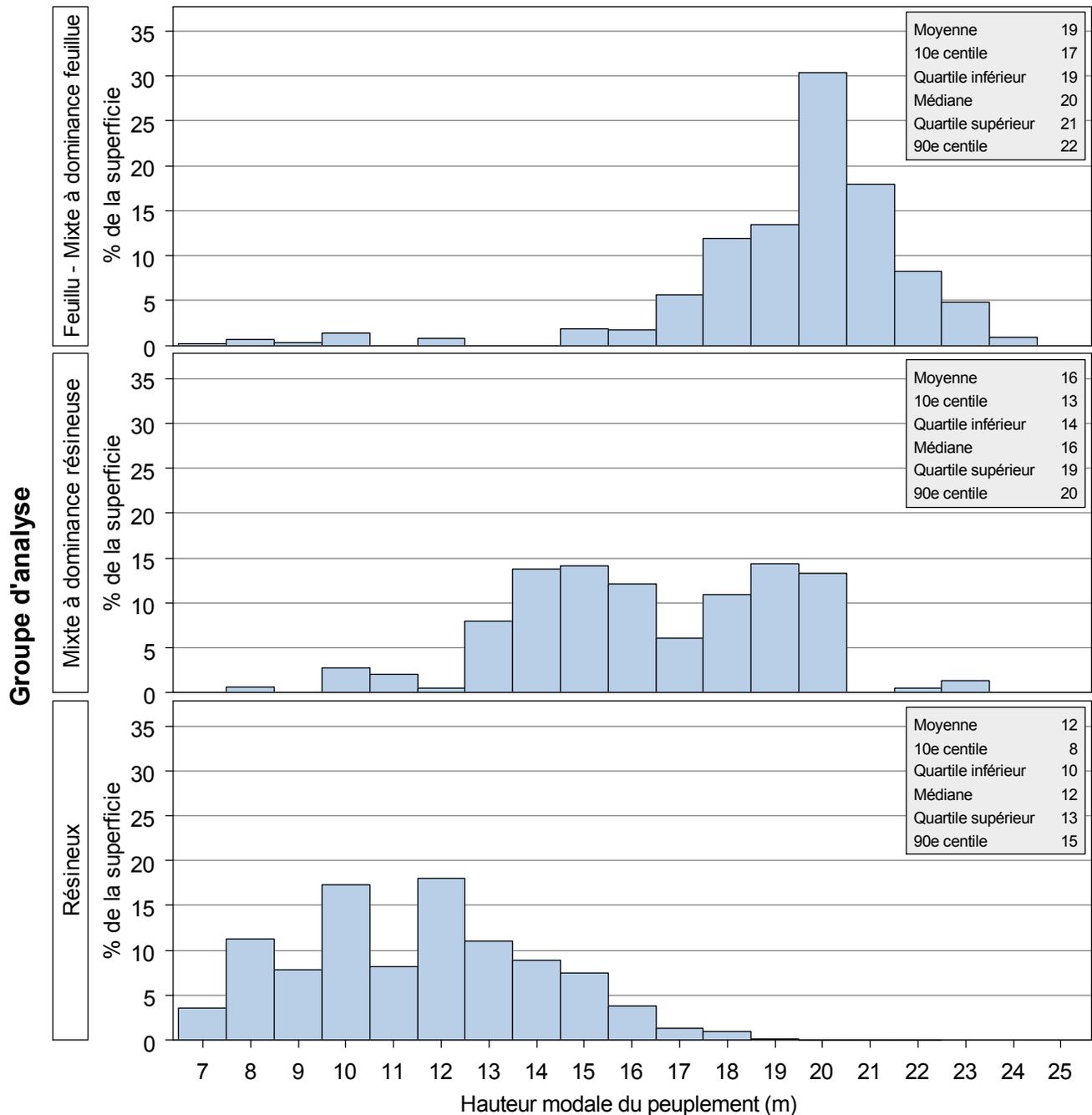
Les graphiques ci-dessous présentent au moyen d'histogrammes la distribution des densités des peuplements en fonction des groupes considérés. S'il est difficile de tirer une conclusion sur le cas des couverts feuillu et mixtes (faible superficie), on peut facilement affirmer que les peuplements résineux ont en général une densité plutôt faible avec une médiane à 45 % et une valeur de 65 % concernant le quartile supérieur, ce qui indique qu'environ 75 % de la superficie de sondage a une densité égale ou inférieure à 65 %.



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. Encore une fois, il s'avère difficile de tirer une conclusion sur le cas des couverts feuillu et mixtes (faible superficie). On peut cependant facilement affirmer que les peuplements résineux ont en général une hauteur relativement faible. Cependant, c'est surtout la faible étendue des hauteurs qui est notable, avec un intervalle interquartile (différence entre le quartile supérieur et le quartile inférieur) de seulement 3 m.



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 13 groupes synthèses de la composition en essences des peuplements, 5 ont été scindés en 2 à 9 sous-groupes en fonction des valeurs de densité et de hauteur. Il en résulte un nombre final de 29 strates d'échantillonnage. L'étendue des valeurs de densité et de hauteur par strate d'échantillonnage est présentée dans le tableau qui suit.

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
FMF	PT60BP10EN20	FMF PT60BP10EN20	65 19	25	95	7	24
MR	EN40PG10SE10PT30BP10	MR EN40PG10SE10PT30BP10	60 18	25	95	16	23
		MR EN40PG10SE10PT30BP10	70 14	25	95	8	15
R	EN100	R EN100	30 11	25	35	10	12
		R EN100	30 15	25	35	13	20
		R EN100	30 8	25	35	7	9
		R EN100	50 11	45	55	10	12
		R EN100	50 14	45	55	13	21
		R EN100	50 8	45	55	7	9
		R EN100	70 11	65	95	10	12
		R EN100	70 14	65	95	13	18
		R EN100	70 9	65	95	7	9
	EN50PG40	R EN50PG40	60 13	25	95	8	17
	EN60ML30	R EN60ML30	40 11	25	85	7	20
	EN60SB20	R EN60SB20	60 14	25	85	8	21
	EN70PG20	R EN70PG20	55 13	25	95	7	20

Groupe synthèse des essences		Strate d'échantillonnage finale		Densité (%)		Hauteur (m)	
Type	Essence	NOMREGRO		Min.	Max.	Min.	Max.
R	EN80ML20	R EN80ML20	30 10	25	35	7	14
		R EN80ML20	50 11	45	85	7	17
	EN80PG10	R EN80PG10	50 11	25	95	7	12
		R EN80PG10	50 15	25	85	13	19
	EN90ML10	R EN90ML10	30 13	25	35	11	21
		R EN90ML10	30 9	25	35	7	10
		R EN90ML10	45 13	45	45	11	20
		R EN90ML10	45 9	45	45	7	10
		R EN90ML10	60 9	55	95	7	10
		R EN90ML10	65 13	55	95	11	22
	ML70EN30	R ML70EN30	35 13	25	85	7	20
	PG60EN30	R PG60EN30	65 13	25	85	8	18
	PG80EN20	R PG80EN20	75 12	25	95	8	17

6. Allocation des PET aux strates d'échantillonnage

6.1 Méthode et analyse

L'allocation des PET aux strates d'échantillonnage est déterminée entre autres à partir des hypothèses et des paramètres présentés en introduction. Rappelons qu'afin de respecter l'orientation générale de représentativité de l'échantillonnage, on prévoit attribuer une allocation initiale proportionnelle à la superficie. Pour une strate donnée, le ratio entre la superficie de la strate et le facteur d'expansion donne donc le nombre de PET à établir dans la strate selon l'hypothèse initiale.

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

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

Il est difficile d'établir des règles absolues qui dicteraient de façon objective les ajustements à appliquer. Cela résulte de la diversité des éléments à considérer d'une part, et des spécificités qu'impose la méthode d'estimation k-NN à l'échelle des peuplements d'autre part. Quelques constats concernant chacun des éléments d'analyse considérés peuvent être soulevés.

1) Le tableau de l'importance relative des essences (section 2.2) permet d'identifier grossièrement les essences pour lesquelles on vise des estimations à l'échelle des peuplements. Les essences principales présentant une importance relative supérieure à toutes les autres essences dans l'unité de sondage 08562 sont les suivantes :

EN, ML, PG

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 :

BP, FI, FX, PA, PE, RX, SB, SE

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

PT

Si l'on vise des estimations fiables à l'échelle des peuplements, ou à tout le moins à l'échelle de l'unité de sondage, les peuplements où on a identifié ces essences avec une importance relative faible pourraient nécessiter un plus grand nombre de placettes que ce qui a été prévu initialement.

2) Le nombre de placettes des essences cartographiées qui résulte d'une allocation proportionnelle à la superficie peut être évalué en calculant, pour chaque essence, le rapport entre la superficie (ha) où l'essence est identifiée sur la carte et la valeur initiale du facteur d'expansion (51 ha/PET). Le tableau qui suit présente cette information. On a seulement utilisé dans le calcul les superficies où le pourcentage de l'essence est de 20 % ou plus afin de ne pas tenir compte des peuplements où l'essence n'occupe que 10 % de la surface terrière totale (essence compagne).

Essence			Nombre de PET par groupe d'analyse			
Type	Code	Nom descriptif	FMF	MR	R	Tous
Feuilleuse	BP	Bouleau à papier	5	5	0	10
	FI	Feuillus intolérants	0	0	1	1
	FN	Feuillus non commerciaux	0	0	0	0
	PA	Peuplier baumier	0	0	0	0
	PE	Peuplier	0	0	0	0
	PT	Peuplier faux-tremble	13	14	5	32
Résineuse	EN	Épinette noire	12	17	365	394
	ML	Mélèze laricin	0	0	55	55
	PG	Pin gris	0	3	44	47
	SB	Sapin baumier	2	3	5	10
	SE	Sapin et épinette blanche	0	1	0	1

Le principal constat pouvant être tiré de l'analyse du tableau précédent est que le nombre de PET prévu pour l'échantillonnage de l'épinette noire dans le type de couvert résineux est très élevé.

3) On peut mesurer la diversité des groupes synthèses des essences formés en calculant un indice de diversité nommé « Indice de Shannon » (Spellerberg 2008). Cet indice permet de tenir compte du nombre d'essences distinctes et de l'importance de chacune d'elles en proportion de la surface terrière totale, et ce, pour l'ensemble des peuplements constituant un groupe synthèse donné. L'indice, une fois transformé, permet de comparer directement entre eux les groupes synthèses et ainsi déterminer les groupes les plus variables. On pourrait donc l'utiliser comme indicateur pour moduler la prescription de PET, lorsque cela est nécessaire.

Le tableau suivant montre que le groupe composé d'épinettes noires à 100 % a une diversité nulle de 1 et que le groupe synthèse de type de couvert mixte à dominance résineuse est presque quatre fois plus diversifié.

Indice de diversité de Shannon en nombre équivalent d'essences	Groupe synthèse des essences		Nombre de PET (Fe=51 ha/PET)
	Type	Nom	
3.77	MR	EN40PG10SE10PT30BP10	17
3.41	FMF	PT60BP10EN20	13
3.34	R	EN60SB20	7
2.80	R	EN50PG40	12
2.25	R	EN70PG20	11
2.22	R	EN60ML30	20
2.18	R	PG60EN30	6
1.87	R	EN80PG10	28
1.85	R	ML70EN30	8
1.65	R	EN80ML20	26
1.59	R	EN90ML10	98
	R	PG80EN20	7
1.00	R	EN100	147

6.2 Résultat

Compte tenu du fait qu'une seule essence, l'épinette noire, domine largement et que les superficies associées à cette essence sont majoritaires dans l'unité de sondage, on convient de moduler la prescription en réduisant le nombre de PET à implanter dans les groupes synthèses composés en majorité de cette essence. Ainsi, le nombre de PET prévu dans les groupes 'EN100' et 'EN90ML10' a été respectivement réduit de 30 % et de 20 %, ce qui a permis de libérer 64 PET. Ces PET ont ensuite été réparties dans les autres groupes synthèses. Le groupe le plus diversifié a vu son nombre de PET passer de 17 à 25, tandis que celui composé des couverts feuillu et mixte à dominance feuillue est passé de 13 à 26. Dans ces deux cas, la grande diversité et la rareté des groupes expliquent ces augmentations. Quant aux autres groupes synthèses, leur intensité d'échantillonnage a également été augmentée, compte tenu de leur nature plus complexe que celle des groupes synthèses principalement composés d'épinettes noires.

Ajustement de l'allocation des PET								
Intensité d'échantillonnage		Facteur d'expansion (ha / PET)	Groupe d'analyse Type et essences	Superficie		Allocation des PET (n)		
Groupe	Niveau			(ha)	(%)	Initiale	Ajustée	Écart
Diminuée	-30% de PET	73	R EN100	7 515	36,9%	147	103	-44
	-20% de PET	64	R EN90ML10	5 018	24,6%	98	79	-20
				12 533	61,5%	246	182	-64
Augmentée	+34% de PET	38	R EN50PG40	615	3,0%	12	16	4
			R EN60ML30	1 013	5,0%	20	27	7
			R EN60SB20	377	1,9%	7	10	3
			R EN70PG20	544	2,7%	11	14	4
			R EN80ML20	1 330	6,5%	26	35	9
			R EN80PG10	1 411	6,9%	28	37	10
			R ML70EN30	389	1,9%	8	10	3
			R PG60EN30	286	1,4%	6	8	2
	R PG80EN20	369	1,8%	7	10	3		
	+50% de PET	34	MR EN40PG10SE10PT30BP10	851	4,2%	17	25	8
+100% de PET	26	FMF PT60BP10EN20	657	3,2%	13	26	13	
				7 844	38,5%	154	218	64

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

Le tableau suivant présente les strates finales formées, leur superficie, le nombre de PET à implanter et le facteur d'expansion. Notez le recalcul des facteurs d'expansion pour la considération d'un nombre entier de PET à implanter, et non de fraction de PET. Ces facteurs serviront à pondérer les PET dans la compilation des résultats à l'échelle de l'US et de certaines sous-populations.

Strate d'échantillonnage			Superficie		PET	PET cumulée		Facteur d'expansion
Numéro	Nom		Strate (ha)	Cumulée (%)	n	n	%	ha / PET
1	R EN100	50 11	1 616	7,9%	21	21	5,3%	77
2	R EN90ML10	65 13	1 178	13,7%	18	39	9,8%	65
3	R EN100	50 14	1 136	19,3%	16	55	13,8%	71
4	R EN100	70 11	1 079	24,6%	15	70	17,5%	72
5	R EN90ML10	30 9	1 055	29,8%	17	87	21,8%	62
6	R EN60ML30	40 11	1 013	34,7%	27	114	28,5%	38
7	R EN80PG10	50 11	812	38,7%	21	135	33,8%	39
8	R EN100	30 8	799	42,6%	11	146	36,5%	73
9	R EN100	70 14	796	46,5%	11	157	39,3%	72
10	R EN80ML20	50 11	791	50,4%	21	178	44,5%	38
11	R EN90ML10	45 13	770	54,2%	12	190	47,5%	64
12	R EN90ML10	45 9	725	57,8%	11	201	50,3%	66
13	R EN90ML10	60 9	672	61,1%	11	212	53,0%	61
14	FMF PT60BP10EN20	65 19	657	64,3%	26	238	59,5%	25
15	R EN100	50 8	656	67,5%	9	247	61,8%	73
16	R EN100	30 11	651	70,7%	9	256	64,0%	72
17	R EN90ML10	30 13	618	73,7%	10	266	66,5%	62
18	R EN50PG40	60 13	615	76,8%	16	282	70,5%	38
19	R EN80PG10	50 15	600	79,7%	16	298	74,5%	37
20	R EN70PG20	55 13	544	82,4%	14	312	78,0%	39
21	R EN80ML20	30 10	540	85,0%	14	326	81,5%	39
22	MR EN40PG10SE10PT30BP10 18	60	497	87,5%	15	341	85,3%	33
23	R EN100	30 15	496	89,9%	7	348	87,0%	71
24	R ML70EN30	35 13	389	91,8%	10	358	89,5%	39
25	R EN60SB20	60 14	377	93,7%	10	368	92,0%	38
26	R PG80EN20	75 12	369	95,5%	10	378	94,5%	37
27	MR EN40PG10SE10PT30BP10 14	70	354	97,2%	10	388	97,0%	35
28	R PG60EN30	65 13	286	98,6%	8	396	99,0%	36
29	R EN100	70 9	285	100,0%	4	400	100,0%	71

RÉFÉRENCES

Daigle, G., et L.-P. Rivest (2010). Analyses de regroupement des parcelles de l'UAF 012-54 à partir des variables photo-interprétées. Québec, Service de consultation statistique, Université Laval, 25 p.

Husch, B., T.W. Beers et J.A. Kershaw (2003). Forest mensuration. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. New-York. 443 p.

MFFP-DIF (2015). Norme de stratification écoforestière, Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional (octobre 2008, réédition - septembre 2015). Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Direction des inventaires forestiers. 101 pages. Accessible en ligne à l'adresse : <http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification-2015.pdf>

SAS Institute Inc. (2010). SAS/STAT 9.22 User's Guide. Cary, NC., SAS Institute Inc.

Spellerberg, I.F. (2008). Shannon-Wiener Index dans 'Encyclopedia of Ecology'. Elsevier B.V. pages 3249-3252.