

Caractérisation des changements à long terme des paysages forestiers dans les parcs nationaux métropolitains



Domaine d'approfondissement

Gestion des milieux naturels

Crédits photographiques pour la couverture : Raphaël Bec

Diversité des sylvofaciès des forêts anciennes

En haut à gauche : Peuplement feuillu irrégulier en libre évolution dans une RBI (projet) en forêt domaniale du Marquairès, dans le Parc national des Cévennes.

En haut à droite : Chênaie verte sur l'île de Porquerolles dans le Parc national de Port-Cros.

En bas à gauche : Futaie régulière de hêtre récemment martelée dans le Parc national des Cévennes.

En bas à droite : Futaie régulière d'épicéas de moyens et gros diamètres dans le Parc national des Cévennes.

MÉMOIRE

Caractérisation des changements à long terme des paysages forestiers dans les parcs nationaux métropolitains

Présenté par **Raphaël BEC**

Dans le cadre de la dominante d'approfondissement **Gestion des milieux naturels**

Stage effectué du **2 mars 2015 au 4 septembre 2015**

À **Parcs nationaux de France**

Pour l'obtention du **DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGROPARISTECH**

Enseignant référent du stage : **Christian PIEDALLU**

Tuteur de stage : **Marie THOMAS**

Soutenu le **7 octobre 2015 à Nancy**

Résumé

Les forêts anciennes, qui présentent une continuité de leur état boisé depuis plus de 150 ans, constituent très probablement des milieux abritant des communautés d'espèces particulières, à caractère patrimonial ou emblématique. Dans le contexte des six parcs nationaux sur lesquels porte cette étude, une bonne connaissance de ces milieux spécifiques est nécessaire pour répondre aux enjeux de gestion associés à leurs différentes fonctionnalités. La présente étude décrit et analyse précisément l'évolution des paysages forestiers de ces territoires depuis le milieu du XIX^e siècle, en se basant sur le croisement de données anciennes et actuelles. La caractérisation des forêts anciennes, par comparaison avec les forêts plus récentes, porte notamment sur la nature des espaces boisés, leur structure interne et paysagère et le contexte dans lequel ils évoluent. L'homogénéisation des données concernant les parcs a constitué une étape préalable pour engager une comparaison inter-parcs et chercher à décrire des schémas d'évolution communs. Ce travail ouvre finalement de nouvelles pistes pour améliorer les connaissances sur la naturalité des forêts anciennes et notamment les taxons liés à l'ancienneté de l'état boisé.

Abstract

Ancient forests have maintained their wooded condition for more than 150 years and most likely support heritage or emblematic communities of species. This study is conducted on six French national parks, in which a good knowledge of these specific areas is necessary to face the management issues associated with their various functions. The evolution of forest landscapes since the mid-nineteenth century is precisely described and analysed, crossing ancient and recent data. Ancient forests are characterised in comparison with recent forests, by the nature, composition and structure of forest stands and landscapes in contextual settings. Data have been harmonised in order to compare results across parks and to describe common patterns. This work eventually opens up lines of thoughts to further improve knowledge of ancient forests' naturalness, especially *taxa* related to continuous wooded areas.

Remerciements

Mes premiers remerciements vont à Marie Thomas, pour son encadrement permanent, les nombreux « points » qui m'ont aidé à avancer en apportant des regards nouveaux, mais aussi tous les petits coups de pouce tant sur le travail que dans le quotidien de six mois passés à PNF.

Merci également à toute l'équipe de PNF pour (dans le désordre) : les conseils en tous genres, les paniers bio, les pauses café, les dépannages informatiques, les sessions de botanique, les encouragements, les viennoiseries, les tuyaux de SIG et tout le reste. Merci somme toute pour cet accueil chaleureux et sympathique, et particulièrement au centre de ressources.

À Jean-Luc Dupouey et à l'équipe de l'IRSTEA d'Aix, Laurent Bergès, Christine Avon et Juliet Abadie, merci pour les conseils avisés, les relectures et de manière générale l'encadrement secondaire apporté à mon stage. Les bilans effectués tout au long de cette période m'ont souvent remis dans le droit chemin.

Un grand merci également aux chargés de mission « forêt » des différents parcs nationaux : Vincent Augé, Mathieu Bacconet, Claire Crassous, Isabelle Meurillon, Sylvain Rollet et Éric Serantoni. Merci pour le suivi régulier de mon travail et les précieuses informations sur les territoires des parcs nationaux et leurs spécificités. Merci également pour le temps passé sur le terrain, malheureusement pas dans tous les parcs.

Merci aux personnes rencontrées ponctuellement au cours du stage et qui m'ont parfois orienté vers des perspectives nouvelles, que ce soit aux Conservatoires botaniques, sur le terrain au Parc national des Cévennes, au colloque de Saint-Étienne ou ailleurs.

Merci à Christian Piedallu pour son rôle de tuteur, je le savais disponible en cas de besoin.

Finalement, un petit clin d'œil à Myrtille et Oscar, co-stagiaires en or, pour les pique-niques, les pauses, les sorties, les discussions en tout genre et tout le reste. Également à tous les copains et coloc qui ont fait de ces six mois à Montpellier une période inoubliable : Romain, Pauline, Gouz', Louise, S, Toto, Tinu, Anne, Sarah, Pierre, Thibaut, Joe, Dhia, Juliette, ... et tous les autres qui sont passés par ici.

Table des matières

Remerciements.....	1
Acronymes et sigles.....	6
Introduction.....	7
1. Contexte de l'étude et problématique.....	8
1.1. Le réseau des Parcs nationaux.....	8
1.2. L'étude des forêts anciennes.....	8
1.3. Les forêts anciennes dans les parcs nationaux.....	9
2. Matériels et méthode.....	11
2.1. Stratégie pour répondre aux objectifs généraux, définition et hypothèses.....	11
2.2. Des données à homogénéiser.....	11
2.2.1. État des lieux des sources possibles et disponibles.....	11
2.2.1.1. Données anciennes de l'occupation du sol.....	11
2.2.1.2. Données forestières actuelles.....	14
2.2.1.3. Autres données actuelles.....	15
2.2.1.4. Compatibilité des périmètres.....	15
2.2.2. Discrimination des usages représentés par le fond de carte.....	16
2.2.3. Mise en place d'un traitement préalable.....	17
2.3. Les analyses et leurs objectifs.....	19
2.3.1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIXe siècle et nos jours.....	19
2.3.2. Comparaison des forêts anciennes et récentes.....	20
2.3.3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace.....	21
2.4. Les différentes échelles de travail et outils associés.....	22
3. Résultats et discussions.....	24
3.1. Validité du choix et de l'homogénéisation des données.....	24
3.1.1. Précision cartographique de la donnée ancienne.....	24
3.1.2. Description des occupations du sol sur la carte d'État-major.....	25
3.1.3. Comparaison des versions de la BD Forêt sur le PNV.....	26
3.1.4. Homogénéisation des typologies de la BD Forêt.....	27
3.2. Comparaison inter-parcs : interprétation des analyses.....	27
3.2.1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIXe siècle et nos jours.....	28
3.2.2. Comparaison des peuplements anciens et récents.....	36
3.2.2.1. Parcs nationaux de haute montagne : Vanoise, Pyrénées, Mercantour.....	37

3.2.2.2. Parc national des Cévennes.....	38
3.2.2.3. GIP des forêts de Champagne et Bourgogne.....	40
3.2.2.4. Parc national de Port-Cros.....	40
3.2.3. Bilan de la comparaison.....	41
3.3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace.....	41
3.3.1. Analyse de la taille des polygones cartographiés.....	41
3.3.2. Analyses des forêts récentes agrégées et nucléées.....	42
3.3.3. Analyse de la structure des massifs forestiers.....	43
4. Discussion générale et perspectives relatives à l'étude des forêts anciennes.....	46
4.1. Approfondir la cartographie des évolutions de l'état boisé.....	46
4.1.1. Cibler les caractères étudiés.....	46
4.1.1.1. L'importance des définitions et de leur homogénéité.....	46
4.1.1.2. La mise en forme des données selon l'objectif.....	46
4.1.2. L'influence du contexte.....	47
4.1.3. Le choix des périodes de référence.....	48
4.1.3.1. Élargissement à une donnée plus ancienne.....	48
4.1.3.2. Utilisation de données intermédiaires.....	50
4.2. Faire le lien avec l'étude des communautés.....	50
4.2.1. Un outil de caractérisation.....	50
4.2.2. Des utilisations stratégiques de la cartographie.....	50
Conclusion.....	52
Références bibliographiques.....	53
Annexe 1 : État des lieux de la numérisation des cartes d'État-major par les parcs nationaux.....	57
Annexe 2 : Typologie établie pour la BD Forêt V2.....	59
Annexe 3 : Reclassement des codes spécifiques à PACA de la BD Forêt V2.....	60
Annexe 4 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du PNC.....	61
Annexe 5 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du GIP.....	63
Annexe 6 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du PNPC.....	65
Annexe 7 : Résultats de la comparaison entre V1 et V2.....	66
Annexe 8 : Synthèse des résultats pour le PNV.....	82
Annexe 9 : Synthèse des résultats pour le PNP.....	88
Annexe 10 : Synthèse des résultats pour le PNM.....	94
Annexe 11 : Synthèse des résultats pour le PNC.....	100
Annexe 12 : Synthèse des résultats pour le GIP FCB.....	106
Annexe 13 : Synthèse des résultats pour le PNPC.....	112
Annexe 14 : Surfaces relatives corrigées par le traitement préalable des données.....	115

Index des illustrations

Figure 1 : Localisation des territoires étudiés, sur le tableau d'assemblage de la carte d'État-major.....	10
Figure 2 : Exemple de différences de disponibilité entre les données sur le PNV.....	16
Figure 3 : Pré-identification des polygones constituant probablement des estives dans le PNP.....	17
Figure 4 : Exemple d'étape d'agrégation.....	18
Figure 5 : Exemple d'étape d'élimination pour la BD Forêt V1.....	18
Figure 6 : Organisation des analyses mises en place.....	20
Figure 7 : Exemple de forêts récentes agrégées à un noyau ancien et de forêts récentes nucléées.....	21
Figure 8 : Les trois types de lisières.....	22
Figure 9 : Tentative de rapprochement des polygones pré-identifiés à des entités d'usage similaire.....	25
Figure 10 : Représentation des polygones pré-identifiés proportionnellement à leur surface.....	26
Figure 11 : Carte des évolutions forestières du Parc national de la Vanoise.....	28
Figure 12 : Carte des évolutions forestières du Parc national des Pyrénées.....	29
Figure 13 : Carte des évolutions forestières du Parc national du Mercantour.....	29
Figure 14 : Carte des évolutions forestières du cœur du Parc national des Cévennes.....	30
Figure 15 : Carte des évolutions forestières du GIP des forêts de Champagne et Bourgogne.....	30
Figure 16 : Carte des évolutions forestières du cœur du Parc national de Port-Cros.....	31
Figure 17 : Surface relative de chaque type d'occupation du sol décrite au XIXe siècle.....	31
Figure 18 : Extrait de la carte 179 NE (PNV).....	32
Figure 19 : Taux de boisement pour les périodes de référence et actuelle.....	33
Figure 20 : Surfaces des évolutions de l'état boisé dans les parcs nationaux.....	34
Figure 21 : Parts respectives de forêt ancienne et récente dans les parcs nationaux.....	34
Figure 22 : Devenir des forêts identifiées au XIXe siècle dans les parcs nationaux.....	35
Figure 23 : Exemple de mauvaise superposition entre les données forestières.....	36
Figure 24 : Exemple de déboisement lié à l'activité de ski à Bourg-Saint-Maurice (secteur des Arcs, PNV).....	36
Figure 25 : Comparaison des surfaces relatives des différentes essences dans le PNM.....	37
Figure 26 : Comparaison des essences dans le PNC selon le statut foncier et l'ancienneté.....	39
Figure 27 : Comparaison des types d'essences dans le GIP selon le statut foncier.....	40
Figure 28 : Structure des massifs forestiers des trois parcs nationaux de haute montagne.....	44
Figure 29 : Localisation des massifs forestiers du territoire du GIP FCB.....	45
Figure 30 : Zooms sur une discontinuité conservée malgré l'agrégation.....	47
Figure 31 : Comparaison des taux de boisement calculés dans les deux études.....	48
Figure 32 : Comparaison des évolutions de l'état boisé calculées avec les cartes de Cassini ou d'État-major.....	49

Index des tableaux

Tableau 1 : Chiffres-clés des territoires de parcs concernés par la présente étude (source : PNF).....	9
Tableau 2 : Descriptif des données anciennes utilisées.....	13
Tableau 3 : Codes décrivant les usages identifiés sur les cartes d'État-major.....	13
Tableau 4 : Caractéristiques des données de la BD Forêt disponibles pour chaque zone d'étude.....	14
Tableau 5 : Surfaces des différents types de structures forestières.....	15
Tableau 6 : Les quatre types d'évolution de l'état boisé.....	19
Tableau 7 : Surfaces des évolutions de l'état boisé dans les parcs nationaux.....	33
Tableau 8 : Comparaison de la part des feuillus et conifères selon l'ancienneté.....	38
Tableau 9 : Comparaison des surfaces de chaque statut foncier en forêt ancienne et forêt récente.....	41
Tableau 10 : Estimation de l'éloignement des forêts récentes à un noyau de forêt ancienne.....	42
Tableau 11 : Description des massifs forestiers dans les parcs nationaux.....	44
Tableau 12 : Surfaces concernées par les exploitations dans le PNV (forêt publique).....	48

Acronymes et sigles

BD : Base de données

CBN : Conservatoire botanique national

EM : État-major

EPA : Établissement public à caractère administratif

FA : Forêt ancienne

FFN : Fonds forestier national

FR : Forêt récente

GIP ou GIP FCB : Groupement d'intérêt public des forêts de Champagne et Bourgogne

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

INRA : Institut national de la recherche agronomique

MNT : Modèle numérique de terrain

ONF : Office national des forêts

PNC : Parc national des Cévennes

PNF : Parcs nationaux de France

PNM : Parc national du Mercantour

PNP : Parc national des Pyrénées

PNPC : Parc national de Port-Cros

PNV : Parc national de la Vanoise

RBD / RBI : Réserve biologique dirigée / intégrale

RTM : Restauration des terrains de montagne

SIG : Système d'information géographique

UMR : Unité mixte de recherche

WWF : Fonds mondial pour la nature (*World Wide Fund*)

Introduction

Les forêts anciennes sont des espaces boisés qui ont conservé leur vocation forestière depuis une période de temps suffisamment longue. Cette période peut varier selon les contextes d'étude ; en France, on considère généralement que cette définition s'applique aux terrains dont l'usage forestier a été continu depuis plus d'un siècle et demi. Ces forêts anciennes étaient par conséquent déjà en place au milieu du XIX^e siècle et apparaissent alors notamment sur des cartes de cette époque, ce qui permet de les identifier assez précisément en comparant données anciennes et actuelles. Ces forêts sont dites « anciennes » tant que la continuité de l'état boisé n'est pas interrompue, et même si les activités humaines ou des phénomènes naturels en ont changé le sylvofaciès.

Les gestionnaires d'espaces naturels, et notamment les parcs nationaux, s'intéressent aux forêts anciennes pour deux raisons principales. D'un point de vue paysager, ces milieux constituent un patrimoine généralement préservé, et dont les peuplements sont souvent emblématiques d'un territoire. D'un point de vue écologique, ils abritent certaines espèces dites « de forêts anciennes », qui se différencient de celles des forêts récentes (Dupouey *et al.*, 2002). Au niveau de la flore en particulier, de nombreuses études se sont intéressées à déterminer des espèces caractéristiques, à expliquer leur répartition et leur mode de dispersion. Si les espèces identifiées ne sont pas strictement inféodées à l'un ou l'autre des deux types, elles sont significativement plus présentes en contexte ancien ou récent (Febvre, 2010). Par ailleurs, la liste de ces espèces ne peut être établie qu'à un niveau régional, dans un contexte biogéoclimatique homogène (Dupouey *et al.*, 2002).

Après la présentation du contexte dans lequel se place cette étude, nous expliciterons les méthodes qui ont permis une analyse à large échelle des évolutions forestières dans les parcs nationaux. Les liens entre la nature des peuplements, leur localisation et leur régime de propriété sera établi en comparant les forêts anciennes et récentes de chaque territoire. Dans un second temps, des critères permettant d'analyser l'évolution de la structure des paysages forestiers seront proposés (notions de massifs, de noyaux forestiers anciens, de lisières, ...). Cette étude s'attachera finalement autant que possible à faire le lien entre les analyses paysagères proposées et les perspectives que peuvent apporter ces dernières pour approfondir la connaissance de la flore et d'autres taxons emblématiques des forêts anciennes.

1. Contexte de l'étude et problématique

1.1. Le réseau des Parcs nationaux

En 2015, la France compte dix parcs nationaux dont sept sur son territoire métropolitain (Vanoise, Port-Cros, Pyrénées, Cévennes, Écrins, Mercantour et Calanques) et trois outre-mer (Guadeloupe, Guyane et Réunion). Ces espaces bénéficient d'un statut de protection particulier du fait de la richesse de leur patrimoine naturel et culturel (article L331-1 du Code de l'environnement). Une charte définit le projet du territoire et structure le parc national en délimitant deux zones : le cœur, où une réglementation spécifique est appliquée, et l'aire d'adhésion, composée de communes adhérant à la charte et à ses objectifs (articles L331-2 et L331-3).

Ces espaces naturels sont gérés par des établissements publics nationaux à caractère administratif (EPA), et organisés en réseau autour de l'établissement Parcs nationaux de France depuis 2006 (article L331-29). Au-delà des aspects de protection, les parcs nationaux réalisent des missions multiples qui ont pour objectifs d'approfondir la connaissance du patrimoine naturel et culturel, de dynamiser le développement local, ou encore d'améliorer les relations entre les usages du territoire et la gestion des espaces. Sur le plan forestier par exemple, les parcs nationaux peuvent développer plusieurs approches selon les contextes. En partenariat avec les autres acteurs de la gestion forestière impliqués sur le territoire, ils définissent des stratégies qui s'attachent à préserver les peuplements présentant un grand degré de naturalité, tout en favorisant une exploitation durable et efficace des secteurs pour lesquels les principaux enjeux sont différents.

1.2. L'étude des forêts anciennes

L'avènement récent de l'écologie des paysages en tant que discipline (Burel et Baudry, 2006) a mis en avant la nécessité d'étudier l'ensemble des changements d'occupation des sols dans le temps. En France, la surface forestière totale augmente depuis le début du XIX^e siècle (Cinotti, 1996). Des boisements apparaissent sur des terrains qui avaient auparavant une autre vocation, généralement agricole, mais les paysages forestiers sont également remodelés par les activités humaines. Dans ce contexte, de nombreuses études commencent à s'intéresser au sujet des forêts anciennes.

Sur la base de l'étude de la carte de Cassini (1749 – 1790), on peut estimer qu'au minimum 30 % de la surface forestière est ancienne à l'échelle nationale (Vallauri *et al.*, 2012). Il s'agit de la seule estimation homogène actuellement disponible au niveau régional et national (Cateau *et al.*, 2015). D'autres sources de données anciennes sont en cours d'exploitation, certaines localisées sur une région spécifique, d'autres pouvant à terme devenir des références nationales. L'étude des évolutions concernant les paysages forestiers nécessite en effet, en premier lieu, un outil permettant de localiser les espaces boisés à différentes époques.

La particularité des forêts anciennes réside dans la continuité de l'état boisé et de l'usage principalement forestier du sol, qui a permis à ces paysages d'acquérir ou de conserver certaines caractéristiques. Du point de vue de l'écologie forestière, cette continuité permet le maintien d'espaces fermés, ombragés, plutôt frais et humides et dans lesquels l'activité humaine est moins impactante qu'en milieu agricole. Elle favorise donc la présence et la dispersion d'espèces adaptées à ces conditions, qui seraient éventuellement perturbées par une interruption de la continuité forestière. Dès lors, plusieurs études ont montré dans différents contextes que ces espèces, occupant préférentiellement les forêts anciennes, se différencient d'autres communautés abritées dans les forêts plus récentes. Les parcs nationaux se sont alors tout naturellement questionnés quant à la présence de forêts anciennes et de la diversité particulière associée dans leurs territoires.

1.3. Les forêts anciennes dans les parcs nationaux

Depuis 2010 et la première initiative portée par le Parc national des Cévennes, six parcs nationaux ont commencé à s'intéresser précisément aux forêts anciennes qu'ils abritent à travers l'analyse de cartes du XIX^e siècle. L'étude des évolutions forestières du territoire s'insère dans la mission de connaissance, de valorisation et de protection du patrimoine naturel et culturel des parcs nationaux. La localisation des forêts anciennes, milieux qui présentent des enjeux forts à ces différents niveaux, apparaît donc nécessaire afin de prendre en compte leurs spécificités dans l'aménagement du territoire.

L'étude présentée se base ainsi sur les territoires de cinq parcs nationaux (Vanoise, Port-Cros, Pyrénées, Cévennes, Mercantour) et le périmètre du futur parc national des forêts de plaine en cours de création en Champagne-Bourgogne (Figure 1). Ces espaces comportent tous un contexte forestier important (Tableau 1).

Après une première étape de numérisation des cartes anciennes, les parcs ont pu, à différentes échelles, utiliser le croisement entre des données anciennes et actuelles. Néanmoins, une volonté d'aller plus loin concernant l'étude des forêts anciennes est ressortie au sein du réseau inter-parcs, et constitue l'origine du travail présenté.

En étroite collaboration avec Parcs nationaux de France (PNF), le réseau des parcs nationaux a souhaité mettre en place une étude transversale, sur la base des travaux déjà engagés. Celle-ci affiche plusieurs objectifs : la définition d'une méthodologie d'analyse commune, la mise en avant de différents aspects de comparaison concernant l'évolution des paysages forestiers dans le contexte des parcs, et finalement la réflexion concernant d'autres perspectives d'utilisation de ces données.

Parc	Parc national de la Vanoise (PNV)	Parc national de Port-Cros (PNPC)	Parc national des Pyrénées (PNP)	Parc national des Cévennes (PNC)	Parc national du Mercantour (PNM)	Groupe d'intérêt public des forêts de Champagne et Bourgogne (GIP FCB)
Date de création	1963	1963	1967	1970	1979	<i>En cours</i>
Contexte	Haute montagne	Littoral et marin	Haute montagne	Moyenne montagne	Haute montagne	Plaine
Surface de la zone cœur	53 500 ha	1 700 ha*	45 700 ha	93 650 ha	68 500 ha	<i>Non définie</i>
Surface de l'aire optimale d'adhésion	146 500 ha	24 000 ha*	206 350 ha	278 500 ha	146 500 ha	<i>220 000 ha</i>
Surface forestière totale	35 000 ha	15 000 ha	88 500 ha	268 250 ha	112 500 ha	<i>123 500 ha</i>

Tableau 1 : Chiffres-clés des territoires de parcs concernés par la présente étude (source : PNF).

(* seule partie terrestre du Parc national de Port-Cros – données provisoires pour le GIP FCB).

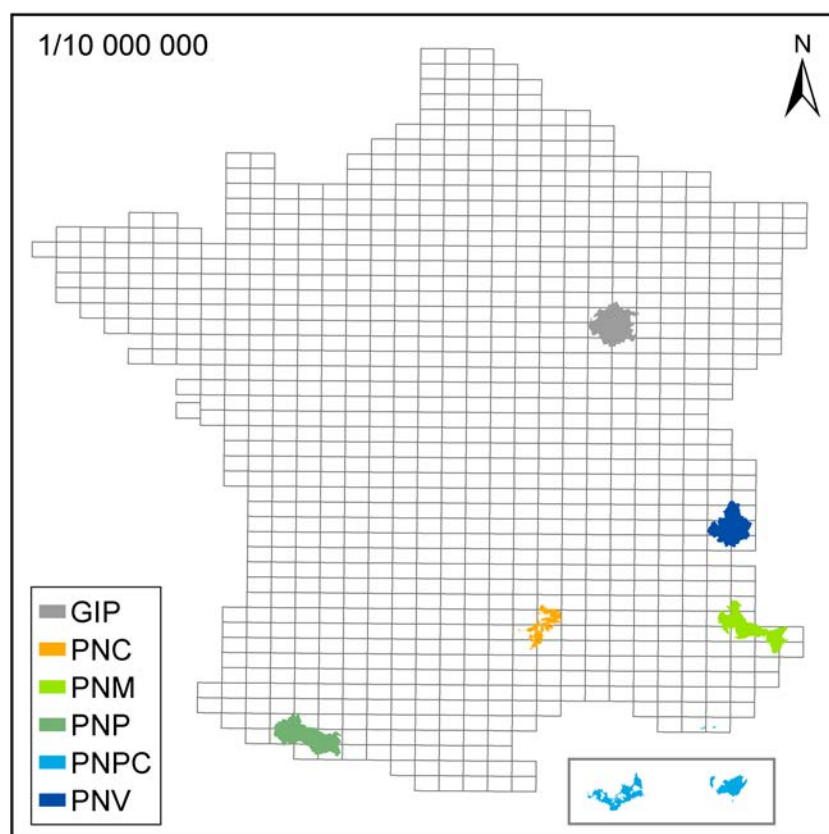


Figure 1 : Localisation des territoires étudiés, sur le tableau d'assemblage de la carte d'État-major.
 (source : INRA Nancy)

2. Matériels et méthode

2.1. Stratégie pour répondre aux objectifs généraux, définition et hypothèses

De nombreuses définitions des forêts anciennes ont été publiées dans la littérature plus ou moins récemment et Lathuillière et Gironde (2014) en ont fait l'inventaire. Celle adoptée pour notre étude peut être formulée de deux manières. Fondamentalement, les forêts anciennes sont des espaces boisés qui ont conservé leur vocation forestière depuis plus d'un siècle et demi. D'un point de vue cartographique, les forêts anciennes sont celles que l'on peut retrouver sur des documents datant du milieu du XIX^e siècle, généralement la carte d'État-major. Ce choix permet d'obtenir une donnée relativement homogène et précise pour la zone d'étude choisie qui est très vaste. De plus, des études sur des territoires spécifiques ont montré que ce laps de temps est suffisant pour identifier des espèces caractéristiques des forêts anciennes par rapport aux forêts récentes (Dupouey *et al.*, 2002).

Notre définition n'est pas nécessairement cohérente avec toutes celles établies précédemment par différents auteurs. Lathuillière et Gironde (2014) relèvent ainsi certaines définitions plus restrictives qui excluent par exemple toute exploitation (définition de Rameau et Mortier en 1993). Ces définitions ont évolué avec le temps. Ils notent que les périodes de référence choisies sont très variables, en particulier selon les pays (la définition de Peterken en 1996 fait par exemple référence aux années 1600 en Angleterre). De manière générale, notre définition permet de valoriser les travaux déjà effectués par plusieurs parcs nationaux, ce qui constitue un objectif affiché.

Au cours de cette étude, nous ferons l'hypothèse que la continuité forestière est assurée dès lors qu'un peuplement est présent sur la carte ancienne et dans les données actuelles considérées. La validité de cette hypothèse est appuyée par le fait que les données anciennes étudiées sont généralement contemporaines du minimum forestier en France. Ainsi, depuis cette date on estime que peu de défrichements de grande ampleur ont eu lieu, et que les terrains forestiers le sont majoritairement restés par la suite.

2.2. Des données à homogénéiser

La réalisation d'une cartographie des forêts anciennes sur un territoire nécessite, d'après la définition que nous avons précisée, deux sources de données concernant les espaces forestiers : l'une remontant à la période de référence (milieu du XIX^e siècle) et l'autre actuelle.

2.2.1. État des lieux des sources possibles et disponibles

2.2.1.1. Données anciennes de l'occupation du sol

De manière générale, les minutes de la carte d'État-major au 1/40 000 ont été utilisées en tant que source ancienne de données sur les surfaces forestières par chaque parc national. Néanmoins, deux ont également eu l'opportunité de travailler avec d'autres documents, dans le but de comparer différentes périodes ou d'apporter une précision supérieure à la localisation des forêts.

La carte d'État-major a été levée entre 1818 et 1866 sur l'ensemble du territoire français et publiée entre 1833 et 1880. Près d'un millier de feuilles au 1/40 000, couvrant chacune 640 km², représentent en couleurs la vocation agronomique des sols. Une typologie de ces figurés a été établie par Favre *et al.* (2013) et permet une analyse précise des entités constituant les paysages à cette époque.

« Les minutes au 1 : 40 000 de la carte de l'État-Major sont probablement le meilleur candidat pour la réalisation d'une carte des forêts anciennes de France » (Dupouey et al., 2007).

Les territoires considérés s'étendant de la Champagne aux Pyrénées et couvrant plus d'un million d'hectares, le choix effectué par la plupart des parcs nationaux d'entamer l'étude de leurs forêts anciennes à partir de cette donnée permet alors d'envisager une analyse commune. La carte d'État-major présente en effet un double avantage. Sur le plan historique, elle est contemporaine du minimum forestier français, et sa levée a été réalisée de façon assez homogène. Sur le plan géographique, elle couvre la presque totalité du territoire national et sa précision est bonne en comparaison à des cartes antérieures.

La valorisation des travaux déjà effectués sur la base de ce document est donc pertinente. Pour chaque territoire cependant, plusieurs paramètres méthodologiques ont pu varier dans la digitalisation de la carte d'État-major. Si les espaces forestiers ont systématiquement été décrits, ce n'est pas le cas des autres types d'occupation du sol, qui manquent dans le cas du GIP (Charpentier et al., 2014). La précision du géoréférencement effectué est également très inégale, du calage simple des bordures de chaque feuille effectué par l'IGN (PNC, cf. Febvre, 2010) à l'utilisation de points signalés et remarquables suivie d'une correction très poussée (PNP, cf. INRA, 2012 et PNV, cf. Benoît et Augé, 2014). Ces éléments, qui ont fait l'objet d'un état des lieux détaillé, viendront par la suite appuyer les analyses pour chaque territoire et sont décrits explicitement en Annexe 1.

Le Parc national du Mercantour a bénéficié d'un partenariat avec l'UMR Camille Julian de l'université Aix-Marseille pour commencer l'étude des cadastres anciens de son territoire (Suméra, 2013). Dans le cadre du projet collectif de recherche (PCR) intitulé « Peuplement et occupation du sol dans le Mercantour à l'Holocène », un millier des feuilles du cadastre napoléonien ont été digitalisées et géoréférencées, apportant notamment une donnée précise sur les boisements du XIX^e siècle dans le département des Alpes-Maritimes. Ces données ont été complétées par celles issues de la carte de Bourcet et D'Arçon (1778), de la carte d'État-major (1866) et d'une carte anonyme de la fin du XIX^e siècle (1878 – 1947). Ceci a permis notamment d'identifier les massifs forestiers dans l'ancien comté de Nice, repris par la France à l'Italie en 1860. Concernant la partie du parc national dans le département des Alpes-de-Haute-Provence, seule la carte de Cassini a été utilisée, après un recalage par les gardes-moniteurs du PNM (traitement informatique réalisé par l'école d'ingénieurs de Purpan en 2014). L'ensemble de ces données a conduit à la réalisation de trois couches SIG spatialement complémentaires et dont l'assemblage est utilisé dans notre étude : « Bois ACF » (PNM & UMR-CCJ / DIGITECH / Franck Suméra, 2013), « BOIS_anonyme19s » (PNM & UMR-CCJ / DIGITECH / Franck Suméra, 2013) et « Gardes-moniteurs PNM / E.I. Purpan » (Gardes-moniteurs PNM / E.I. Purpan, 2014).

Il est à remarquer que les feuilles de la carte d'État-major couvrant le Parc national du Mercantour sont toutes datées de 1866. À cette date, le cadastre n'était pas encore levé dans la plupart des communes du Parc national. La source État-major aurait donc peut-être été plus intéressante que le cadastre, puisqu'un peu plus ancienne.

L'étude des forêts anciennes du Parc national de Port-Cros a fait l'objet d'un stage en 2012, centré sur la seule île de Porquerolles, et au cours duquel plusieurs cartes anciennes ont été analysées : cadastre napoléonien, carte d'État-major, première carte IGN et carte militaire de l'île datant de 1929 (Narbonne, 2012). La méthode appliquée a consisté en un repérage des zones cultivées sur ces différentes cartes, afin d'obtenir par soustraction les surfaces potentielles de forêts anciennes.

Ces différents éléments nous amènent à deux conclusions pour la poursuite de l'étude. Premièrement, la carte d'État-major constitue une base d'étude commune à l'ensemble des parcs (ou partie pour le PNM) et les travaux sur cette donnée seront donc valorisés en priorité. La méthode définie pour le territoire du PNPC semble trop s'éloigner des autres études menées, et au vu de la faible surface concernée, il apparaît préférable de digitaliser à nouveau les minutes de l'État-major pour la zone cœur (îles de Port-Cros et Porquerolles). Le Parc national du Mercantour constitue un cas intermédiaire, pour lequel nous avons décidé que les données cadastrales, bien que non homogènes avec la carte d'État-major, pouvaient être utilisées. Les sources de données finalement utilisées pour cette étude sont indiquées dans le Tableau 2. Les différentes occupations décrites dans chaque territoire de parc national sont détaillées dans le Tableau 3.

Parc national	Source de données anciennes	Digitalisation	Emprise concernée	Types décrits ⁽³⁾
Vanoise	État-major (Géoportail)	PNV	Intégralité ^{(1) (2)}	Tous
Port-Cros	État-major (Géoportail)	PNF, R. Bec	Cœur (2 îles)	Tous
Pyrénées	État-major (Géoportail)	UMR Dynafor, INRA Toulouse	Intégralité	Tous
Cévennes	État-major (achat IGN)	PNC, V. Febvre	Cœur	Forêt, pré, vigne, bâti
Mercantour	Cassini (WWF / INRA) Cadastre napoléonien Carte de Bourcet et d'Arçon État-major Carte anonyme	PNM [dépt. 04] F. Suméra, UMR Camille Julian, université Aix-Marseille et PNM [dépt. 06]	Intégralité ⁽¹⁾	Forêt
Champagne-Bourgogne	État-major (Géoportail)	GIP, AgroSup Dijon	Aire optimale d'adhésion (2015)	Forêt

Tableau 2 : Descriptif des données anciennes utilisées.

⁽¹⁾ Exceptées certaines communes qui n'étaient pas françaises au moment de la réalisation de la carte et une carte d'État-major non colorisée qui n'a pas pu être digitalisée.

⁽²⁾ Des zones de très petite surface en bordure de carte ne sont pas décrites.

⁽³⁾ D'après Favre et al. (2013).

Parc	PNV	PNP	PNC	PNPC
Forêt	1	1 ; 20	foret	1
Vigne	2	2	vigne	2
Pré / prairie de fauche	27	3	pre	
Étang, lac	4	4		
Village, bâti	7	7	bati	7
Culture	0	11	autre	11
Pâquis, pâtures	0	11 ; 13	autre	13
Pelouses / prairies pâturées de montagne	27	25 ; 27	pre	
Gravière		16		
Rochers, falaises, éboulis	28 ; 30	28 ; 30 ; 31	autre	30
Rivière	32	32		
Marais	38	38		
Glacier	39	39		
Lande		40		
Plage				50

Tableau 3 : Codes décrivant les usages identifiés sur les cartes d'État-major.

Les codes associés aux usages (Favre et al., 2013) sont grisés lorsqu'ils sont ambigus.

2.2.1.2. Données forestières actuelles

À l'échelle nationale, la BD Forêt de l'IGN constitue une source de données cartographiques décrivant précisément la couverture forestière. Une première version (V1) réalisée jusqu'en 2006 se base sur une nomenclature de types de formation végétale départementale, et une seconde version (V2) adopte une typologie nationale. L'échelle minimale de description des différentes entités diffère également, passant de 2,25 ha à 0,5 ha avec la version ultérieure (IGN, 2014). La seconde version n'est pas disponible pour l'ensemble du territoire à l'heure actuelle, et c'est la raison pour laquelle un état des lieux s'est révélé nécessaire.

Parc national	Versions de la BD Forêt® disponibles	Années de référence des orthophotos (selon département)
Vanoise	V1 – V2	1995 (V1 Savoie) – 2006 (V2 Savoie)
Port-Cros	V1	1995 (Var)
Pyrénées	V2	2006 (Hautes-Pyrénées) ; 2008 (Pyrénées-Atlantiques)
Cévennes (cœur)	V1	2000 (Gard et Lozère)
Mercantour	V2	2004 (Alpes-Maritimes) ; 2009 (Alpes de Haute-Provence)
Champagne-Bourgogne	V1	1993 (Haute-Marne) ; 2000 (Côte d'Or)

Tableau 4 : Caractéristiques des données de la BD Forêt disponibles pour chaque zone d'étude.

La seconde version est disponible pour les trois parcs nationaux de haute montagne, mais pas ou seulement partiellement pour les autres territoires. Afin d'utiliser une donnée la plus récente possible, elle sera utilisée pour les parcs nationaux couverts, mais on veillera à ne pas mélanger les sources pour une même zone. En particulier la V2 est disponible en Champagne-Bourgogne pour le département de la Haute-Marne mais un mélange avec la V1 en Côte d'Or ne semble pas pertinent. Un lourd travail serait nécessaire pour homogénéiser les deux données, et serait peut-être même incomplet du fait des différents modes d'acquisition des données dans les deux versions.

Dans la perspective d'une comparaison inter-parcs, des regroupements et reclassements sont effectués au sein de la typologie de chaque base de données. Ils permettent de conserver un maximum d'information relative aux peuplements tout en facilitant une analyse homogène des territoires. Des classes compatibles entre les deux versions mais également entre les différents départements pour un parc concerné par la V1 sont établies. Le détail de cette étape est présenté en Annexes 2 à 6.

Dans les deux situations, le parti est pris de considérer comme forestier ce qui correspond aux « forêts ouvertes » et « boisements lâches » dans les BD Forêt. Les résultats peuvent être sensiblement différents dans le cas contraire, car la part relative de ces types de boisement peut, selon les parcs, fortement varier. Les peupleraies cultivées sont à l'inverse très peu représentées, et les inclure dans une étude concernant les forêts anciennes apparaît inapproprié (Chevalier *et al.*, 2013), d'où le choix de les écarter.

	PNV	PNP	PNM	PNC	GIP	PNPC
Surface forêt ouverte	4747 ha	13661 ha	21830 ha	6853 ha	2076 ha	437 ha
Part de forêt ouverte	13,6%	15,4%	19,4%	10,7%	1,7%	30,6%
Surface forêt fermée	30268 ha	74936 ha	90713 ha	57149 ha	121412 ha	991 ha
Part de forêt fermée	86,4%	84,6%	80,6%	89,3%	98,3%	69,4%
Surface de peupleraie	0	5 ha	0	0	124 ha	0
Part de peupleraie	0%	0,0%	0%	0%	0,1%	0%
Surface forestière totale	35016 ha	88597 ha	112543 ha	64002 ha	123489 ha	1428 ha

Tableau 5 : Surfaces des différents types de structures forestières.

2.2.1.3. Autres données actuelles

Au-delà des données forestières, différents types de données cartographiques sont utilisées afin de compléter les analyses.

- Données relatives à la topographie : le **MNT 25** (modèle numérique de terrain à 25 mètres) issu de la BD Alti de l'IGN est utilisé pour l'ensemble des territoires étudiés.
- Données relatives à la propriété foncière des terrains : la base de données **Forêts publiques de métropole** (version juillet 2013) de l'ONF (Office national des forêts) est utilisée pour l'ensemble des territoires étudiés. Cette base n'identifie que les terrains publics, et, par différence, les autres zones sont considérées comme privées. Des données plus précises existent au niveau de certains parcs mais l'utilisation de cette base assure une homogénéité des définitions et méthodes.
- Données spécifiques à un territoire : afin de préciser certaines analyses, selon les besoins et la disponibilité d'une donnée. Ainsi, le PNV a fourni la couche SIG représentant les **domaines skiables et câbles** associés (2011) et le **statut d'exploitation des parcelles forestières**.

2.2.1.4. Compatibilité des périmètres

La compatibilité des périmètres des couches d'occupation du sol de l'État-major et de la BD Forêt est systématiquement vérifiée (Figure 2). Selon les cas, le périmètre de la zone d'étude peut être plus restreint que celui du parc, afin de ne pas traiter les zones sans information. Dans le cas contraire, on pourrait considérer un manque d'information comme une zone non forestière par exemple, comme c'est le cas pour certaines communes en Vanoise. En travaillant avec des intersections entre les couches SIG, la zone d'étude est automatiquement limitée aux surfaces pour lesquelles une information est décrite.

Concernant le Parc national de la Vanoise, les données de la carte d'État-major ne sont disponibles que sur 79,2 % de la surface totale du territoire.

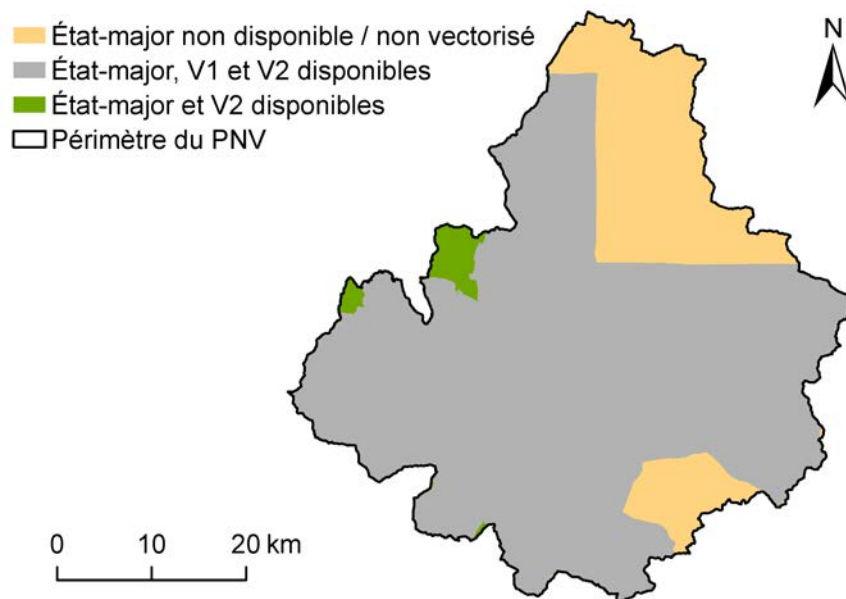


Figure 2 : Exemple de différences de disponibilité entre les données sur le PNV.

2.2.2. Discrimination des usages représentés par le fond de carte

Sur les cartes d'État-major, le fond de carte sans figuré ni couleur (code 11) peut représenter deux types d'usages du sol : des cultures en plaine ou des zones d'alpages ou de rochers en altitude (Favre *et al.*, 2013). La distinction entre ces deux usages, si elle est possible, apporterait une plus grande précision à nos analyses futures. La mise en place d'une méthode de distinction ne semble pertinente que dans le cas du PNP.

En effet, les prairies de fauche (code 3) n'ont malheureusement pas été séparées des prairies et pelouses pâturées (code 27, en montagne) dans le cas du PNV. Le fond de carte correspond à toutes les zones ouvertes non cultivées dans le PNC (Febvre, 2010). La seule dichotomie forêt / non forêt dans le PNM ou le GIP, et la surface très restreinte concernée dans le PNPC ne permettent pas non plus cette analyse.

Par superposition au MNT, les polygones codés « 11 » situés en zone de pente hors des vallées sont visuellement pré-identifiés et classés comme estives ; les autres sont considérés comme cultures (Figure 3). Nous allons chercher à vérifier la validité cette distinction grâce à des représentations en fonction de la pente et de l'altitude. Ces deux paramètres sont calculés à partir du MNT 25 (et raster de pente issu du MNT) par la moyenne des valeurs pour le polygone concerné. À titre de comparaison, les polygones identifiés comme prés de fauche ou pâture seront ajoutés, et dans un second temps, la surface sera également prise en compte afin de préciser l'analyse. Ces représentations nous permettent alors de valider l'usage attribué aux polygones pré-identifiés, de corriger ceux qui apparaissent clairement mal classés et d'estimer une marge potentielle d'erreur liée à ce mode d'identification.

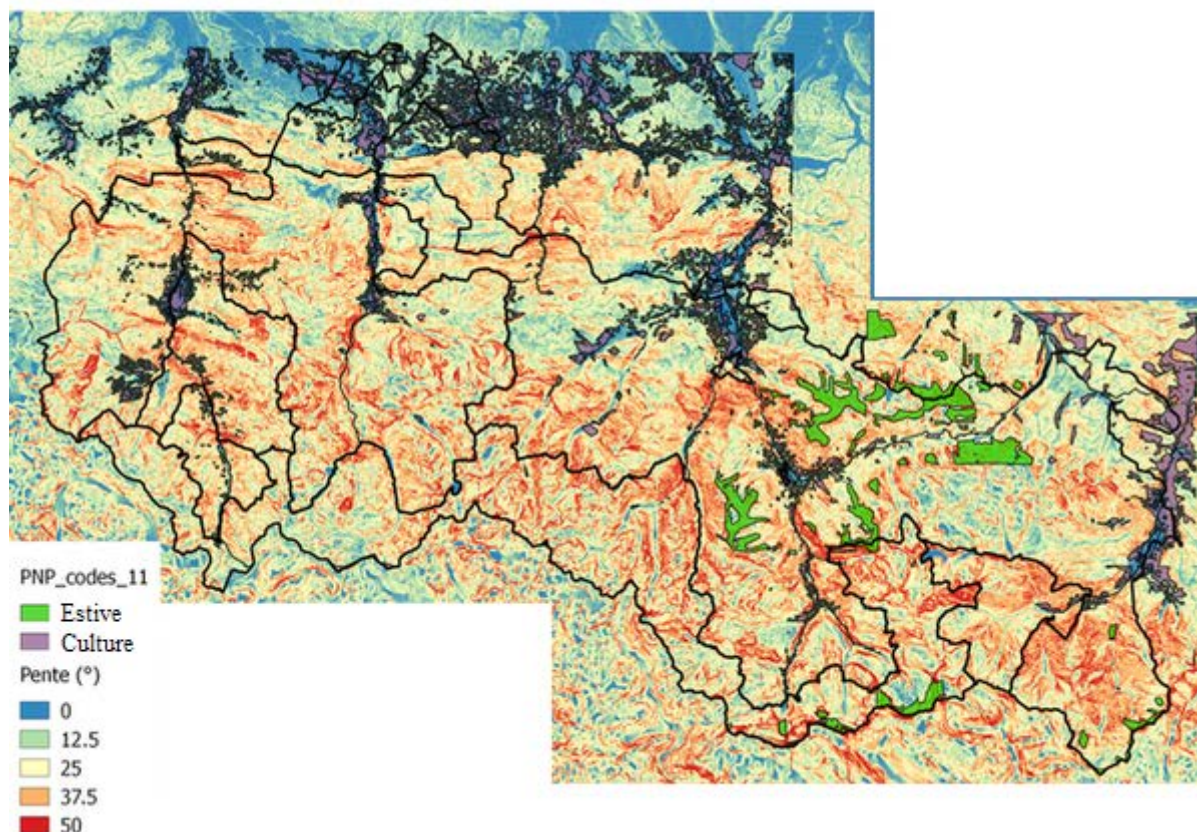


Figure 3 : Pré-identification des polygones constituant probablement des estives dans le PNP.

Par défaut les autres polygones sont classés comme cultures.

2.2.3. Mise en place d'un traitement préalable

Afin de permettre les analyses croisant la carte d'État-major numérisée et la BD Forêt de l'IGN, un traitement préalable est effectué. Celui-ci vise à rendre possible la comparaison entre les deux sources – au moins sur le plan forestier – malgré des méthodologies initiales très différentes.

1 – La première étape consiste en un regroupement de l'ensemble des polygones de nature forestière. On cherche en effet à considérer des massifs continus, quelle que soit la nature des peuplements qui les composent, et des polygones forestiers accolés seront ainsi fusionnés en un polygone unique qui constitue le massif. Ce cas se présentera couramment dans la BD Forêt, où différents types de formations sont individualisés ; toutes les entités décrites comme forestières (codes « TFV » commençant par la lettre « F » dans la V2, et codes « TFIFN » composés de lettres dans la V1 ; voir Annexes 2 à 6) exceptées les peupleraies cultivées sont ainsi concernées. Dans la carte d'État-major numérisée, ce cas ne devrait apparaître que par erreur ou exceptionnellement, par exemple si une limite physique a été représentée entre deux polygones, car la nature forestière du terrain a été identifiée sans plus de détail (codes 1 et exceptionnellement 20 dans les Pyrénées pour une forêt marécageuse). Pour une meilleure homogénéité, la vérification porte alors sur tous les types d'occupation du sols en continuité.

2 – Dans un second temps, considérant que la trame forestière n'est pas nécessairement interrompue (vis-à-vis de la dispersion des espèces) par un obstacle ou une discontinuité de faible largeur, les massifs forestiers espacés de moins de 75 mètres sont agrégés (Figure 4). Cette valeur peut sembler grande, mais elle est issue de tests visant notamment à estimer, sur les cartes, la largeur des routes traversant les forêts. Celle-ci a généralement été exagérée (difficulté de respecter l'échelle) sur les cartes d'État-major et peuvent ainsi

constituer une discontinuité allant jusqu'à 75 mètres entre deux massifs. Cette étape concerne alors indifféremment la BD Forêt et la carte d'État-major numérisée.

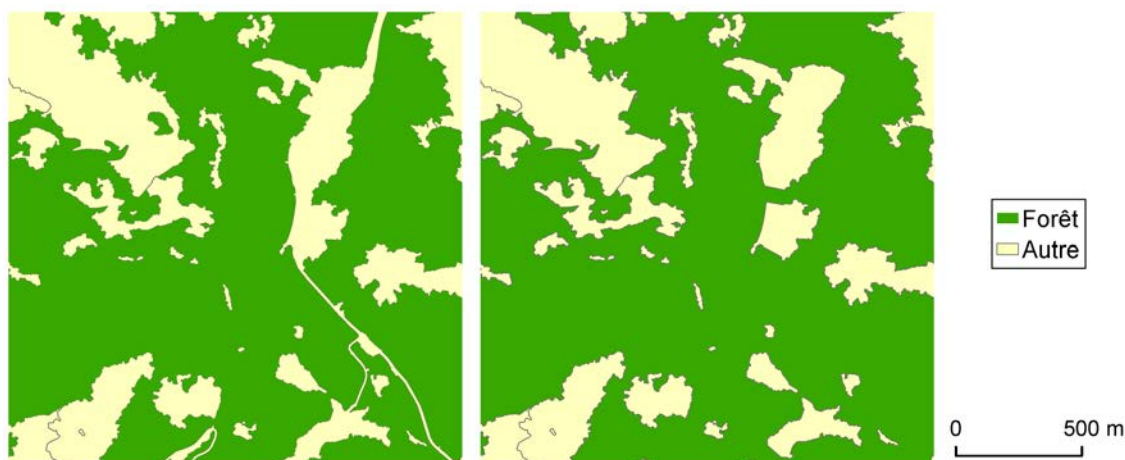


Figure 4 : Exemple d'étape d'agrégation.

(À gauche : avant agrégation, à droite : après agrégation des polygones forestiers).

3 – Enfin, dans la perspective d'une comparaison avec la BD Forêt, le traitement vise à éliminer de la carte d'État-major numérisée les polygones de trop petite taille, qui n'auraient pas été cartographiés par l'IGN. Les seuils de surface minimale sont respectivement 2,25 ha et 0,5 ha pour comparaison avec la V1 et avec la V2. La classe d'occupation du sol des massifs forestiers n'atteignant pas ce seuil est systématiquement changée, ce qui permet de conserver la donnée initiale même si elle n'est plus considérée forestière, et donc quantifier la modification apportée (Figure 5). Le même principe est appliqué à la BD Forêt mais consiste alors davantage en une vérification. Dans ce cas, ce sont principalement les polygones tronqués, en périphérie de la zone d'étude, qui sont éliminés.

Lorsque l'on travaille avec la BD Forêt V1, une étape supplémentaire est réalisée : les enclaves de moins de 2,25 ha non forestières au sein d'un massif sont éliminées par intégration dans ce dernier. Ce cas ne se présente pas pour la V2, où des enclaves non forestières de moins de 0,5 ha sont identifiées. Cette ultime étape est effectuée sur la carte d'État-major numérisée et sur les données de la V1 pour vérification.



Figure 5 : Exemple d'étape d'élimination pour la BD Forêt V1.

(À gauche : avant élimination ; à droite : après élimination).

Il est intéressant de calculer et comparer les surfaces forestières totales avant et après chaque étape du traitement, afin de quantifier les changements induits. Dans la perspective de notre étude, cette comparaison est effectuée sur les résultats du croisement de données (croisement des données brutes, avant traitement anciennes et actuelles, croisement après agrégation et croisement après élimination) afin d'évaluer l'influence générale du traitement sur l'analyse menée.

2.3. Les analyses et leurs objectifs

2.3.1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

Pour chaque parc national étudié, le croisement entre la donnée ancienne (occupation du sol au XIX^e siècle) et la donnée actuelle (BD Forêt) est effectué. Dans le seul cas du PNV, deux croisements distincts sont réalisés, avec les deux versions de la BD Forêt. Ils conduisent à la mise en place de plusieurs analyses, menées séparément pour chaque zone d'étude. Cette partie en décrit la méthodologie et les objectifs.

La première analyse effectuée est relative aux évolutions de l'occupation du sol entre la donnée ancienne et la donnée actuelle pour chaque parc national. Cette étape est la seule effectuée avant le traitement décrit précédemment. En effet, elle ne se focalise pas sur les massifs forestiers comme ce sera le cas par la suite, mais vise à analyser les évolutions « brutes » ayant pu avoir lieu entre les deux périodes. Une matrice est réalisée, permettant, pour chaque type ancien de calculer la surface (et proportion) qui a été conservée ou a évolué vers un autre type donné. De la même manière sont évalués les usages anciens d'où proviennent les formations forestières actuellement en place.

En ne distinguant plus que les polygones de nature forestière, l'évolution de l'état boisé dans chaque parc est alors décrite. À partir de cette étape, l'étude se base sur les données « corrigées » par le traitement préalable, et les évolutions possibles, en fonction de l'occupation passée et actuelle du sol, sont définies de la manière suivante :

		Type d'occupation du sol au XIX ^e siècle	
		Forêt	Autre
Type de formation végétale actuel	Forêt	Forêt ancienne	Forêt récente
	Autre	Déboisement	Autre

Tableau 6 : Les quatre types d'évolution de l'état boisé.

Ce croisement permet d'établir une carte d'évolution de l'état boisé qui distingue chacun des quatre types possibles : forêts anciennes, forêts récentes et déboisements sont alors localisés. La surface absolue et relative de chaque type est alors calculée.

Le choix du terme « déboisement » permet de ne pas présager la raison de cette évolution. Il est préférable à celui de « défrichement » qui indiquerait une action volontaire. La seule indication portée par ce terme est le passage d'une zone anciennement boisée à une zone non boisée ; les raisons peuvent être multiples et sont *a priori* inconnues (volontaires, accidentelles, naturelles, erreurs cartographiques).

2.3.2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

Après cette première étape d'identification et les calculs de base décrivant l'évolution forestière dans les parcs nationaux, une seconde partie précise les caractéristiques des peuplements et le contexte dans lequel ils se trouvent. Distinguant les forêts anciennes des forêts récentes, plusieurs analyses comparatives sont mises en place à ce niveau (Figure 6).

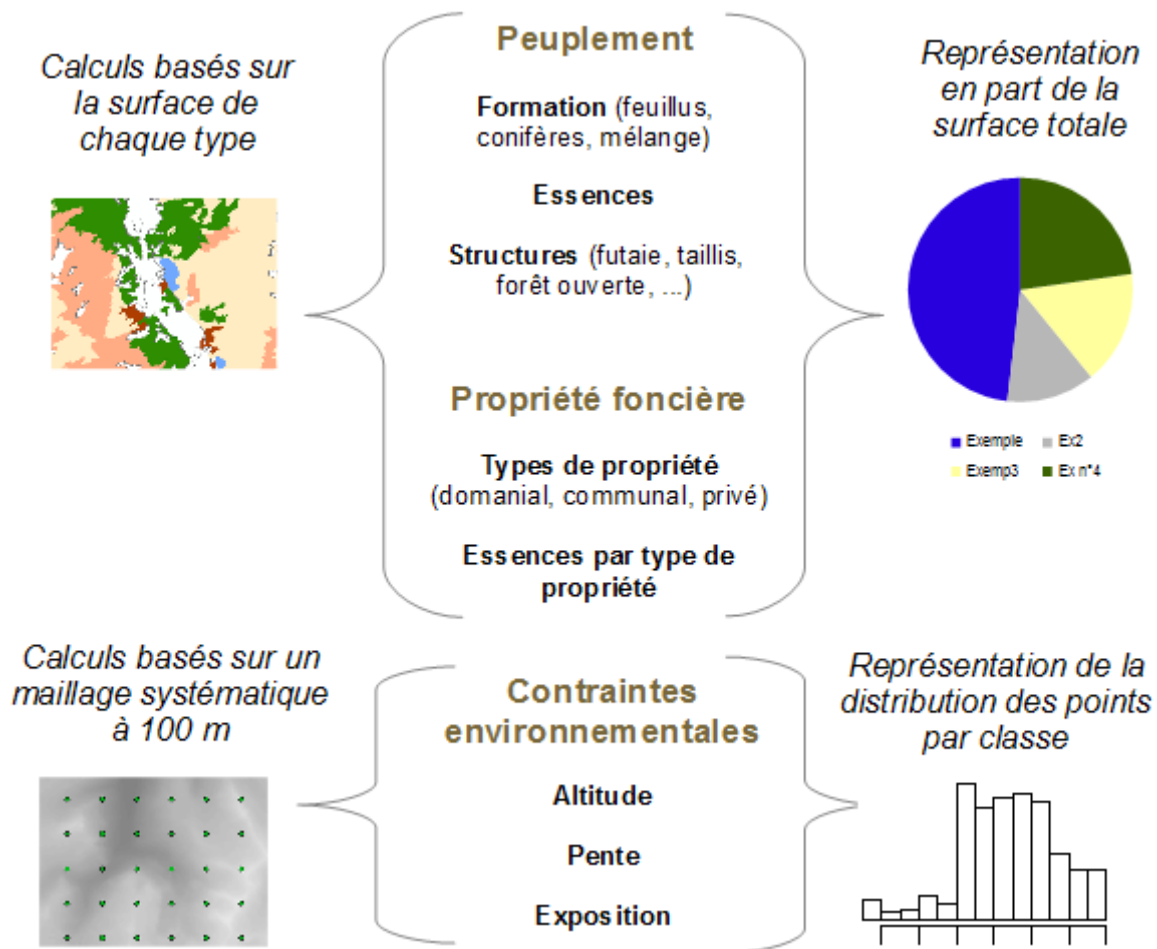


Figure 6 : Organisation des analyses mises en place.

L'analyse des types de peuplement et de la propriété foncière est basée sur les surfaces de chaque catégorie étudiée ou de chaque regroupement établi. En distinguant les forêts anciennes des forêts récentes, un diagramme circulaire permet de représenter la part relative de chacun. Cette représentation est également réalisée pour l'ensemble des forêts actuelles (anciennes et récentes) afin de constituer une référence pour le territoire considéré.

L'analyse des contextes topographiques est basée sur l'utilisation d'une grille de points espacés régulièrement de 100 m et dont l'amorce est définie aléatoirement sur le territoire d'étude. Pour chaque point sont relevées les caractéristiques suivantes : type d'évolution forestière (forêt ancienne, forêt récente, déboisement), altitude, pente et exposition. La distribution en proportion pour chaque parc et pour chaque modalité d'évolution est représentée sur un histogramme, et la valeur médiane est calculée.

2.3.3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

Après ces éléments concernant la nature des forêts anciennes et récentes, une seconde série d'analyses permet de préciser différents aspects de leur structure paysagère.

Dans un premier temps est effectuée une analyse de la distribution des classes de surface des polygones, pour les trois types d'évolution forestière : forêts anciennes, forêts récentes et déboisements. L'ensemble des polygones d'un même type en continuité ont au préalable été fusionnés. Cette analyse a pour objectif d'apporter un premier aperçu de la structure paysagère des massifs forestiers. Deux représentations sont alors mises en place : la proportion de polygones pour la gamme des classes de surface et la surface cumulée croissante des polygones en fonction de leur surface. Une transformation de la surface des polygones en logarithme décimal permet de mieux visualiser le rôle des polygones de petite surface.

On notera qu'en dessous du seuil d'un mètre carré (10^{-4} ha), l'arrondi effectué dans la base de données SIG renvoie une valeur nulle, et par conséquent une valeur infinie en passant au logarithme décimal. Les polygones de surface inférieure sont donc auparavant écartés.

Dans un second temps, on s'intéresse plus particulièrement aux forêts récentes, en vue de caractériser un potentiel de colonisation par des espèces dites « de forêt ancienne ». On distingue alors deux catégories de forêts récentes, celles qui sont agrégées à un noyau forestier ancien et celles qui sont nucléées (Figure 7).

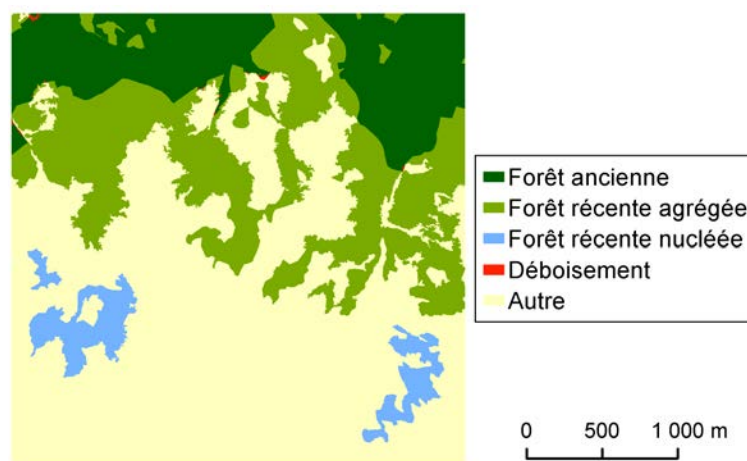


Figure 7 : Exemple de forêts récentes agrégées à un noyau ancien et de forêts récentes nucléées.

Sont définis comme agrégés les polygones de forêt récente jointifs à un polygone de forêt ancienne, et comme nucléés ceux totalement disjoints. Il faut cependant noter que cette distinction est effectuée après le traitement préalable au croisement des données, qui a provoqué l'agrégation des polygones forestiers espacés de moins de soixante-quinze mètres. Les forêts récentes sont donc considérées comme agrégées jusqu'à une distance de soixante-quinze mètres d'un noyau de forêt ancienne.

Pour chaque parc national, les forêts récentes agrégées et nucléées sont dans un premier temps distinguées et représentées, puis leur surface relative est calculée. À partir de la grille de points (100 m) précédente restreinte aux forêts récentes, on trace alors l'histogramme des distances au plus proche polygone de forêt ancienne pour les forêts récentes agrégées et nucléées. On utilise la racine carrée de la distance calculée pour une meilleure représentation des données, notamment les distances des forêts agrégées qui sont assez faibles.

Finalement, cette définition conduit à identifier plusieurs natures de massifs forestiers sur un territoire : les massifs exclusivement composés de forêt ancienne (« massifs anciens »), les massifs présentant des zones de forêt ancienne et de forêt récente agrégée (« massifs mixtes »), et les massifs de forêt récente nucléée (« massifs récents »).

À partir de cette distinction, deux derniers types d'analyses sont mis en place. Au cours de celles-ci, les massifs forestiers d'une superficie de moins de 100 m² (10⁻² ha) sont écartés du jeu de données car ils constituent de rares artefacts, systématiquement en bordure de parc, et ne répondent pas à la définition paysagère que l'on peut avoir d'une telle entité (Galochet, 2009). On remarque par ailleurs que très peu de croisements aboutissent à des massifs de moins de 0,5 ha en V2 et 2,25 ha en V1.

On s'intéresse alors à la structure des massifs en représentant la part de forêt ancienne (en surface) au sein d'un massif en fonction de sa surface. Une régression linéaire permet d'estimer si la surface du massif explique la part de forêt ancienne qu'il comporte.

Les lisières constituent également un aspect intéressant à étudier du point de vue de la colonisation par les espèces de forêts anciennes. On distingue au sein d'un massif trois types de lisières (Figure 8) : interface forêt ancienne – forêt récente (FA / FR), interface forêt ancienne – non forêt (FA / non forêt), interface forêt récente – non forêt (FR / non forêt).

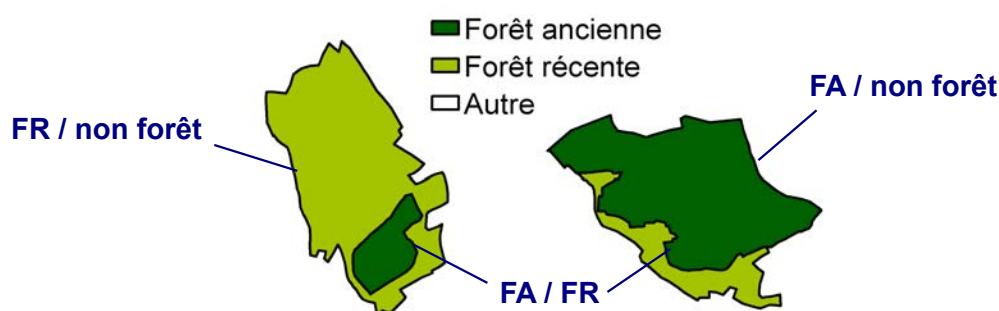


Figure 8 : Les trois types de lisières.

Au cours de cette analyse, les lisières créées artificiellement par le périmètre de la zone d'étude ne sont pas prises en compte. Ainsi, seules les interfaces communes avec un autre polygone (quel qu'il soit) seront calculées dans le cas d'une entité en bordure de parc. Cette considération vient du fait que ces interfaces liées au périmètre de la zone d'étude sont négligeables devant l'ensemble des lisières réelles intérieures. Dans le cas du GIP par exemple, elles représentent moins de 5 % de la longueur totale d'interface.

Pour chaque massif, et en fonction de sa surface, la part relative des lisières FA / FR et FR / non forêt est représentée. Une régression linéaire est réalisée pour étudier le lien statistique entre les deux paramètres.

2.4. Les différentes échelles de travail et outils associés

Si l'objectif général de cette étude réside dans une analyse et une comparaison inter-parcs, il apparaît intéressant et nécessaire de détailler les résultats de manière distincte pour chaque territoire dans un premier temps. Par la suite, afin de valider qu'une comparaison inter-parcs est légitime, on évaluera les différences qu'impliquent l'utilisation de l'une ou l'autre des versions de la BD Forêt en se basant sur une zone test. Cette analyse sera réalisée sur le territoire du Parc national de la Vanoise, pour lequel les deux versions ont pu être mises à disposition. La comparaison portera alors exclusivement sur les résultats des différentes analyses détaillées précédemment. Finalement, on cherchera à dégager des éléments de comparaison inter-parcs de ces mêmes analyses, en se référant au contexte local de chacun. Dans le cas du PNV, c'est le croisement basé sur la version 2, plus actuelle, qui sera utilisé. De cette manière également, les trois parcs nationaux de haute montagne seront étudiés en cohérence à partir de la V2.

Il est apparu difficile de traiter les données des six territoires étudiés en même temps. Au niveau du SIG, les bases de données auraient été particulièrement lourdes et, concernant la structure même des données, elles n'étaient pas parfaitement homogènes. Néanmoins, répéter les opérations pour les six zones aurait également été long et fastidieux. Ce sont les raisons pour lesquelles un maximum d'automatisation des tâches a été recherché tout au cours du traitement des données :

- structuration des données cartographiques initiales concernant les parcs de façon parfaitement homogène au niveau des champs des tables attributaires SIG (données ancienne et actuelle) ;
- automatisation du traitement SIG de ces données grâce au ModelBuilder du logiciel ArcGIS 10.2 pour aboutir à de nouvelles bases de données sur lesquelles reposent les analyses ;
- automatisation des analyses et des sorties graphiques en résultant grâce à la programmation sous RStudio.

Ce processus d'automatisation permet, outre le gain de temps évident, d'assurer l'identité exacte des traitements et analyses pour chaque périmètre d'étude avec une succession d'étapes ordonnée. L'ensemble des outils ArcGIS mis en place et des programmes R écrits est ainsi réutilisable pour l'étude de nouveaux territoires, et disponible auprès de Parcs nationaux de France.

3. Résultats et discussions

3.1. Validité du choix et de l'homogénéisation des données

L'état des lieux des travaux effectués par les parcs nationaux concernés par notre étude est présenté en Annexe 1. Il décrit de façon synthétique les méthodes utilisées et les choix effectués pour la numérisation des données du XIX^e siècle.

3.1.1. Précision cartographique de la donnée ancienne

Selon la période à laquelle elle a été réalisée et la méthodologie suivie, la carte digitalisée des forêts au milieu du XIX^e siècle a une précision différente pour les six territoires étudiés. Avant la mise à disposition libre des feuilles scannées de la carte d'État-major par l'IGN, les parcs nationaux ont généralement acheté auprès de l'IGN une version déjà géoréférencée avec un nombre très limité de points de calage, situés sur le quadrillage du système de coordonnées géographiques de la carte, et ajustés sur leur position actuelle par un calcul automatique : c'est le cas du PNC et du GIP FCB. Le GIP FCB a procédé à un ajustement de façon à corriger les fortes erreurs qui restaient après ce calage semi-automatique. Le PNV et le PNP ont travaillé avec la méthode décrite par Favre et al. (2013) pour l'ensemble du géoréférencement des entités vectorisées. La précision apportée par celle-ci est supérieure car de nombreux points de calages sont recherchés, avant de réaliser un ajustement élastique. Concernant le PNPC, la faible surface des deux îles en cœur de parc n'a nécessité que la réalisation d'un ajustement affine à partir de quelques dizaines de points de calage. Enfin, la numérisation du cadastre sur le PNM a fait l'objet d'une méthodologie spécifique de la société Digitech, qui ne nous a pas été communiquée. La précision générale n'a pas été évaluée mais de nombreuses zones de décalage subsistent.

Dans un premier temps, il semble donc important de prendre en compte deux facteurs : la densité de points de géoréférencement, et la précision qui en découle dans la description du terrain. Cette dernière peut être estimée sur la base d'une comparaison de points de repère invariants entre la donnée ancienne et une base de données cartographiques actuelles. Le PNC a estimé l'erreur à une centaine de mètres. Pour le PNP, une estimation précise de l'erreur initiale de positionnement dans la carte d'État-major et de l'erreur résiduelle après géoréférencement élastique a été réalisée (Dupouey, communication personnelle) : sur les 8133 points de calage utilisés dans cette zone, l'erreur passe d'une valeur médiane initiale de 52 m à une valeur finale après géoréférencement de 25 m.

Il serait intéressant d'étudier plus précisément les conséquences des imprécisions liées au géoréférencement des données. Les changements d'occupation du sol entre la période ancienne et actuelle sont généralement surestimés du fait de superpositions inexactes, notamment les déboisements et reboisements. Concernant l'interface entre forêt ancienne et récente par exemple, la lisière peut être plus ou moins exacte, et cela peut avoir un impact si l'on effectue des relevés floristiques à ce niveau. L'analyse des erreurs permet de proposer une largeur de zone tampon périphérique adaptée de part et d'autres de ces lisières, qui constituerait la surface pour laquelle un doute peut être émis. Un tel apport permet de juger, en un point donné, la probabilité de réellement se trouver dans un espace forestier d'un certain degré d'ancienneté. Cette perspective sera complétée plus loin au cours de cette étude, dans la partie concernant les forêts récentes agrégées et nucléées.

3.1.2. Description des occupations du sol sur la carte d'État-major

Les surfaces forestières sont les seules à avoir été systématiquement identifiées sur la carte d'État-major pour l'ensemble des territoires étudiés. Dans le cadre de notre étude, cette donnée pourrait être suffisante, mais l'analyse menée pourra être précisée lorsque d'autres usages ont été distingués.

Dans le cas du Parc national des Pyrénées spécifiquement, la distinction des estives et cultures non différenciés dans le fond de carte a pu être entreprise. Deux hypothèses peuvent être avancées dans ce contexte :

1/ Les cultures ne se trouvent que très rarement au-delà de 2000 mètres d'altitude ou sur les pentes supérieures à 30°.

2/ Les cultures sont localisées dans des conditions topographiques similaires à celles des prairies de fauche, et les estives dans des conditions proches de celles des terrains pâturés.

L'observation de la répartition des différents usages (Figure 9) ne permet de confirmer aucune des deux hypothèses. On peut alors ne plus considérer que les polygones à distinguer (code 11), et réaliser une représentation similaire, qui tienne compte de la surface des polygones (Figure 10).

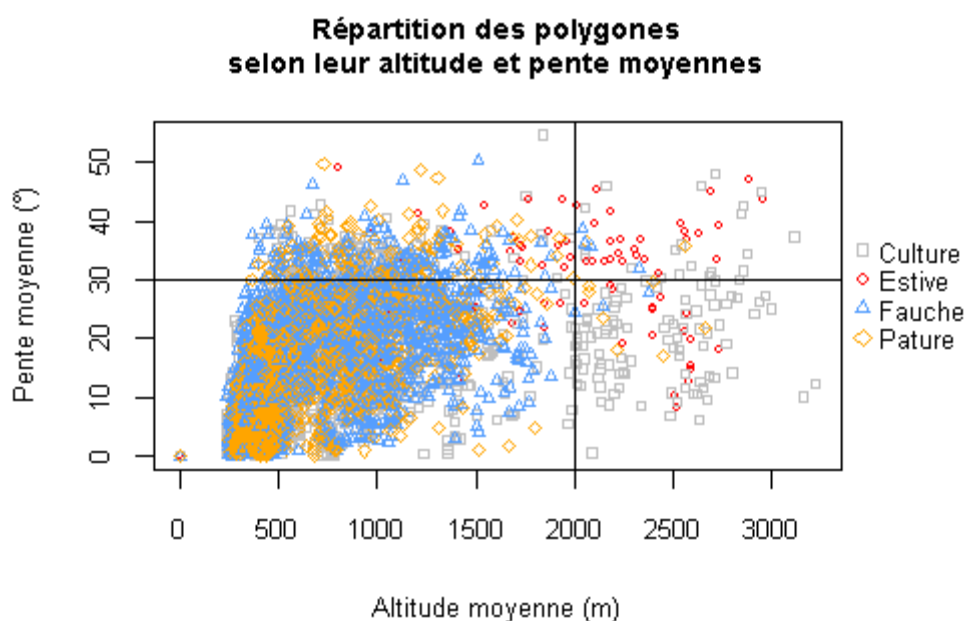


Figure 9 : Tentative de rapprochement des polygones pré-identifiés à des entités d'usage similaire.

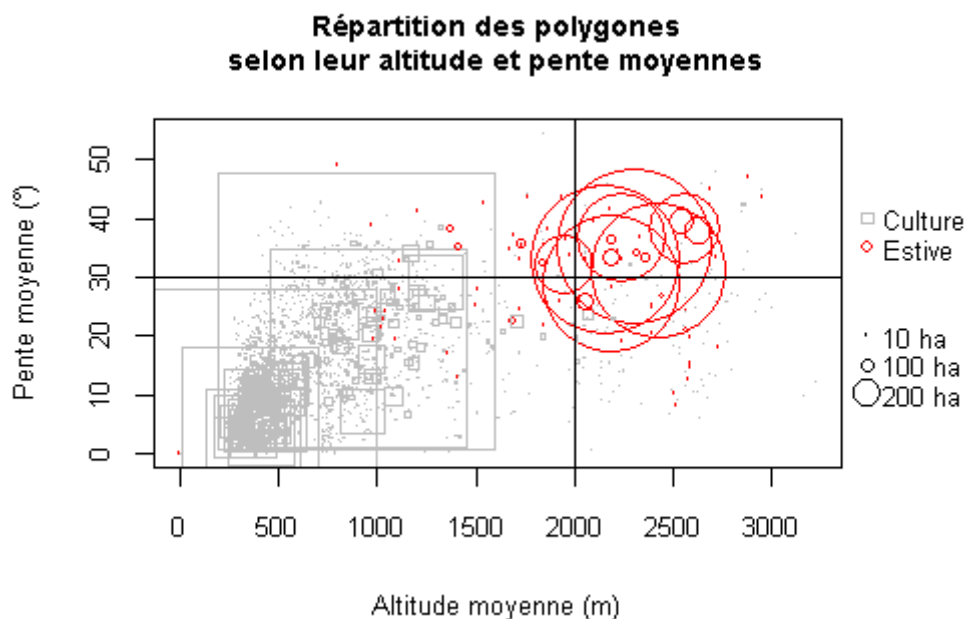


Figure 10 : Représentation des polygones pré-identifiés proportionnellement à leur surface.

Les deux groupes issus de la pré-identification des polygones semblent alors très nettement se distinguer. L'essentiel de la surface attribuée aux estives (97 %) répond alors à l'un des deux critères (altitude moyenne supérieure à 2000 m ou pente moyenne de plus de 30°). Il ne s'agit cependant que de 69 % des polygones pré-identifiés. En considérant l'ensemble des polygones à discriminer répondant à l'un ou l'autre des critères, 90 % de la surface a bien été pré-identifiée en estive (mais 20 % seulement en nombre de polygones).

Le critère d'altitude semble être le plus déterminant pour distinguer les deux usages. Ces résultats et la localisation cartographique des polygones répondant aux critères mais non pré-identifiés nous amènent alors à ajouter aux estives pré-identifiées l'ensemble des polygones (considérés par défaut en culture) dont l'altitude moyenne est supérieure à 2000 m. Il s'agit en effet majoritairement de polygones de surface réduite, entourés de pâtures. Ils constituent probablement plutôt des zones rocheuses dans l'estive pâturée.

Seuls les critères d'altitude et de pente ont ici été utilisés, mais l'exposition pourrait également jouer un rôle important dans ce territoire de montagne. Finalement, le critère d'altitude s'avère probablement suffisant si l'on considère que les prés de fauches ont bien été identifiés en plaine (c'est probable car ces terres constituaient une ressource prioritaire à l'époque) et si l'on considère effectivement que les cultures étaient limitées aux zones de vallées, plus densément peuplées. Cette méthode de distinction permet de maximiser les surfaces correctement identifiées grâce à un seul paramètre, mais serait inadéquate pour localiser d'éventuelles zones de cultures situées à moyenne altitude (granges par exemple). D'autres critères pourraient alors être étudiés, et notamment la distance au bâti qui semblerait pertinent pour la localisation des cultures.

3.1.3. Comparaison des versions de la BD Forêt sur le PNV

Cette comparaison est présentée en détail dans l'Annexe 7. Bien que basée que sur un seul territoire, elle permet de dégager assez précisément les similitudes et différences qui apparaissent dans les résultats des analyses menées avec l'une ou l'autre des versions de la BD Forêt. Les résultats issus des deux versions sont très proches pour la première analyse des évolutions forestières et de l'occupation générale des sols. À l'échelle du territoire étudié, les différences observées sont minimales, et les conclusions tirées identiques. La seconde partie consacrée à la comparaison des forêts anciennes et récentes présente également des résultats extrêmement proches dans les deux cas. Cela se vérifie au cours de l'analyse topographique, mais également

de celle des peuplements. La comparaison des résultats de la dernière partie a permis d'apporter des informations relatives à la précision des deux bases de données, notamment concernant les seuils d'identification des entités constitutives des peuplements et la fragmentation des paysages. Les différences constatées se situent à un niveau de détail assez fin, qui n'impactent généralement pas les résultats globaux. Il est donc pertinent de comparer, à large échelle, des analyses issues des deux versions, en gardant à l'esprit que certaines variations de détail peuvent être liées à la version employée.

Finalement, il est ainsi validé qu'une comparaison inter-parcs, basée sur l'utilisation des deux versions de la BD Forêt selon les territoires, est valable et peut être mise en place dans le cadre de cette étude.

Dans des perspectives ultérieures, il pourrait être intéressant, avant toute décision quant à la donnée utilisée, d'étudier en détail les mécanismes de dispersions qui pourront être à l'œuvre sur le territoire. Il faudrait notamment identifier si la plus grande fragmentation observée avec la V2 constitue de véritables obstacles à la colonisation ou non. De manière générale, connaître en profondeur les modalités de dispersion des espèces étudiées permettrait d'analyser les potentialités d'un espace en termes de continuité écologique, à partir de données cartographiques paysagères dont on connaît la précision. C'est peut-être d'ailleurs le lien entre cette précision et la définition d'une discontinuité réelle, potentielle ou nulle, qui serait à étudier en premier lieu.

3.1.4. Homogénéisation des typologies de la BD Forêt

Les résultats de cette comparaison entre V1 et V2 ont été particulièrement intéressants notamment pour évaluer les typologies de peuplements qui ont été réalisées sur les BD Forêt V1 et V2. La version finale de ces typologies est présentée en Annexes 2 à 6.

Dans la V1 par exemple, des peuplements de mélange de futaie de conifères et taillis (code TFIFN : « MM » ou « MR ») avaient initialement été classés en formation de feuillus ou formation de conifères. Il apparaissait alors assez clairement une différence entre les résultats pour les deux versions, avec une sous-représentation des mélanges dans la V1. Ces types de peuplement, après vérification de la définition précise, ont alors été reconsidérés lors du regroupement que nous avons effectué, et classés systématiquement comme mélange de feuillus et conifères. Ce changement n'est pas anodin : si sur le Parc national de la Vanoise il modifie quelque peu les résultats, dans le cas du GIP en Champagne-Bourgogne, cette classe représente plus de 12% de la surface de forêt récente, 17% de la forêt récente privée, qui passe donc de « conifères non déterminés » à « mixte » du point de vue des essences. De même, en reclassant ces mélanges de futaie de conifères et taillis dans le Parc national des Cévennes, la part de mélange de feuillus et conifères en forêt ancienne passe de 15 % à 27 % et gagne également plus de dix points en forêt récente.

Bien que les descriptions des peuplements forestiers ne soient pas totalement compatibles et n'aient pas nécessairement le même degré de précision, les regroupements et reclassements effectués ont donc permis d'obtenir des résultats similaires avec les deux versions de la BD Forêt pour le Parc national de la Vanoise. La cohérence est d'autant plus forte que les résultats en termes d'essences coïncident, malgré le nombre très faible d'essences identifiées dans la V1. Certains types forestiers décrits ont toutefois un caractère ambigu ; leur reclassement doit être effectué avec précaution car celui-ci peut faire varier fortement les résultats bruts des analyses qui suivront.

3.2. Comparaison inter-parcs : interprétation des analyses

Cette partie présente l'ensemble des résultats issus des analyses décrites précédemment. Pour chacune d'elles, l'interprétation sera suivie d'une éventuelle discussion spécifique et des perspectives d'utilisation au vu des résultats engendrés. La comparaison inter-parcs sera dans un premier temps privilégiée, mais de nombreux exemples pris sur un ou plusieurs territoires pourront illustrer des aspects particuliers. L'objectif n'étant pas

de chercher à entrer dans les détails pour chacun des parcs nationaux, mais bien de dégager des tendances, similitudes ou différences, selon le contexte de chacun. L'intégralité des résultats propre à chaque territoire de parc national (tableaux, diagrammes) est présentée dans les Annexes 8 à 13.

3.2.1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

La représentation cartographique des évolutions de l'état boisé dans chacun des six parcs nationaux étudiés est réalisée et présentée dans les figures 11 à 16.

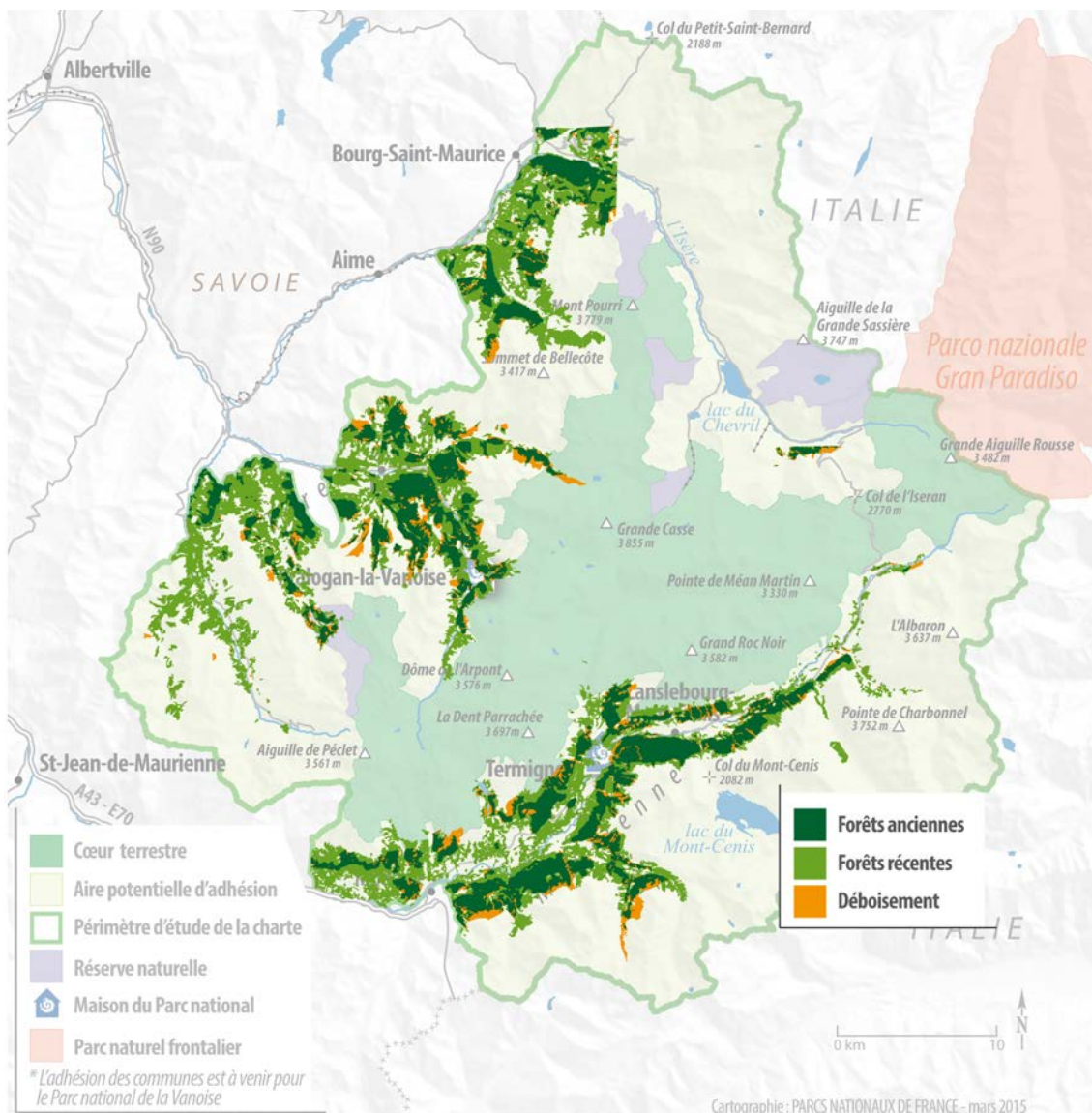
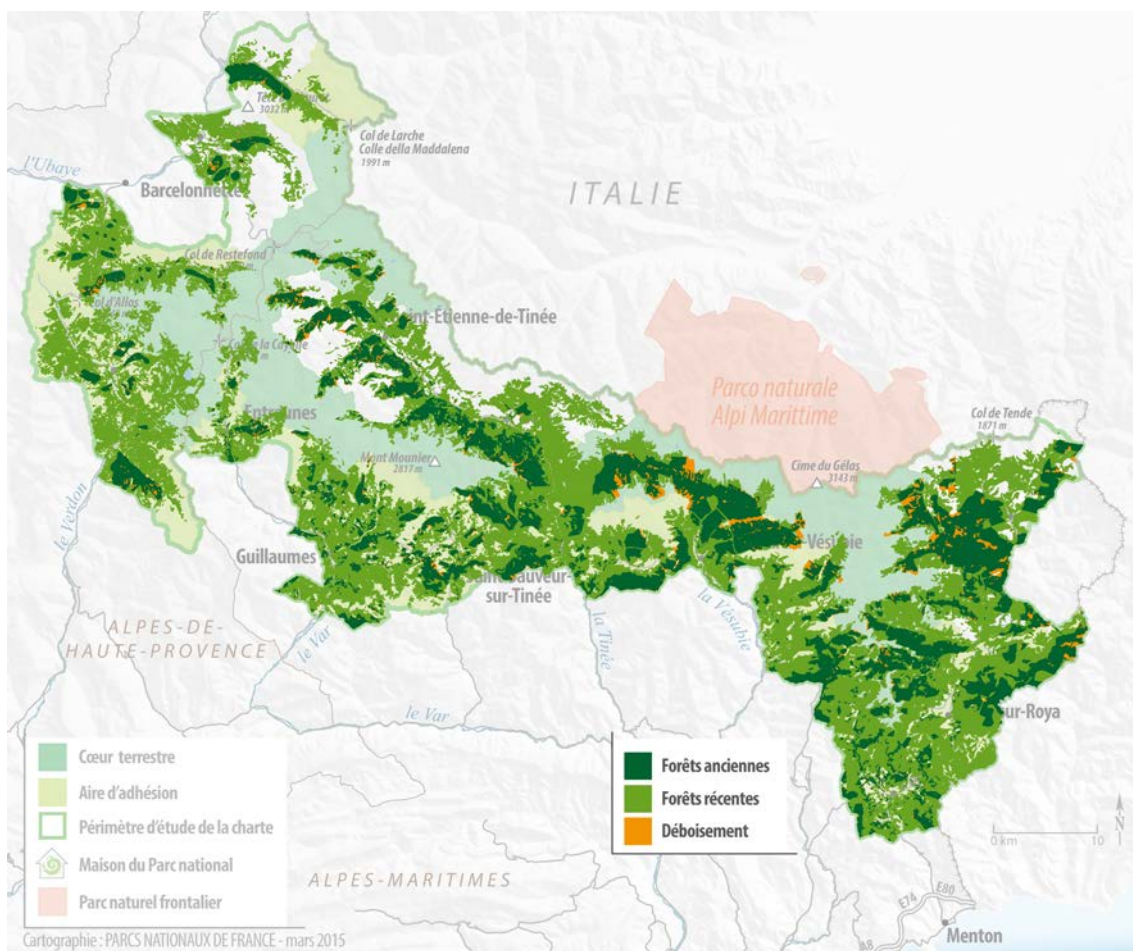
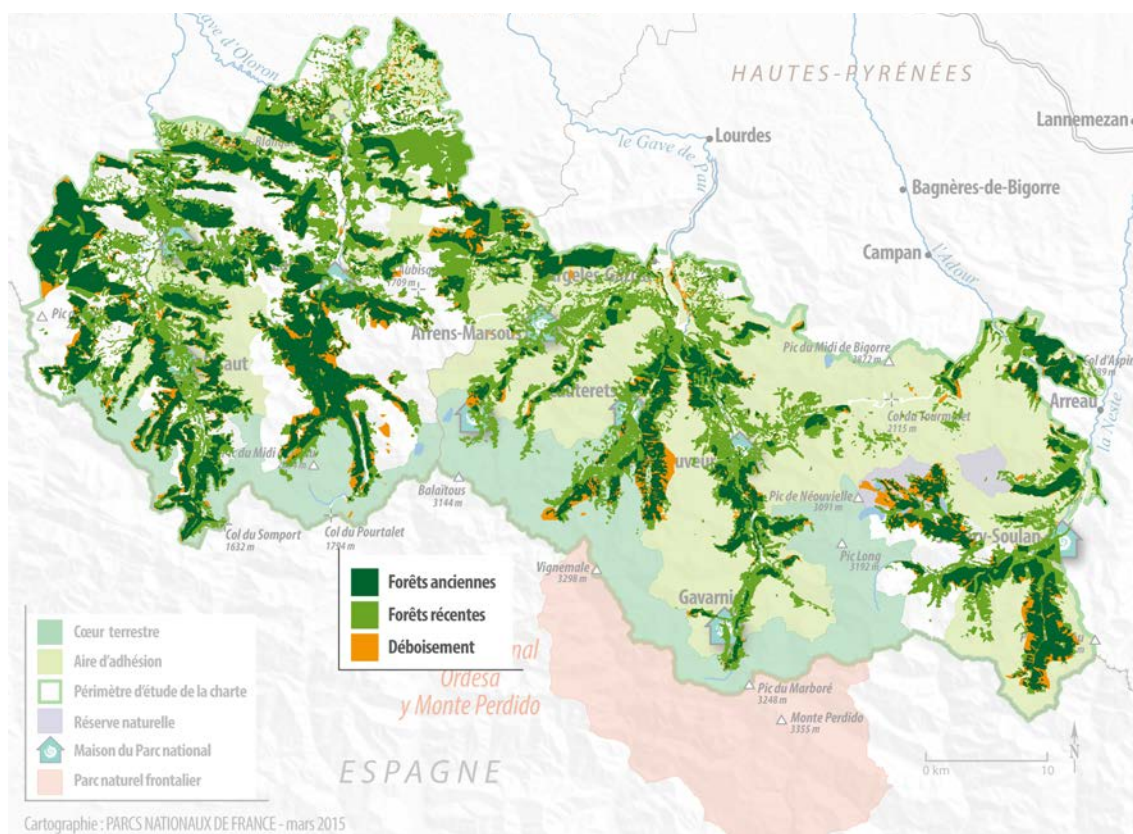


Figure 11 : Carte des évolutions forestières du Parc national de la Vanoise.



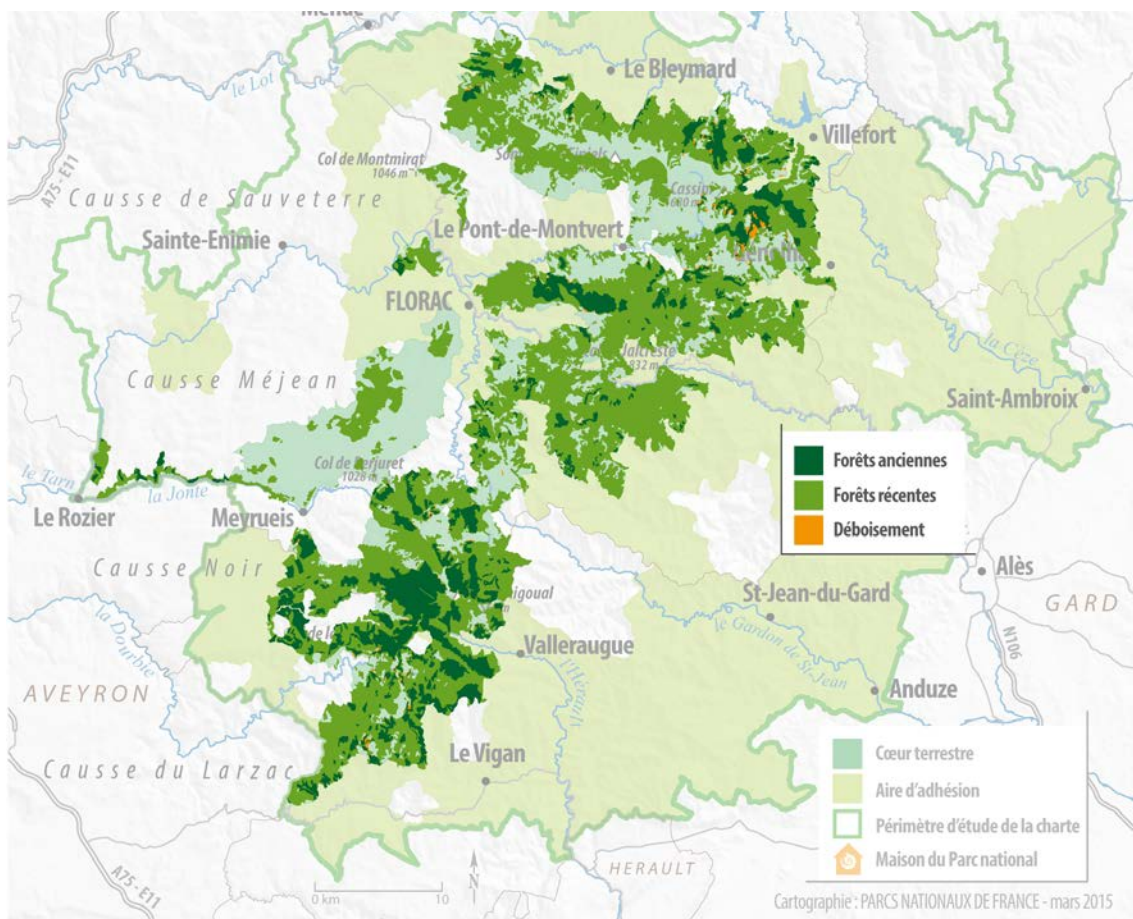


Figure 14 : Carte des évolutions forestières du cœur du Parc national des Cévennes.

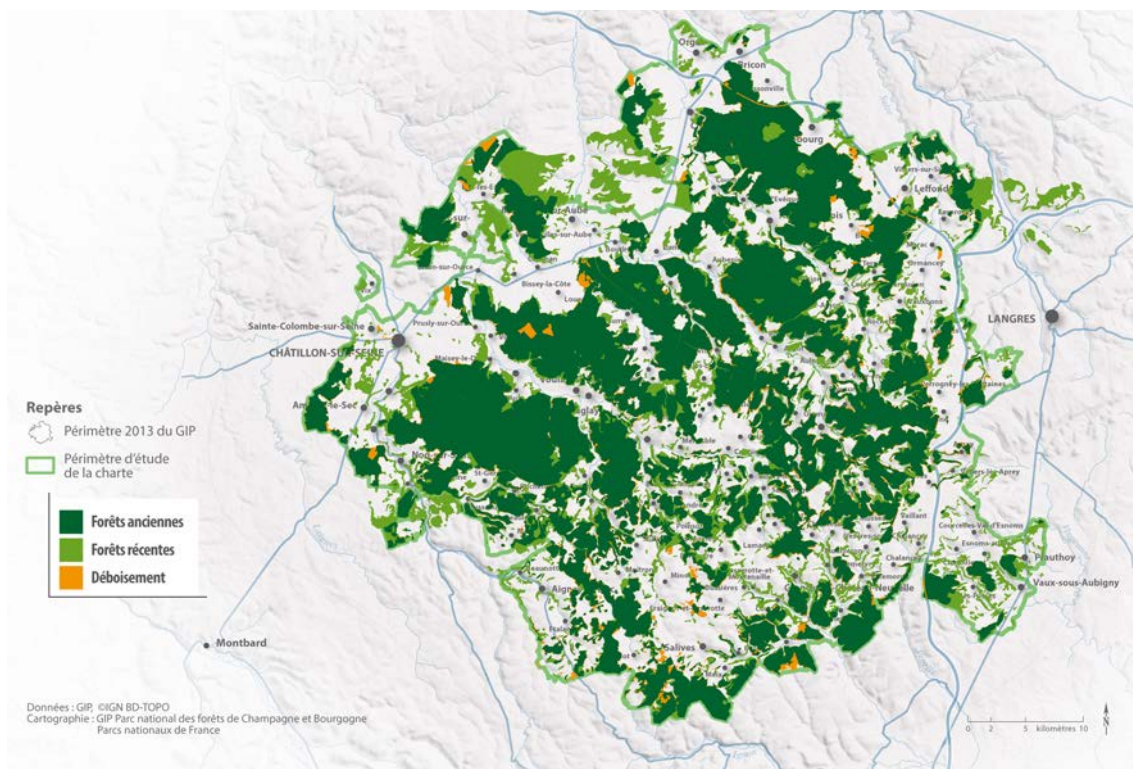


Figure 15 : Carte des évolutions forestières du GIP des forêts de Champagne et Bourgogne.



Figure 16 : Carte des évolutions forestières du cœur du Parc national de Port-Cros.

Le premier résultat issu de l'étude des cartes anciennes est la description de l'occupation ancienne des sols dans les territoires des parcs nationaux (Figure 17).

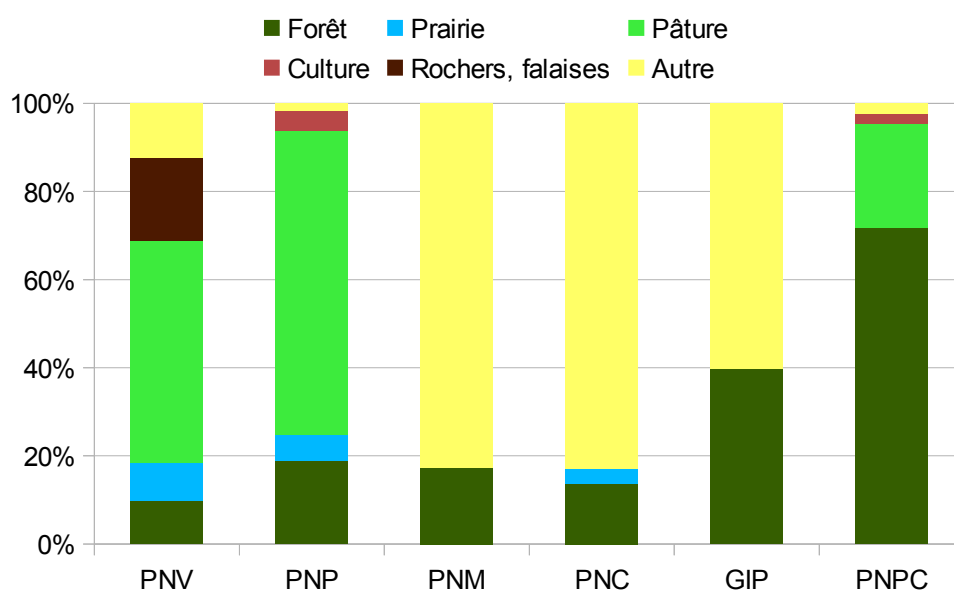


Figure 17 : Surface relative de chaque type d'occupation du sol décrite au XIX^e siècle.

Le PNM, PNC et GIP n'ont pas distingué les usages aussi précisément que les autres parcs nationaux ; la catégorie « Autre » inclut alors les pâtures, cultures, ...

Dans le cas du PNV, les zones rocheuses et de falaises ont été distinguées (contrairement aux autres parcs nationaux) car elles représentent une surface relative importante. Par ailleurs, l'analyse des données numérisées a montré qu'il n'était pas possible de différencier, dans ce parc, deux usages importants en lien avec l'agriculture : cultures et pâquis / pâtures. Ce problème réside dans le fait que les zones de pâquis et pâture (couleur bleue-rosée, code 13) n'ont pas été distinguées du fond de carte (code 11, cultures ou alpages) lors de la saisie (Figure 18). Pour réaliser le diagramme ci-dessus, les cultures sans doute minoritaires dans ce territoire de haute montagne ont été intégrées au sein de la catégorie pelouses et prairies pâturées.



Figure 18 : Extrait de la carte 179 NE (PNV).

Les deux usages, bien distinguables, n'ont pas été identifiés comme des entités distinctes lors de la vectorisation (fond de carte à gauche et bleu-rosé à droite de la discontinuité).

À partir du croisement des données, le premier résultat obtenu est, pour chaque territoire, une matrice décrivant l'évolution de l'occupation des sols entre la période de référence (XIX^e siècle) et la période actuelle. À partir de celle-ci, des premiers éléments de contexte vont pouvoir être identifiés. La donnée actuelle utilisée, ciblée sur la forêt, ne permet que l'analyse de l'origine des forêts récentes et non celle de la nouvelle nature des zones déboisées. Selon les parcs, nous avons déjà mentionné que l'occupation ancienne n'a pas été identifiée de manière homogène. Dans le cas du PNM et du GIP, seule a été vectorisée sur la carte d'État-major la dichotomie forêt / non forêt. On ne peut donc même pas caractériser l'usage ancien des forêts récentes.

Dans les autres territoires, les forêts récentes sont situées sur des espaces destinés aux pâtures au XIX^e siècle dans leur grande majorité. Ce résultat est clairement établi pour le PNP (78 % de la surface des forêts récentes) et le PNPC (94 %). Dans le cœur du Parc national des Cévennes, ce sont 97 % de la surface de forêt récente qui proviennent de milieux ouverts (hors prés) ; si leur nature exacte est indéfinie, une majeure partie devait constituer des zones de potentiels pâturages. En Vanoise, ce calcul est plus difficile étant donné que la numérisation de la carte d'État-major effectuée ne permet pas de distinguer clairement les usages agricoles possibles (culture, fauche et pâture). Dans ce contexte de montagne, on peut cependant supposer que les cultures occupent relativement peu de surface par rapport aux espaces pâturés. Les prairies, elles, pouvaient également avoir un double usage de fauche et de pâture.

Ces résultats sont à mettre en lien avec l'importance des différents usages des sols au XIX^e siècle, et avec la part de surface relative de ceux-ci. Il est en effet probable que les terres de moindre valeur, plus facilement abandonnées à la colonisation ligneuse, soient les terres vaines, pâquis, pâtures, ... Par ailleurs, dans les contextes de moyenne et haute montagne qui sont ceux des parcs nationaux décrits, ces surfaces sont largement supérieures à celles où l'agriculture était plus intensive. Dans le Parc national des Pyrénées par exemple, prés et cultures couvrent près de sept fois moins de surface que les espaces d'altitude, potentiellement pâturés.

Dans une période contemporaine du minimum forestier, on peut également mettre en avant la fermeture de milieux agricoles et pastoraux : plus de 50 % des surfaces prairiales du PNC ou encore plus de 70 % des espaces pâturés du PNPC se sont boisés, et de grandes surfaces identifiées comme ouvertes sont devenues

des landes. La colonisation ligneuse peut enfin être partiellement décrite pour chacun des parcs, en s'intéressant à la part de chaque type de formation : en Vanoise près de 90 % des surfaces couvertes par les feuillus sont en forêt récente contre seulement 50 % des surfaces de conifères. Ce dernier élément ne présage pourtant en rien de la composition respective des forêts anciennes et récentes.

L'augmentation du taux de boisement dans l'ensemble des territoires étudiés est décrite sur la Figure 19.

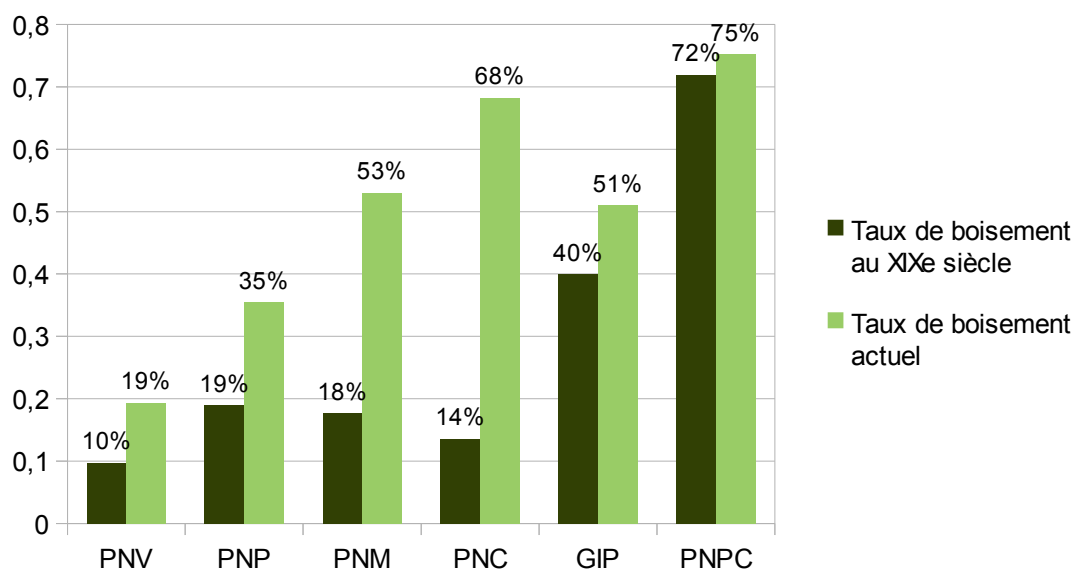


Figure 19 : Taux de boisement pour les périodes de référence et actuelle.

La part respective de chaque type d'évolution forestière par rapport à la surface globale est calculée et représentée pour chacun des six territoires (Tableau 7 et Figure 20). On note les relations suivantes :

Forêts du XIX^e siècle = forêts anciennes + déboisements

Forêts actuelles = forêts anciennes + forêts récentes

Parc	Haute montagne			Moyenne montagne	Plaine	Littoral
	PNV	PNP	PNM	PNC	GIP	PNPC
Forêt ancienne	8,2%	16%	16%	13%	38%	58%
Forêt récente	11%	19%	37%	55%	13%	18%
Déboisement	1,6%	2,7%	1,4%	0,4%	1,5%	14%
Autre	79%	62%	46%	31%	47%	11%

Tableau 7 : Surfaces des évolutions de l'état boisé dans les parcs nationaux.

Les surfaces sont exprimées par rapport à la surface totale de chaque territoire.

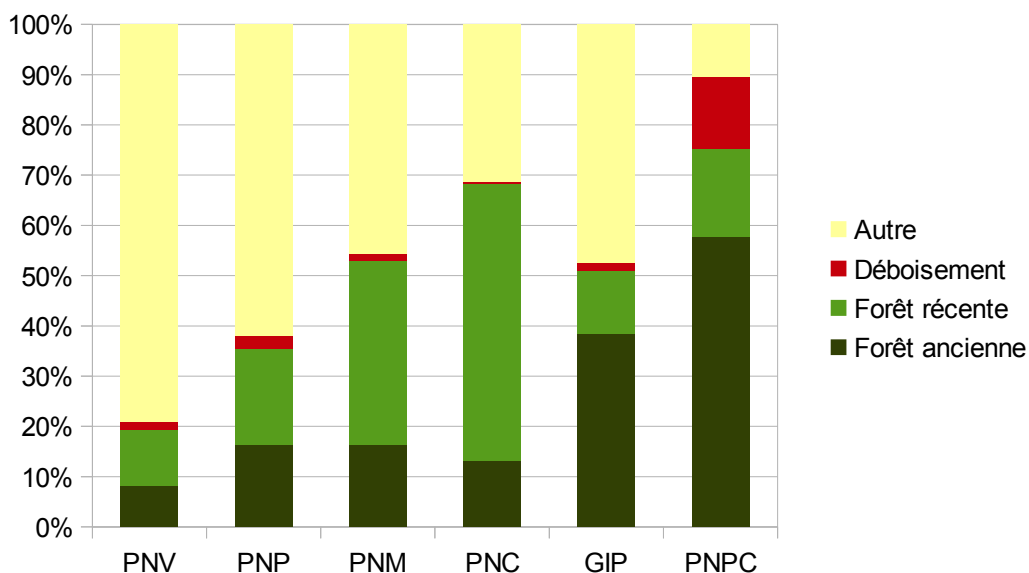


Figure 20 : Surfaces des évolutions de l'état boisé dans les parcs nationaux.

Par rapport à la surface forestière totale actuelle, il est également intéressant de représenter la part ancienne et la part récente :

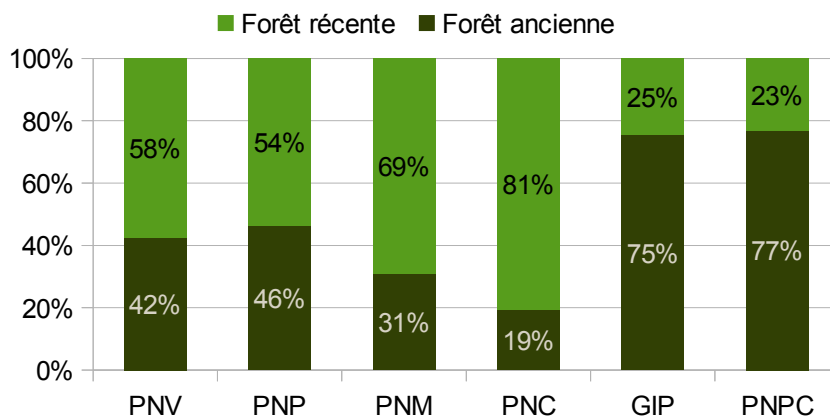


Figure 21 : Parts respectives de forêt ancienne et récente dans les parcs nationaux.

Dans les quatre territoires de montagne, la surface de forêt ancienne est inférieure à celle de forêt récente. La surface forestière totale a ainsi doublé voire triplé depuis le milieu du XIX^e siècle dans les parcs nationaux de haute montagne, et a été multipliée par cinq dans le cœur du Parc national des Cévennes.

Ce phénomène traduit d'une part un abandon d'espaces à vocation agricole (principalement les zones intermédiaires dans les parcs de haute montagne), où de nombreux boisements spontanés liés à l'exode rural se sont mis en place. D'autre part, les reboisements ont accéléré la progression forestière. Les plantations liées à la restauration des terrains de montagne (RTM) ont constitué l'essentiel des massifs domaniaux, en recouvrant des espaces initialement ouverts, qui constituaient généralement des zones de départ d'avalanches ou d'érosion forte. En contexte cévenol, les plantations permises par le fond forestier national (FFN) ont constitué la majorité des propriétés privées de grande taille, tandis que dans le Parc national des Pyrénées, elles ont plutôt remplacé des peuplements en place. Ces dernières sont donc *a priori* comptabilisées comme forêts anciennes, même s'il faut noter que des essences allochtones ont été introduites, et que les sols plantés ont parfois été travaillés et amendés à cette occasion.

Le GIP et le PNPC présentent quant à eux des contextes particuliers. Les plaines de Champagne et Bourgogne sont des espaces « traditionnellement » forestiers où des accrus, de beaucoup plus faible surface, se sont développés sur d'anciennes vignes ou terres agricoles. Le contexte des îles d'Hyères est lui aussi spécifique : auparavant peu attractives, elles connaissent à présent de fortes pressions anthropiques et les incendies ont pu remodeler régulièrement le paysage forestier. Une part importante de forêts anciennes est néanmoins identifiable.

De manière générale, une faible part de la surface forestière présente au XIX^e siècle a perdu cette vocation de nos jours (Figure 22).

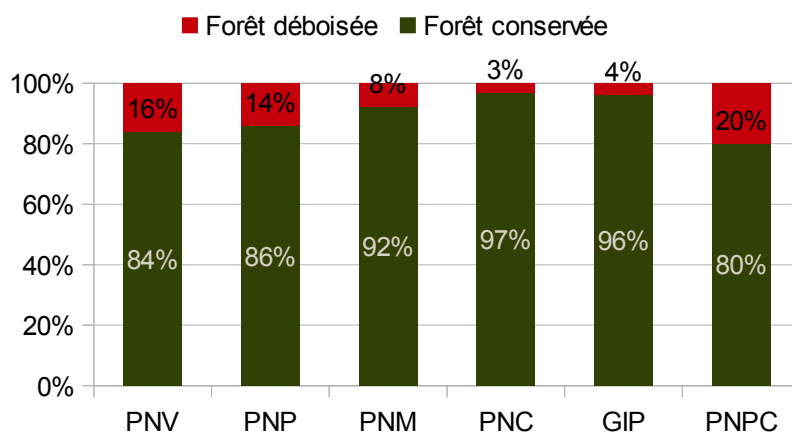


Figure 22 : Devenir des forêts identifiées au XIX^e siècle dans les parcs nationaux.

En plaine et moyenne montagne, la part déboisée est très faible. La carte réalisée pour le GIP Champagne-Bourgogne (Figure 15) montre par exemple que dans ce secteur, la plupart des terrains ont été défrichés « au bout du champ », en bordure de zones de cultures, dans le but d'étendre ces dernières. En contexte cévenol, il s'agirait davantage d'ouverture ou de maintien de terrains pâturés.

Le plus fort taux de déboisement est observé sur le parc national de Port-Cros, et est probablement en lien avec le contexte évoqué précédemment. La matrice des évolutions (Annexe 13) permet de visualiser leurs causes. Les zones de déboisement identifiées sont devenues, pour moitié de la surface, des landes (très majoritairement garrigue ou maquis non boisé et une zone de lande agricole sur Porquerolles) ; le reste n'est plus identifié comme formation végétale (et est donc anthropisé). Outre la part éventuellement liée à des définitions différentes de la forêt entre les deux époques, une première partie a été conquise sur les forêts du XIX^e siècle (urbanisation, cultures) et d'autres facteurs non anthropiques, notamment les incendies, peuvent expliquer ce passage de la forêt vers la lande. Pour ce territoire spécifique, le minimum forestier est estimé beaucoup plus tard que le milieu du XIX^e siècle, aux alentours des années 1930.

Dans les parcs nationaux de haute montagne, une part importante de la surface identifiée en déboisement apparaît en lisière de massifs. Une partie correspond à des imprécisions dans le croisement entre les données anciennes et la BD Forêt (Figure 23), qui sont plus importantes en contexte montagneux, les cartes anciennes y étant généralement moins précises.



Figure 23 : Exemple de mauvaise superposition entre les données forestières.
(Forêt en vert ; déboisement en rouge).

Beaucoup de zones peuvent également correspondre à des réouvertures d'alpages, en limite altitudinale. Néanmoins, d'autres explications particulières peuvent être avancées. En Vanoise par exemple, les déboisements liés à l'aménagement de pistes de ski sont très marqués dans certaines zones (Figure 24). Une étude plus approfondie de ces zones ayant perdu leur nature forestière mériterait d'être mise en place pour analyser en détail un territoire, et notamment à travers l'identification des déboisements certains, liés ou non à l'action humaine (défrichements, entretiens) et ceux liés aux imprécisions cartographiques. Il serait par exemple intéressant d'essayer d'identifier un seuil de surface, peut-être dépendant du territoire ciblé, à partir duquel une zone a réellement été déboisée. On pourrait alors quantifier une part d'erreur dans cette analyse, et négliger les zones concernées.

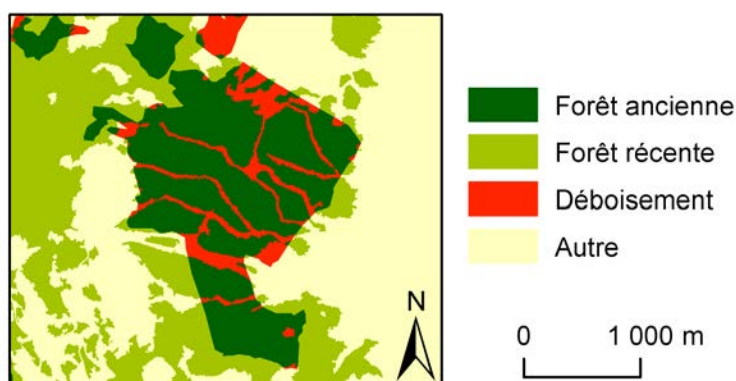


Figure 24 : Exemple de déboisement lié à l'activité de ski à Bourg-Saint-Maurice (secteur des Arcs, PNV)
(avant traitement d'agrégation, qui minimise ces surfaces).

3.2.2. Comparaison des peuplements anciens et récents

La comparaison, à plusieurs niveaux, des forêts anciennes et récentes permet de caractériser ces dernières. Les interprétations suivantes découlent de l'analyse conjointe de la composition des peuplements, du type de propriété foncière et de la situation topographique des peuplements dans les deux situations. En s'intéressant successivement aux différents contextes et donc aux différents territoires, les similitudes entre les parcs nationaux et les spécificités de chacun peuvent être identifiées.

3.2.2.1. Parcs nationaux de haute montagne : Vanoise, Pyrénées, Mercantour

L'analyse de la part des feuillus et conifères vient compléter l'interprétation déjà engagée sur la colonisation ligneuse des espaces. Dans les trois parcs nationaux de haute montagne la proportion de feuillus en forêt récente est supérieure à celle en forêt ancienne, au détriment de la surface relative occupée par les conifères (Tableau 8). Les essences concernées n'étant pas précisément identifiées, on peut supposer leur caractère pionnier. Le cas des Pyrénées semble en particulier appuyer cette hypothèse : le hêtre, essence dryade, n'est pas encore installé en forêt récente, et la part de feuillus indéterminés y est alors plus grande qu'en forêt ancienne. La structure et le mode de traitement des peuplements n'étant pas décrits dans la V2 de la BD Forêt, on ne dispose que d'une information partielle à ce niveau. Cependant, dans les trois territoires, la part de forêt ouverte (où le taux de recouvrement des arbres varie entre 10 % et 40 %) est deux à quatre fois plus grande en forêt récente qu'en forêt ancienne. Cette observation traduit la fermeture progressive des espaces par une colonisation ligneuse naturelle, qui n'est encore que partielle dans certaines zones de forêt récente.

Dans le Parc national du Mercantour, la forte proportion du mélèze en forêt ancienne semble *a priori* surprenante (Figure 25). Cette essence pionnière est caractéristique de pré-bois pâturés qui ont du être considérés comme forestiers à cause d'une certaine densité de couvert. Leur entretien par une activité sylvopastorale depuis des dizaines d'années peut expliquer cette part importante en forêt ancienne. Sans ce maintien, une évolution se met en place vers des peuplements de bois noirs, composés majoritairement de sapins et d'épicéas. Celle-ci peut être observée dans les forêts anciennes, où la proportion de sapin et épicéa atteint plus de 10 %. Une plus grande surface relative de ces deux essences en forêt ancienne est d'ailleurs observée dans les trois parcs nationaux. Le pin sylvestre quant à lui est présent aussi bien en forêt ancienne que récente. Cette essence, généralement installée sur des croupes rocheuses, a très peu été impactée par l'activité humaine.

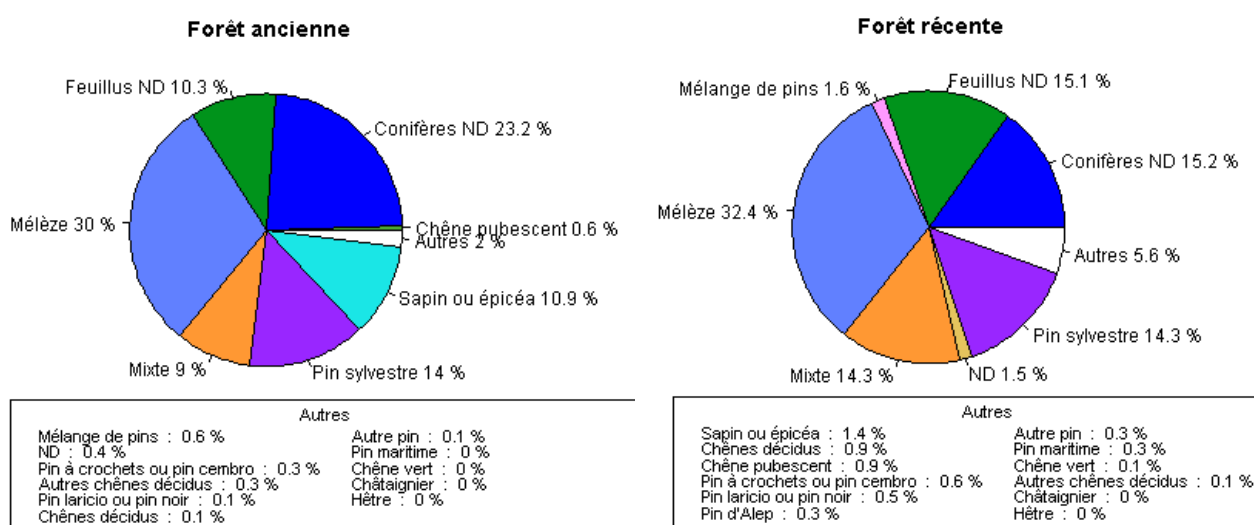


Figure 25 : Comparaison des surfaces relatives des différentes essences dans le PNM.

Les forêts anciennes de ces trois parcs nationaux sont en majorité communales, tandis que les forêts récentes ont plutôt un statut privé (Tableau 9). Dans ces contextes, la forêt domaniale était au XIX^e siècle quasiment inexistante, et les peuplements actuels sont issus de la politique de restauration des terrains de montagne (RTM) mise en place depuis les années 1860. En ce sens, il est cohérent de trouver les forêts domaniales davantage en forêt récente (excepté en Vanoise). Ces peuplements sont généralement issus de plantation d'essences résineuses typiquement utilisées dans ce cas : pin à crochets, pin cembro, épicéa et mélèze. Les communes ont ainsi une responsabilité importante vis-à-vis des forêts anciennes de ces territoires, d'autant plus que peu de reboisements y ont eu lieu, exceptées de rares plantations issues de subventions du fond forestier national (FFN).

Pour conclure cette analyse, l'étude des contraintes topographiques apporte quelques précisions et confirmations.

Dans les trois territoires de haute montagne, les déboisements effectués depuis le milieu du XIX^e siècle ont globalement eu lieu sur les terrains les plus hauts en altitude et situés à moindre pente que l'ensemble des forêts actuelles (Annexes 8 à 10). Hormis les erreurs liées au manque de précision de la carte d'État-major et à la difficulté du géoréférencement dans ces secteurs d'altitude, ces espaces semblent ainsi correspondre principalement à des zones de réouverture d'alpages ou d'estives. Ils sont pour l'essentiel localisés en lisière des forêts, à proximité de leur limite altitudinale. De manière générale, cette dernière a évolué au rythme des variations de la pression de pâturage exercée.

Les forêts anciennes sont localisées plus haut en altitude et plus en pente que les forêts récentes : il s'agit de terrains moins accessibles qui n'ont alors pas été intégralement déboisés pendant la période du maximum d'occupation humaine. Elles ont sans doute continué à être exploitées et en partie pâturées de manière extensive. Les peuplements anciens sont généralement situés en versants froids, exposés au nord : sur les versants chauds les alpages et estives sont exploitables plus tôt en début de saison et subissent alors une plus forte pression. Cette répartition explique la présence de certaines essences, notamment les bois noirs du Parc national du Mercantour, qui se trouvent en limite sud d'aire de répartition.

Les forêts récentes occupent des zones intermédiaires plus basses et plus accessibles, initialement destinées à un autre usage (parcelles privées ou communales, où étaient stationnés les troupeaux avant de monter en estive par exemple), voire dans certains cas régulièrement exploitées jusqu'au milieu du XIX^e siècle. La déprise et parfois la vente des parcelles à vocation agricole ont ensuite conduit à l'installation des feuillus pionniers.

	Haute montagne			Moyenne-montagne	Plaine	Littoral
Parc	PNV	PNP	PNM	PNC	GIP	PNPC
Part des feuillus en forêt ancienne	3,9 %	45,5 %	11,3 %	62,2 %	94,4 %	14,4 %
Part des feuillus en forêt récente	23,4 %	69,2 %	17,2 %	35,3 %	53,8 %	2,8 %
Part des conifères en forêt ancienne	89,4 %	26,4 %	79,3 %	10,8 %	3,1 %	67,8 %
Part des conifères en forêt récente	63,2 %	17,8 %	66,9 %	43,1 %	16,7 %	73,9 %

Tableau 8 : Comparaison de la part des feuillus et conifères selon l'ancienneté.

Dans les trois autres parcs nationaux, la surface relative occupée par des peuplements de conifères est plus grande en forêt récente qu'en forêt ancienne, et une concurrence aux feuillus (quasiment tous en station) se met en place.

3.2.2.2. Parc national des Cévennes

En contexte cévenol, la forte proportion de forêts récentes est due à des boisements spontanés en lien avec une déprise agricole ainsi qu'à des plantations issues de la politique RTM et de subventions du FFN. Le hêtre, prépondérant en forêt ancienne, n'est pas encore installé en forêt récente où les conifères, le châtaignier et les pins occupent une part importante.

À ce niveau, il est intéressant de distinguer les statuts de propriété (Tableau 9) pour mieux analyser la répartition des essences (Figure 26). Le hêtre et d'autres feuillus prédominent largement en forêt domaniale ancienne, alors que les forêts domaniales récentes sont majoritairement composées de conifères. L'origine (et donc la gestion) est donc déterminante dans un contexte où ce sont principalement les forêts domaniales qui sont exploitées. Les peuplements de hêtraie ancienne présentent alors *a priori* un plus grand degré de naturalité que les forêts domaniales récentes principalement composées de plantations résineuses issues de la politique RTM.

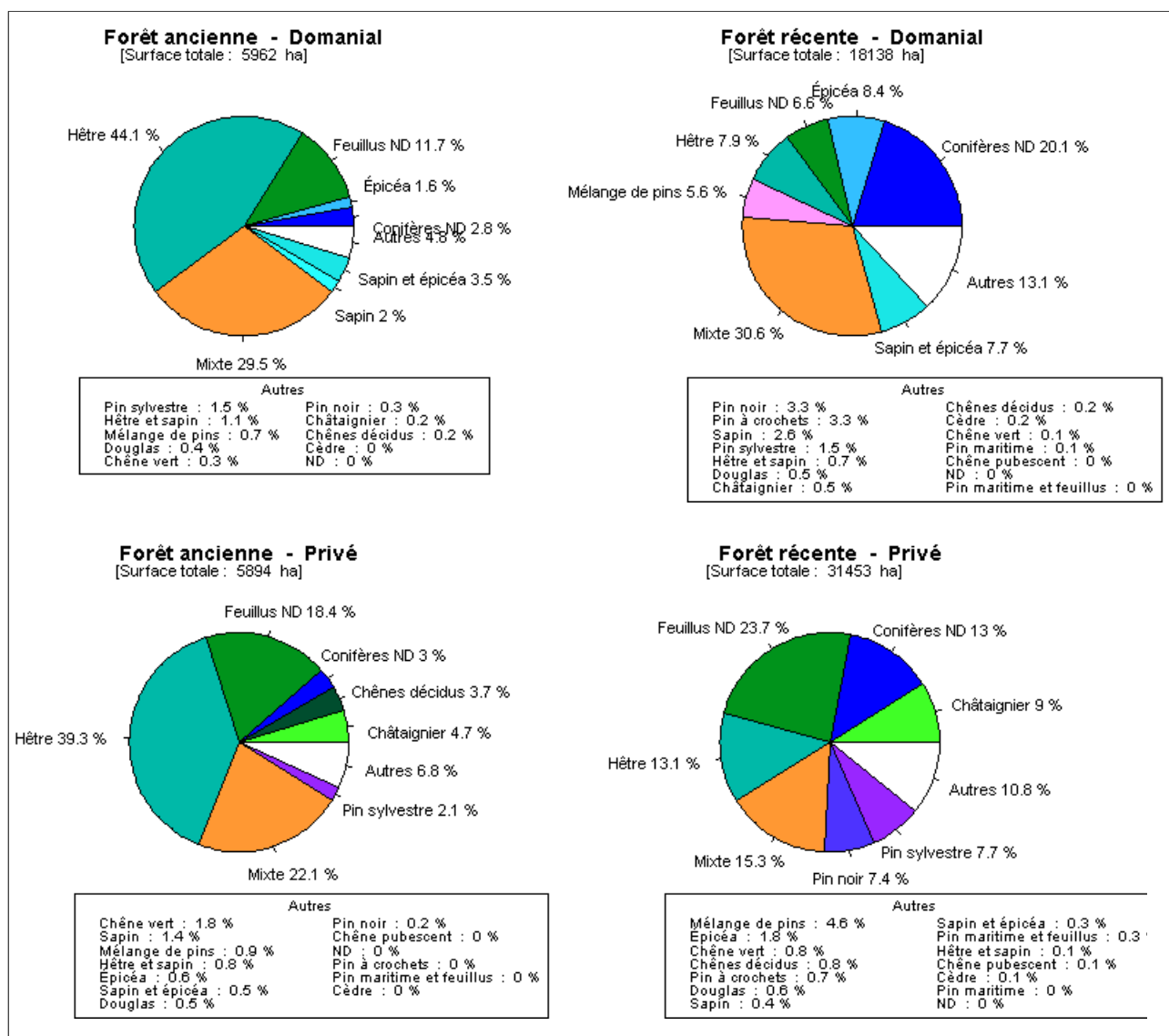


Figure 26 : Comparaison des essences dans le PNC selon le statut foncier et l'ancienneté.

Dans le cas des forêts privées, diverses raisons également expliquent le déséquilibre dans la répartition des essences entre forêt ancienne et forêt récente. On distingue au sein de cette dernière la colonisation par le pin sylvestre dans les espaces non gérés, les plantations (parfois liées au FFN) qui ont installé le pin noir et d'autres conifères, et la culture spécifique du châtaignier. Ce dernier élément soulève d'ailleurs une question, car le châtaignier a été cultivé de manière dynamique depuis le XIV^e siècle (Baconnet, 2014), ce qui classerait ces espaces en forêt ancienne. En réalité, l'abandon et la dégradation des vergers ont progressivement conduit à en faire des espaces boisés, qui n'étaient pas considérés comme tels lorsqu'ils étaient encore entretenus au milieu du XIX^e siècle.

Il est par ailleurs très intéressant de remarquer que la composition des forêts anciennes est assez homogène, qu'elles soient domaniales ou privées. Ce sont des peuplements pour lesquels les choix de gestion, bien que très certainement différents, ont probablement peu modifié la composition naturelle.

Concernant les contraintes topographiques dans le PNC, elles sont similaires à celles rencontrées dans les trois parcs nationaux de haute montagne (Annexe 11). Les forêts anciennes sont localisées en pente, et en exposition plutôt froide, par rapport aux forêts récentes. Les déboisements, en altitude et plus accessibles, sont liés à l'ouverture ou au maintien de pâturages.

3.2.2.3. GIP des forêts de Champagne et Bourgogne

Dans ce contexte où 75 % de la forêt actuelle est ancienne et essentiellement feuillue, les rares peuplements résineux se concentrent en forêt récente. Comme c'est le cas dans les Cévennes, la composition des forêts anciennes est très similaire quel que soit leur statut foncier ; en forêt ancienne domaniale, les hêtraies pures sont davantage représentées (33,2 %). Inversement en forêt récente, la part des résineux et mélange est minime en statut domanial, intermédiaire en forêt communale et majoritaire en forêt privée.

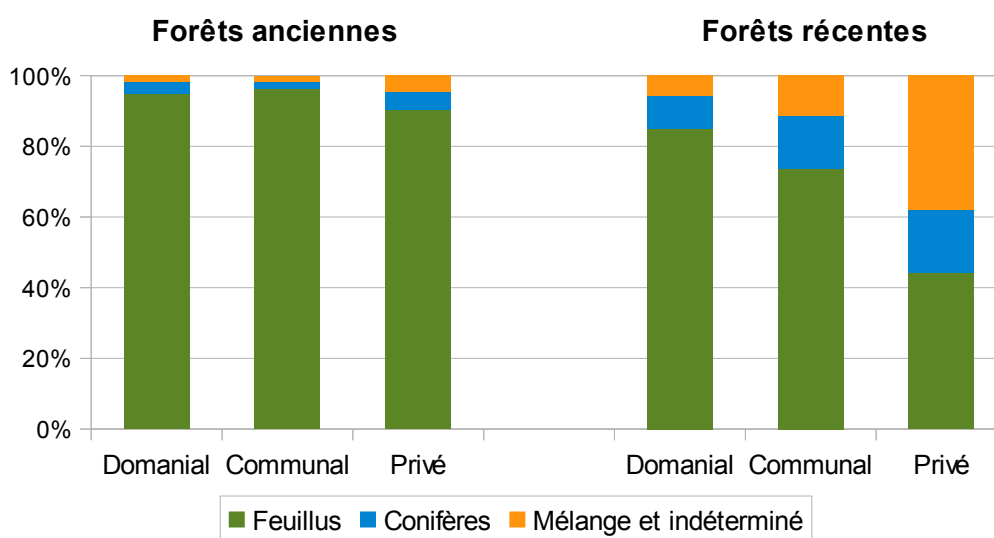


Figure 27 : Comparaison des types d'essences dans le GIP selon le statut foncier.

Dans ce territoire de plaine, ces forêts récentes sont localisées dans des zones plus pentues que la moyenne des forêts (Annexe 12) : il s'agit d'une première partie due aux accrus naturels d'espèces pionnières (pins, feuillus) sur des versants de coteaux plutôt ensoleillés, anciennes vignes ou terres agricoles. Le pin sylvestre en particulier, qui n'a peut-être pas été introduit contrairement aux autres résineux, se régénère avec un fort dynamisme. Ces peuplements devraient naturellement évoluer vers des chênaies-charmaies dans ce contexte. La majeure partie cependant constitue des plantations monospécifiques de conifères, sur de grands plateaux en déprise agricole. Elles sont issues de deux vagues : l'une à la fin du XIX^e siècle et l'autre à l'aide de subventions du FFN dans les années 1950 – 1970.

3.2.2.4. Parc national de Port-Cros

Dans le Parc national de Port-Cros, les forêts récentes présentent une plus forte proportion de conifères que les forêts anciennes, ce qui traduit le caractère pionnier des pins (principalement pin d'Alep) qui précèdent l'installation du chêne vert. Les forêts des deux îles du parc de Port-Cros appartenant au Parc national (domaine privé de l'établissement), leur analyse n'est pas pertinente du point de vue de la propriété foncière. En termes de contraintes, peu de différences opposent les forêts anciennes et récentes. Les déboisements sont plus marqués en plaine, et principalement en zone proche du littoral.

Parc	PNV		PNP		PNM		PNC		GIP	
	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR	FA	FR
Forêt domaniale	3,4 %	1,9 %	0,3 %	1,6 %	2,8 %	12,5 %	48,3 %	35,1 %	32,2 %	4,8 %
Forêt communale	75,2 %	28,9 %	65,4 %	22 %	72,3 %	28,3 %	0,6 %	1,7 %	42,8 %	26 %
Forêt privée	21,4 %	69,1 %	21,1 %	69,4 %	25 %	59,2 %	47,7 %	60,9 %	24,5 %	69,1 %

Tableau 9 : Comparaison des surfaces de chaque statut foncier en forêt ancienne et forêt récente.

3.2.3. Bilan de la comparaison

Dans un premier temps, les données utilisées dans ces différentes analyses présentent certaines limites qui doivent être détaillées. Concernant les peuplements forestiers, la seule BD Forêt ne permet pas la détermination des essences dans de nombreux cas. L'homogénéisation effectuée entre les deux versions et les différentes zones a aussi conduit à perdre parfois une partie de l'information pour la regrouper dans un type plus général. Concernant le statut de propriété foncière également, la base de données de l'ONF ne recense que les parcelles relevant du régime forestier, à un instant donné ; il manque ainsi une information pour les terrains communaux ne relevant pas du régime forestier. On pourrait envisager d'améliorer cette donnée en travaillant avec le cadastre actuel. À une échelle plus localisée, des détails supplémentaires pourraient ainsi être apportés concernant ces deux éléments.

L'ensemble de ces analyses a conduit à localiser, décrire et caractériser la nature des forêts anciennes et récentes dans les six parcs nationaux. À l'échelle d'un territoire, il est ainsi possible de retracer les évolutions des paysages forestiers, et de les expliquer dans un contexte donné. Ces éléments sont particulièrement intéressants à mettre en avant dans une communication sur cette thématique. Ils permettent de comprendre la nature et l'histoire du patrimoine forestier que les parcs nationaux cherchent à préserver. Dans une perspective d'étude plus approfondie des forêts anciennes, les résultats apportés par ces analyses sont réutilisables, aussi bien à titre de comparaison (donnée globale du territoire), que pour caractériser une zone d'étude précise (donnée ciblée).

3.3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

Dans cette partie, le cœur du Parc national de Port-Cros n'est plus concerné par les analyses. Du fait de la trop faible superficie prise en compte, et donc du nombre trop faible de massifs ou de polygones considérés, les notions étudiées ne sont pas pertinentes pour ce territoire. Il s'agit de décrire et d'analyser la structure des entités forestières, afin de caractériser certains aspects paysagers à différentes échelles.

3.3.1. Analyse de la taille des polygones cartographiés

La notion de taille des polygones est une première analyse, que l'on peut mettre en lien avec l'évolution des paysages. Les espaces déboisés, nous l'avons déjà identifié, représentent une faible surface dans les parcs nationaux étudiés. Il s'agit de petits patches – aucun ne dépasse la centaine d'hectares (une exception sur le PNP : 214 ha) – qui peuvent trouver plusieurs origines. Des défrichements volontaires peuvent avoir eu lieu, d'autres peuvent avoir une cause accidentelle, enfin certains constituent des erreurs inhérentes aux cartographies ou dues à la superposition imprécise des données (géoréférencement). Concernant ce dernier point, analyser ces polygones, à l'échelle d'un territoire, pourrait permettre de définir un seuil de surface ou

de largeur à partir duquel apparaît une réelle discontinuité de l'état boisé et en dessous duquel le déboisement pourrait être négligé. Un modèle basé sur l'identification des déboisements réels et des déboisements « artefactuels » pourrait être réalisé et permettre de calibrer un critère de distinction. Selon les territoires, on pourrait aller jusqu'à identifier la source de l'erreur de façon systématique.

De manière générale, les polygones de forêt ancienne ont une surface plus grande que ceux de forêt récente, mais ce résultat est à nuancer selon la version de la BD Forêt utilisée (voir Annexe 7) car la différence peut être plus ou moins marquée. Selon les parcs nationaux, l'apport en terme de surface cumulée est variable. Cependant il est notable que les polygones de moins de 100 ha, bien que très nombreux, apportent très peu au total (voir Annexes 8 à 13). La surface médiane estimée pour chaque territoire et type d'évolution caractérisera plutôt la distribution des surfaces des polygones, et une analyse par massif forestier semble plus pertinente pour décrire des entités forestières par la suite. Avant cela, une distinction entre les forêts récentes peut être effectuée et étudiée.

3.3.2. Analyses des forêts récentes agrégées et nucléées

L'objectif de cette analyse est d'apporter des premiers éléments concernant la continuité entre forêts anciennes et récentes. Elle se base sur la distinction entre les forêts récentes agrégées et nucléées, dont la définition a été donnée précédemment.

La taille des polygones de forêt récente nucléée semble dans un premier temps supérieure à celle des polygones de forêt récente agrégée. Il s'agit là d'une conséquence du traitement préalable effectué, qui élimine les plus petits polygones. Dans le cas d'une agrégation, de nombreux micro-polygones en bordure de massifs forestiers pourront apparaître lors du croisement suite à des imprécisions du géoréférencement. L'ajustement élastique parfois effectué lors de la digitalisation devrait limiter ce problème, mais il n'a pas été systématique, et même correctement effectué il ne peut garantir une parfaite superposition. Pourtant on ne dénombre que très peu de polygones de forêt récente de surface supérieure à 100 ha, et ce sont donc uniquement de ces micro-polygones que provient la différence. Leur apport individuel en terme de surface étant négligeable, et la surface totale de forêt agrégée étant largement supérieure à celle de forêt nucléée, l'essentiel réside donc dans les polygones de forêt récente agrégée, qui constituent des espaces *a priori* facilement colonisables par les espèces de forêt ancienne.

Cela peut se vérifier grâce à l'étude de la distance entre forêt ancienne et les deux types de forêts récentes. La distribution des points et le calcul d'une distance médiane permettent dans un premier temps d'apprécier la différence entre les forêts récentes agrégées et nucléées. Le résultat attendu est vérifié : les forêts récentes nucléées sont plus éloignées d'un polygone de forêt ancienne que les forêts récentes agrégées. Le travail effectué à partir de la grille de points permet une analyse quasiment proportionnelle à la surface de forêt (en moyenne un point par hectare). On peut dès lors envisager, pour chaque territoire, d'essayer de mieux situer les deux catégories. En posant un seuil par exemple, il est possible de calculer la surface relative de chacune en dessous ou au-delà :

	PNV	PNP	PNM	PNC	GIP
Part de surface de FR agrégée < 500 m	74 %	77 %	60 %	55 %	77 %
Part de surface de FR nucléée ≥ 500 m	91 %	83 %	92 %	99 %	87 %

Tableau 10 : Estimation de l'éloignement des forêts récentes à un noyau de forêt ancienne.

Il est également possible de connaître la distance à partir de laquelle on peut identifier, avec une marge d'erreur donnée, dans quelle catégorie de forêt récente, agrégée ou nucléée, un point se situera. Les perspectives relatives à ce type d'analyse sont vastes. La seule distance à un noyau ancien d'un point de relevé en forêt récente peut apporter une caractérisation supplémentaire à ce relevé, et permettre des distinctions entre forêts récentes du point de vue du potentiel de colonisation par les espèces de forêt ancienne. La distance de ce point pourra également être comparée aux données du territoire. Dans une perspective de recherche plus avancée, on pourrait également engager des analyses entre la vitesse d'expansion de la forêt sur un territoire (distance « moyenne » des points de forêt récente à un noyau ancien par rapport au délai entre la donnée ancienne et actuelle) et les vitesses de dissémination de différentes espèces emblématiques des forêts anciennes. Un modèle pourrait alors éventuellement être établi pour prédire la présence ou non de ces espèces en comparant les deux résultats. Si cette vitesse de colonisation est inconnue, elle pourrait d'ailleurs être estimée à partir de ces données, en fonction de la présence ou l'absence de l'espèce dans différents relevés à des distances déterminées (Bergès *et al.*, sous presse).

Ce type d'analyse comporte, dans notre étude, un biais important lié aux périmètres des territoires considérés. La distance est en effet calculée sur la base des seules forêts anciennes présentes dans la zone d'étude. Une forêt ancienne extérieure à la limite d'un parc pourrait être beaucoup plus proche de nombreux points de forêt récente, mais ne sera pas comptabilisée. Pour parer à ce biais, il est possible d'éliminer du jeu de données les points qui présentent un doute : ceux qui sont plus proches du périmètre du parc que d'une forêt ancienne. Cette méthode n'a malheureusement pas été appliquée dans notre étude. Le meilleur moyen reste encore d'élargir systématiquement les territoires étudiés. Ceci s'est avéré impossible car dans de nombreux cas, les données extérieures aux parcs ne sont pas disponibles : cartes anciennes non numérisées ou BD Forêt non acquise en dehors du périmètre.

La distinction des forêts récentes agrégées et nucléées va à présent permettre de préciser certains aspects de l'analyse paysagère des forêts à l'échelle de massifs.

3.3.3. Analyse de la structure des massifs forestiers

Un massif forestier, d'après notre définition paysagère et cartographique, correspond à une entité continue de nature forestière dont la constitution peut être de trois types : exclusivement forêt ancienne (massif ancien stable, ce cas est rare), composé d'une part de forêt ancienne et d'une part de forêt récente agrégée (massif mixte en extension) ou exclusivement de forêt récente nucléée (massif récent). Les résultats correspondant à cette partie sont représentés en Annexes 8 à 13 et dans le Tableau 11.

Le premier résultat qui apparaît lors de leur étude est que les plus grands massifs sont quasiment tous mixtes, et qu'au-delà d'un seuil de surface pour un territoire donné, tous les massifs décrits comportent une part de forêt ancienne. Ce seuil se situe à environ 100 ha pour les parcs nationaux de la Vanoise et des Pyrénées, et au dessus pour les autres parcs. L'essentiel de la surface des forêts anciennes, ainsi localisé dans les plus grands massifs, s'insère dans une trame forestière continue.

Parc	PNV	PNP	PNM	PNC	GIP FCB
Nombre de massifs	134	346	177	101	519
- anciens stables	4	2	0	0	2
- mixtes	30	74	23	14	171
- récents	100	270	154	87	346
Surface relative des massifs					
- anciens stables	0 %	0 %	-	-	0 %
- mixtes	97,7 %	98,2 %	99,1 %	94 %	95,5 %
- récents	2,3 %	1,8 %	0,9 %	6 %	4,5 %
Surface médiane des massifs	2,9 ha	2,4 ha	2,6 ha	8,5 ha	6,9 ha
- anciens stables	2,7 ha	4,3 ha	-	-	6,1 ha
- mixtes	11,5 ha	6 ha	20 ha	201,8 ha	18,3 ha
- récents	2,3 ha	2,2 ha	2,5 ha	7,2 ha	5,3 ha

Tableau 11 : Description des massifs forestiers dans les parcs nationaux.

D'autre part, plus les massifs sont grands, plus la part de forêt ancienne est importante (réel noyau ancien « puits » d'espèces) et plus la part de lisière entre forêt ancienne et forêt récente augmente (potentiel de dissémination). Mais, même significatif, la force du lien entre surface de massif et part de FA reste assez faible ($R^2=0,1$). Ainsi, il serait intéressant d'essayer d'établir de meilleurs modèles, basés peut-être sur davantage de paramètres paysagers ou indices de forme. L'échelle pour cette analyse (calibration sur le territoire d'un parc) devrait peut-être également être élargie. L'essai a été réalisé en considérant l'ensemble des massifs des parcs nationaux de la Vanoise, des Pyrénées et du Mercantour (haute montagne). Le résultat global (Figure 28), par rapport aux trois parcs considéré séparément, gagne en significativité et en apport explicatif de la variable mais ce dernier reste très faible.

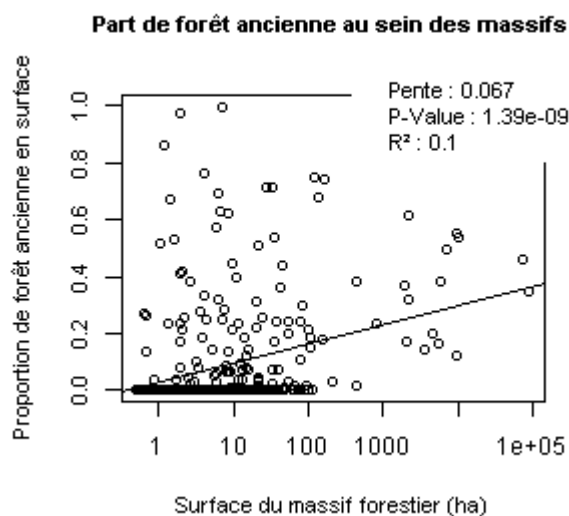


Figure 28 : Structure des massifs forestiers des trois parcs nationaux de haute montagne.

Dans un contexte d'étude des taxons liés à la continuité de l'état boisé, les deux paramètres décrits peuvent caractériser les massifs forestiers dans lesquels sont effectués les relevés. L'échantillonnage permettrait alors de cibler des massifs réellement structurés autour d'un noyau ancien (vastes surfaces relatives de forêt ancienne et longueurs d'interfaces entre patchs anciens et récents importantes) contre des massifs présentant les caractéristiques opposées. La variabilité de ces deux indices serait alors à comparer à celle des relevés, afin de mieux cerner l'influence de cette structure des massifs forestiers sur l'écologie des taxons étudiés.

Ces analyses comportent néanmoins plusieurs limites. La considération de nombreux petits massifs, fréquemment situés en bordure de parc et donc probablement tronqués, a soulevé de réelles interrogations. Leur élimination n'est pas envisageable pour la seule raison de leur localisation : d'autres massifs de surface importante sont également potentiellement amputés d'une partie et leur élimination conduirait alors à complètement modifier la zone d'étude. Nous avons donc choisi de prendre en compte, quelle que soit la localisation, uniquement les entités identifiées dont la surface fait au moins 100 m². Tout en étant conscient que ce seuil n'est en rien basé sur des définitions spécifiques de massifs forestiers au sens de Galochet (2009), il apparaissait relativement pertinent pour éliminer des valeurs extrêmes sans perturber de manière significative le jeu de données.

De manière générale, la définition même utilisée pour identifier les massifs forestiers peut poser problème. En effet, le seul accollement des polygones de nature forestière peut parfois se révéler insuffisant (c'est le biais que nous avons cherché à corriger initialement en utilisant l'agrégation) mais aussi peut-être excessive. Ainsi, dans le cas du GIP, les deux plus grands massifs identifiés (Figure 29) représentent à eux seuls plus de 70 % de la surface forestière considérée et plus de 36 % de la surface de la zone d'étude. Si ces chiffres traduisent une faible fragmentation des espaces forestiers de ce territoire, la définition ainsi employée, purement cartographique, pourrait également assez mal correspondre à une réalité physique. Cependant, elle semble rester relativement pertinente pour les analyses que nous avons menées.

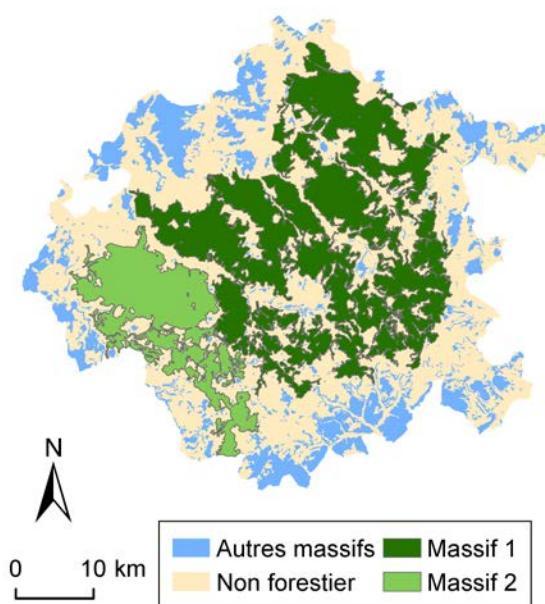


Figure 29 : Localisation des massifs forestiers du territoire du GIP FCB.

Finalement, ce type d'analyse pourrait venir compléter celle des distances aux noyaux de forêt ancienne. Car l'étude de ces deux aspects conduit à poser une même question : dans un massif déterminé, le noyau forestier ancien est-il assez grand pour constituer un pool d'espèces caractéristiques, qui se dispersent peu à peu dans des forêts récentes, qui en sont éloignées d'une distance donnée ? Et surtout : quelle structure paysagère des forêts anciennes et récentes permet d'estimer qu'aura lieu une colonisation efficace ? C'est bien de cette manière que l'on cherche à caractériser les paysages décrits, et ces analyses ne constituent qu'un premier aperçu de nombreuses potentielles expériences allant dans ce sens.

4. Discussion générale et perspectives relatives à l'étude des forêts anciennes

4.1. Approfondir la cartographie des évolutions de l'état boisé

4.1.1. Cibler les caractères étudiés

4.1.1.1. L'importance des définitions et de leur homogénéité

La carte d'État-major, et plus généralement les données anciennes, peuvent comporter des aspects qui restent inconnus concernant la méthode employée pour leur réalisation. Deux points en particulier ont soulevé de nombreuses interrogations au cours de cette étude, et nous avons alors cherché à prendre « le moins de risques possibles » les concernant. Dans un premier temps, la signification exacte des figurés représentés sur la carte d'État-major n'est pas établie avec certitude, et de nombreuses variations peuvent être observées. On peut notamment se demander si le figuré représente l'occupation présente du sol (nature observée par les ingénieurs en charge des levés) ou la vocation du terrain délimité (en accord avec le cadastre), et même si, à ce niveau, toutes les feuilles de la carte sont homogènes. Les deux possibilités devraient en toute logique conduire à des résultats similaires dans la plupart des cas. Cependant dans une perspective d'étude des forêts anciennes, on peut imaginer un espace en cours de boisement, qui serait inscrit à vocation agricole au cadastre mais ni fréquenté ni entretenu. En période de déprise agricole et d'exode rural, son devenir serait alors très incertain – sera-t-il finalement utilisé dans les années qui suivent ? – et la manière dont on l'a recensé joue alors un rôle important. Cet élément montre l'intérêt d'une donnée historique intermédiaire.

Cela rejoint également le second point d'interrogation, à savoir la définition acceptée pour identifier une forêt (figuré vert) sur la carte. La question des boisements lâches, par exemple, nous a amenés à considérer que ce type de structure (défini par l'IGN) aurait probablement été caractérisé comme forêt sur la carte d'État-major. L'étude de la limite altitudinale des forêts semble confirmer une assez bonne cohérence entre les définitions, dans le Parc national des Pyrénées. Leur distribution selon l'altitude montre, au 95^e centile, deux valeurs très proches : 2100 m pour les forêts actuelles, contre 2150 m pour les forêts de l'État-major. En terme d'altitude maximale cependant, la différence est beaucoup plus forte (2500 m actuellement contre 2850 m à l'époque de l'État-major) mais probablement plutôt à cause d'imprécisions de la carte ancienne ou de son géoréférencement. Les critères exacts de définition restent néanmoins inconnus, et l'homogénéité entre les différents secteurs et les différentes périodes n'est pas certaine.

4.1.1.2. La mise en forme des données selon l'objectif

Le traitement appliqué au préalable des croisements constitue une méthodologie générale qui permet de mener différents types d'analyses, et notamment de décrire plusieurs caractéristiques structurales des massifs forestiers anciens et récents. Néanmoins, dans le cadre d'une étude plus ciblée, ce traitement serait à adapter à la problématique précise : dans le cas de la seule analyse des changements d'occupation du sol (matrice des évolutions), il n'est pas justifié de l'employer et c'est pour cette raison que nous ne l'avons appliqué qu'après cette première étape.

L'étape d'agrégation de cette méthode de traitement comporte néanmoins un biais fort, de par l'outil SIG en lui-même : seuls deux polygones différents seront agrégés. Un même polygone présentant une discontinuité

linéaire mais pas totalement fragmenté conservera cette dernière. L'étape d'agrégation n'est donc que partiellement efficace, et ce cas se présentera davantage avec la V2, pour laquelle des linéaires moins larges sont identifiés.



Figure 30 : Zooms sur une discontinuité conservée malgré l'agrégation.

4.1.2. L'influence du contexte

Le travail proposé est basé sur les territoires de parcs nationaux français, espaces qui ont connu un statut particulier pour certains depuis plusieurs dizaines d'années (plus de cinquante ans pour le Parc national de la Vanoise, créé en 1963). Par rapport à d'autres zones étudiées, les forêts anciennes des parcs nationaux pourraient révéler certaines spécificités, notamment grâce à l'attention particulière portée à certaines espèces ou certains habitats.

Une étude approfondie du lien entre l'ancienneté forestière et les modes de gestion conduirait à mieux connaître différents aspects de la naturalité des forêts. De nombreuses données spécifiques à ces territoires pourraient alors être utilisées pour caractériser les paysages décrits : localisation des réserves biologiques intégrales (RBI) et dirigées (RBD), des îlots de sénescence mis en place, etc. Le Parc national des Cévennes a ainsi évalué que moins de 10 % de la surface de forêt ancienne relevant du régime forestier sur son territoire coïncide avec un plan d'aménagement centré sur l'intérêt écologique ou une réserve biologique. Les trois-quarts des îlots de sénescence mis en place dans le cœur du parc national sont par ailleurs situés en forêt récente.

Il faut également garder à l'esprit que les paysages forestiers sont en constante évolution, et que celle-ci peut être plus ou moins rapide selon le contexte : exploitation, risques naturels ou liés à la fréquentation humaine, évolution climatique en cours, ... Une part probablement non négligeable des forêts identifiées comme récentes au cours de cette étude peuvent d'ores-et-déjà avoir des caractéristiques très similaires des forêts dites anciennes. De plus, cette dichotomie entre forêts anciennes et récentes est une simplification basée sur un seuil particulier, mais différents types de forêts anciennes peuvent également être distingués, en lien avec ces évolutions passées. Pour ces raisons, il serait intéressant d'améliorer la caractérisation des espaces forestiers en y ajoutant de nouveaux critères : période de la dernière coupe, fréquence des incendies sur le territoire, ... Ces considérations sont cependant plus facilement réalisables à une échelle spatiale restreinte.

Un test a pu être effectué sur le territoire du Parc national de la Vanoise, grâce à des données d'exploitation de l'ONF en forêt publique (Tableau 12). Le résultat du croisement avec l'évolution de l'état boisé depuis le XIX^e siècle montre notamment que 66 % de la surface identifiée comme forêt ancienne coïncide avec des parcelles décrites comme « exploitées régulièrement ». On peut alors se demander si cette gestion a eu une influence notable sur la biodiversité des forêts anciennes.

	Forêt ancienne	Forêt récente
Surface relative pour laquelle l'information est disponible	77,23%	29,54%
Plantation	3,78%	4,87%
Exploitation régulière	66,18%	50,88%
Dernière exploitation remontant entre 30 et 50 ans	3,82%	4,54%
Dernière exploitation antérieure à 50 ans	8,53%	7,85%
Parcelle en partie non exploitée	14,74%	19,70%
Parcelle récemment soumise	2,97%	12,15%

Tableau 12 : Surfaces concernées par les exploitations dans le PNV (forêt publique).

Ces différentes précisions, qui sont à établir pour un territoire particulier, pourront alors justifier des préconisations de gestion des espaces forestiers, des recommandations ou même initier une forme de sensibilisation.

4.1.3. Le choix des périodes de référence

4.1.3.1. Élargissement à une donnée plus ancienne

Le choix d'une étude basée principalement sur la carte d'État-major et des données du milieu du XIX^e siècle a été fait après une analyse bibliographique, qui a montré sa pertinence. Néanmoins, il est intéressant de comparer nos principaux résultats avec ceux que l'on aurait pu obtenir en travaillant avec des données différentes. L'étude menée en 2012 par le WWF (Vallauri *et al.*, 2012) peut alors nous servir de point de comparaison.

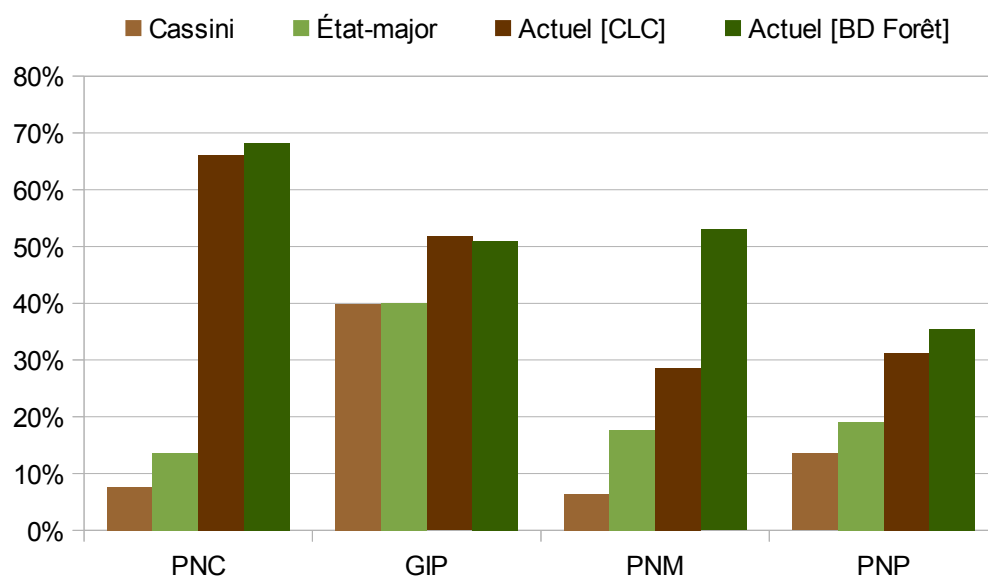


Figure 31 : Comparaison des taux de boisement calculés dans les deux études.

La progression du taux de boisement dans les parcs nationaux en un siècle est observée, mais également des variations du taux de boisement actuel entre la base Corine Land Cover (2006) et la BD Forêt (Figure 31).

Le comté de Nice n'étant pas français avant 1860, il n'apparaissait pas sur la carte de Cassini. Le territoire du PNM considéré dans les deux cas est ainsi différent, ce qui explique vraisemblablement la forte variation observée au niveau du taux de boisement actuel. La Savoie n'était pas non plus encore rattachée à la France à l'époque de Cassini, et le territoire du parc national de la Vanoise n'est donc pas couvert par l'étude du WWF. Concernant le parc de Port-Cros, et notamment du fait d'un travail concentré sur les deux îles du cœur uniquement, la précision de la carte de Cassini ne permet pas de croisement avec une donnée forestière actuelle.

Les résultats de la comparaison, selon la donnée ancienne utilisée, sont présentés pour quatre territoires de parcs nationaux (Figure 32).

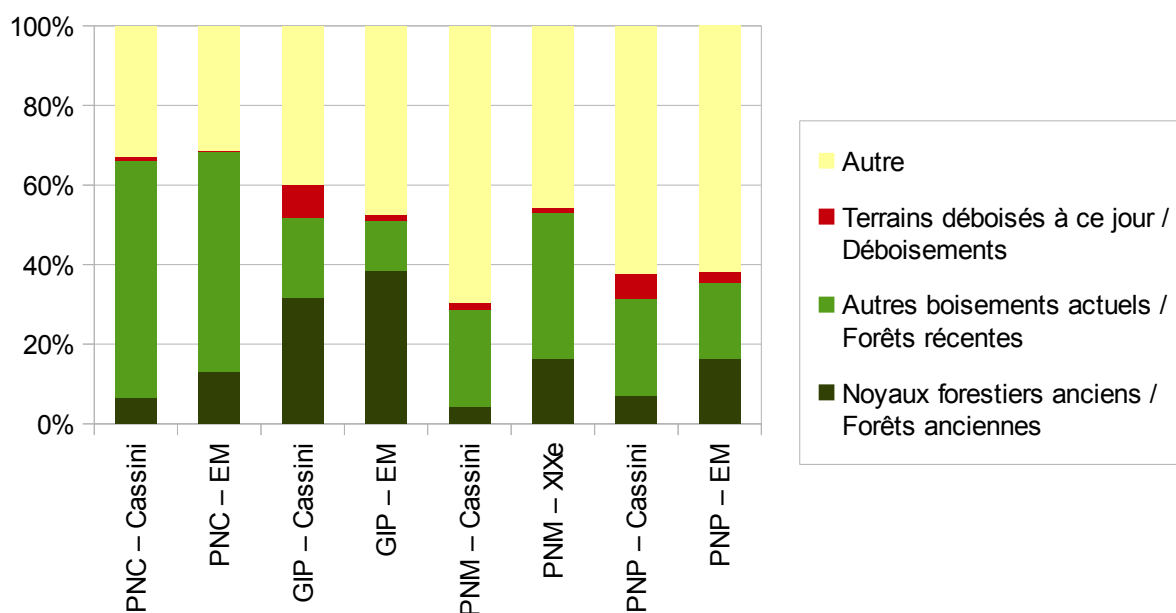


Figure 32 : Comparaison des évolutions de l'état boisé calculées avec les cartes de Cassini ou d'État-major.

Si cette méthode permet d'obtenir de nouvelles données chiffrées relatives aux forêts anciennes en remontant plus loin en arrière, elle pourrait également préciser davantage l'ancienneté des forêts identifiées. D'un point de vue cartographique cependant, au vu de la différence de précision entre les deux sources anciennes (Dupouey *et al.*, 2007 ; Vallauri *et al.*, 2012), il serait probablement préférable de se focaliser alors sur des massifs particuliers, pour lesquels on souhaite connaître mieux l'évolution, et de vérifier dans ce cas la validité des croisements des données. Cela permettrait, pour une zone spécifique à étudier, de retracer la continuité forestière depuis le XVIII^e siècle. C'est ce qu'a fait dans un autre contexte Gattus (2015) lors d'une étude dans le Dévoluy, au cours de laquelle les données issues des deux cartes anciennes ont été utilisées conjointement. Néanmoins, beaucoup de boisements anciens n'ont pas été représentés sur la carte de Cassini (Vallauri *et al.*, 2012) et l'utilisation de cette seule référence peut apporter de nombreuses erreurs.

Au niveau d'une analyse de taxons spécifiques (flore notamment), on pourrait envisager la comparaison entre des massifs anciens présents sur la carte de Cassini et des massifs apparus entre l'époque de Cassini et celle de l'État-major. Vis-à-vis des forêts récentes, on chercherait alors à vérifier si une continuité forestière de 150 ans est suffisante pour la complète mise en place d'espèces caractéristiques (les espèces en forêt ancienne de Cassini sont les mêmes que celles en forêt ancienne de l'État-major) ou si ce délai n'amène qu'à un stade intermédiaire (les espèces sont différentes).

De manière générale, la notion dichotomique utilisée pour décrire l'ancienneté des forêts dans la présente étude (forêt ancienne ou récente) est une « simplification » (Cateau *et al.*, 2015) qui ne peut traduire toute la variabilité de ce paramètre. Bien qu'elle comporte une grande pertinence historique et cartographique, cette première notion doit être complétée par de nouvelles sources de données, anciennes et intermédiaires, dans le cas d'une étude approfondie de l'ancienneté d'un peuplement forestier.

4.1.3.2. Utilisation de données intermédiaires

Cette étude se base sur une hypothèse très forte : les forêts actuelles sont anciennes si elles étaient déjà identifiées sur une carte au milieu du XIX^e siècle. Or, la continuité de l'état boisé a pu être perturbée entre les deux références : défrichements, accidents, etc. Certaines plantations du fonds forestier national ont également fortement modifié les sols forestiers (travail, remaniement ou amendement préalables) au point d'influencer, sans doute, la composition floristique actuelle. De tels événements ne sont pas identifiés au cours de notre étude, alors qu'ils remettent en cause le statut de forêt ancienne par endroits.

La surface des différents territoires d'étude (en moyenne 200 000 ha pour les parcs terrestres, 1,2 Mha au total) n'a pas permis dans le temps imparti d'envisager l'analyse de données intermédiaires qui pourraient confirmer ou infirmer la continuité présupposée. Cette perspective pourrait permettre, en effectuant un croisement avec les cartes établies, de localiser, quantifier et corriger des erreurs issues de cette hypothèse. À l'échelle d'un massif ou d'un secteur moins vaste, ce travail apparaît quasiment indispensable afin de s'assurer de la continuité et d'approfondir la connaissance du contexte et de l'histoire de la zone.

4.2. Faire le lien avec l'étude des communautés

4.2.1. Un outil de caractérisation

Les analyses mises en place au cours de cette étude permettent de caractériser les évolutions forestières d'un territoire. La démarche adoptée peut alors constituer une base pour engager un travail sur les liens entre la continuité de l'état boisé et la présence ou la dispersion de communautés d'espèces particulières. En effet, les principaux aspects concernant l'écologie des peuplements et le contexte dans lequel ils évoluent sont décrits grâce à cette méthode. L'analyse concernant la structure des paysages forestiers est également amorcée, et peut encore être complétée par l'identification d'autres indices spécifiques à l'écologie du paysage. La base de données alors réalisée pour un territoire comportera de nombreuses informations pouvant être croisées avec des relevés spécifiques afin de les caractériser.

4.2.2. Des utilisations stratégiques de la cartographie

À ce stade, différentes stratégies peuvent être mises en place pour valoriser la cartographie réalisée et les résultats qu'elle apporte. Les pistes évoquées seraient plutôt relatives à une étude de la flore des forêts anciennes, mais peuvent être adaptées à d'autres taxons, et notamment ceux dont le lien avec d'autres aspects de l'écologie forestière a déjà été étudié (insectes saproxyliques des vieilles forêts des Pyrénées par exemple).

Une première possibilité serait de fractionner les bases de données pour différents contextes établis à l'aide de la cartographie. L'objectif est alors de comparer des relevés d'espèces dans des conditions similaires, où le seul paramètre variant est l'ancienneté du peuplement. On peut par exemple spécifiquement chercher à se placer de part et d'autre d'une lisière entre forêt ancienne et récente. Cette stratégie d'échantillonnage peut permettre de fixer des facteurs environnementaux ou écologiques (altitude, acidité du sol, ...) mais

également des paramètres liés à la gestion forestière (statut foncier, intensité d'exploitation, ...). Nous avons par exemple observé auparavant que les forêts anciennes du PNC ou du GIP FCB présentaient une composition assez homogène quel que soit le type de propriété, contrairement aux forêts récentes de ces zones. Pour un critère donné, il est ainsi nécessaire de balayer toute la gamme des valeurs ; dans notre cas les différents statuts fonciers en forêt récente.

Cette stratégie est celle qui a été mise en place par le Conservatoire botanique national (CBN) du Massif-Central au cours d'un stage visant à caractériser la flore des forêts anciennes du secteur.

Une autre option consisterait, pour les forêts anciennes d'une part et les forêts récentes d'autre part, à effectuer des relevés que l'on cherchera par la suite à caractériser. De cette manière, on pourra par exemple identifier des groupes de relevés similaires en forêt ancienne, et étudier le contexte pour chaque groupe. La confrontation de ces différents échantillons pourrait permettre de distinguer les conditions influençant de façon significative la présence de communautés d'espèces dans un contexte d'évolution forestière donné. L'approche est différente de celle proposée dans le premier cas, mais les objectifs sont finalement semblables.

La cartographie et la caractérisation des évolutions de l'état boisé, dans une perspective plus précise, constituent des outils permettant de cibler des territoires à étudier. Le travail à large échelle constitue alors une source d'arguments pour mieux valoriser une étude locale.

Conclusion

Les forêts anciennes revêtent une importance assez particulière dans le contexte des parcs nationaux, où elles constituent des milieux patrimoniaux. L'état des lieux des travaux engagés par les six territoires d'étude a montré qu'il est possible d'établir une cartographie assez homogène des forêts du XIX^e siècle, cartographie parfois précisée par les autres éléments paysagers de cette époque. Croisée avec nos données forestières actuelles, elle permet alors de quantifier et qualifier les évolutions à long terme de l'état boisé. Afin d'y parvenir, une bonne connaissance des cartes anciennes s'est avérée nécessaire, ainsi que la mise en place d'une méthodologie spécifique d'homogénéisation des données. Celle-ci, tout en assurant un croisement pertinent des informations, apporte des éléments précis de caractérisation au vu de notre objectif d'analyse paysagère à large échelle. Elle peut à présent constituer un outil, dont on a identifié les avantages et les inconvénients, réutilisable pour l'étude des forêts anciennes d'autres territoires.

Les résultats obtenus s'intègrent dans les contextes locaux des parcs nationaux étudiés. Les surfaces forestières cartographiées au milieu du XIX^e siècle ont largement progressé depuis 150 ans dans les parcs nationaux de moyenne et haute montagne : +87 % pour le PNP, +99 % pour le PNV, +200 % pour le PNM et +402 % pour le cœur du PNC. Elles sont plus limitées en contexte de plaine (+28 % pour le GIP FCB) et de littoral (moins de 1 % pour les îles du cœur du PNPC).

Les surfaces déboisées identifiées sont faibles (3 % à 20 % de la surface forestière du XIX^e siècle) et sont généralement liées aux changements d'usages et de pratiques dans les territoires. Leur localisation topographique (accessibilité) permet d'en estimer les raisons : espaces nouvellement pâturés, extension de l'activité agricole, urbanisation, ... Ainsi, plus de 80 % des surfaces forestières du milieu du XIX^e siècle ont été conservées. Ces forêts anciennes sont majoritairement publiques (75 % à 80 %, excepté dans le Parc national des Cévennes : 50 %) mais les forêts privées comportent également des surfaces anciennes (15 % à 20 %, voire 50 % pour le GIP). Les peuplements qui les composent s'approchent globalement d'un stade climacique, prédominé par les conifères en haute montagne et par les feuillus dans les autres contextes. Les choix de gestions liés au type de propriété ne les ont donc que peu affectés depuis plus d'une centaine d'années. En comparaison, les forêts récentes traduisent principalement la colonisation ligneuse d'espaces dont la vocation ancienne a été perdue, et notamment l'installation de feuillus sur les terrains agricoles intermédiaires privés en montagne. Les plantations peuvent également en constituer une part importante, et favorisent ou introduisent alors plutôt les résineux.

Dans leurs contextes respectifs, ces évolutions retracent une partie de l'histoire des territoires des parcs nationaux. La déprise agricole du XIX^e siècle s'accompagne de la progression de nouvelles activités qui modifient les paysages forestiers. Les résultats ainsi établis sont directement valorisables par chacun des parcs nationaux, mais conduisent également à dégager des points de comparaison et identifier des dynamiques communes entre les territoires.

D'autres analyses se sont focalisées sur la structure et l'organisation spatiale des paysages forestiers en apportant plusieurs ébauches de résultats, qui restent néanmoins à approfondir : distance entre les forêts anciennes et récentes, surface relative du noyau de forêt ancienne au sein d'un massif et longueur de l'interface (lisière) entre forêt ancienne et récente.

Finalement, plusieurs réflexions qui se sont posées au cours de ce travail sont détaillées, et pourraient plus facilement être poursuivies dans le cadre d'une étude ciblée sur un territoire spécifique. Elles mettent en avant des perspectives relatives à une meilleure connaissance des forêts anciennes, tant sur le plan cartographique qu'écologique. Pour préserver la fonctionnalité des écosystèmes forestiers, il apparaît en effet essentiel de mieux comprendre les dynamiques qui se jouent entre leur mode de gestion, leur maturité, leur ancienneté et leur naturalité.

Références bibliographiques

- BACONNET (Mathieu). 2014 – *Caractérisation des enjeux de naturalité des forêts anciennes en forêt domaniale de l'Aigoual gardois*. – AgroParisTech ; ENSAT ; Parc national des Cévennes. – 93 p. (Mémoire de fin d'études).
- BENOÎT (Félix) et AUGÉ (Vincent). 2014 – *Mise en œuvre du protocole d'évaluation du degré de naturalité dans deux forêts de Vanoise*. – Parc national de la Vanoise ; Office national des forêts, 49 p.
- BERGÈS (Laurent), AVON (Catherine), ARNAUDET (Lucie), ARCHAUX (Frédéric), CHAUCHARD (Sandrine), DUPOUEY (Jean-Luc). Sous presse – Past landscape explains forest periphery-to-core gradient of understory plant communities in a reforestation context. – *Diversity and distributions*.
- BUREL (Françoise) et BAUDRY (Jacques). 2006 – Écologie du paysage : échanges entre éléments de la mosaïque paysagère. – Dans : *Mémento de terrain*. Atelier technique des espaces naturels.
- CATEAU (Eugénie), LARRIEU (Laurent), VALLAURI (Daniel), SAVOIE (Jean-Marie), TOUROULT (Julien), BRUSTEL (Hervé). 2015 – Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. – Dans : *Comptes rendus biologies de l'académie des sciences*, vol. 338, issues 8-9, p. 58-73.
- CHARPENTIER (Caroline), FOURNEL (Marianne), LEGRAS (Olivier), PELOUARD (Sébastien). 2014 – *Analyse spatiale et diachronique des masses forestières du futur Parc national des forêts de Champagne et Bourgogne*. – GIP des forêts de Champagne et Bourgogne ; AgroSup Dijon. – 53 p. (Rapport d'étude).
- CHEVALIER (Richard), ARCHAUX (Frédéric), BERTHELOT (Alain), CARNNOT-MILARD (Laurence), DUPREZ (Marianne), GAUDIN (Sylvain), VILLEMÉY (Anne). 2013 – Le concept de forêt ancienne s'applique-t-il aux peupleraies cultivées ? : Test de pertinence avec la flore des vallées de Champagne. – *Revue forestière française*, vol. 65, n° 4, p. 375-388.
- CINOTTI (Bruno). 1996 – Évolution des surfaces boisées en France : proposition de reconstitution depuis le début du XIX^e siècle. – *Revue forestière française*, vol. 48, n° 6, p. 547-562.
- DUPOUEY (Jean-Luc), SCIAMA (Delphine), KOERNER (Waltraud), DAMBRINE (Étienne), RAMEAU (Jean-Claude). 2002 – La végétation des forêts anciennes. – *Revue forestière française*, vol. 54, n° 6, p. 521-532.
- DUPOUEY (Jean-Luc), BACHACOU (Jean), COSSERAT (Régine), ABERDAM (Serge), VALLAURI (Daniel), CHAPPART (Gérard), CORVISIER-DE VILLELE (Marie-Anne). 2007 – Vers la réalisation d'une carte géoréférencée des forêts anciennes de France. – *Le monde des cartes*, n° 191, p. 85-98.
- FAVRE (Colette), GREL (Audrey), GRANIER (Évelyne), COSSERAT-MANGEOT (Régine), BACHACOU (Jean), DUPOUEY (Jean-Luc). 2013 – *Digitalisation des cartes anciennes. Manuel pour la vectorisation de l'usage des sols et le géoréférencement des minutes 1:40 000 de la carte d'État-major*. Version 12, INRA, 54 p.
- FEBVRE (Vinciane). 2010 – *Les forêts anciennes du Parc national des Cévennes. Contribution à l'élaboration d'une stratégie de gestion et de préservation*. – AgroParisTech ENGREF ; Parc national des Cévennes. – 139 p. (Mémoire de fin d'études).
- GALOCHET (Marc). 2009 – Le massif forestier du dehors et du dedans : limites, marges et discontinuités de l'espace forestier. – *Revue géographique de l'est [en ligne]*, vol. 49 / 2-3, mis en ligne le 11 octobre 2010,

consulté le 18 juin 2015. URL : <http://rge.revues.org/1917>

GATTUS (Jean-Christophe). 2015 – *Inventaire et cartographie des forêts anciennes. Site Natura 2000 FR 9301511 « Dévoluy – Durbon – Charance – Champsaur »*. – Office national des forêts (Bureau d'études Méditerranée ; Centre régional de la propriété forestière (région PACA). – 53 p.

INRA. 2012 – *Digitalisation et géoréférencement des cartes minutes de l'état major du Parc national des Pyrénées pour une analyse des forêts anciennes*. – UMR Dynafor, 18 p.

Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). 2014 – *BD Forêt® Version 1. Descriptif de contenu*. 14 p.

Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). 2014 – *BD Forêt® Version 2. Descriptif de contenu*. 51 p.

LATHUILLIERE (Laurent), GIRONDE (Maud). 2014 – *Sémantique autour des forêts anciennes*. – Document Office national des forêts, Agence montagnes d'Auvergne, 28 p.

NARBONNE (Arild). 2012 – *Localisation et caractérisation de la forêt ancienne sur l'île de Porquerolles*. – Parc national de Port-Cros / BTS GF. – 41 p. (Rapport de stage).

SUMÉRA (Franck). 2013 – *Étude de l'usage et de l'occupation du sol sur le territoire Mercantour*. – Rapport de synthèse Parc national du Mercantour / Centre Camille Jullian, 71 p.

VALLAURI (Daniel), GREL (Audrey), GRANIER (Évelyne), DUPOUEY (Jean-Luc). 2012 – *Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles*. – Rapport WWF / INRA, Marseille, 64 p. + CD.

Table des annexes

Annexe 1 : État des lieux de la numérisation des cartes d'État-major par les parcs nationaux.....	57
Annexe 2 : Typologie établie pour la BD Forêt V2.....	59
Annexe 3 : Reclassement des codes spécifiques à PACA de la BD Forêt V2.....	60
Annexe 4 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du PNC.....	61
Annexe 5 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du GIP.....	63
Annexe 6 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du PNPC.....	65
Annexe 7 : Résultats de la comparaison entre V1 et V2.....	66
Annexe 8 : Synthèse des résultats pour le PNV.....	82
Annexe 9 : Synthèse des résultats pour le PNP.....	88
Annexe 10 : Synthèse des résultats pour le PNM.....	94
Annexe 11 : Synthèse des résultats pour le PNC.....	100
Annexe 12 : Synthèse des résultats pour le GIP FCB.....	106
Annexe 13 : Synthèse des résultats pour le PNPC.....	112
Annexe 14 : Surfaces relatives corrigées par le traitement préalable des données.....	115

Index des illustrations annexes

Figure 33 : Zone d'étude pour la comparaison sur le PNV.....	66
Figure 34 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) des types de peuplement en forêt ancienne et récente dans le PNV.....	69
Figure 35 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) des types de propriété en forêt ancienne et récente dans le PNV.....	70
Figure 36 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des classes d'altitudes dans le PNV.....	71
Figure 37 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des classes de pentes dans le PNV.....	72
Figure 38 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des classes d'expositions dans le PNV.....	73
Figure 39 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des polygones des différentes classes dans le PNV.....	74
Figure 40 : Zoom sur un exemple de plus grande fragmentation pour un croisement avec la V2 (à droite) qu'avec la V1 (gauche) dans le PNV.....	75
Figure 41 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces cumulées des polygones des différentes classes dans le PNV.....	76
Figure 42 : Exemples de différences et évolutions entre V1 (à gauche) et V2 (à droite) sur le PNV. (A) discontinuité marquée en V2 ; (B) extension / densification probable identifiée en V2 ; (C) micro-polygone	

de forêt ancienne en V2.....	76
Figure 43 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distance des forêts récentes agrégées et nucléées aux noyaux anciens, dans le PNV.....	77
Figure 44 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des forêts récentes agrégées et nucléées dans le PNV.....	78
Figure 45 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des massifs forestiers, dans le PNV.....	79
Figure 46 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des massifs mixtes comportant FA et FR dans le PNV.....	79
Figure 47 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la part de forêt ancienne au sein d'un massif forestier en fonction de sa surface, dans le PNV.....	80
Figure 48 : Comparaison entre V1 (haut) et V2 (bas) de la part des différents types de lisières pour un massif en fonction de sa taille, dans le PNV.....	81

Index des tableaux annexes

Tableau 13 : Caractérisation de l'occupation passée des espaces forestiers dans le PNV et comparaison entre V1 (à gauche) et V2 (à droite).....	67
Tableau 14 : Surface et part des zones du PNV pour lesquelles les formations identifiées en V1 et V2 diffèrent.....	67
Tableau 15 : Part des différents types d'évolution forestière (en surface) dans le PNV ; comparaison V1 (en bleu) et V2 (en noir).....	68
Tableau 16 : Part de la surface initiale ajoutée ou enlevée par les différentes étapes du traitement préalable des données (V1 en bleu, V2 en noir).....	68

Annexe 1 : État des lieux de la numérisation des cartes d'État-major par les parcs nationaux.

	Cartes anciennes	Feuilles concernées (EM) (en gras : vectorisées intégralement)	Dates de réalisation (EM)	Emprise concernée	Échelle de vectorisation	Origine de la vectorisation	Date	Méthode	OS vectorisées
GIP FCB	SCAN Etat-Major® au 1:40000 (IGN)	83 SO – 83 SE – 98 NO – 98 NE – 99 NO – 97 SE – 98 SO – 98 SE – 99 SO – 112 NO – 112 NE – 113 NO	1835 – 1838	Intégralité : AOA (cœur encore non défini)	1/33000	GIP	2013 puis 2014	« Méthodo JL Dupouey »	<u>Forêt seulement</u>
PNC	SCAN Etat-Major® au 1:40000 (IGN)	197 SO – 208 NE – 209 NO – 209 NE – 208 SE – 209 SO – 220 NE – 221 NO	1845 – 1856	ZC seule	1/50000	PNC (stage)	2010	« Méthode simplifiée »	Bât, pré, forêt, vigne & autre
PNM	04 : Cassini (recalé) ; 06 : Cadaastre napoléonien (feuilles cadastrales) 1863-1876 + EM + Bourcet – D'Arçon + anonyme			Intégralité (communes françaises avant 1947) dont 55% par le cadastre		Digittech	2012		<u>Forêt seulement</u>
PNP	SCAN Etat-Major® au 1:40000 (IGN)	239 SE – 240 SO – 250 NE – 250 SE – 251 NO – 251 SO – 251 NE – 251 SE – 239 NE – 240 NO – 240 SE	1850 – 1853	Intégralité	1/30000 à 1/15000	UMR Dynator, INRA Toulouse	2012	Favre et al. 2011	Toutes
PNPC	Cadaastre napoléonien 1812-1856 (internet) ; EM 1861 (IGN) ; IGN 1896 ; Carte militaire 1929 (Fournier, internet)	248 SO	1861	Île de Porquerolles seule (ZC)		PNPC (stage)	2012	Calage des cartes puis numérisation	<u>Cultures seulement</u>
PNV	SCAN Etat-Major® au 1:40000 (IGN)	169 BNE – 169 TNO – 169 TSO – 169 BSE – 179 NE – 179 SE – 179 BNO – 179 BSO (sauf Mont-Cenis : Italie)	1855 – 1864	Intégralité sauf 3 cartes <u>absentes</u> et Mont-Cenis		PNV	2013 – 2014	Favre et al. 2012 (v. 11.6)	Forêt, vigne, étang-lac, village, pelouses et prairies pâturées, rochers-falaises- éboulis, rivières, marais, glacier & autres

	Traitement des structures	Ordre	1er géoréf.	Erreur quadratique moyenne 1	2ème géoréf.	Erreur quadratique moyenne 2	Nb. total de points de géoréf.	Vérification	Assemblage	Remarques
GIP FCB	Non prises en compte car forêt seulement	Géoréf de l'IGN utilisé puis vectorisation	9 points par carte, préalable, par l'IGN		Correction manuelle du GIP		12 * 9 = 108	Ajustement caoutchouté (points d'amer (routes, communes, éléments remarquables) EM<=>Scan25) et déplacement d'îlots	Regroupement + vérification topologique	Seuls 559 îlots modifiés sur 894
PNC	Pistes et routes non digitalisées	Géoréf de l'IGN utilisé puis vectorisation	9 points par carte, préalable, par l'IGN	100 m sur limites polygones environ ; polygones incertains repérés			8 * 9 = 72	Évaluation du décalage de données repères (EM<=>Scan25)		
PNM	Voies, chemins et tronçons de cours d'eau saisis		Par rapport à la BD Parcelaire							
PNP	Linéaires intégrés aux polygones	Vectorisation puis géoréf.	Transfo. affine ; principalement clochers (EM <=> Scan25) ; > 30pts d'amer / feuille	40 à 70 m	Étirement caoutchouté (tous paramètres en relation EM <=> Scan25)	20 à 30 m	223 (cartouche) + 233 (affine) + 8325 (élastique) = 8781	Avec tous autres documents, validation/correction polygones « douteux »	Jointure par étirement caoutchouté	
PNPC	NC									
PNV	Rivières (sauf Arc et Isère) et dessertes (linéaires) non vectorisées	Vectorisation puis géoréf.	Transfo. Affine (plupart des points d'amer du cartouche)		Correction élastique (points remarquables)		127 (affine) + 4252 (élastique) = 4379	Correction des polygones	Ajustement + travail sur les polygones en bordure	La 169 TSO couvre de la ZC

Annexe 2 : Typologie établie pour la BD Forêt V2.

CODE_TFV	NOM_TFV	TYPE	STRUCTURE	FORMATION	ESSENCE
FF0	Jeune peuplement ou coupe rase ou incident	Forêt	Forêt fermée	ND	ND
FF1-00	Feuillus purs en îlots	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Feuillus ND
FF1G01-01	Chênes décidus purs	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Chênes décidus
FF1G06-06	Chênes sempervirents purs	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Chênes sempervirents
FF1-09-09	Hêtre pur	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Hêtre
FF1-10-10	Châtaignier pur	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Châtaignier
FF1-14-14	Robinier pur	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Robinier
FF1-49-49	Autre feuillu pur	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Feuillus ND
FF1-00-00	Mélange de feuillus	Forêt	Forêt fermée	Feuillus	Feuillus ND
FP	Peupleraie	Autre	Peupleraie	Peupleraie	Peuplier
FF2-00	Conifères purs en îlots	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Conifères ND
FF2-51-51	Pin maritime pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Pin maritime
FF2-52-52	Pin sylvestre pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Pin sylvestre
FF2G53-53	Pin laricio ou pin noir pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Pin laricio ou pin noir
FF2-57-57	Pin d'Alep pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Pin d'Alep
FF2G58-58	Pin a crochets ou pin cembro pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Pin a crochets ou pin cembro
FF2-81-81	Autre pin pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Autre pin
FF2-80-80	Mélange de pins purs	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Mélange de pins
FF2G61-61	Sapin ou épicéa pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Sapin ou épicéa
FF2-63-63	Mélèze pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Mélèze
FF2-64-64	Douglas pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Douglas
FF2-91-91	Autre conifère pur	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Conifères ND
FF2-90-90	Mélange d'autres conifères	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Conifères ND
FF2-00-00	Mélange de conifères	Forêt	Forêt fermée	Conifères	Conifères ND
FF31	Mélange de feuillus prépondérants et conifères	Forêt	Forêt fermée	Mélange	Mixte
FF32	Mélange de conifères prépondérants et feuillus	Forêt	Forêt fermée	Mélange	Mixte
FO0	Forêt ouverte avec coupe rase ou incident	Forêt	Forêt ouverte	ND	ND
FO1	Forêt ouverte de feuillus purs	Forêt	Forêt ouverte	Feuillus	Feuillus ND
FO2	Forêt ouverte de conifères purs	Forêt	Forêt ouverte	Conifères	Conifères ND
FO3	Forêt ouverte a Mélange de feuillus et conifères	Forêt	Forêt ouverte	Mélange	Mixte
LA4	Lande ligneuse	Autre	Lande	Lande	NC
LA6	Formation herbacée	Autre	Lande	Formation herbacée	NC

NC : non concerné ND : non déterminé(e)(s)

Annexe 3 : Reclassement des codes spécifiques à PACA de la BD Forêt V2.

CODE_PACA	NOM_PACA	CODE_TFV
FF0-01	Reboisement	FF0
FF0-02	Coupe ou incident ou régénération naturelle	FF0
FF1-01-01	Forêt fermée d'autres chênes décidus	FF1G01-01
FF1-05-05	Forêt fermée de chêne pubescent	FF1G01-01
FF1-06-06	Forêt fermée de chêne vert	FF1G06-06
FF1-08-08	Forêt fermée de chêne-liège	FF1G06-06
FF1-29-29	Forêt fermée de mimosa	FF1-49-49
FF1A06-06	Forêt fermée d'autres chênes sempervirents purs ou mélanges	FF1G06-06
FF2-55-55	Forêt fermée de pin pignon	FF2-81-81
FF2-65-65	Forêt fermée de cèdre	FF2-91-91
FF31-00	Forêt fermée a mélange de feuillus prépondérants et conifères en îlots (essence non discriminée)	FF31
FF31-00-00	Forêt fermée a mélange d'autres feuillus et conifères	FF31
FF31-06-00	Forêt fermée a mélange de chêne vert et conifères	FF31
FF32-00	Forêt fermée a mélange de conifères prépondérants et feuillus en îlots (essence non discriminée)	FF32
FF32-51-00	Forêt fermée a mélange de pin maritime et feuillus	FF32
FF32-57-00	Forêt fermée a mélange de pin d'Alep et feuillus	FF32
FF32-65-00	Forêt fermée a mélange de cèdre et de feuillus	FF32
FF32-80-00	Forêt fermée a mélange d'autres pins et feuillus	FF32
FF32-90-00	Forêt fermée a mélange d'autres conifères et feuillus	FF32
FO1-00	Forêt ouverte de feuillus purs en îlots (essence non discriminée)	FO1
FO1-00-00	Forêt ouverte d'autres feuillus	FO1
FO1-06-06	Forêt ouverte de chêne vert	FO1
FO1-08-08	Forêt ouverte de chêne-liège	FO1
FO1G01-01	Forêt ouverte de chênes décidus	FO1
FO2-00	Forêt ouverte de conifères purs en îlots (essence non discriminée)	FO2
FO2-51-51	Forêt ouverte de pin maritime	FO2
FO2-57-57	Forêt ouverte de pin d'Alep	FO2
FO2-63-63	Forêt ouverte de mélèze	FO2
FO2-80-80	Forêt ouverte de pins mélanges ou autres pins purs	FO2
FO2-90-90	Forêt ouverte d'autres conifères mélanges ou purs	FO2
FO3-00	Forêt ouverte a mélange de feuillus et conifères en îlots (essence non discriminée)	FO3
FO31-00-00	Forêt ouverte a mélange d'autres feuillus et conifères	FO3
FO31-06-00	Forêt ouverte a mélange de chêne vert et conifères	FO3
FO31-08-00	Forêt ouverte a mélange de chêne-liège et conifères	FO3
FO32-51-00	Forêt ouverte a mélange de pin maritime et feuillus	FO3
FO32-57-00	Forêt ouverte a mélange de pin d'Alep et feuillus	FO3
FO32-63-00	Forêt ouverte a mélange de mélèze et feuillus	FO3
FO32-80-00	Forêt ouverte a mélange d'autres pins et feuillus	FO3
FO32-90-00	Forêt ouverte a mélange d'autres conifères et feuillus	FO3
LA4-41	Lande marécageuse	LA4
LA4-42	Lande	LA4
LA4-45	Lande	LA4
LA4-46	Délaisse de cultures	LA4
LA4-48	Lande	LA4
LA4-49	Lande	LA4
LA6-62	Formation pastorale	LA6
LA6-68	Formation pastorale	LA6
LA6-69	Formation pastorale	LA6

Annexe 4 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du PNC.

CODE	NOM_TF	CODE_TF	TYPE	STRUCTURE	FORMATION	ESSENCE
00	AUTRE	00	Autre	NC	NC	NC
44	GRANDE LANDE ATLANTIQUE OU MONTAGNARDE	40	Autre	Lande	Lande	NC
46	INCULTE OU FRICHE	40	Autre	Lande	Lande	NC
49	GARRIGUE OU MAQUIS NON BOISE	40	Autre	Lande	Lande	NC
50	PEUPLERAIE	50	Autre	Peupleraie	Peupleraie	Peuplier
64	GRANDE FORMATION PASTORALE	60	Autre	Formation herbacée	Formation herbacée	NC
69	PELOUSE PASTORALE DES GARRIGUES	60	Autre	Formation herbacée	Formation herbacée	NC
AA	FUTAIE DE CHENE A FEUILLES CADUQUES	AA	Forêt	Futaie	Feuillus	Chênes décidus
AE	FUTAIE ADULTE DE CHATAIGNIER	AE	Forêt	Futaie	Feuillus	Châtaignier
AF	FUTAIE ADULTE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	AF	Forêt	Futaie	Feuillus	Feuillus ND
AFJ	FUTAIE JEUNE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	AF	Forêt	Futaie	Feuillus	Feuillus ND
AH	FUTAIE DE HETRE	AH	Forêt	Futaie	Feuillus	Hêtre
CM	FUTAIE ADULTE DE PIN MARITIME	CM	Forêt	Futaie	Conifères	Pin maritime
CMJ	FUTAIE JEUNE DE PIN MARITIME	CM	Forêt	Futaie	Conifères	Pin maritime
CN	FUTAIE ADULTE DE PIN NOIR	CN	Forêt	Futaie	Conifères	Pin noir
CNJ	FUTAIE JEUNE DE PIN NOIR	CN	Forêt	Futaie	Conifères	Pin noir
CP	FUTAIE ADULTE DE PINS INDIFFERENCIES	CP	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CPJ	FUTAIE JEUNE DE PINS INDIFFERENCIES	CP	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CR	FUTAIE ADULTE DE CONIFERES INDIFFERENCIES	CR	Forêt	Futaie	Conifères	Conifères ND
CRJ	FUTAIE JEUNE DE CONIFERES INDIFFERENCIES	CR	Forêt	Futaie	Conifères	Conifères ND
CS	FUTAIE ADULTE DE PIN SYLVESTRE	CS	Forêt	Futaie	Conifères	Pin sylvestre
CSJ	FUTAIE JEUNE DE PIN SYLVESTRE	CS	Forêt	Futaie	Conifères	Pin sylvestre
CT	FUTAIE ADULTE DE PIN A CROCHETS	CT	Forêt	Futaie	Conifères	Pin a crochets
CTJ	FUTAIE JEUNE DE PIN A CROCHETS	CT	Forêt	Futaie	Conifères	Pin a crochets
CU	FUTAIE ADULTE DE SAPIN PECTINE	CU	Forêt	Futaie	Conifères	Sapin
CUJ	FUTAIE JEUNE DE SAPIN PECTINE	CU	Forêt	Futaie	Conifères	Sapin
CV	FUTAIE ADULTE D'EPICEA COMMUN	CV	Forêt	Futaie	Conifères	Épicéa
CVJ	FUTAIE JEUNE D'EPICEA COMMUN	CV	Forêt	Futaie	Conifères	Épicéa
CW	FUTAIE ADULTE DE SAPIN PECTINE ET D'EPICEA COMMUN	CW	Forêt	Futaie	Conifères	Sapin et épicéa
CWJ	FUTAIE JEUNE DE SAPIN PECTINE ET D'EPICEA COMMUN	CW	Forêt	Futaie	Conifères	Sapin et épicéa

CODE	NOM_TF	CODE_TF	TYPE	STRUCTURE	FORMATION	ESSENCE
CX	FUTAIE ADULTE DE CEDRE	CX	Forêt	Futaie	Conifères	Cèdre
CXJ	FUTAIE JEUNE DE CEDRE	CX	Forêt	Futaie	Conifères	Cèdre
CY	FUTAIE ADULTE DE DOUGLAS	CY	Forêt	Futaie	Conifères	Douglas
CYJ	FUTAIE JEUNE DE DOUGLAS	CY	Forêt	Futaie	Conifères	Douglas
FR1	FUTAIE MIXTE DE FEUILLUS ET CONIFERES INDIFF. (FEUIL. MAJ.)	FR	Forêt	Futaie	Mélange	Mixte
FR2	FUTAIE MIXTE DE FEUILLUS ET CONIFERES INDIFF. (CONIF. MAJ.)	FR	Forêt	Futaie	Mélange	Mixte
FU1	FUTAIE MIXTE DE HETRE ET SAPIN PECTINE (FEUIL. MAJORITAIRES)	FU	Forêt	Futaie	Mélange	Hêtre et sapin
FU2	FUTAIE MIXTE DE HETRE ET SAPIN PECTINE (CONIF. MAJORITAIRES)	FU	Forêt	Futaie	Mélange	Hêtre et sapin
HF	MELANGE DE FUTAIE DE FEUILLUS ET TAILLIS	HF	Forêt	Mixte	Feuillus	Feuillus ND
MM1	MELANGE DE FUTAIE DE PIN MARITIME ET TAILLIS (FEUILLUS MAJ.)	MM1	Forêt	Mixte	Mélange	Pin maritime et feuillus
MM2	MELANGE DE FUTAIE DE PIN MARITIME ET TAILLIS (PIN MARITIME M)	MM2	Forêt	Mixte	Mélange	Pin maritime et feuillus
MR1	MELANGE DE FUTAIE DE CONIFERES ET TAILLIS (FEUILLUS MAJ.)	MR1	Forêt	Mixte	Mélange	Mixte
MR2	MELANGE DE FUTAIE DE CONIFERES ET TAILLIS (CONIFERES MAJ.)	MR2	Forêt	Mixte	Mélange	Mixte
QB	TAILLIS DE CHENES DECIDUS	QB	Forêt	Taillis	Feuillus	Chênes décidus
QD	TAILLIS DE CHENE VERT	QD	Forêt	Taillis	Feuillus	Chêne vert
QE	TAILLIS DE CHATAIGNIER	QE	Forêt	Taillis	Feuillus	Châtaignier
QF	TAILLIS DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	QF	Forêt	Taillis	Feuillus	Feuillus ND
QH	TAILLIS DE HETRE	QH	Forêt	Taillis	Feuillus	Hêtre
WF	BOISEMENT LACHE MONTAGNARD DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	WF	Forêt	Boisement lâche	Feuillus	Feuillus ND
WR	BOISEMENT LACHE MONTAGNARD DE CONIFERES INDIFFERENCIES	WR	Forêt	Boisement lâche	Conifères	Conifères ND
ZB	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE CHENE PUBESCENT	ZB	Forêt	Boisement lâche	Feuillus	Chêne pubescent
ZD	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE CHENE VERT	ZD	Forêt	Boisement lâche	Feuillus	Chêne vert
ZE	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE CHATAIGNIER	ZE	Forêt	Boisement lâche	Feuillus	Châtaignier
ZF	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	ZF	Forêt	Boisement lâche	Feuillus	Feuillus ND
ZR	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE CONIFERES INDIFFERENCIES	ZR	Forêt	Boisement lâche	Conifères	Conifères ND

Annexe 5 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du GIP.

CODE	CODE_TF	NOM_TF	TYPE	STRUCTURE	FORMATION	ESSENCE
00	00	AUTRE	Autre	NC	NC	NC
10	10	ESPACE VERT URBAIN	Autre	NC	NC	NC
11	11	BOISEMENT A VOCATION NON PRODUCTIVE	Forêt	Autre boisement	ND	ND
40	40	LANDE	Autre	Lande	Lande	NC
41	40	LANDE	Autre	Lande	Lande	NC
46	40	LANDE	Autre	Lande	Lande	NC
50	50	PEUPLERAIE DE PRODUCTION	Autre	Peupleraie	Peupleraie	Peuplier
P5	50	PEUPLERAIE DE PRODUCTION	Autre	Peupleraie	Peupleraie	Peuplier
AA	AA	FUTAIE DE CHENES	Forêt	Futaie	Feuillus	Chênes décidus
AAJ	AA	FUTAIE DE CHENES	Forêt	Futaie	Feuillus	Chênes décidus
AF	AF	FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Feuillus	Feuillus ND
AFJ	AF	FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Feuillus	Feuillus ND
AI	AF	FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Feuillus	Feuillus ND
AH	AH	FUTAIE DE HETRE	Forêt	Futaie	Feuillus	Hêtre
AHJ	AH	FUTAIE DE HETRE	Forêt	Futaie	Feuillus	Hêtre
BF	BF	AUTRE FORET FERMEE (Feuillus)	Forêt	Autre boisement	Feuillus	Feuillus ND
CN	CP	FUTAIE DE PINS	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CNJ	CP	FUTAIE DE PINS	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CP	CP	FUTAIE DE PINS	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CS	CP	FUTAIE DE PINS	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CSJ	CP	FUTAIE DE PINS	Forêt	Futaie	Conifères	Mélange de pins
CR	CR	FUTAIE DE CONIFERES INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Conifères	Conifères ND
CRJ	CR	FUTAIE DE CONIFERES INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Conifères	Conifères ND
CZ	CR	FUTAIE DE CONIFERES INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Conifères	Conifères ND
CU	CU	FUTAIE DE SAPIN	Forêt	Futaie	Conifères	Sapin
CUJ	CU	FUTAIE DE SAPIN	Forêt	Futaie	Conifères	Sapin
CV	CV	FUTAIE D'EPICEAS	Forêt	Futaie	Conifères	Épicéa
CVI	CV	FUTAIE D'EPICEAS	Forêt	Futaie	Conifères	Épicéa
CVJ	CV	FUTAIE D'EPICEAS	Forêt	Futaie	Conifères	Épicéa
CW	CV	FUTAIE D'EPICEAS	Forêt	Futaie	Conifères	Épicéa
CY	CY	FUTAIE DE DOUGLAS	Forêt	Futaie	Conifères	Douglas
CYI	CY	FUTAIE DE DOUGLAS	Forêt	Futaie	Conifères	Douglas
CYJ	CY	FUTAIE DE DOUGLAS	Forêt	Futaie	Conifères	Douglas

CODE	CODE_TF	NOM_TF	TYPE	STRUCTURE	FORMATION	ESSENCE
DR	DR	AUTRE FORET FERMEE (Conifères)	Forêt	Autre boisement	Conifères	Conifères ND
FF	FF	FUTAIE MIXTE DE FEUILLUS ET CONIFERES	Forêt	Futaie	Mélange	Mixte
FR	FR	FUTAIE MIXTE DE CONIFERES ET FEUILLUS	Forêt	Futaie	Mélange	Mixte
FRJ	FR	FUTAIE MIXTE DE CONIFERES ET FEUILLUS	Forêt	Futaie	Mélange	Mixte
HA	HA	MELANGE RICHE DE FUTAIE DE CHENES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Chênes décidus
HAC	HA	MELANGE RICHE DE FUTAIE DE CHENES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Chênes décidus
HAX	HA	MELANGE RICHE DE FUTAIE DE CHENES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Chênes décidus
HAY	HA	MELANGE RICHE DE FUTAIE DE CHENES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Chênes décidus
HAZ	HA	MELANGE RICHE DE FUTAIE DE CHENES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Chênes décidus
		MELANGE RICHE DE FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENC.	Forêt	Mixte	Feuillus	Feuillus ND
HF	HF	ET TAILLIS				
		MELANGE RICHE DE FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENC.	Forêt	Mixte	Feuillus	Feuillus ND
HFB	HF	ET TAILLIS				
		MELANGE RICHE DE FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENC.	Forêt	Mixte	Feuillus	Feuillus ND
HFC	HF	ET TAILLIS				
		MELANGE RICHE DE FUTAIE DE HETRE ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Hêtre
HH	HH	MELANGE RICHE DE FUTAIE DE HETRE ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Hêtre
HHC	HH	MELANGE DE FUTAIE DE FEUILLUS ET TAILLIS DE FOND DE VALLEE	Forêt	Mixte	Feuillus	Feuillus ND
IF	IF					
		MELANGE PAUVRE DE FUTAIE DE FEUILLUS ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Feuillus	Feuillus ND
L	L					
		MELANGE DE FUTAIE DE CONIFERES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Mélange	Mixte
MR	MR					
		TAILLIS OU FUTAIE DE FEUILLUS BASSE AGEE	Forêt	Taillis	Feuillus	Feuillus ND
Q	Q					
		TAILLIS OU FUTAIE DE FEUILLUS BASSE AGEE	Forêt	Taillis	Feuillus	Feuillus ND
QA	Q					
		TAILLIS OU FUTAIE DE FEUILLUS BASSE AGEE	Forêt	Taillis	Feuillus	Feuillus ND
QF	Q					
		BOISEMENT MORCELE DE FEUILLUS	Forêt	Autre boisement	Feuillus	Feuillus ND
SF	SF					
		BOISEMENT MORCELE DE CONIFERES	Forêt	Autre boisement	Conifères	Conifères ND
SR	SR					
		BOISEMENT DE FOND DE VALLEE	Forêt	Autre boisement	ND	ND
TF	TF					
W	W	BOISEMENT LACHE	Forêt	Boisement lâche	ND	ND
WF	W	BOISEMENT LACHE	Forêt	Boisement lâche	ND	ND
WR	W	BOISEMENT LACHE	Forêt	Boisement lâche	ND	ND

Annexe 6 : Typologie établie pour la BD Forêt V1 sur le territoire du PNPC.

CODE	CODE_TF	NOM_TF	TYPE	STRUCTURE	FORMATION	ESSENCE
00	00	AUTRE	Autre	NC	NC	NC
46	40	LANDE	Autre	Lande	Lande	NC
49	40	LANDE	Autre	Lande	Lande	NC
AF9	AF	FUTAIE DE FEUILLUS INDIFFERENCIES	Forêt	Futaie	Feuillus	Feuillus non déterminés
CL9	CL	FUTAIE DE PIN D'ALEP	Forêt	Futaie	Conifères	Pin d'Alep
MR9	MR	MELANGE DE FUTAIE DE CONIFERES ET TAILLIS	Forêt	Mixte	Mélange	Mixte
QD9	QD	TAILLIS DE CHENE VERT	Forêt	Taillis	Feuillus	Chêne vert
ZD9	ZD	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE CHENE VERT	Forêt	Boisement lâche	Feuillus	Chêne vert
ZM9	ZM	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE PIN MARITIME	Forêt	Boisement lâche	Conifères	Pin maritime
ZP9	ZP	GARRIGUE OU MAQUIS BOISE DE PINS	Forêt	Boisement lâche	Conifères	Mélange de pins

Annexe 7 : Résultats de la comparaison entre V1 et V2.

Comparaison des analyses liées aux forêts anciennes réalisées par le croisement des données de la carte d'État-major avec les V1 et V2 de la BD Forêt

Cas du Parc national de la Vanoise (PNV)

Introduction

L'étude des forêts anciennes peut amener à travailler à différentes échelle, du massifs forestier ou territoire ciblé, à la comparaison de zones beaucoup plus vastes. Dans ce cadre, il peut s'avérer difficile d'obtenir des données forestières actuelles homogènes entre les espaces concernés, et notamment du fait de l'actualisation en cours de la base de données décrivant les espaces forestier français (BD Forêt® de l'IGN). Celle-ci comporte deux versions :

- BD Forêt® version 1 (V1) constituée entre 1986 et 2006 (les dernières orthophotos utilisées remontent à 2004). Cette version est disponible pour l'intégralité du territoire métropolitain.
- BD Forêt® version 2 (V2) proposée depuis 2007 pour certains départements, à mesure de l'avancée de sa réalisation.

Dans le cas des parcs nationaux métropolitains, une comparaison à large échelle a été menée, et concerne six territoires : périmètre du futur parc national des forêts de plaine en Champagne-Bourgogne (version la plus récente disponible : V1 ; années de référence des photos aériennes pour cette version : 1993 et 2000), parc national des Cévennes (V1 ; 2000), du Mercantour (V2 ; 2004 et 2009), des Pyrénées (V2 ; 2006 et 2008), de Port-Cros (V1 ; 1995), et de la Vanoise (V2 ; 2006). Ce dernier a été choisi pour mener une analyse comparative des résultats obtenus avec les deux versions, en utilisant donc également la V1 (orthophotos de 1995).

L'étude des forêts anciennes nécessite une donnée ancienne d'occupation du sol ; c'est la carte de l'État-major qui a été utilisée et elle est identique dans les deux cas (excepté le traitement des continuités forestières *cf. rapport*). Celle-ci ne couvre cependant pas l'intégralité du territoire du PNV. La zone d'étude considérée représente alors 155 000 ha.

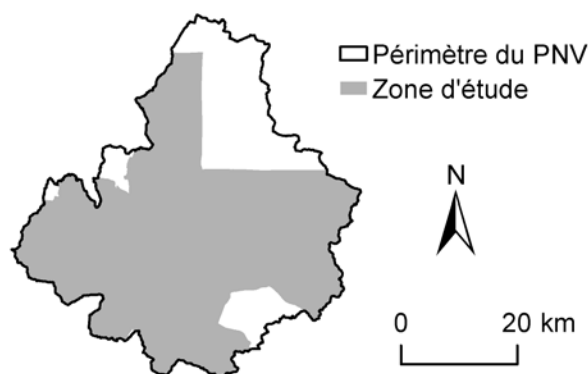


Figure 33 : Zone d'étude pour la comparaison sur le PNV

Finalement, cette étude ne cherchera pas à décrire ou expliquer spécifiquement les résultats présentés, mais à les comparer entre les deux versions. L'objectif est ainsi d'identifier les comparaisons possibles entre territoires pour lesquels les données forestières dont on dispose ne sont pas homogènes. Dans notre cas, onze ans séparent donc les sources de données des deux versions, et le mode de description des formations végétales a sensiblement évolué.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation du sol

Les changements d'occupation du sol observés entre les cartes anciennes et les données actuelles sont calculés et l'occupation passée des différents types forestiers actuels est décrite pour les deux versions dans le Tableau 13.

		Formation forestière actuelle (V1 – V2)		
		Feuillus	Conifères	Mélange
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	15% - 10%	52% - 50%	30% - 27%
	Cultures / pâtures	59% - 67%	31% - 32%	47% - 41%
	Fauche / pâture	15% - 17%	12% - 12%	21% - 18%
	Rochers / falaises	10% - 5%	5% - 5%	2% - 14%
	Autre	1% - 1%	0% - 0%	0% - 0%
	Total	100%	100%	100%

Tableau 13 : Caractérisation de l'occupation passée des espaces forestiers dans le PNV et comparaison entre V1 (à gauche) et V2 (à droite).

Les différences dues à la comparaison avec l'une ou l'autre des versions sont minimales. La plus visible concerne les zones de feuillus et de mélanges, pour lesquelles on constate quelques disparités. Celles-ci peuvent être inhérentes à la donnée ; si un réel changement de formation végétale entre les deux dates semble improbable, des interprétations différentes des orthophotos des deux versions sont possibles (précision et qualité des images, considération des pré-bois en limite de massifs, automatisation, ...) Une part des différences peut également être issue du regroupement manuel des types décrits, effectué pour chaque version (classes feuillus, conifères et mélange). Ce regroupement constitue une généralisation qui peut être approximative et la description différentes entre les deux versions peut conduire à des ambiguïtés pour certains types de formation végétale. Néanmoins, en comparant les zones pour lesquelles la formation végétale établie pour les deux versions diffèrent, il ne semble pas qu'un ou plusieurs types aient spécialement été « mal classés ».

Formation V1	Formation V2	Surface (ha)	Part
Autre	Conifères	2884	1,47%
Feuillus	Autre	2195	1,12%
Conifères	Autre	2120	1,08%
Feuillus	Conifères	985	0,50%
Autre	Feuillus	973	0,50%
Feuillus	Mélange	886	0,45%
Mélange	Conifères	834	0,43%
Conifères	Mélange	762	0,39%
Autre	Mélange	750	0,38%
Mélange	Feuillus	539	0,27%
Conifères	Feuillus	255	0,13%
Mélange	Autre	181	0,09%
Autre	Autre	1	0,00%
Total		13363	6,82%
Total surface inter V1-V2		196048	

Tableau 14 : Surface et part des zones du PNV pour lesquelles les formations identifiées en V1 et V2 diffèrent.

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

		Type au XIX ^e siècle		
		Forestier	Non forestier	Total
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle
		7,8%	10,3%	18,1%
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt
		1,5%	80,4%	81,9%
	Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	
		9,3%	90,7%	

Tableau 15 : Part des différents types d'évolution forestière (en surface) dans le PNV ; comparaison V1 (en bleu) et V2 (en noir).

Le Tableau 15 ci-dessus permet de comparer les évolutions forestières du PNV en travaillant avec les BD Forêt V1 et V2. Les résultats obtenus sont très proches à l'échelle considérée. Le traitement avec l'une ou l'autre des versions aboutit donc aux mêmes conclusions. La part de forêt ancienne au sein de la forêt actuelle est également stable : 43,1 % (V1) ou 42,1 % (V2). De manière générale, tous les résultats indirects alors issus de ces valeurs seront sensiblement proches ; par exemple la part de forêt présente au XIX^e siècle et qui a été conservée depuis est de 83,8 % avec la V1 pour 83,7 % avec la V2.

On remarque tout de même que la part de surface forestière calculée est plus forte avec la V2 qu'avec la V1, et notamment la part de forêt récente. Trois explications sont possibles, et peut-être complémentaires : les nouvelles colonisations et l'expansion forestière ayant eu lieu entre 1995 et 2006 (probablement assez limitées), l'effet de l'étape d'agrégation des polygones forestiers à 75 m dans le traitement préalable des données (Tableau 16), qui occasionne de plus grands changements sur la V2, ou encore la meilleure précision de la V2 qui décrit des entités de surface plus petite que la V1.

Type	Part corrigée agrégation		Part corrigée élimination		Part corrigée totale	
Forêt ancienne	0,55%	1,78%	0,19%	0,00%	0,74%	1,78%
Forêt récente	0,61%	3,76%	0,03%	0,00%	0,64%	3,76%
Déboisement	-2,35%	-7,95%	-0,71%	0,00%	-3,04%	-7,95%
Autre	-0,08%	-0,49%	-0,01%	0,00%	-0,09%	-0,49%

Tableau 16 : Part de la surface initiale ajoutée ou enlevée par les différentes étapes du traitement préalable des données (V1 en bleu, V2 en noir).

2. Comparaison des forêts anciennes et forêts récentes

Les comparaisons présentées par la suite portent sur les 28 000 ha de forêt identifiés avec la V1 et les 28 500 ha avec la V2. Au total, 24 600 ha sont communs, soit 88 % de la surface de forestière décrite en V1.

2.1. Composition en essences et types de peuplements

Le peu d'essences décrites dans la BD Forêt V1 pour le territoire du PNV ne permet pas de vérifier la cohérence entre les deux résultats sur cet aspect précis. Néanmoins, des regroupements en grands types de formations permettent d'observer des tendances similaires dans les deux cas. Les 20 400 ha de conifères (respectivement 21 500 ha), 5 800 ha de feuillus (respectivement 4 100 ha) et 1 600 ha de mélange (respectivement 2 300 ha) identifiés en V1 (respectivement V2) représentent alors en forêt ancienne et forêt récente :

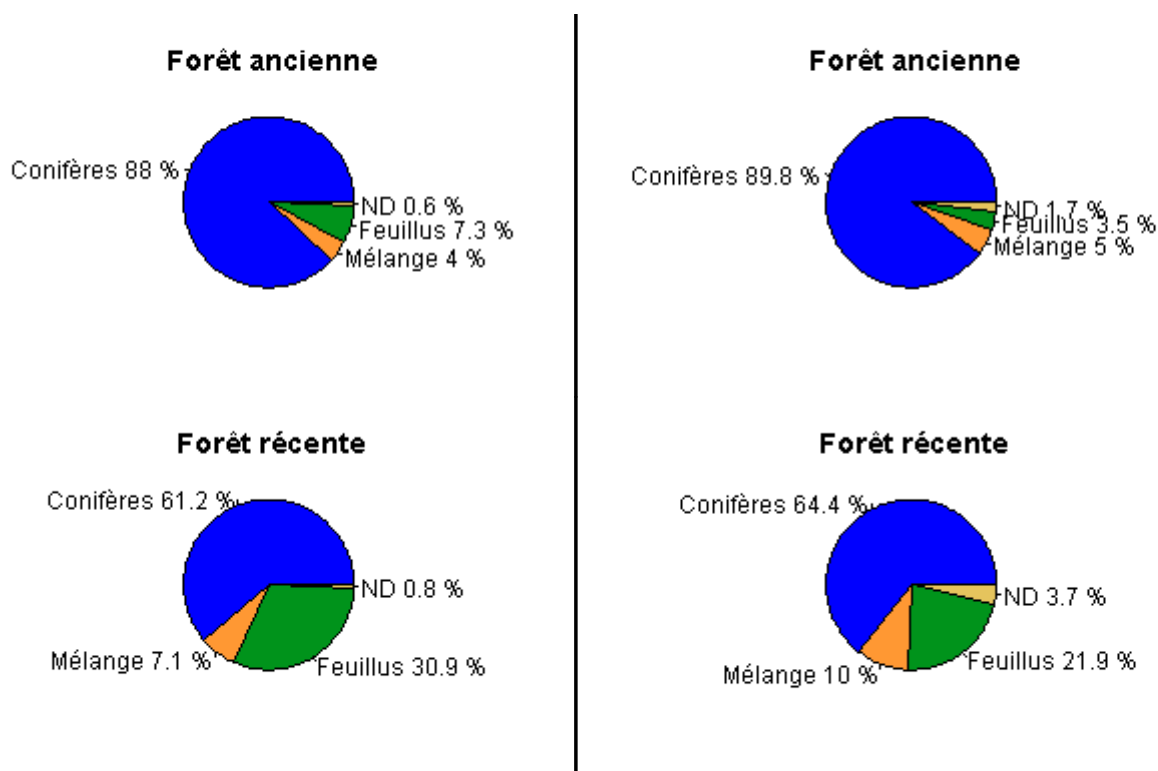


Figure 34 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) des types de peuplement en forêt ancienne et récente dans le PNV

Rappelons que ces regroupements ont été effectués sur la base des descriptifs des types de formations végétales simples ; s'ils permettent une analyse générale, certains reclassements peuvent rester ambigus et donc incertains. Les écarts un peu plus importants concernant les feuillus et les mélanges avaient déjà été mis en avant dans une première partie. Ils ne perturbent en rien l'analyse globale qui sera tirée de ces résultats dans les deux cas, à savoir que la forte prépondérance des formations de conifères en forêt ancienne est moins marquée en forêt récente, où les feuillus retrouvent une place significative tout en restant minoritaires sur la zone.

2.2. Propriété foncière

La question du type de propriété foncière amène également à comparer principalement les forêts anciennes et récentes du territoire. Les 600 ha de forêt domaniale (respectivement 600 ha), 14 000 ha de forêt communale (respectivement 14 100 ha) et 13 400 ha de forêt privée (respectivement 13 900 ha) identifiés en V1 (respectivement V2) représentent alors en forêt ancienne et forêt récente :

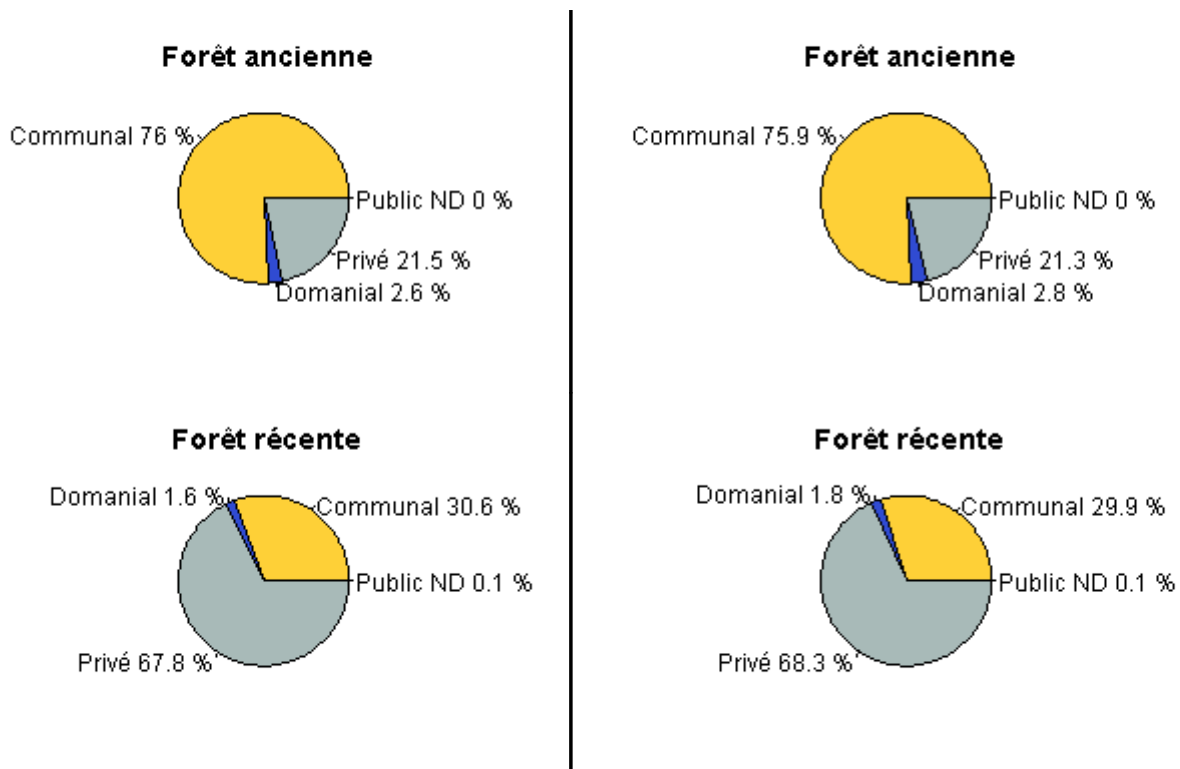


Figure 35 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) des types de propriété en forêt ancienne et récente dans le PNV

Aucune différence significative n'est observée entre les deux traitements : la plus grande partie des forêts anciennes est publique (les trois quarts des surfaces environ) contrairement aux forêts récentes, pour lesquelles la tendance s'inverse et le statut privé domine (pour les deux tiers des surfaces). Dans les deux cas, on trouve moins de 20 % de surface de forêt ancienne dans les forêts privées et autour de 65 % dans les forêts publiques.

2.3. Contexte topographique

La distribution des zones de forêts anciennes, récentes et des déboisements est étudiée selon différents paramètres environnementaux et notamment topographiques. Pour cela une grille de points régulièrement espacés de 100 m est utilisée. Sur une zone on obtient donc en moyenne un point par hectare. Le nombre de points hors évolution « Autre » est comparable entre la V1 (30 277 points) et la V2 (30 875 points), leur nombre pour chacun des trois types d'évolution forestière l'est donc également.

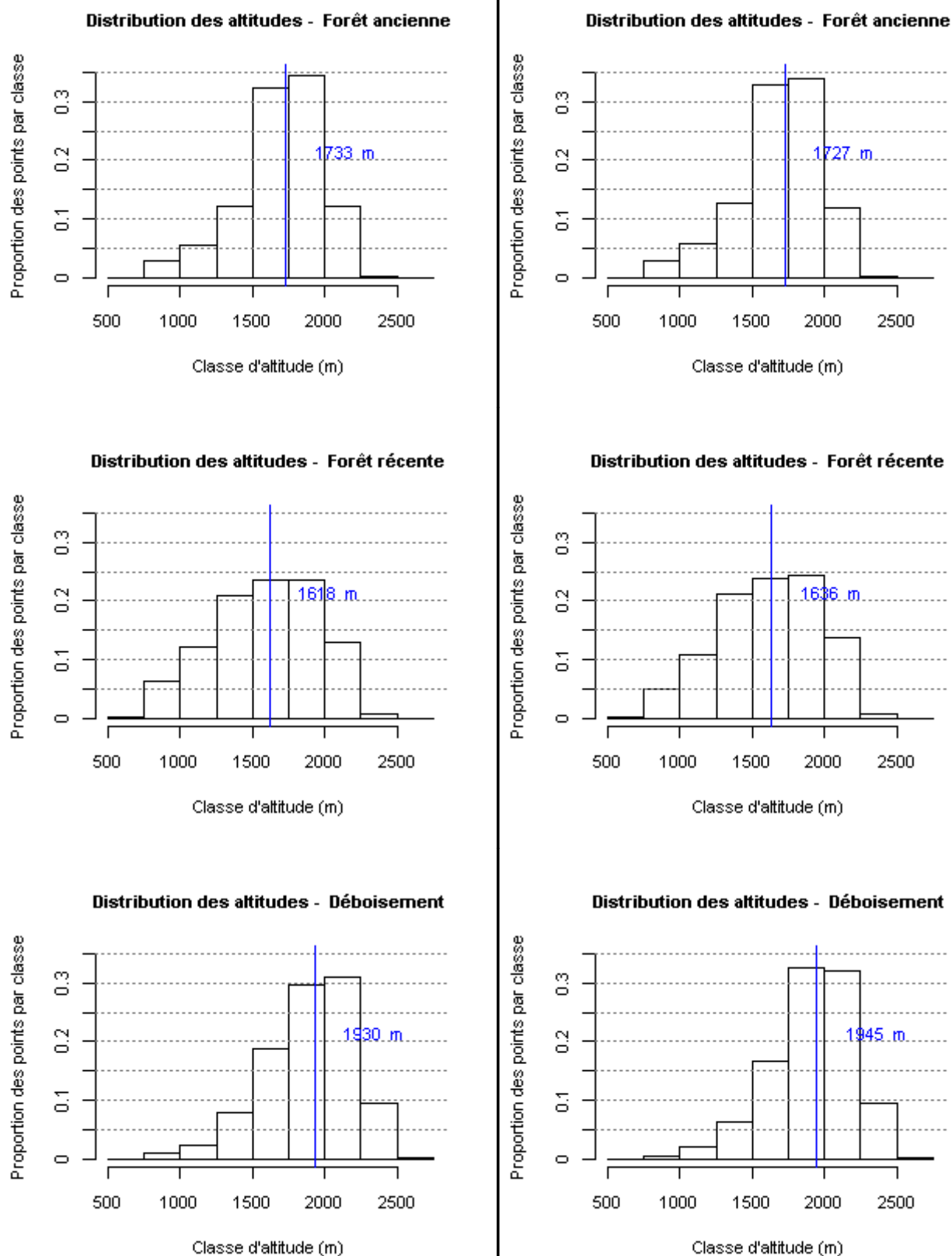


Figure 36 : Comparaison entre VI (gauche) et V2 (droite) de la distribution des classes d'altitudes dans le PNV.

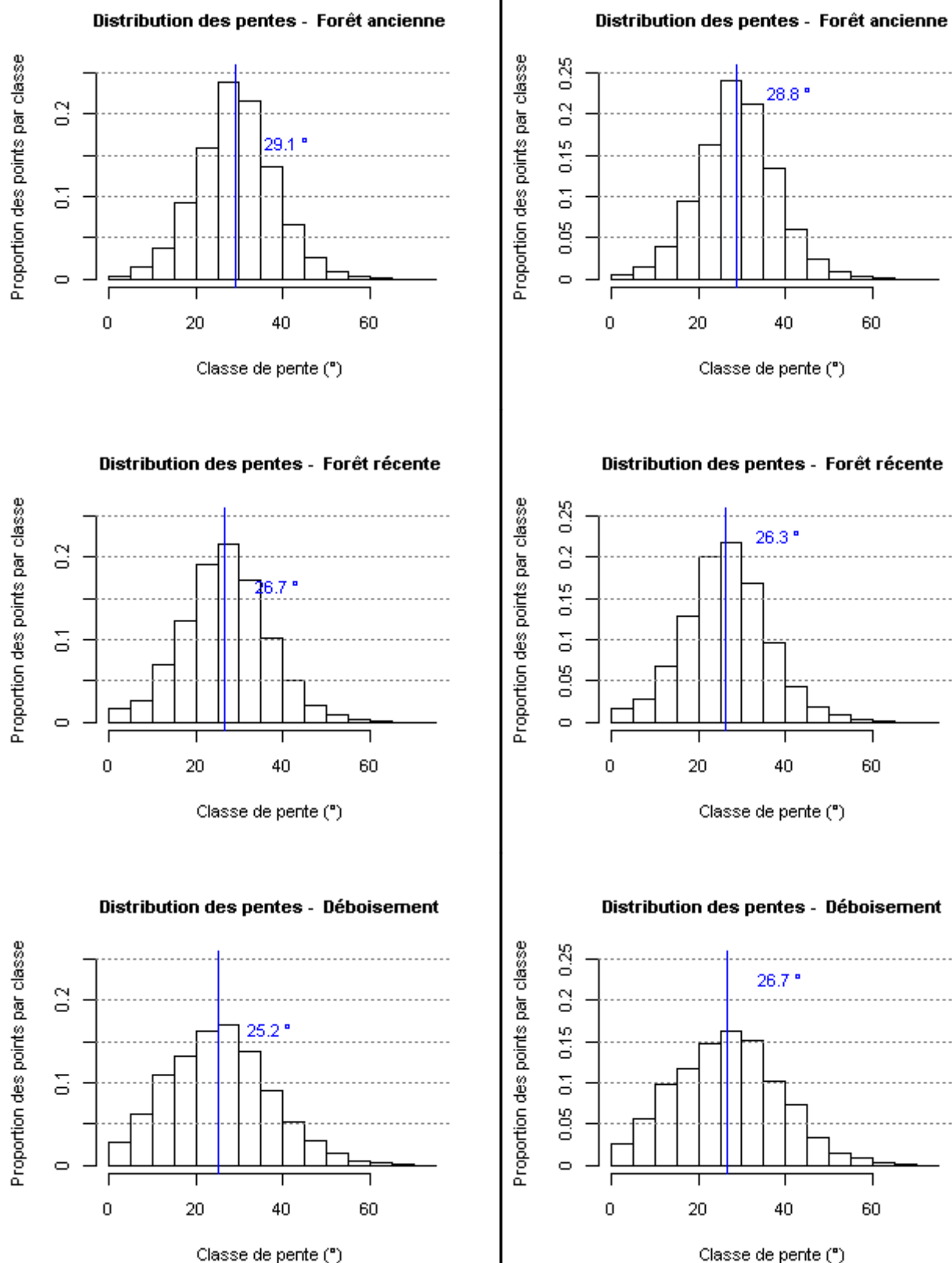


Figure 37 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des classes de pentes dans le PNV.

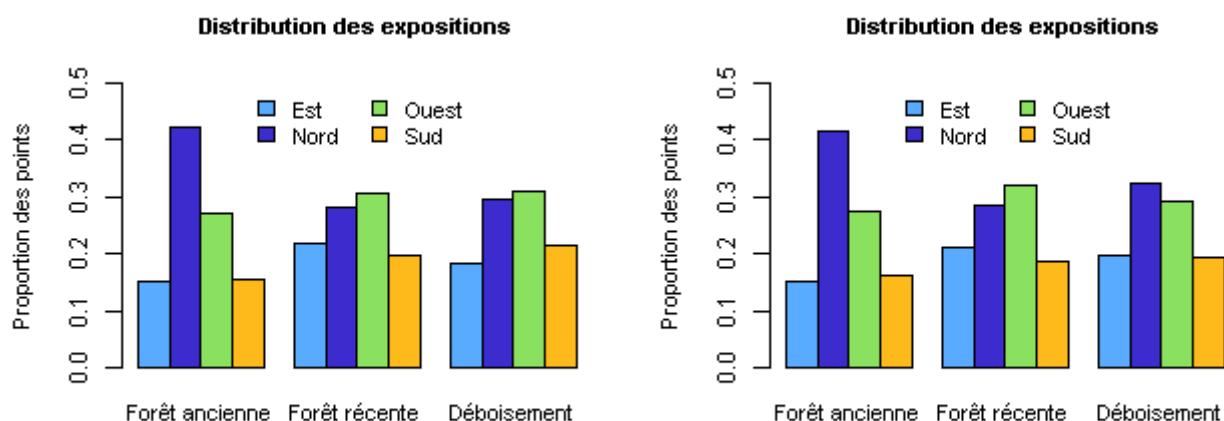


Figure 38 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des classes d'expositions dans le PNV.

Les résultats de ces différentes analyses concordent pour les deux versions : les forêts anciennes sont localisées à plus haute altitude, sur de plus fortes pentes, et globalement davantage en versant nord que les forêts récentes. Les déboisements sont situés à plus haute altitude encore, proche des limites altitudinales des forêts.

En conclusion, l'ensemble des analyses présentées dans cette parties peuvent, d'après notre exemple, être effectuées indifféremment avec les deux versions sans induire de changement significatif. Ce résultat serait néanmoins à tester et valider sur d'autres territoires et dans des contextes différents pour être totalement confirmé.

3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

3.1. Analyse de la tailles des polygones cartographiés

L'analyse de la taille des polygones est une analyse préalable à l'étude des massifs forestiers, qui porte sur l'ensemble des entités jointives identifiées en forêt ancienne, forêt récente ou déboisement, regroupées en polygones. Si elle ne permet pas de caractériser spécifiquement des structures, elle apporte tout de même des informations relatives à l'organisation et la précision des données utilisées. Sont ici considérés les 210 polygones de forêt ancienne (respectivement 357), 561 de forêt récente (respectivement 941) et 618 de déboisement (respectivement 1336) issus du croisement avec la V1 (respectivement V2). La distribution des surfaces est alors représentée sur une échelle logarithmique.

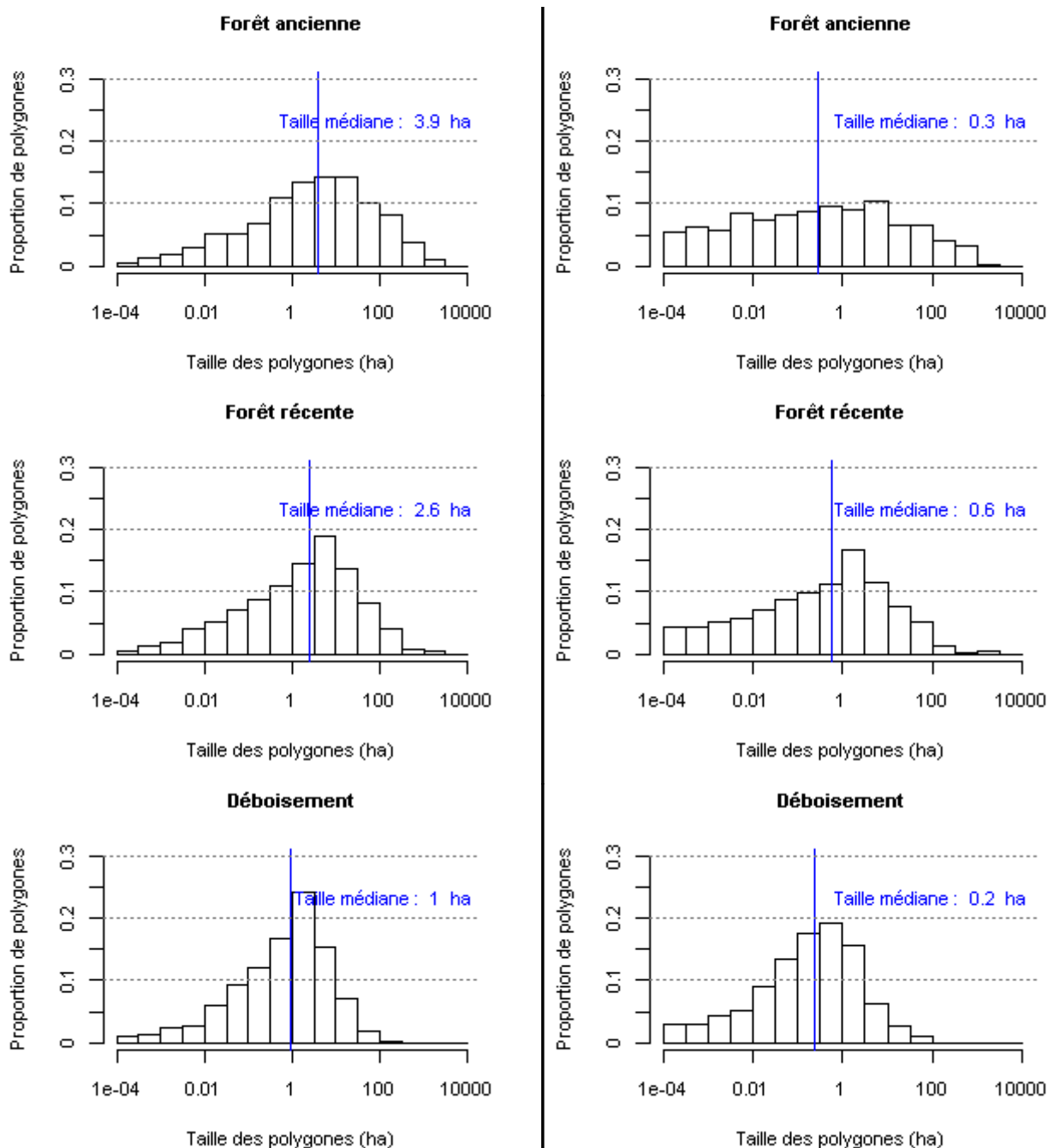


Figure 39 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des polygones des différentes classes dans le PNV.

La comparaison révèle dans ce cas une assez forte différence selon la version avec laquelle le travail est réalisé. On constate que les surfaces sont bien plus restreintes dans tous les cas avec la V2, ce qui s'explique par la différence d'échelle : les polygones forestiers font au moins 2,25 ha dans la V1 contre 0,5 ha minimum dans la V2, d'où l'aspect plus fragmenté des données dans ce cas.

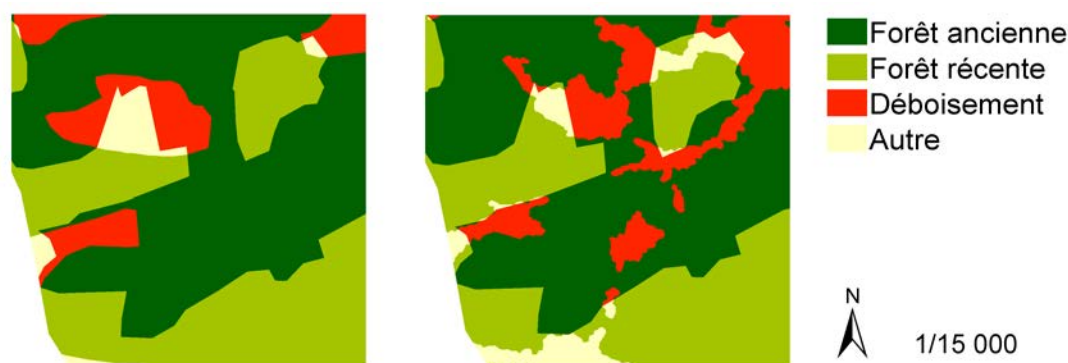
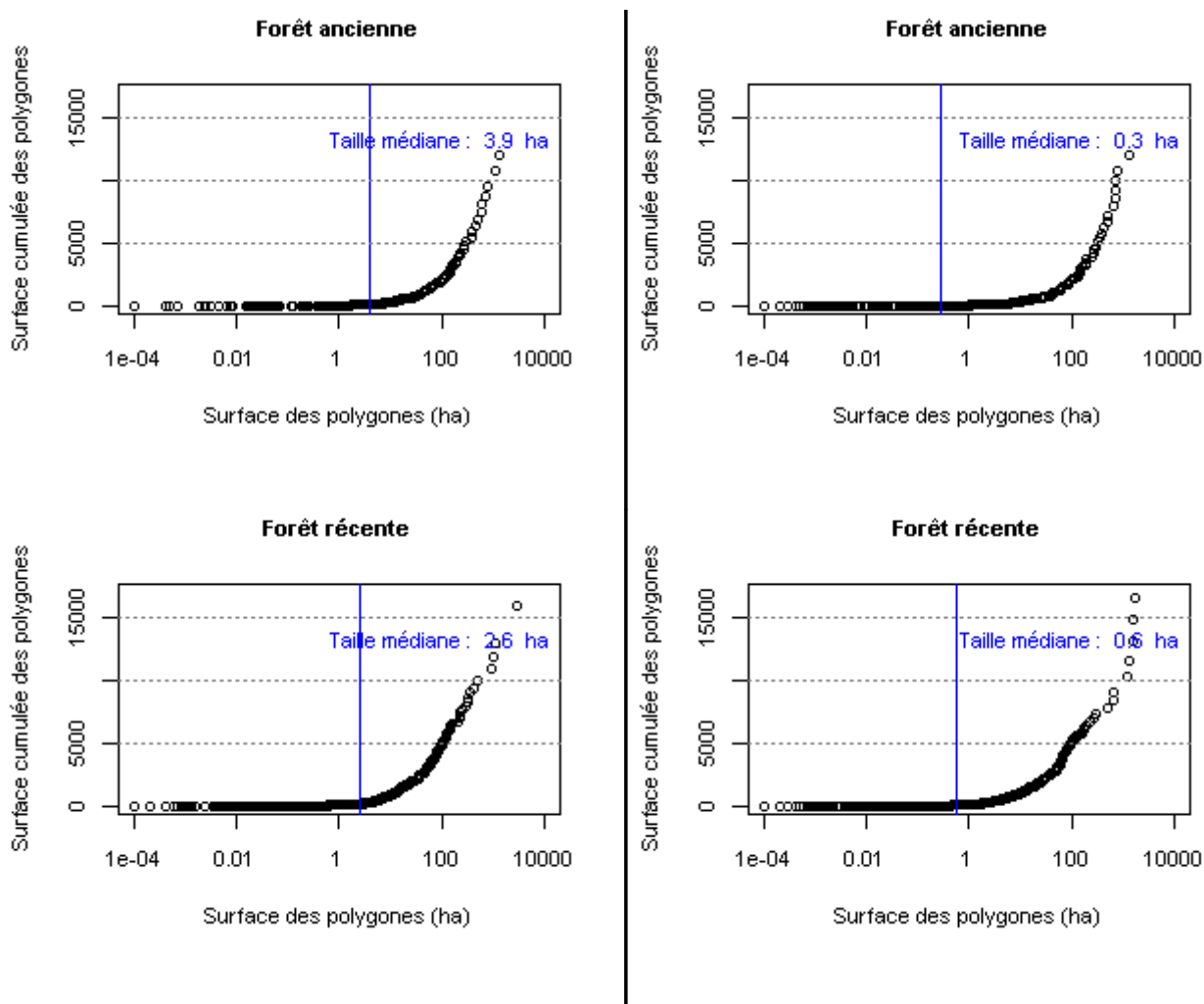


Figure 40 : Zoom sur un exemple de plus grande fragmentation pour un croisement avec la V2 (à droite) qu'avec la VI (gauche) dans le PNV.

La même analyse effectuée avec les surfaces cumulées permet néanmoins de relativiser ces différences. Si elles semblent dans un premier temps importantes, elles concernent essentiellement les petites entités, qui apportent très peu à la surface totale. Ainsi, les deux versions apporteront finalement des résultats globaux très proches.



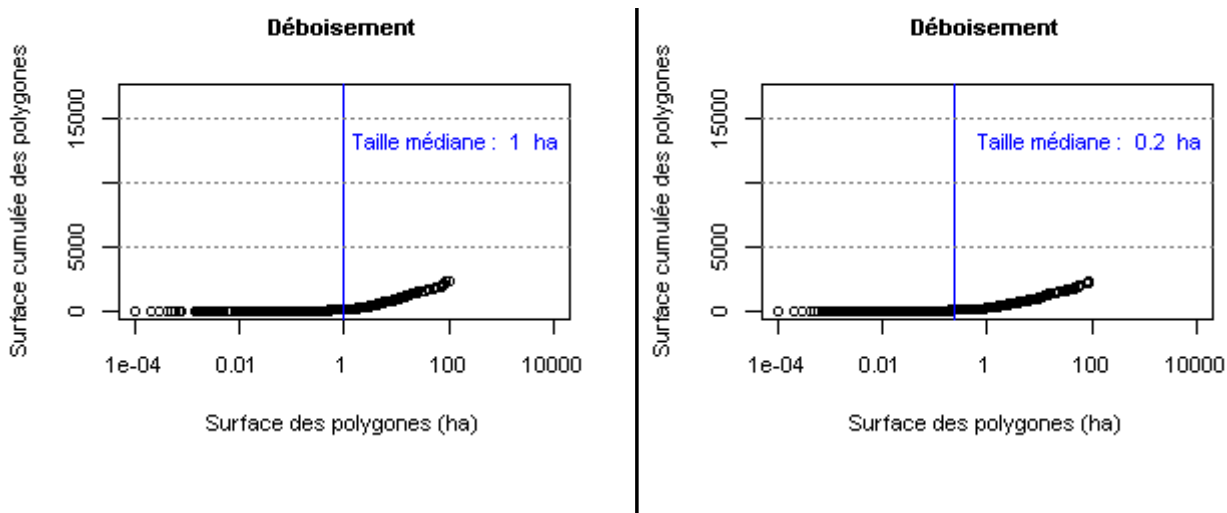


Figure 41 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces cumulées des polygones des différentes classes dans le PNV.

3.2. Analyse des forêts récentes agrégées et nucléées

Parmi les entités identifiées comme forêts récentes, celles accolées à un espace de forêt ancienne sont dites « agrégées », et les autres « nucléées ». La part des forêts récentes agrégées représente alors respectivement 93 % et 96 % de la surface de forêt récente selon que l'on travaille avec la V1 ou la V2 de la BD Forêt® en Vanoise. En terme de nombre de polygones concernés, les résultats sont encore plus proches (90 % et 89 %). La différence, faible, va à l'inverse de ce que pourraient impliquer les seuils d'identification des polygones forestiers de chaque version : la V2 n'excluant pas les petites entités entre 0,5 et 2,25 ha, fréquemment des forêts nucléées, on pourrait supposer une plus forte représentativité de ces dernières. À l'inverse durant la période écoulée entre les deux versions, des extensions ou densifications de pré-bois en lisière on pu agrandir la surface agrégée, et se retrouver en continuité avec d'anciens patchs nucléés. De manière générale, des erreurs ou différences de précision dans chacune des versions peuvent impliquer des traitements différents des forêts récentes, et il semble difficile de prévoir dans quel sens iront les différences concernant cet aspect.

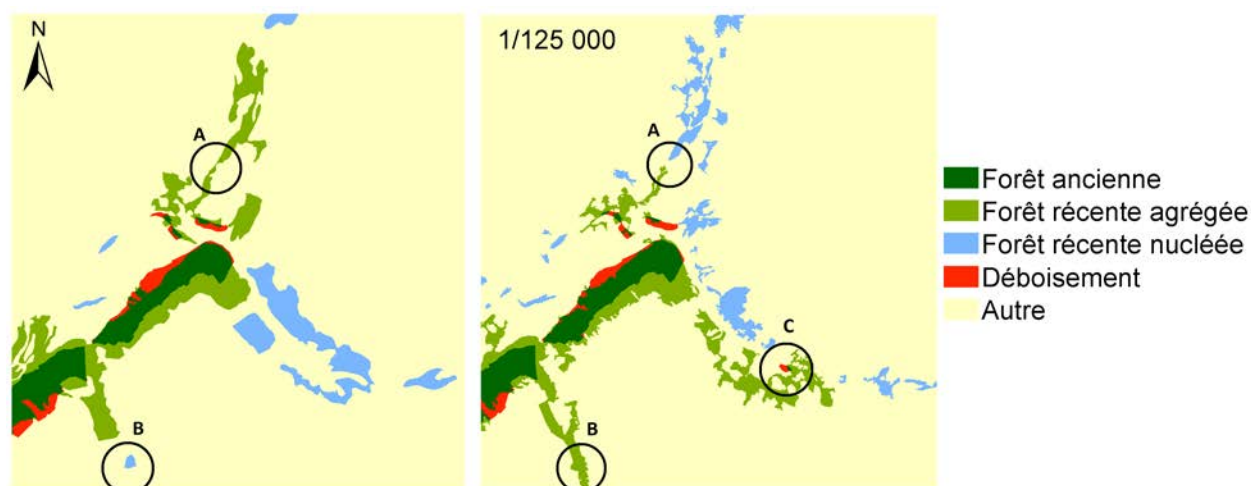


Figure 42 : Exemples de différences et évolutions entre V1 (à gauche) et V2 (à droite) sur le PNV. (A) discontinuité marquée en V2 ; (B) extension / densification probable identifiée en V2 ; (C) micro-polygone de forêt ancienne en V2.

L'étude vise dans un second temps à vérifier, dans une perspective d'analyse de la dispersion potentielle d'espèces, si les forêts récentes agrégées sont effectivement plus proches de noyaux forestiers anciens que les forêts nucléées. Sont concernées 502 entités de forêt récente agrégée et 59 de forêt nucléée en V1, contre 875 entités agrégées et 101 nucléées en V2.

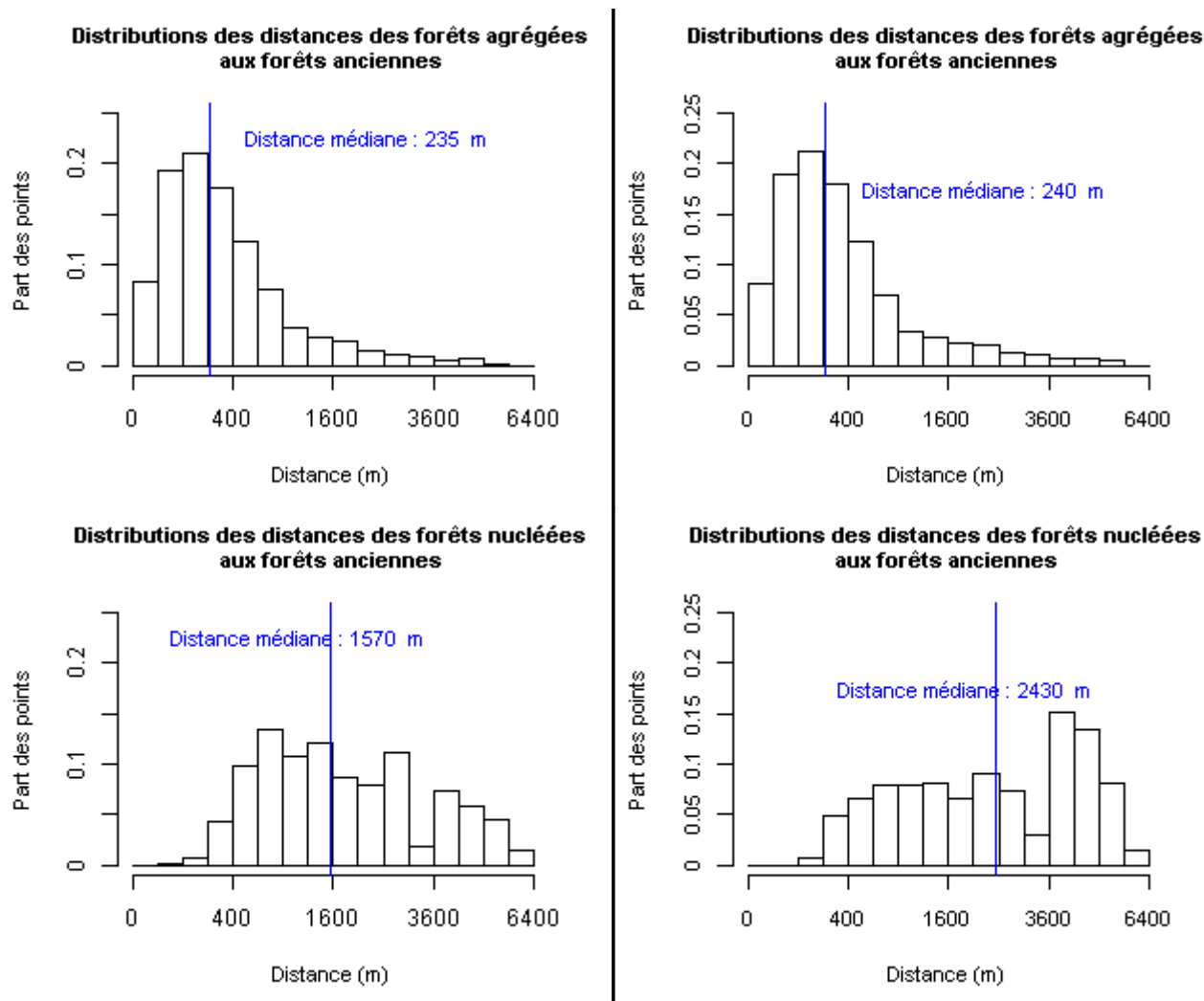


Figure 43 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distance des forêts récentes agrégées et nucléées aux noyaux anciens, dans le PNV.

Si dans le cas des forêts agrégées les distributions et valeurs médianes calculées sont similaires, les forêts récentes nucléées sont beaucoup plus éloignées des noyaux anciens avec la V2. Cette différence provient probablement de la plus grande part de petites entités nucléées obtenues par ce croisement. L'analyse montre tout de même le résultat attendu dans les deux cas, c'est-à-dire une distance nettement plus grande pour les forêts récentes nucléées.

Afin de préciser l'analyse, on peut comparer la distribution des surfaces des deux types de forêt récente pour les deux versions.

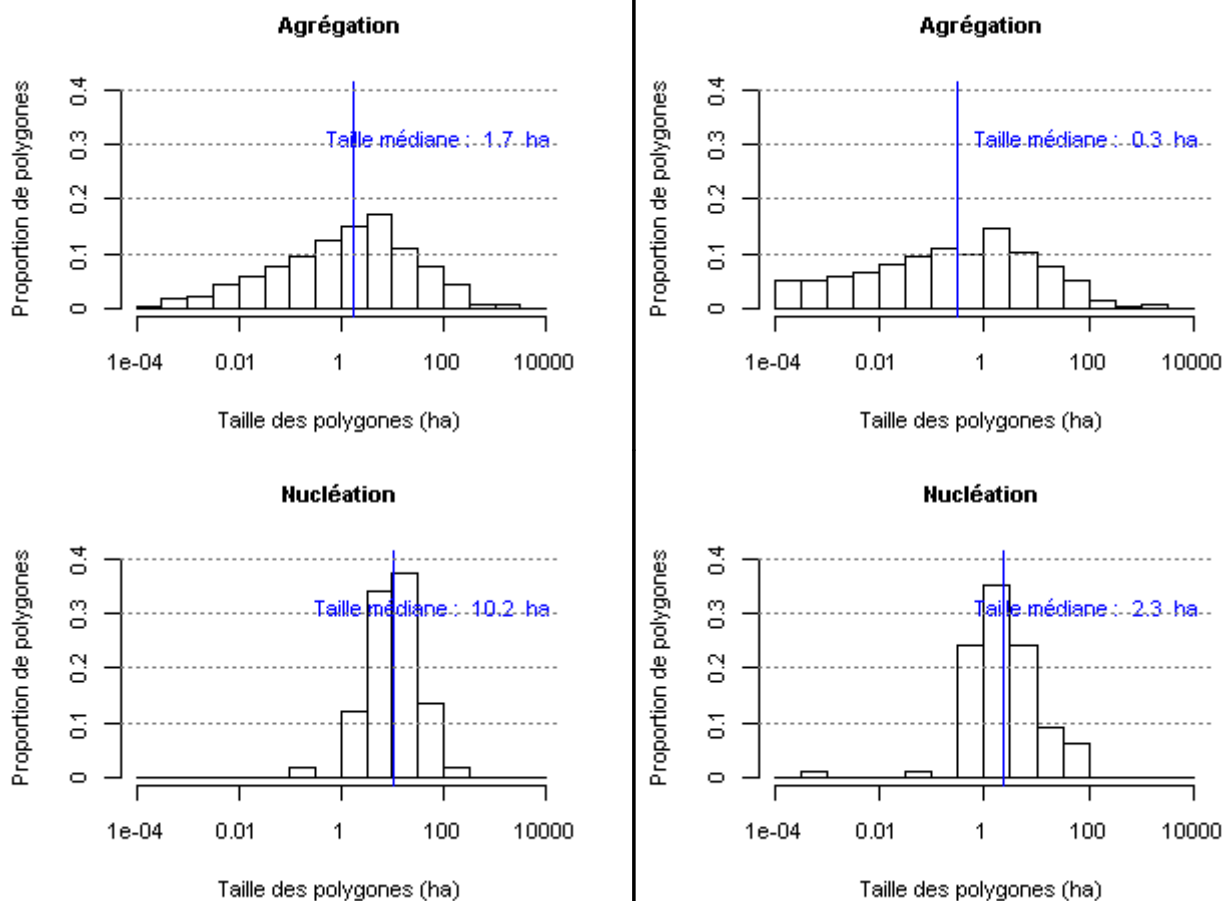


Figure 44 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des forêts récentes agrégées et nucléées dans le PNV

Il est alors confirmé que de manière générale, les polygones issus du croisement avec la V2 ont une surface bien plus restreinte que pour la V1. Cela concerne en forêt récente aussi bien les polygones agrégés à des noyaux anciens que nucléés. La V2 présente ainsi, pour des surfaces similaires, une fragmentation plus importante que la V1, et comporte d'avantage d'entités plus petites. Cette notion d'échelle a son importance quand on s'intéresse à la localisation et aux distances entre entités.

3.3. Analyse de la structure des massifs forestiers

La distribution des surfaces des massifs forestiers est analysée pour les données issues des deux versions. On dénombre 3 massifs de forêt ancienne seule, 32 massifs mixtes et 59 de forêt récente nucléée avec la V1, contre 4 massifs de forêt ancienne seule, 32 massifs mixtes et 99 de forêt récente nucléée avec la V2.

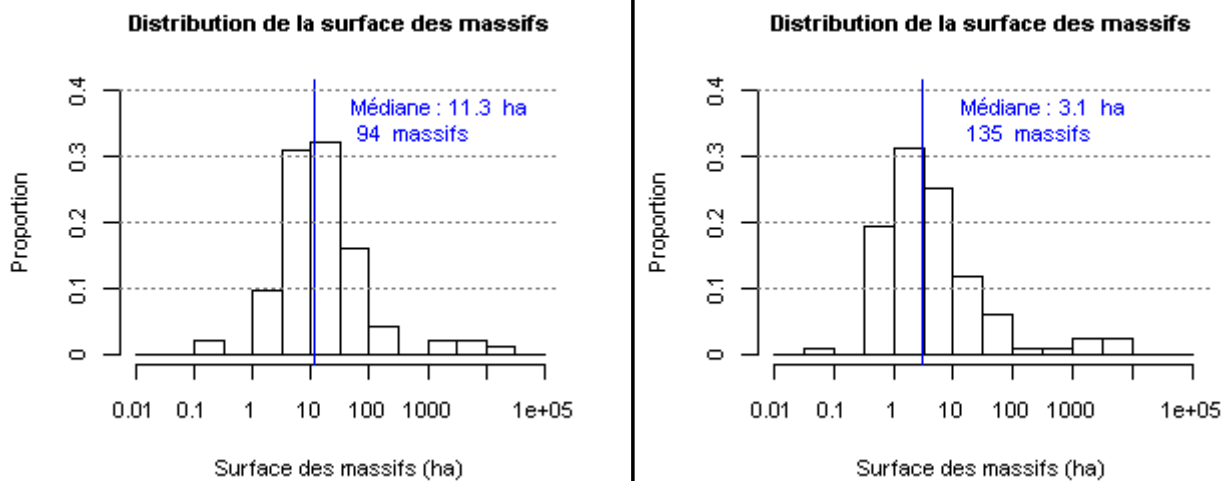


Figure 45 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des massifs forestiers, dans le PNV.

Si le nombre de massifs identifiés varie fortement entre les deux versions, c'est pour l'essentiel au niveau des forêts récentes nucléées. Celles-ci, nous l'avons vu auparavant, sont déjà inférieures en terme de surface avec la V2. Mais les massifs « mixtes » comportant une part de forêt ancienne et une part de forêt récente agrégée sont aussi généralement moins vastes avec la V2.

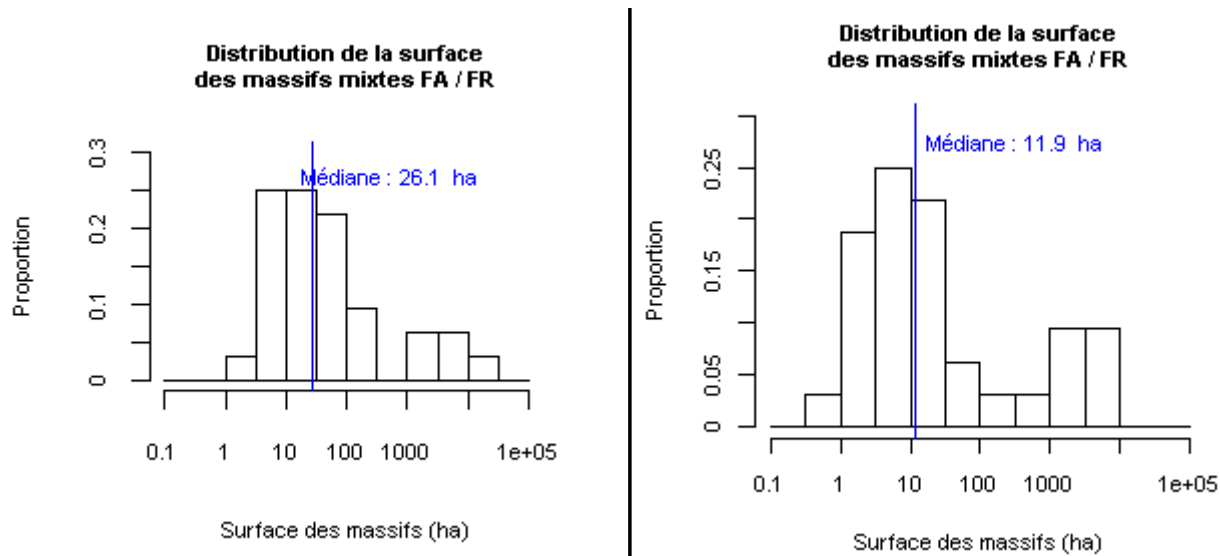


Figure 46 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la distribution des surfaces des massifs mixtes comportant FA et FR dans le PNV.

L'aspect de fragmentation supplémentaire de la V2 déjà évoqué prend alors tout son sens, avec plus de 40 % de massifs supplémentaires identifiés et une surface médiane divisée par près de quatre. La définition même de massif ici utilisée, au sens paysager d'espace forestier continu, dépend donc fortement de la précision des données, et l'analyse des continuités en découlant sera alors à relativiser en fonction de celle-ci. On retiendra néanmoins que les différences concernent très majoritairement les petits massifs forestiers ; on peut le vérifier en observant les surface cumulées. Finalement, la différence globale sera assez peu significative.

L'étude s'intéresse alors aux aspects de surface pour chaque type, et de continuités entre ces types au sein d'un massif.

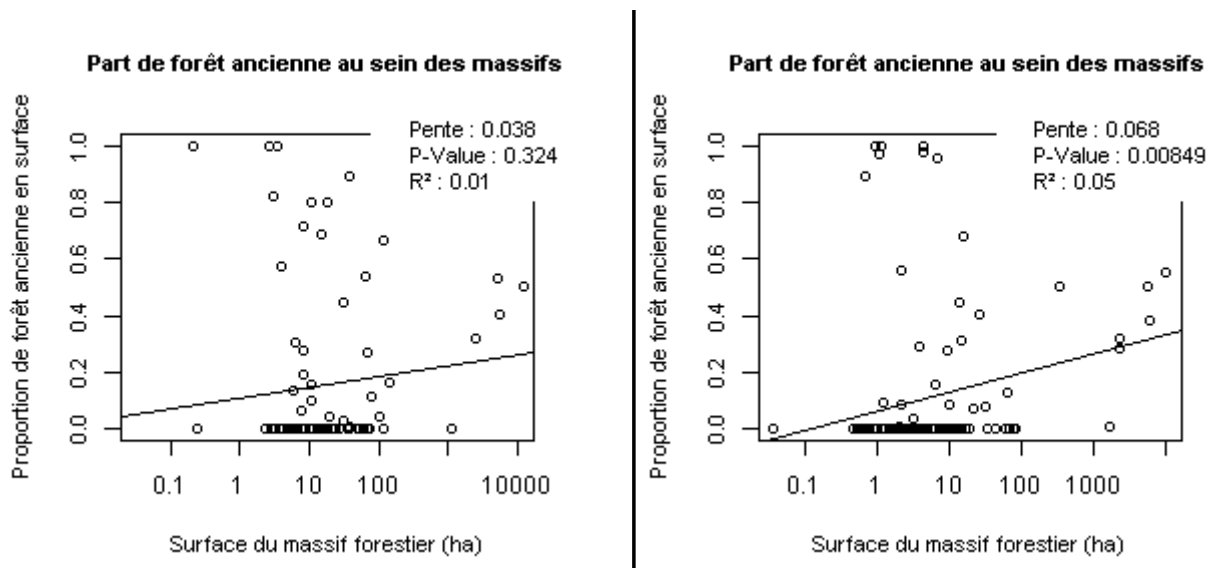
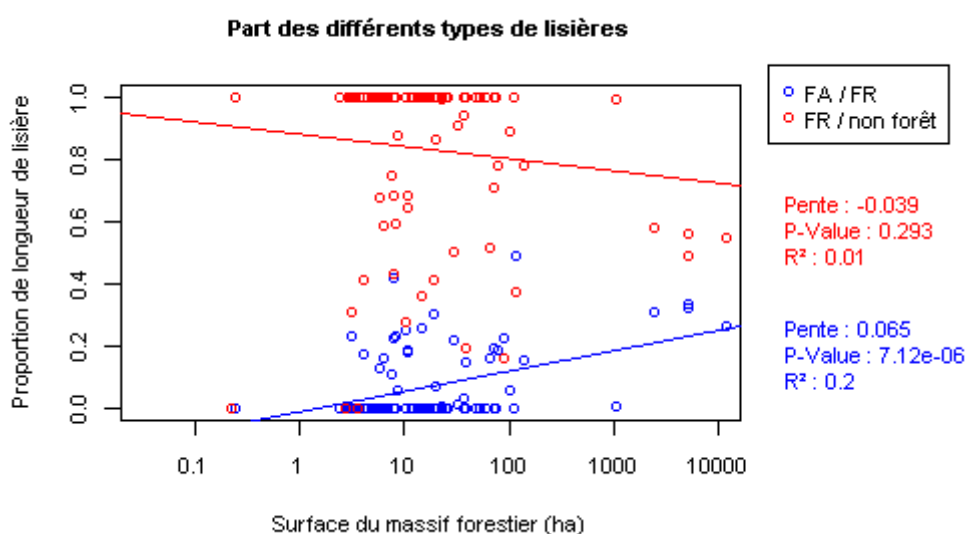


Figure 47 : Comparaison entre V1 (gauche) et V2 (droite) de la part de forêt ancienne au sein d'un massif forestier en fonction de sa surface, dans le PNV.

Le lien que l'on cherche à étudier dans un premier temps entre la part de forêt ancienne et la surface du massif considéré est clairement établi dans le cas de la V2 : le logarithme décimal de la surface du massif est une variable significative pour expliquer la part de forêt ancienne qui le compose, selon un modèle linéaire. Dans le cas de la V1, si une même tendance semble se dégager, la significativité n'est pas établie. C'est probablement les nombreuses forêts récentes nucléées de petites tailles qui améliorent donc cet aspect, en diminuant l'importance relative des petits massifs mixtes ou de forêt ancienne pure. Pour les deux versions cependant, l'apport explicatif de cette variable reste très faible.

L'analyse des parts relatives des lisières, qui conclut cette étude des structures des massifs forestiers, présente des résultats davantage comparables entre les deux versions. La part de lisière entre forêt ancienne et récente augmente de manière linéaire avec la surface du massif considéré. L'apport de cette même variable est d'ailleurs plus important ici que pour l'analyse des parts de surfaces. Pour ces deux aspects, la V2 semble apporter une meilleure corrélation selon le modèle linéaire.



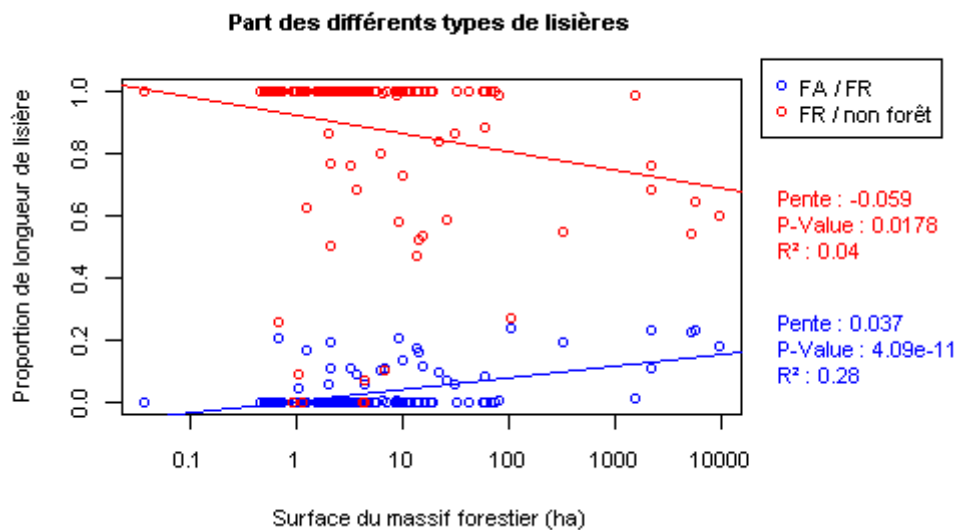


Figure 48 : Comparaison entre V1 (haut) et V2 (bas) de la part des différents types de lisières pour un massif en fonction de sa taille, dans le PNV.

Annexe 8 : Synthèse des résultats pour le PNV.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation des sols

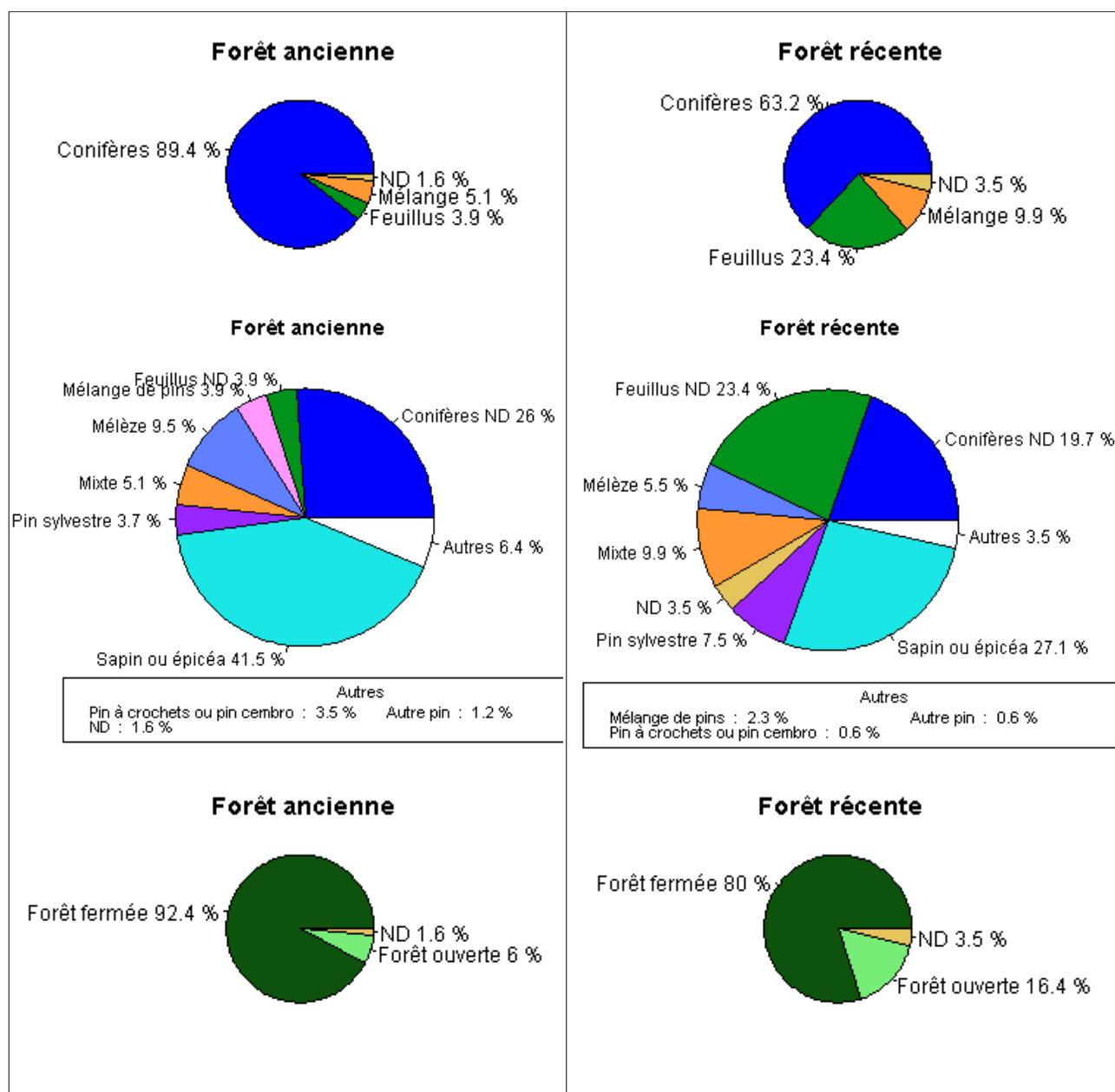
Surfaces (ha) Origine des types actuels Évolution des types passés		Occupation actuelle du sol						
		Feuillus	Conifères	Mélange	Lande	Formation herbacée	Autre	Total
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	504	11613	661	736	860	1081	15455
		10,9%	50,9%	27,3%	6,4%	2,1%	1,4%	9,7%
		3,3%	75,1%	4,3%	4,8%	5,6%	7,0%	100%
	Cultures / pâtures	2999	7226	964	8103	27143	33275	79709
		64,6%	31,7%	39,9%	70,8%	67,4%	43,2%	50,3%
		3,8%	9,1%	1,2%	10,2%	34,1%	41,7%	100%
	Fauce / pâture	865	2787	461	785	6146	2726	13769
		18,6%	12,2%	19,1%	6,9%	15,3%	3,5%	8,7%
		6,3%	20,2%	3,3%	5,7%	44,6%	19,8%	100%
	Rochers / falaises	206	1150	321	1810	5780	20610	29877
		4,4%	5,0%	13,3%	15,8%	14,4%	26,8%	18,8%
		0,7%	3,9%	1,1%	6,1%	19,3%	69,0%	100%
	Autre	68	36	11	16	317	19256	19704
		1,5%	0,2%	0,5%	0,1%	0,8%	25,0%	12,4%
		0,3%	0,2%	0,1%	0,1%	1,6%	97,7%	100%
Total	4642	22812	2418	11449	40246	76948	158515	
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	2,9%	14,4%	1,5%	7,2%	25,4%	48,5%	100%	

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

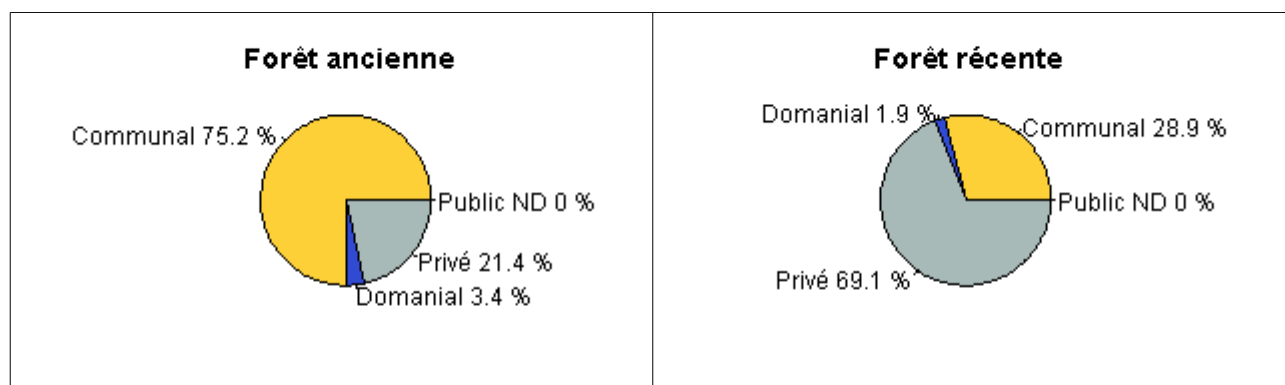
Surface (ha)		Type au XIX ^e siècle			
Part	Forestier	Non forestier	Total		
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle	Part ancienne de la forêt actuelle : 42,3%
		12994	17717	30711	
		8,2%	11,2%	19,4%	
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt	Part de la forêt du XIX ^e conservée : 84,0%
		2470	125334	127804	
		1,6%	79,1%	80,6%	
	Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	Total	
15464		143051	158515		
9,8%		90,2%	100%		

2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

2.1. Composition en essences et types de peuplements

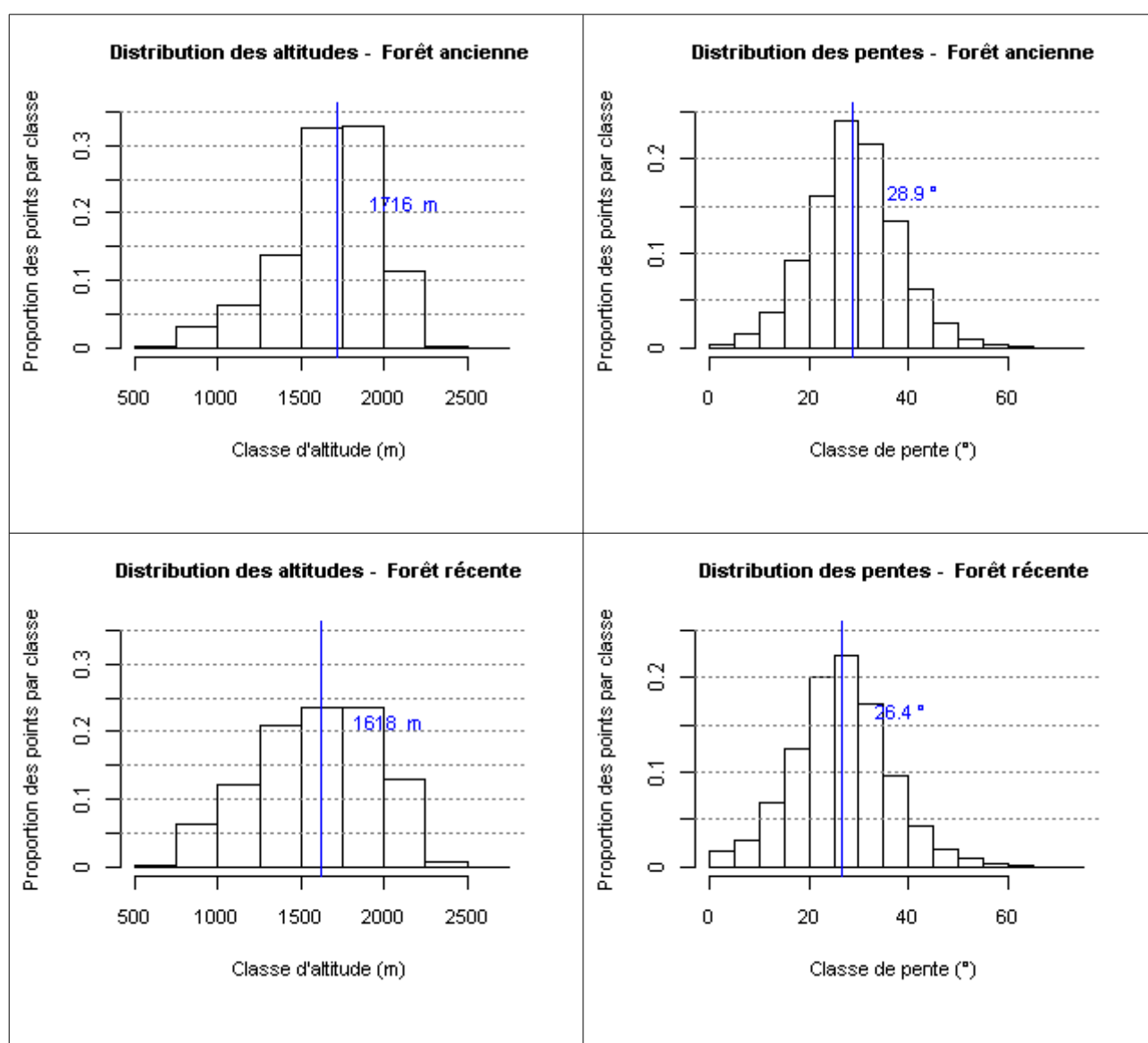


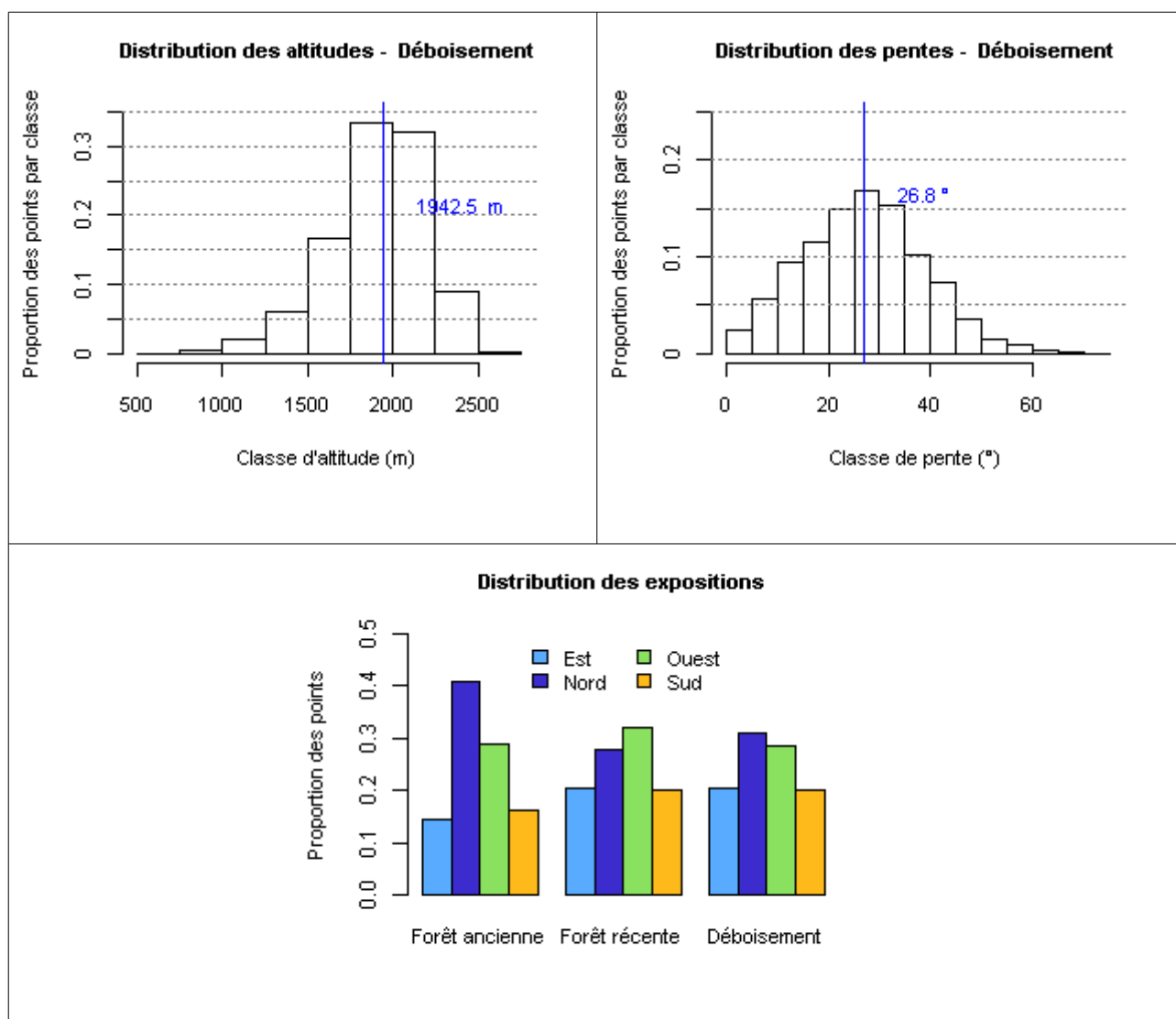
2.2. Propriété foncière





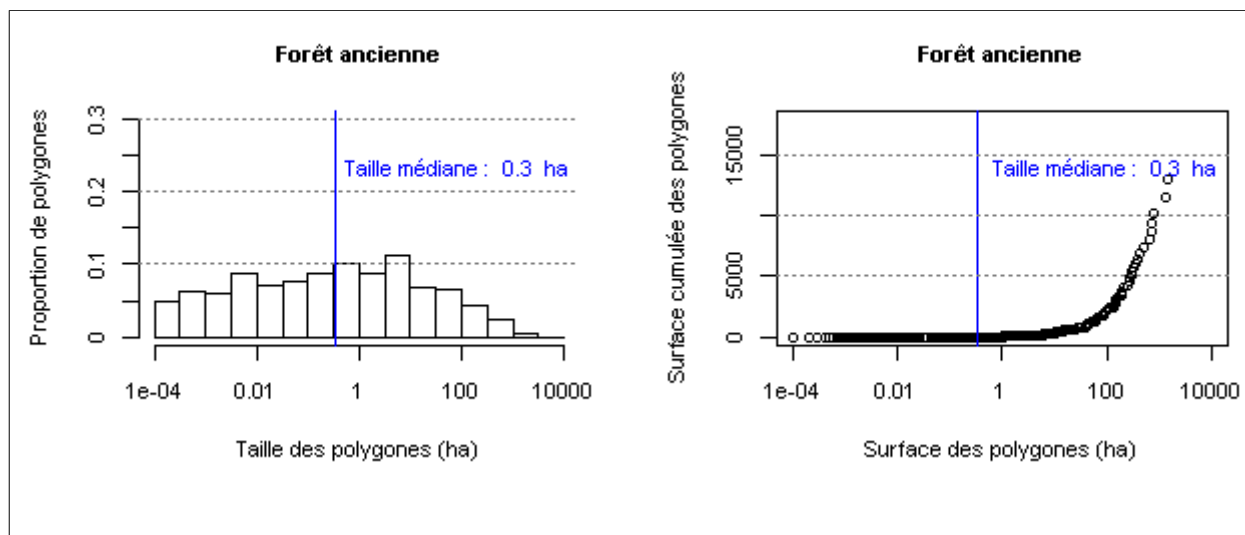
2.3. Facteurs environnementaux topographiques

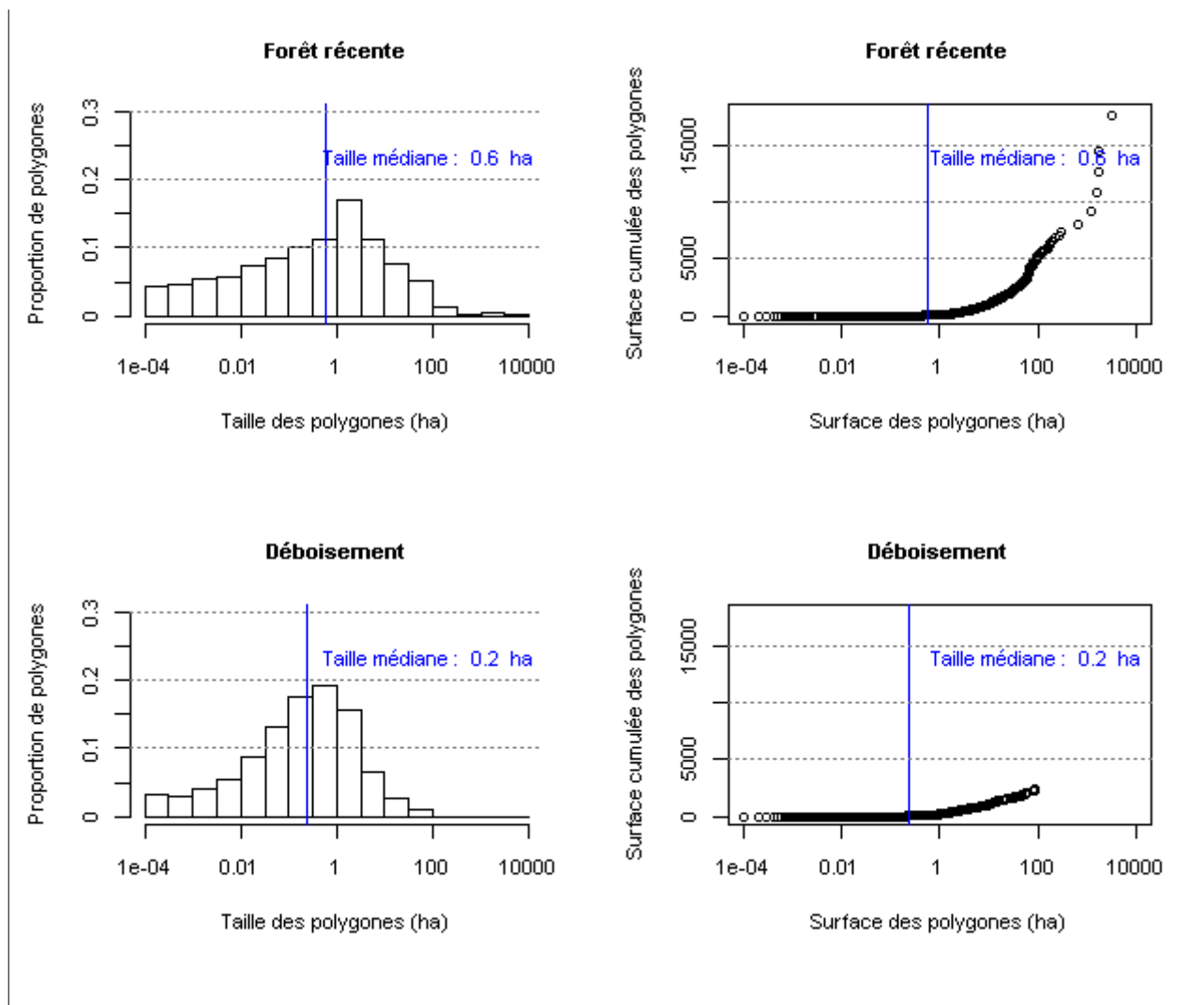




3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

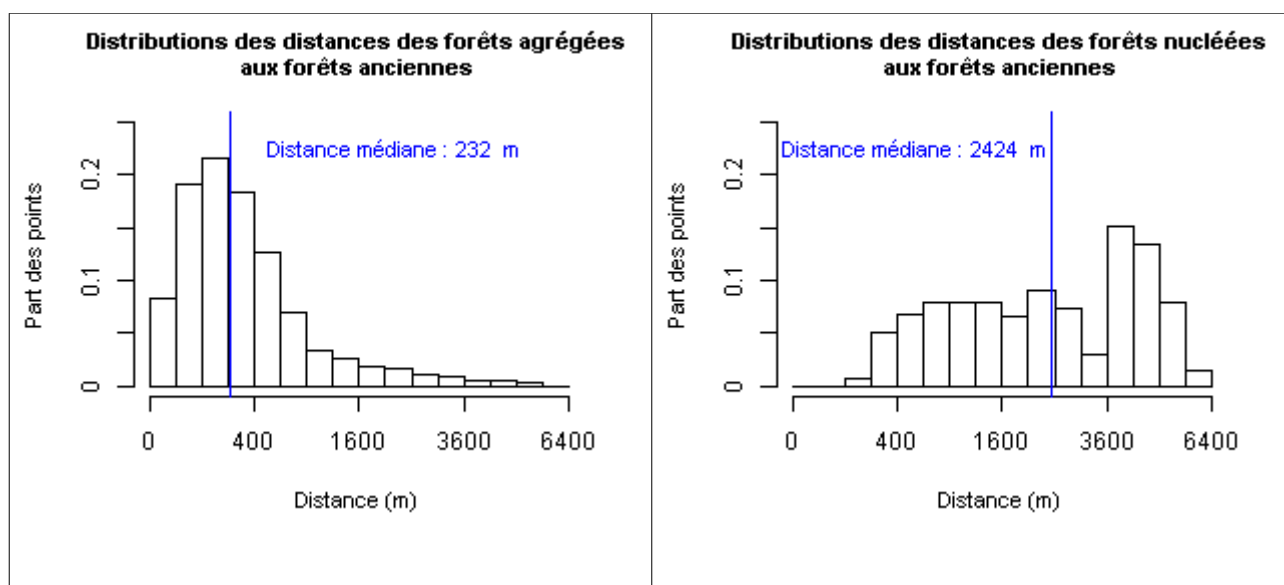
3.1. Analyse de la taille des polygones

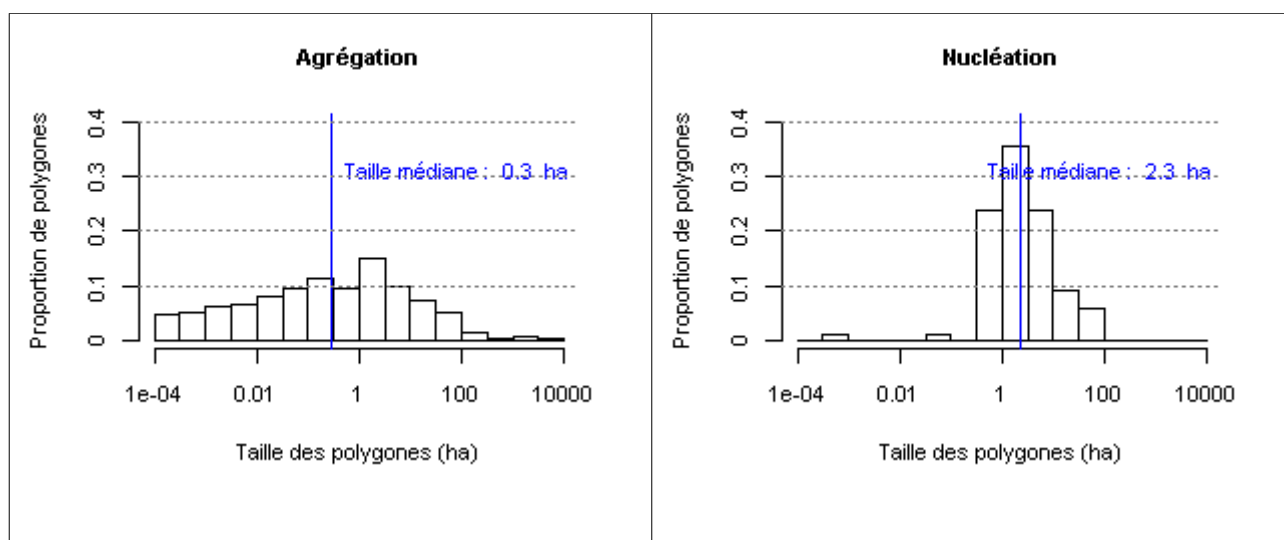




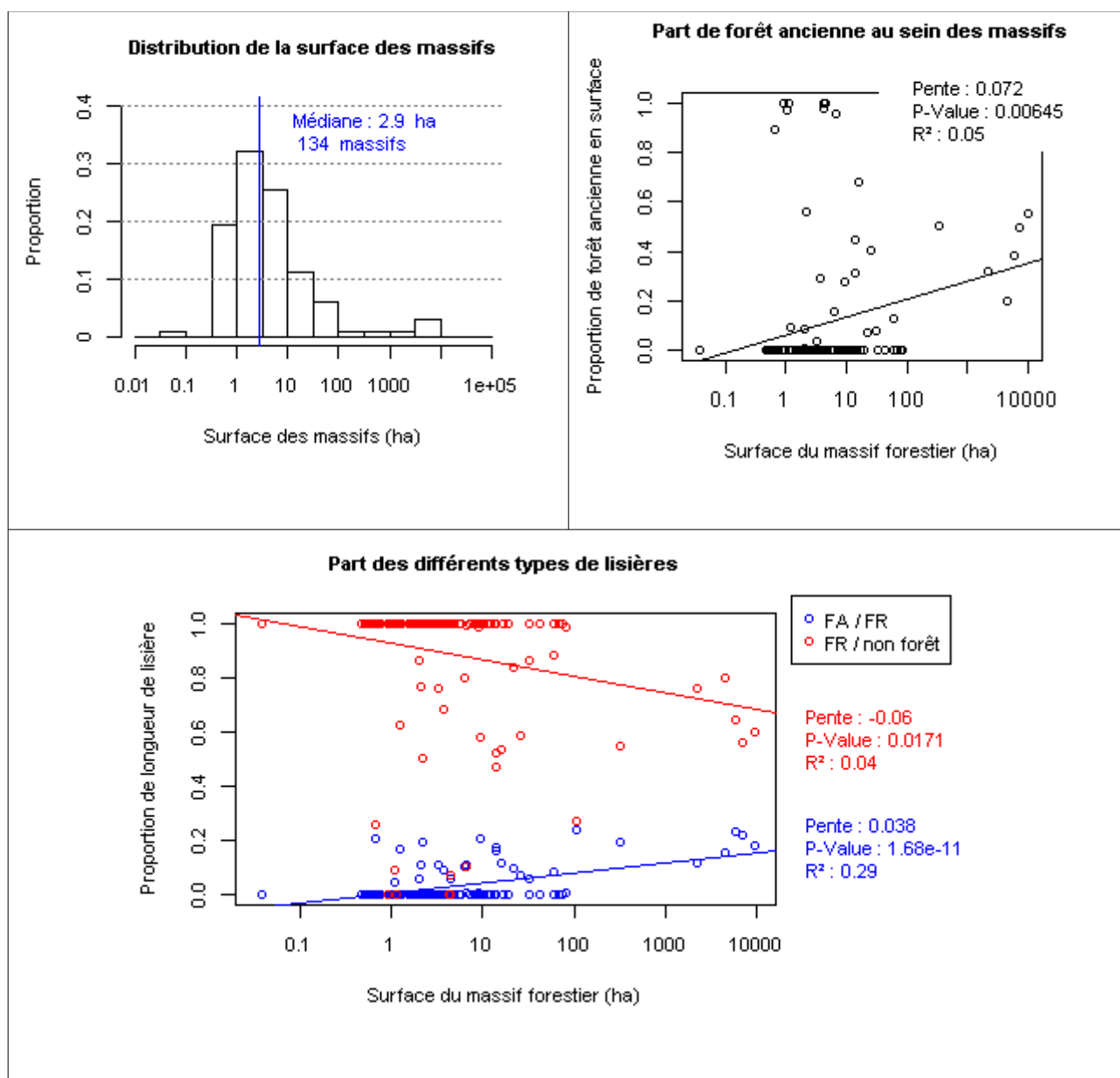
3.2. Agrégation et nucléation des forêts récentes

96 % de la surface de forêt récente est agrégée et 4 % nucléée.





3.3. Structure des massifs forestiers



Annexe 9 : Synthèse des résultats pour le PNP.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation des sols

Surfaces (ha) <i>Origine des types actuels</i> <i>Évolution des types passés</i>		Occupation actuelle du sol						Total
		Feuillus	Conifères	Mélange	Lande	Formation herbacée	Autre*	
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	18729	10941	11309	2997	1802	2195	47973
		35,8%	55,9%	68,1%	5,6%	3,3%	3,8%	18,9%
		39,0%	22,8%	23,6%	6,2%	3,8%	4,6%	100%
	Pré	5794	295	431	733	713	6693	14659
		11,1%	1,5%	2,6%	1,4%	1,3%	11,7%	5,8%
		39,5%	2,0%	2,9%	5,0%	4,9%	45,7%	100%
	Culture	3061	153	188	484	280	6943	11109
		5,8%	0,8%	1,1%	0,9%	0,5%	12,1%	4,4%
		27,6%	1,4%	1,7%	4,4%	2,5%	62,5%	100%
	Pâturage	24192	8103	4633	49361	50779	38279	175348
		46,2%	41,4%	27,9%	91,8%	94,0%	67,0%	69,2%
		13,8%	4,6%	2,6%	28,2%	29,0%	21,8%	100%
	Autre	606	78	42	180	473	3047	4427
		1,2%	0,4%	0,3%	0,3%	0,9%	5,3%	1,7%
		13,7%	1,8%	1,0%	4,1%	10,7%	68,8%	100%
	Total	52382	19571	16604	53754	54048	57158	253517
		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		20,7%	7,7%	6,5%	21,2%	21,3%	22,5%	100%

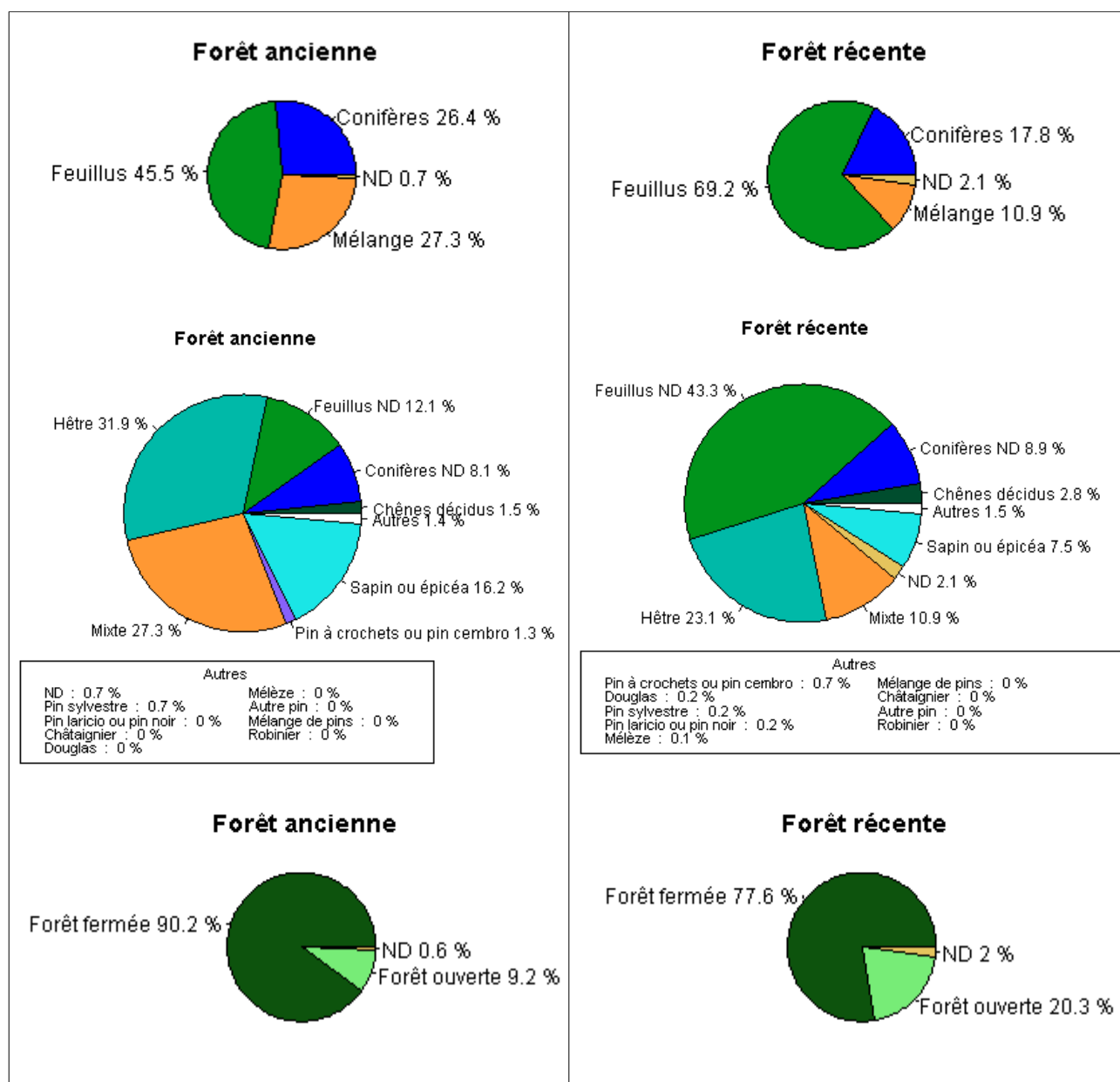
* le type « Autre » comprend les jeunes peuplements, coupes rases et incident (donnée actuelle).

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

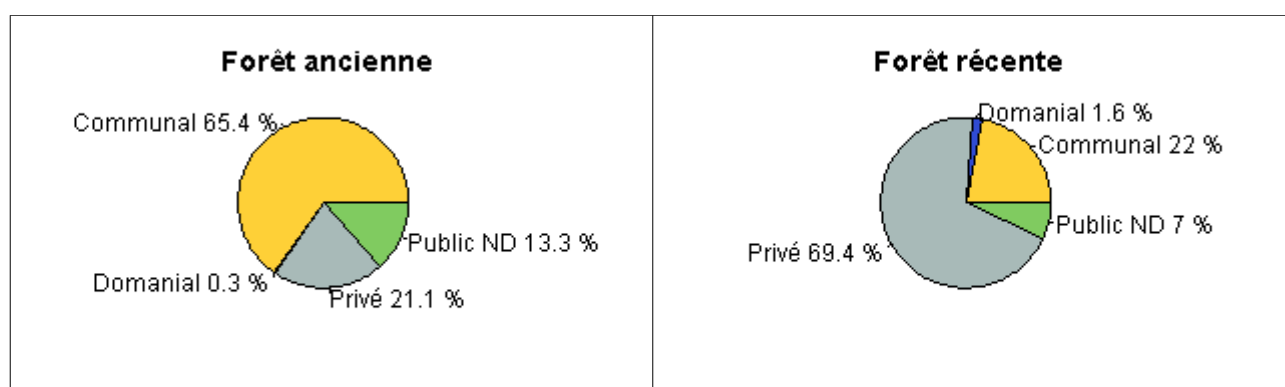
Surface (ha)		Type au XIX ^e siècle			
Part		Forestier	Non forestier	Total	
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle	Part ancienne de la forêt actuelle : 46,1%
		41404	48435	89840	
		16,3%	19,1%	35,4%	
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt	Part de la forêt du XIX ^e conservée : 86,0%
		6749	156928	163677	
		2,7%	61,9%	64,6%	
Total	Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	Total	
		48154	205363	253517	
		19,0%	81,0%	100%	

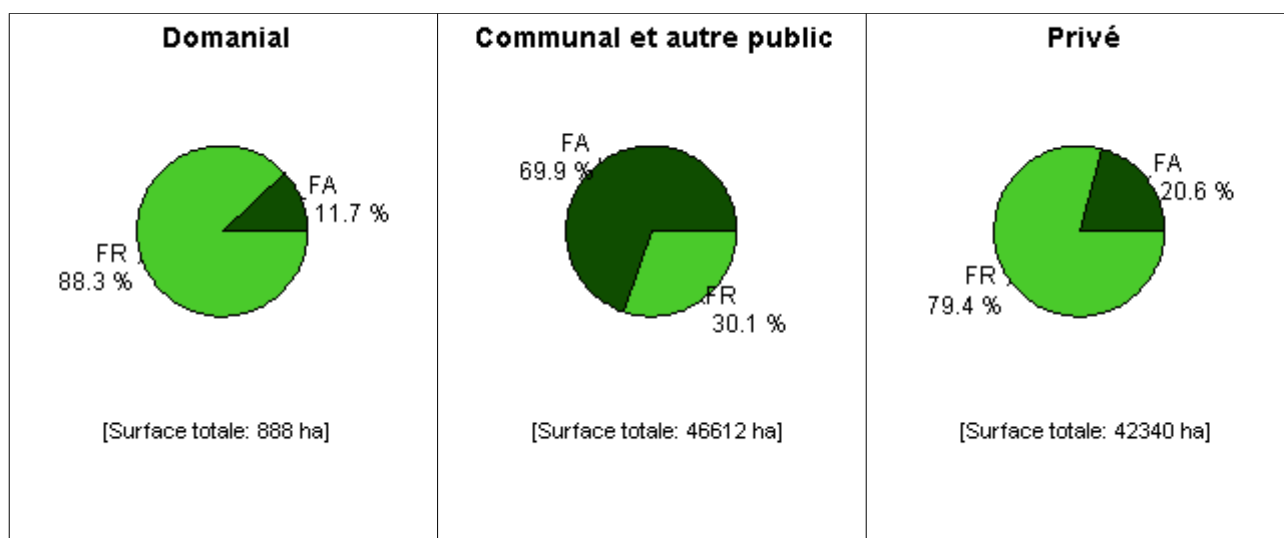
2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

2.1. Composition en essences et types de peuplements

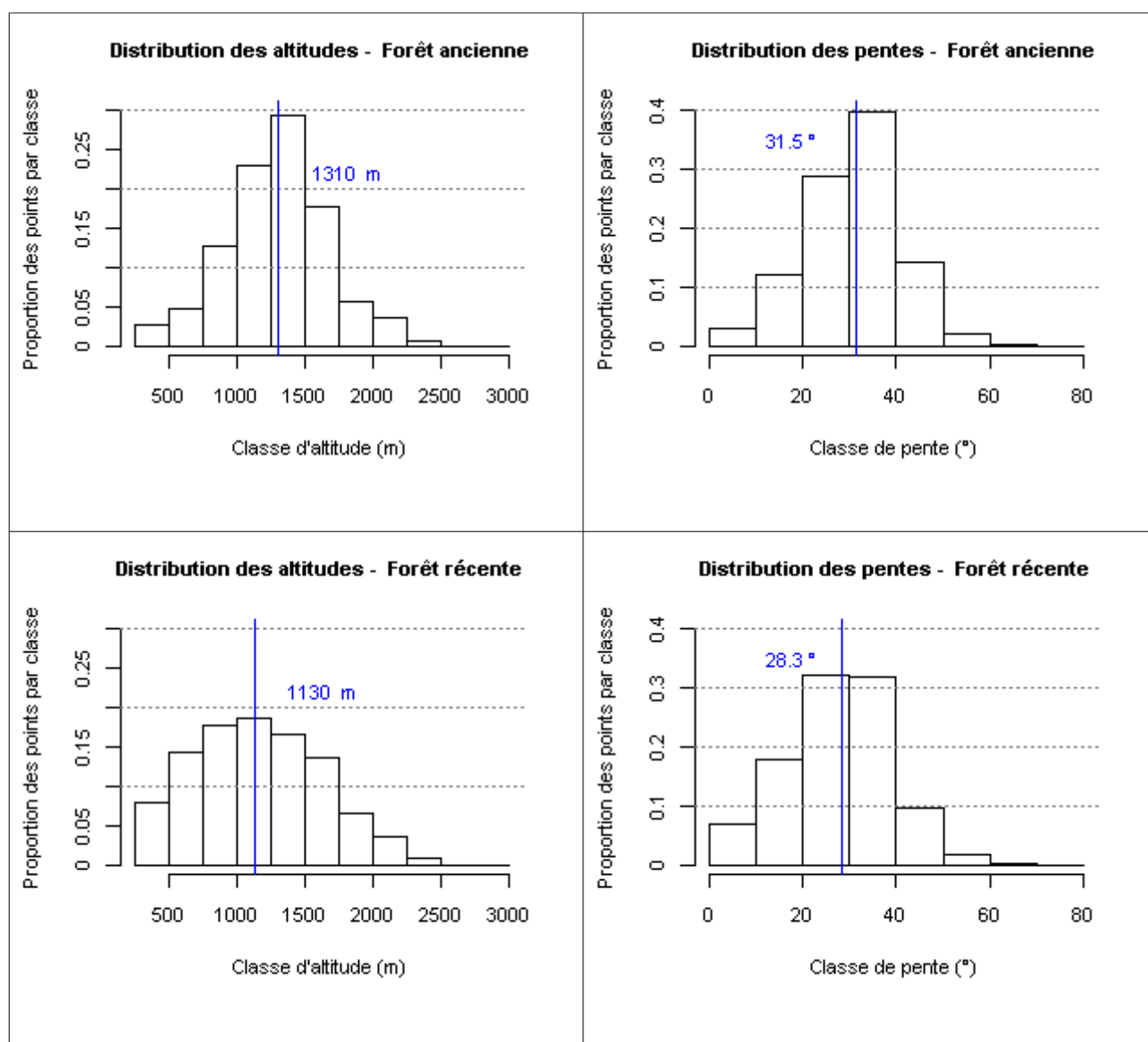


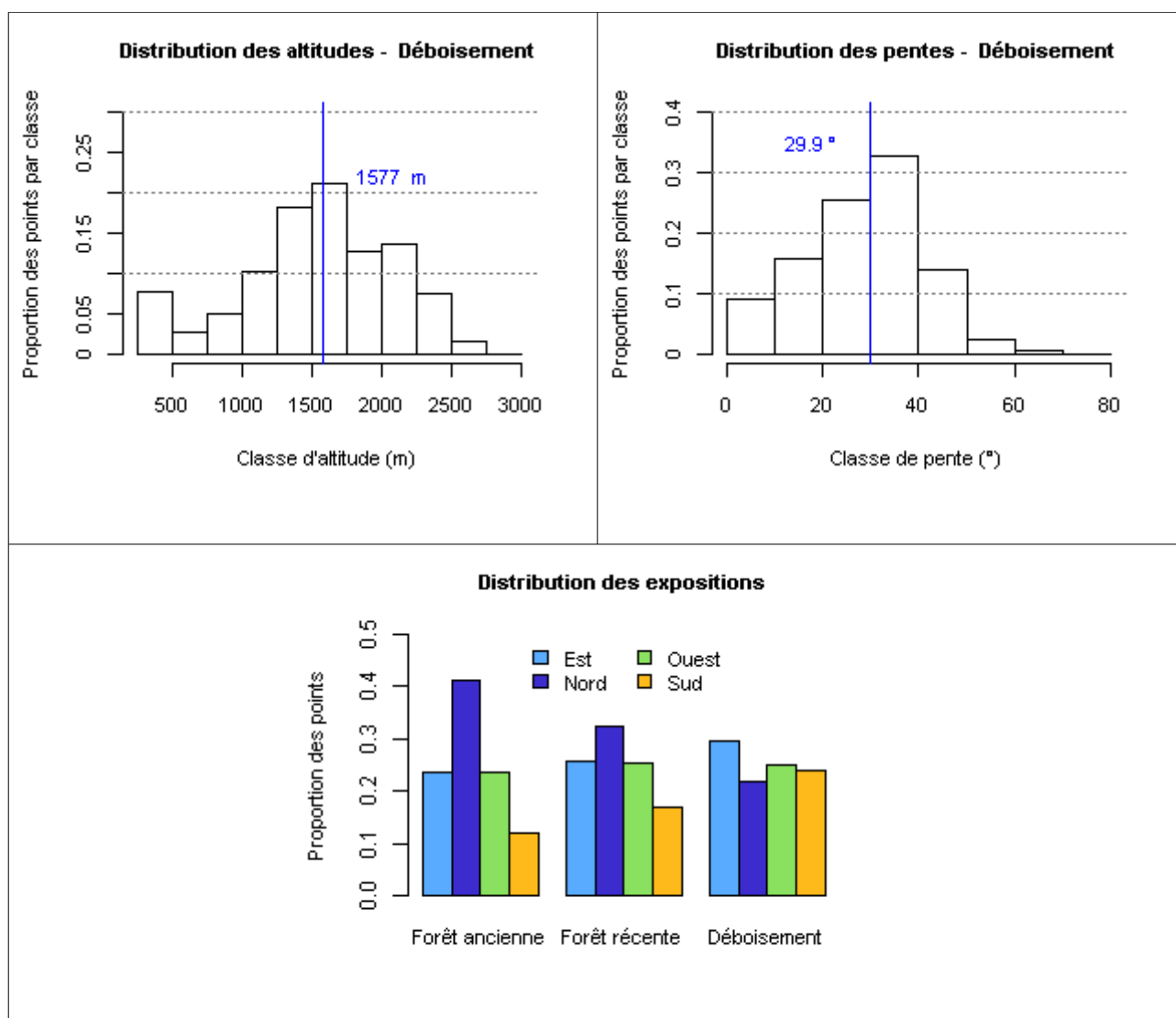
2.2. Propriété foncière





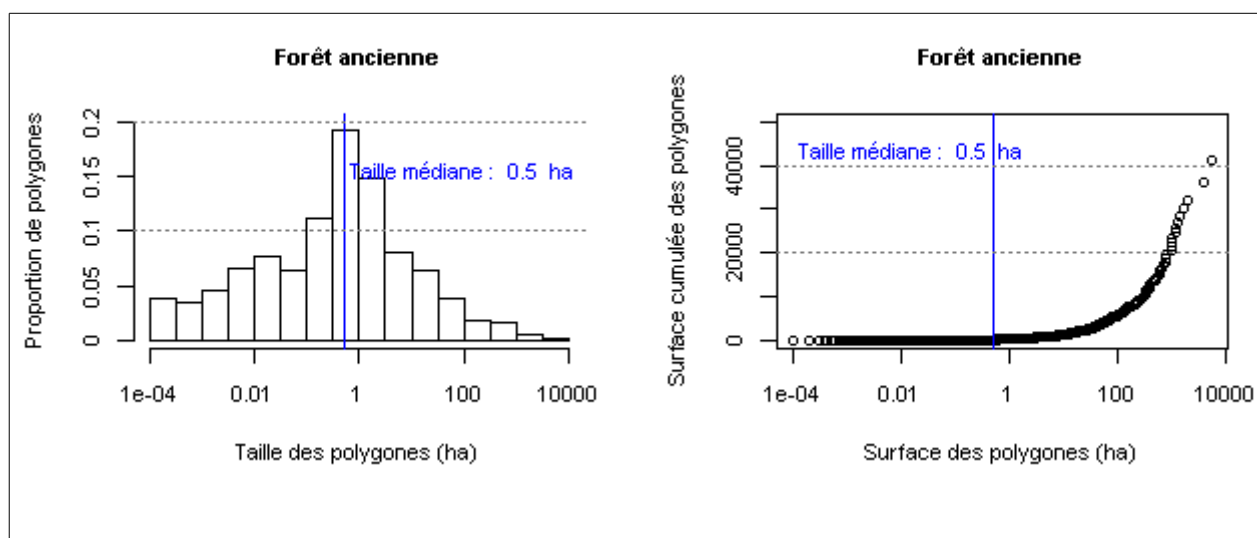
2.3. Facteurs environnementaux topographiques

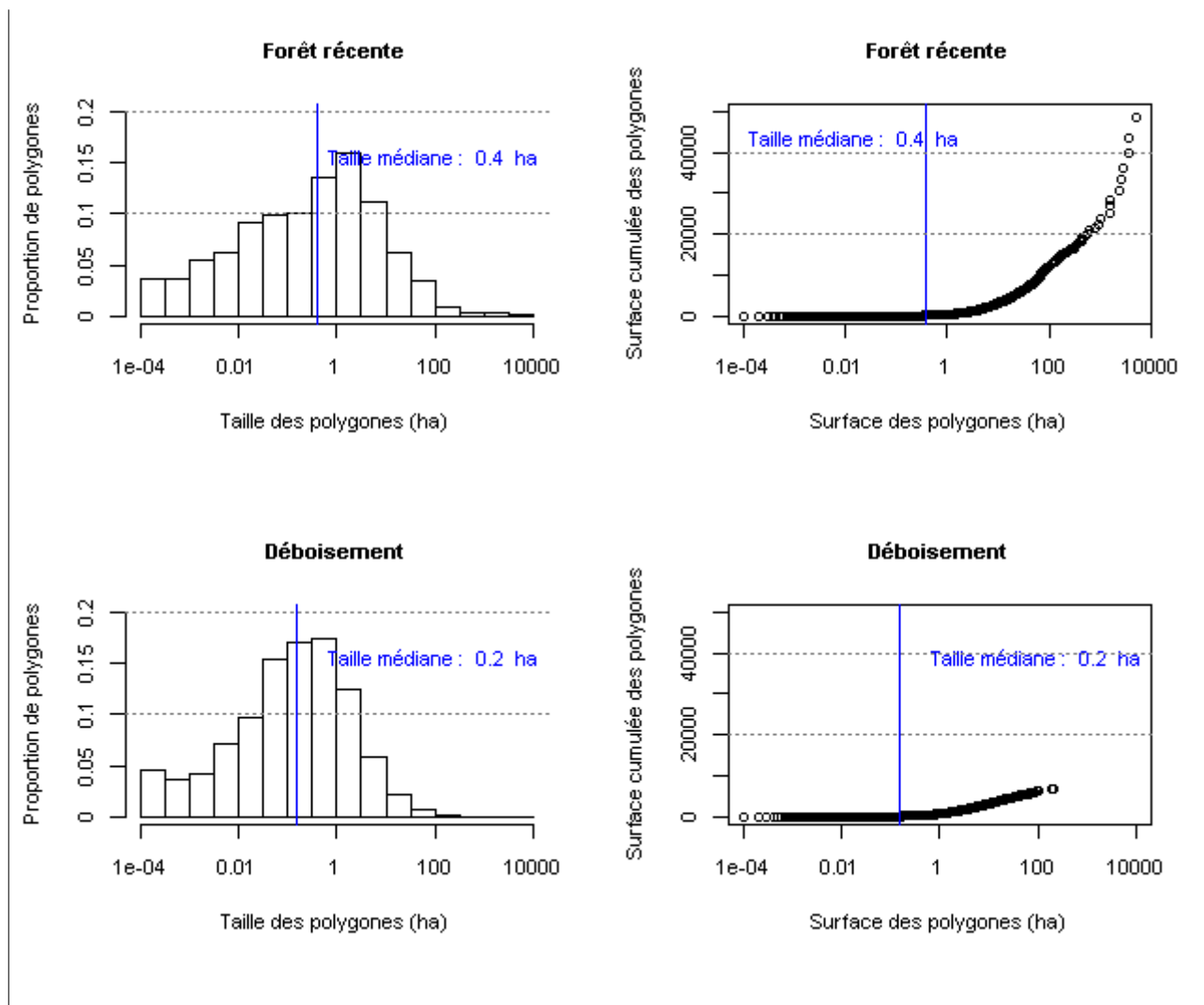




3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

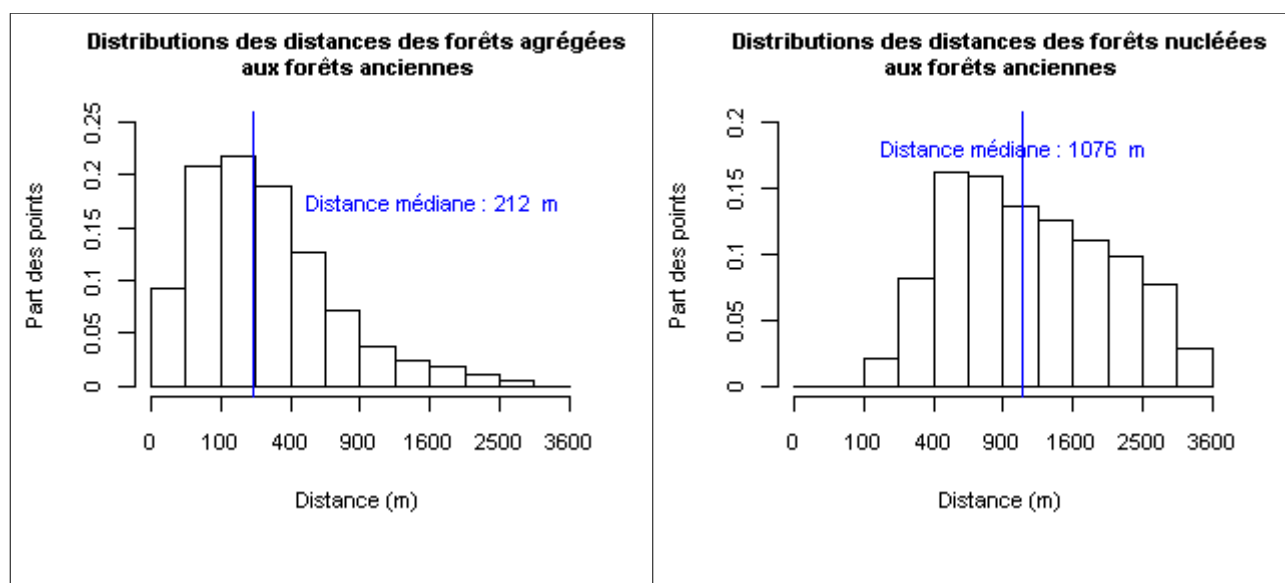
3.1. Analyse de la taille des polygones

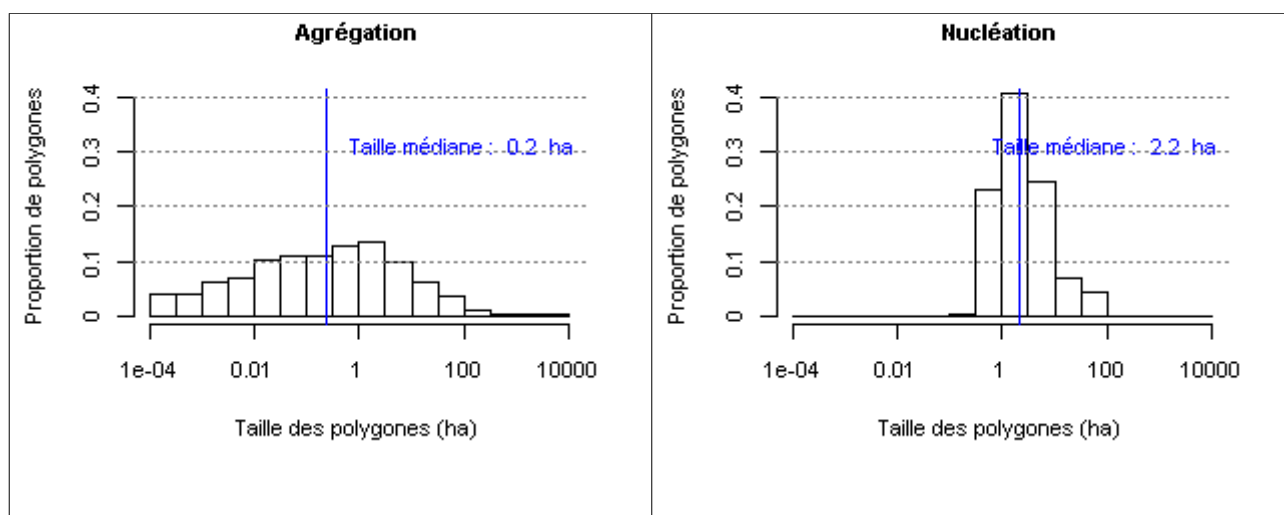




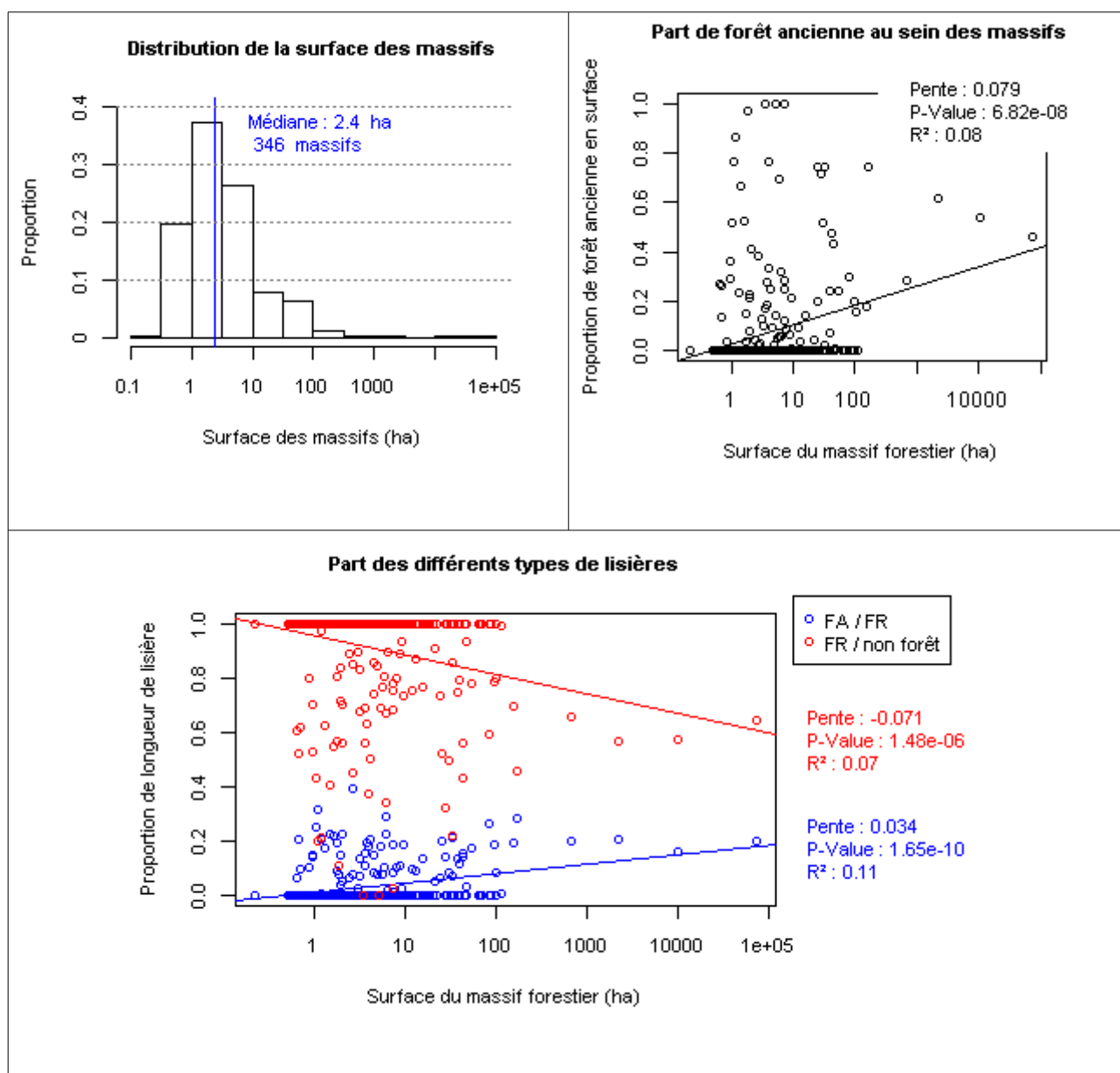
3.2. Agrégation et nucléation des forêts récentes

82 % de la surface de forêt récente est agrégée et 18 % nucléée.





3.3. Structure des massifs forestiers



Annexe 10 : Synthèse des résultats pour le PNM.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation des sols

Surfaces (ha) <i>Origine des types actuels</i> <i>Évolution des types passés</i>		Occupation actuelle du sol						Total
		Feuillus	Conifères	Mélange	Lande	Formation herbacée	Autre	
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	3733	27409	2939	722	1223	1032	37058
		21,3%	34,1%	20,4%	5,3%	2,2%	3,1%	17,3%
		10,1%	74,0%	7,9%	1,9%	3,3%	2,8%	100%
	Autre	13807	53056	11502	12933	54076	32358	177732
		78,7%	65,9%	79,6%	94,7%	97,8%	96,9%	82,7%
		7,8%	29,9%	6,5%	7,3%	30,4%	18,2%	100%
	Total	17540	80465	14440	13655	55299	33390	214790
		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		8,2%	37,5%	6,7%	6,4%	25,7%	15,5%	100%

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

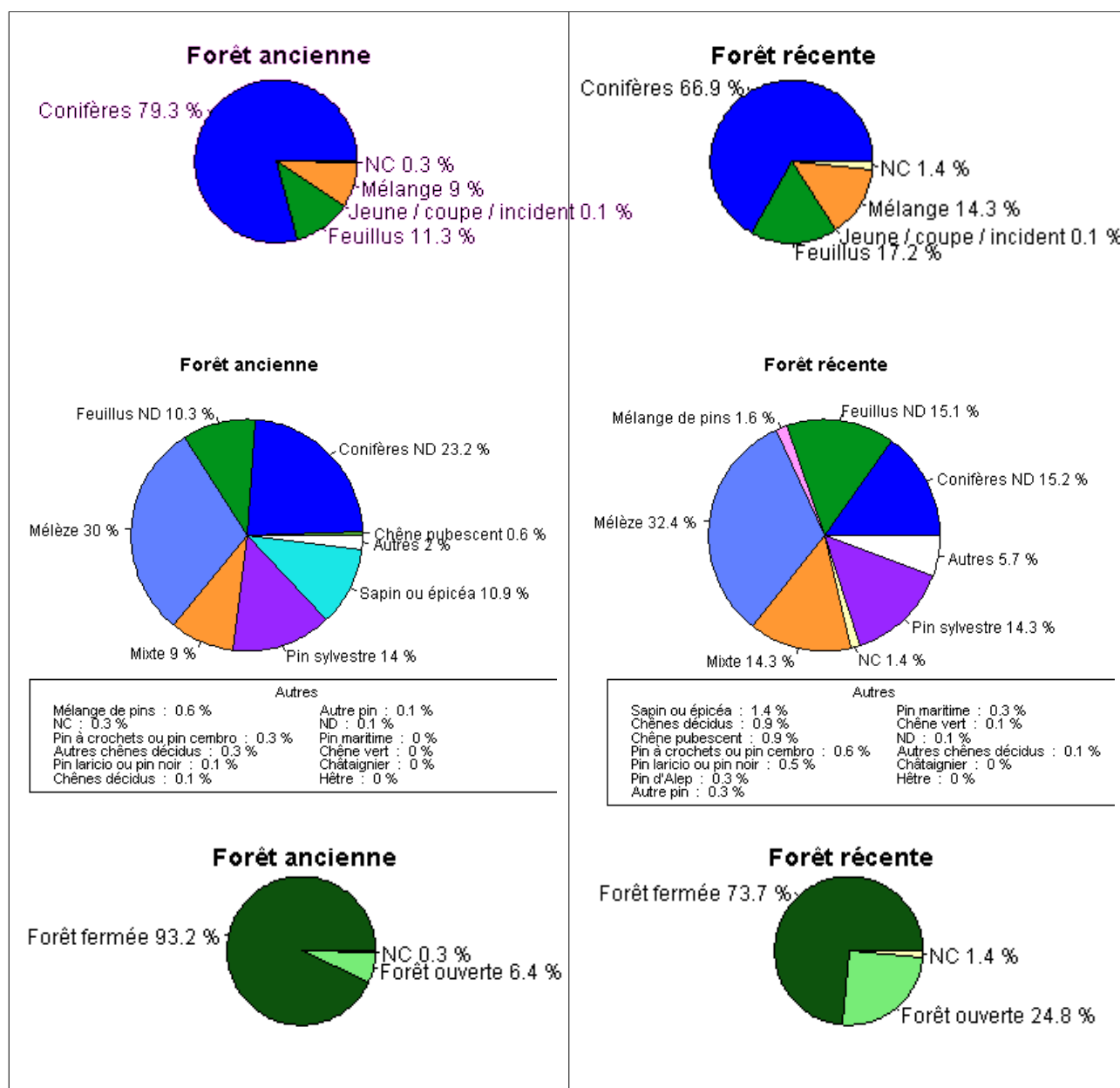
Surface (ha)		Type au XIX ^e siècle		
Part		Forestier	Non forestier	Total
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle
		34981	78800	113781
		16,3%	36,7%	53,0%
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt
		2918	98074	100992
		1,4%	45,7%	47,0%
	Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	Total
37898		176875	214773	
17,6%		82,4%	100%	

Part ancienne de la forêt
actuelle : 30,7%

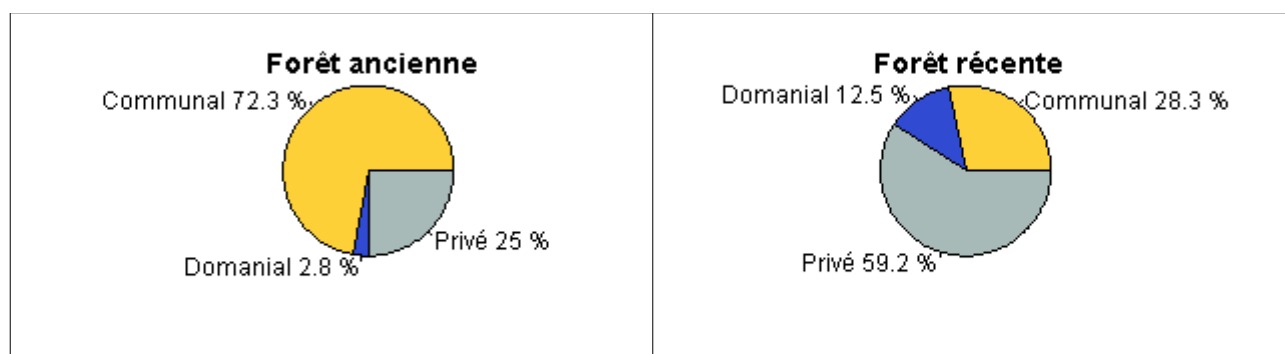
Part de la forêt du XIX^e
conservée : 92,3%

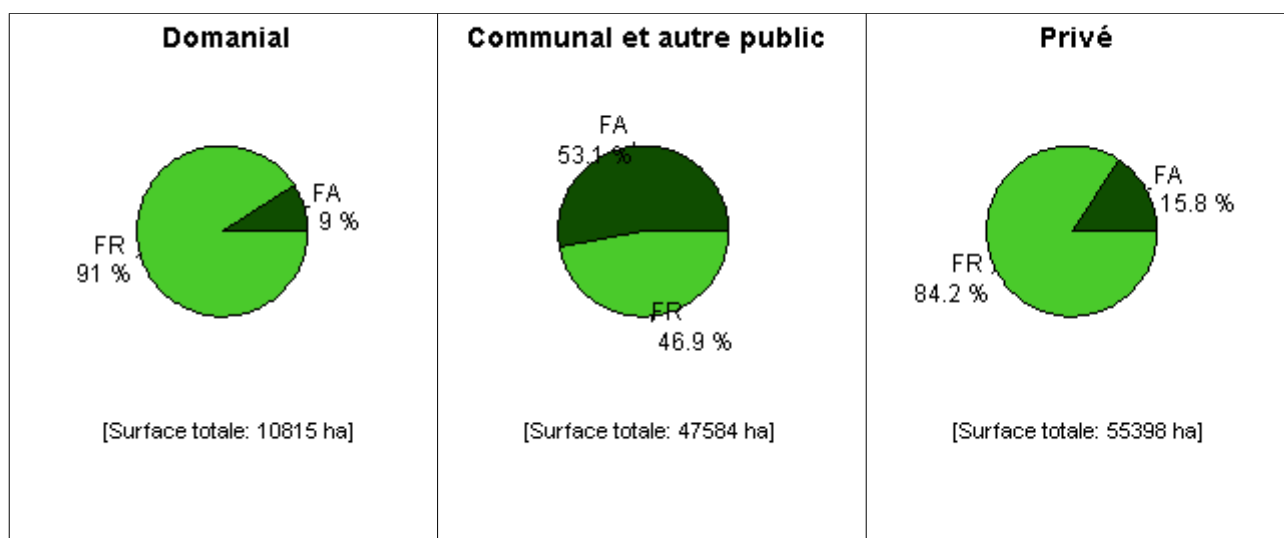
2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

2.1. Composition en essences et types de peuplements

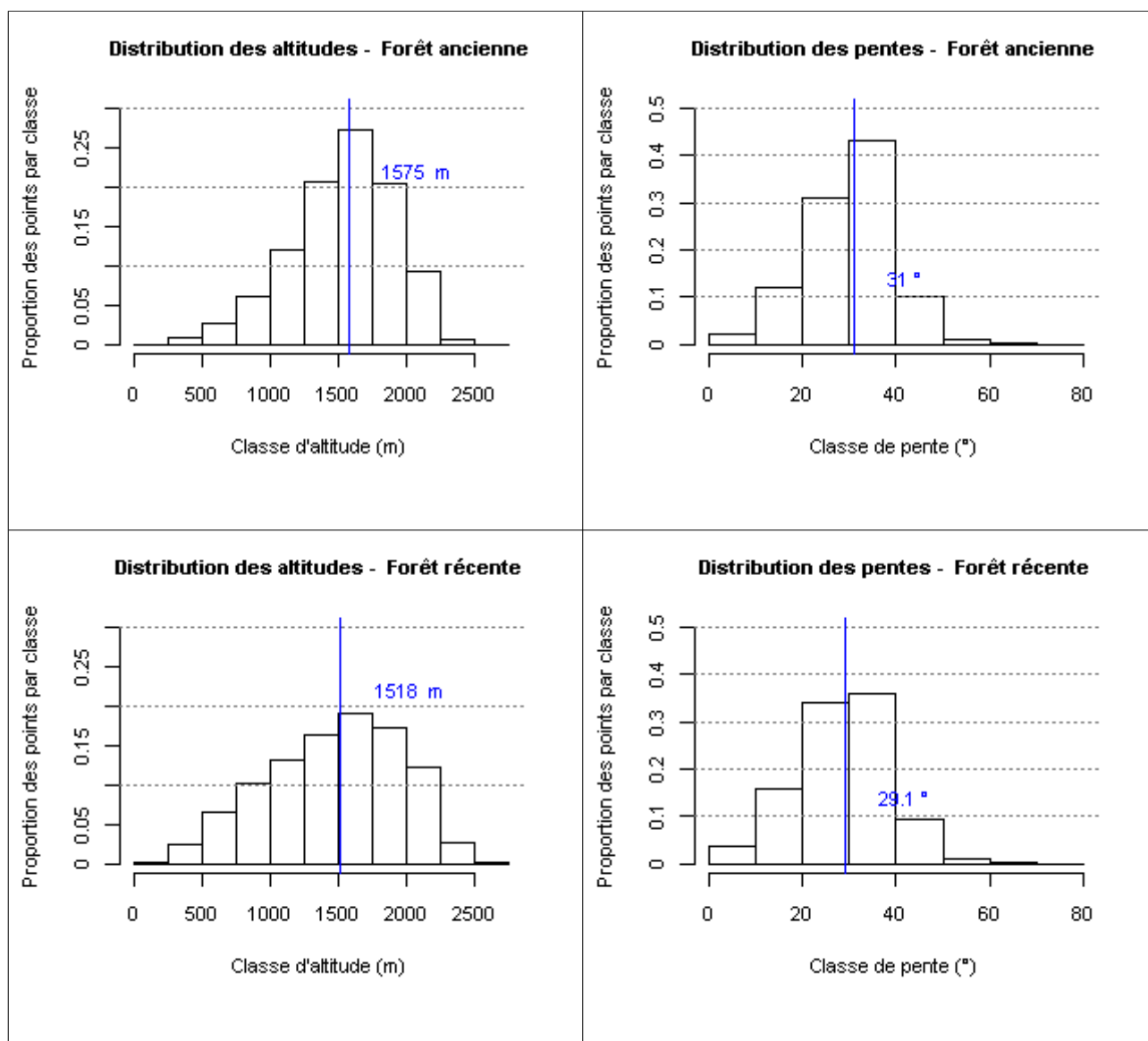


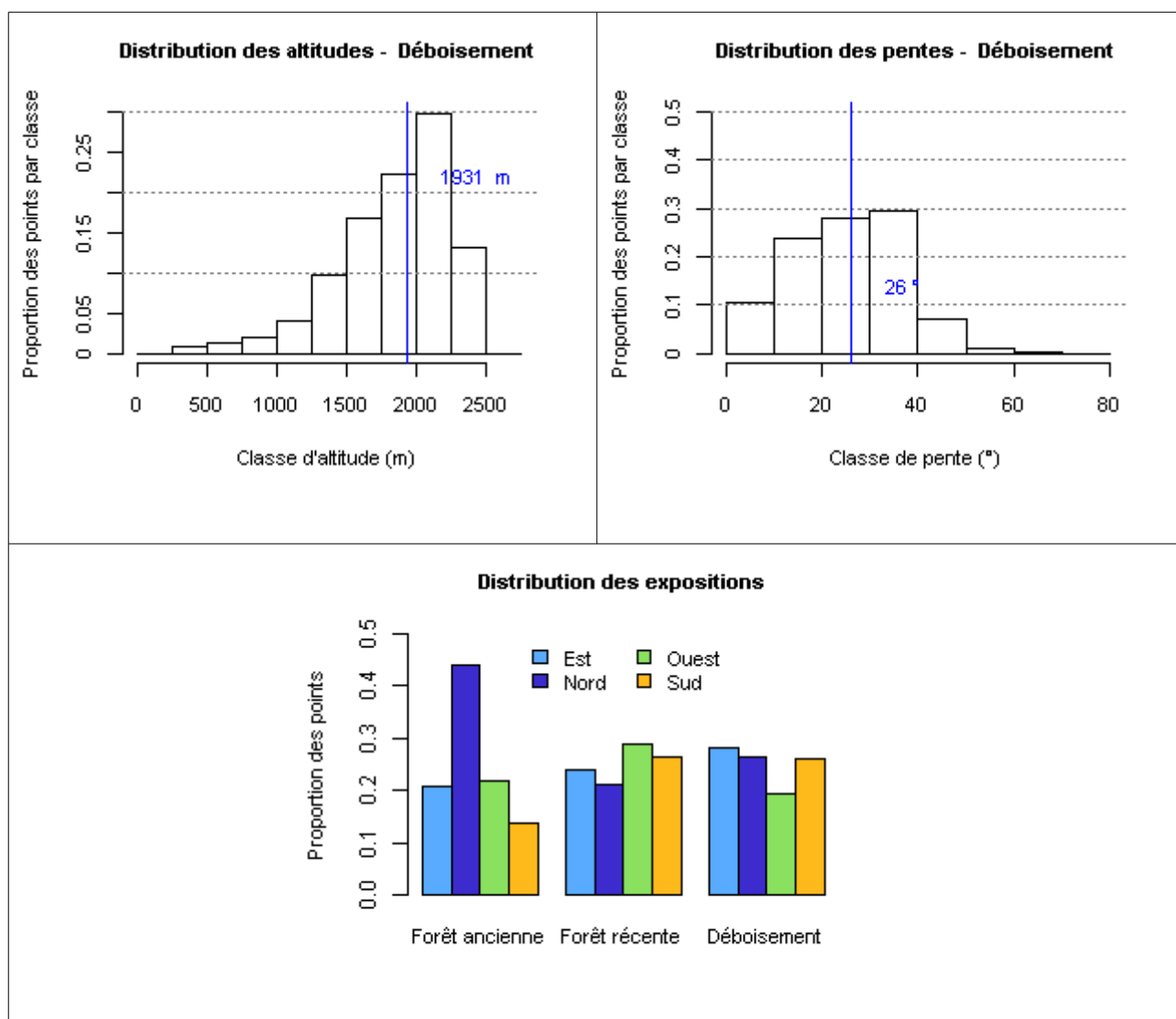
2.2. Propriété foncière





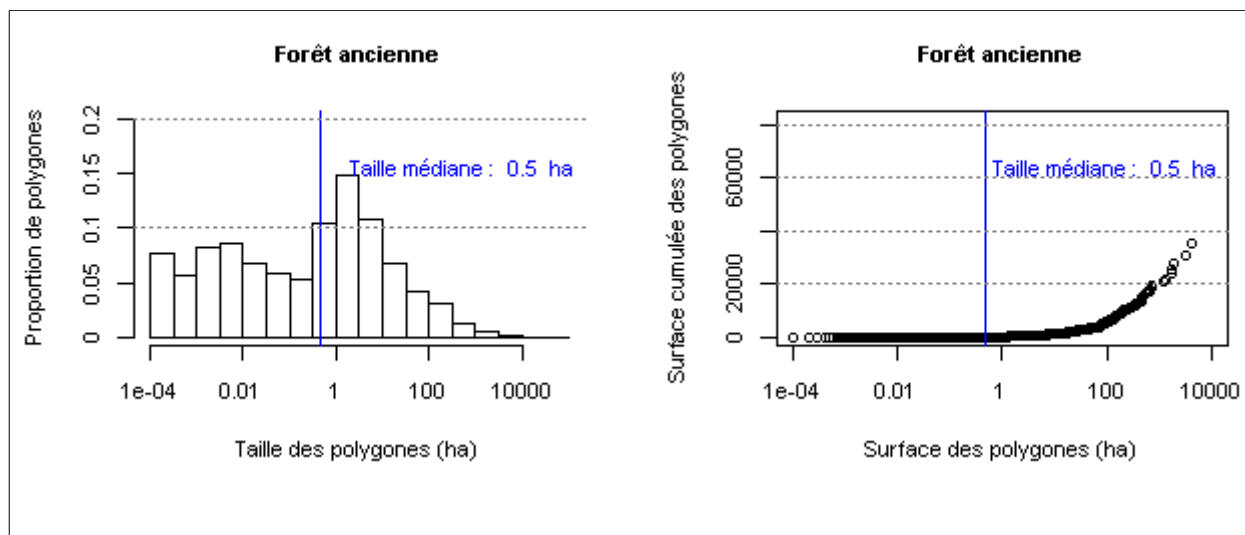
2.3. Facteurs environnementaux topographiques

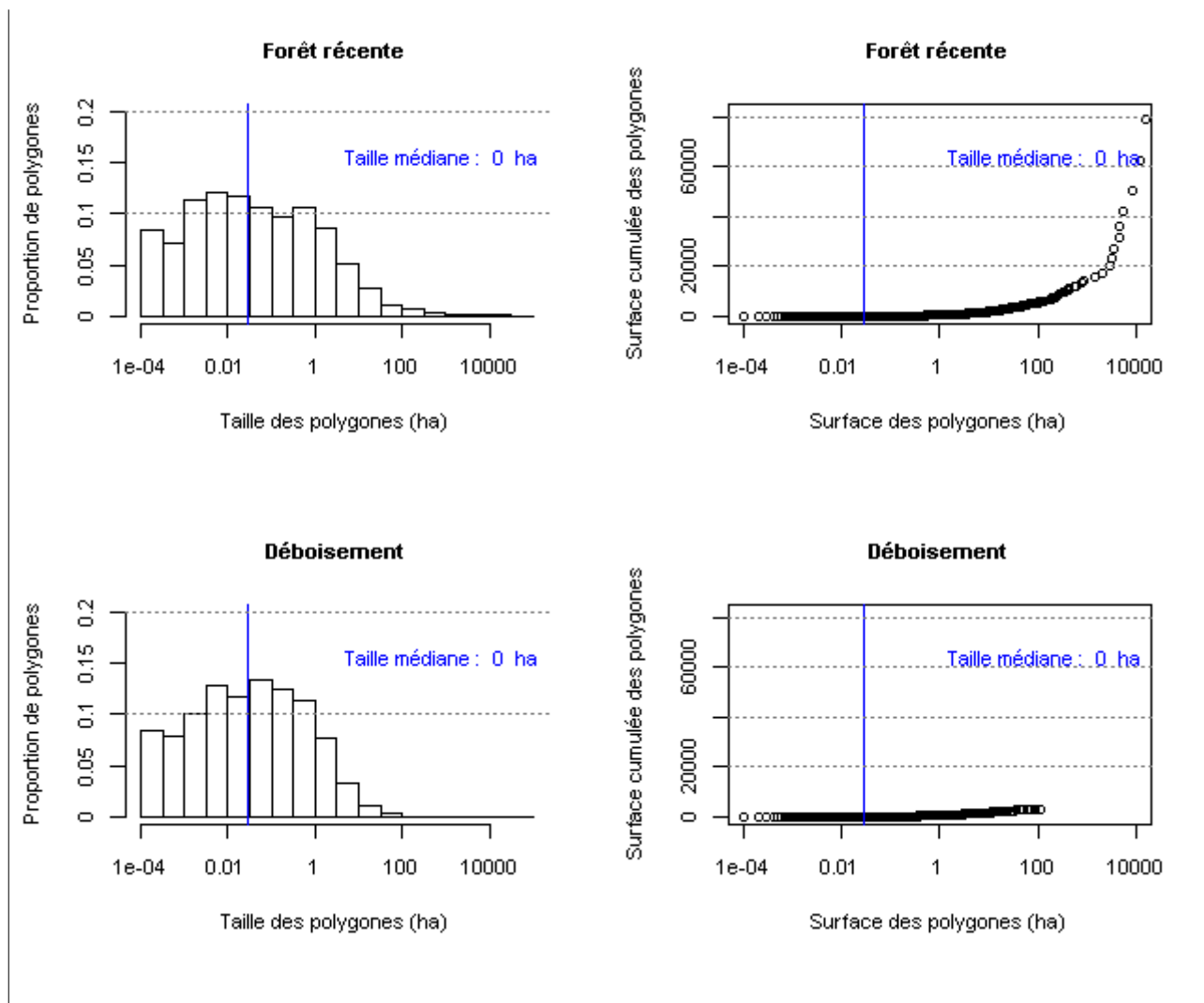




3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

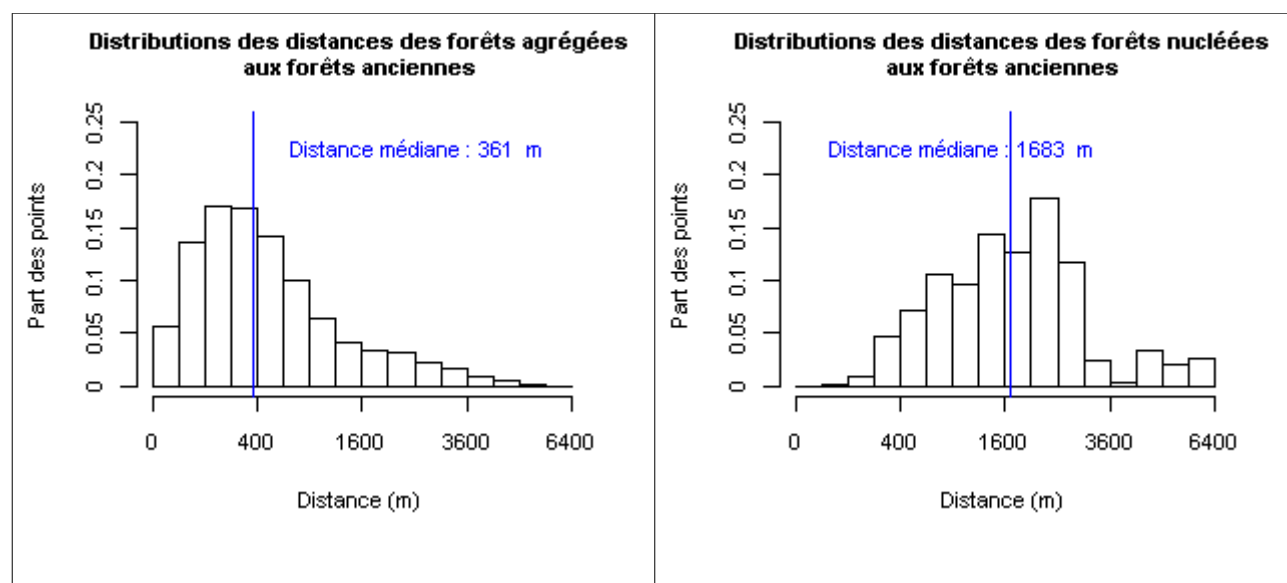
3.1. Analyse de la taille des polygones

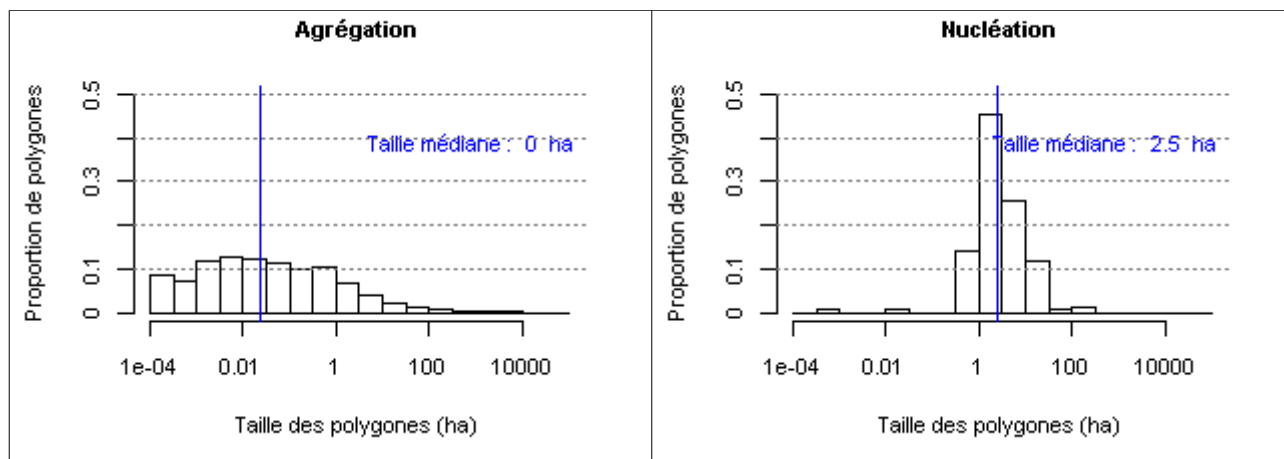




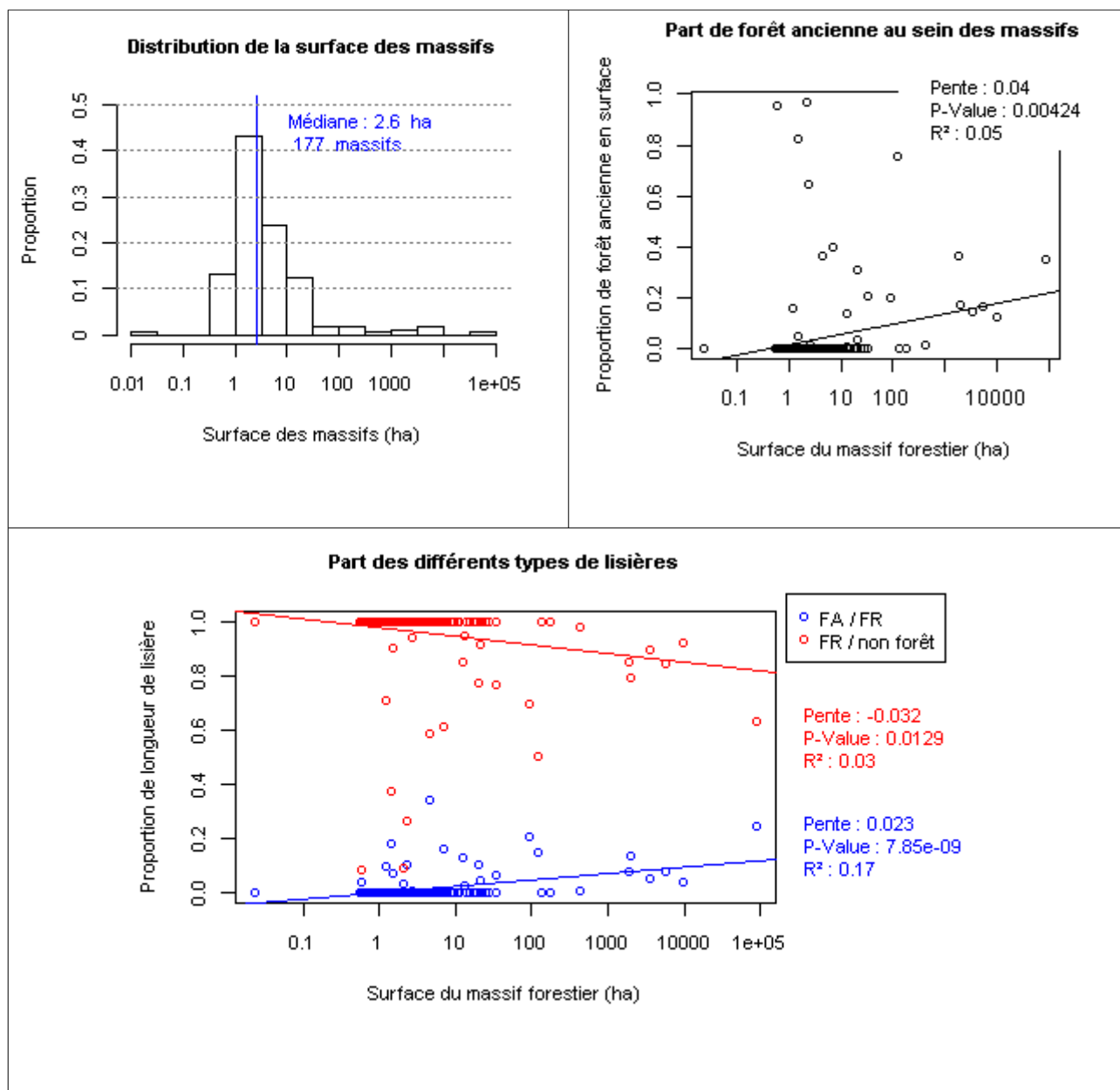
3.2. Agrégation et nucléation des forêts récentes

99 % de la surface de forêt récente est agrégée et 1 % nucléée.





3.3. Structure des massifs forestiers



Annexe 11 : Synthèse des résultats pour le PNC.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation des sols

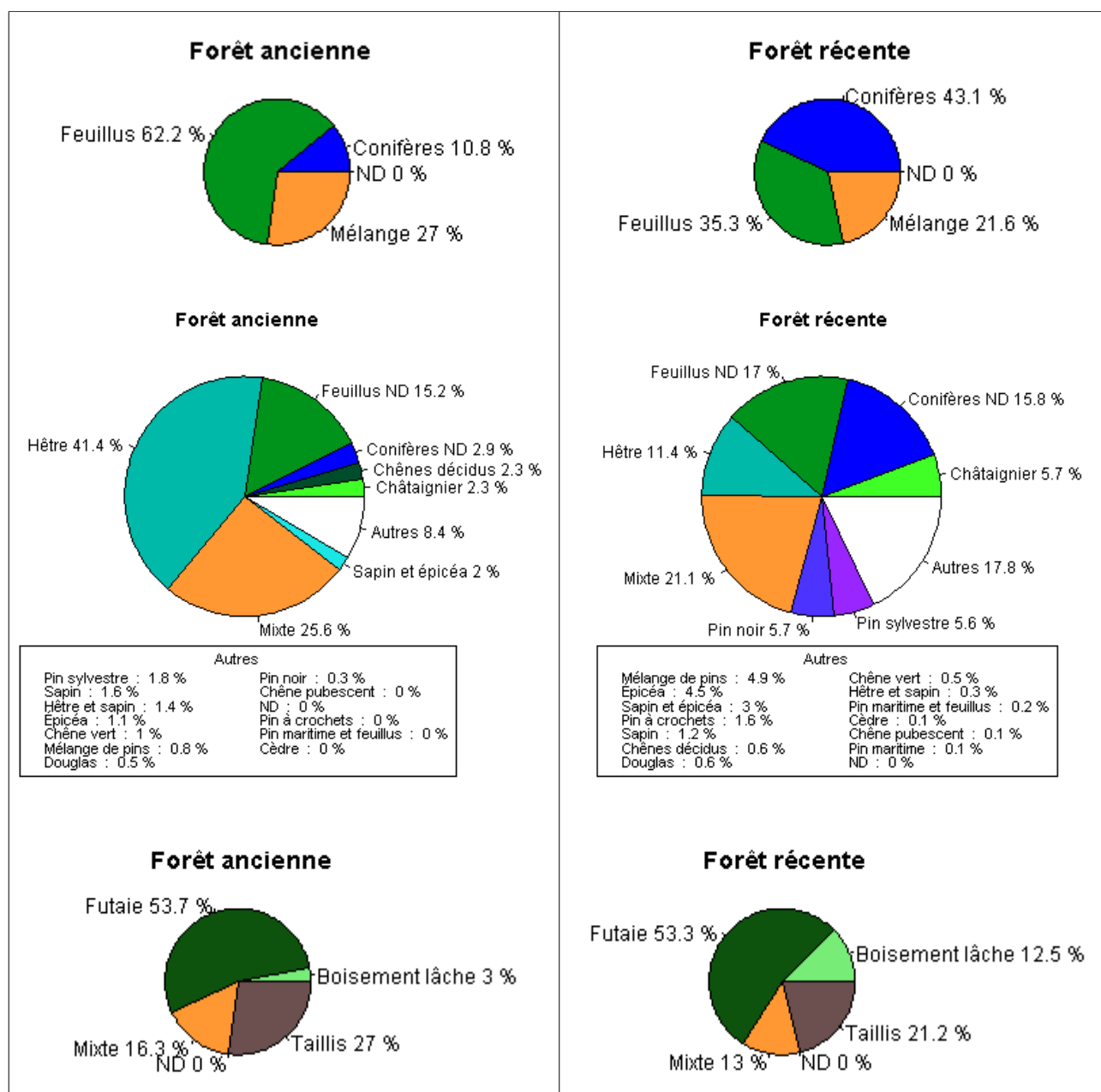
Surfaces (ha) <i>Origine des types actuels</i> <i>Évolution des types passés</i>		Occupation actuelle du sol						Total
		Feuillus	Conifères	Mélange	Lande	Formation herbacée	Autre non forestier	
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	7683	1334	3345	258	118	30	12769
		29,6%	5,7%	23,1%	1,8%	0,9%	1,0%	13,6%
		60,2%	10,5%	26,2%	2,0%	0,9%	0,2%	100%
	Pré	976	292	387	666	478	298	3098
		3,8%	1,2%	2,7%	4,8%	3,7%	10,2%	3,3%
		31,5%	9,4%	12,5%	21,5%	15,4%	9,6%	100%
	Autre	17293	21951	10740	13077	12193	2594	77848
		66,6%	93,1%	74,2%	93,4%	95,3%	88,8%	83,1%
		22,2%	28,2%	13,8%	16,8%	15,7%	3,3%	100%
	Total	25952	23577	14473	14001	12789	2922	93715
		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		27,7%	25,2%	15,4%	14,9%	13,6%	3,1%	100%

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

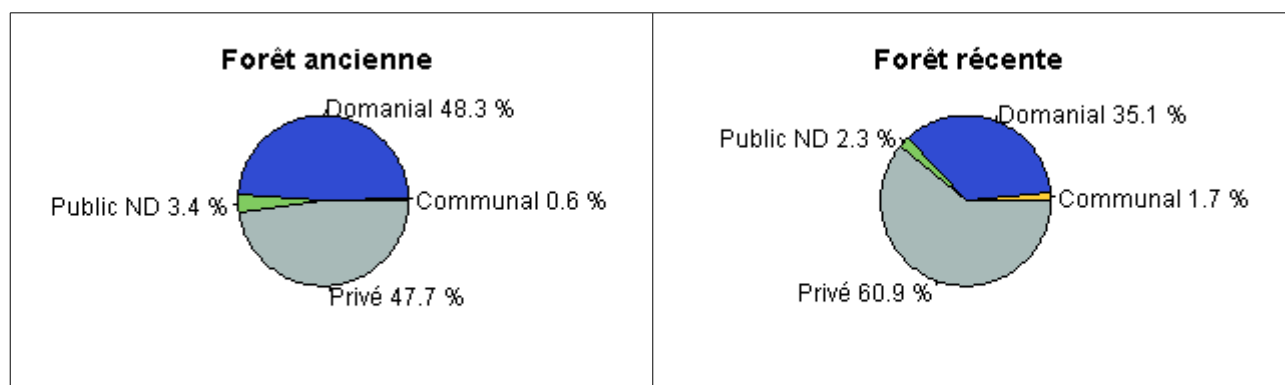
Surface (ha)		Type au XIX ^e siècle			
Part		Forestier	Non forestier	Total	
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle	Part ancienne de la forêt actuelle : 19,3%
		12344	51629	63973	
		13,2%	55,1%	68,3%	
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt	Part de la forêt du XIX ^e conservée : 96,9%
		389	29353	29741	
		0,4%	31,3%	31,7%	
Total	Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	Total	
		12732	80982	93714	
		13,6%	86,4%	100%	

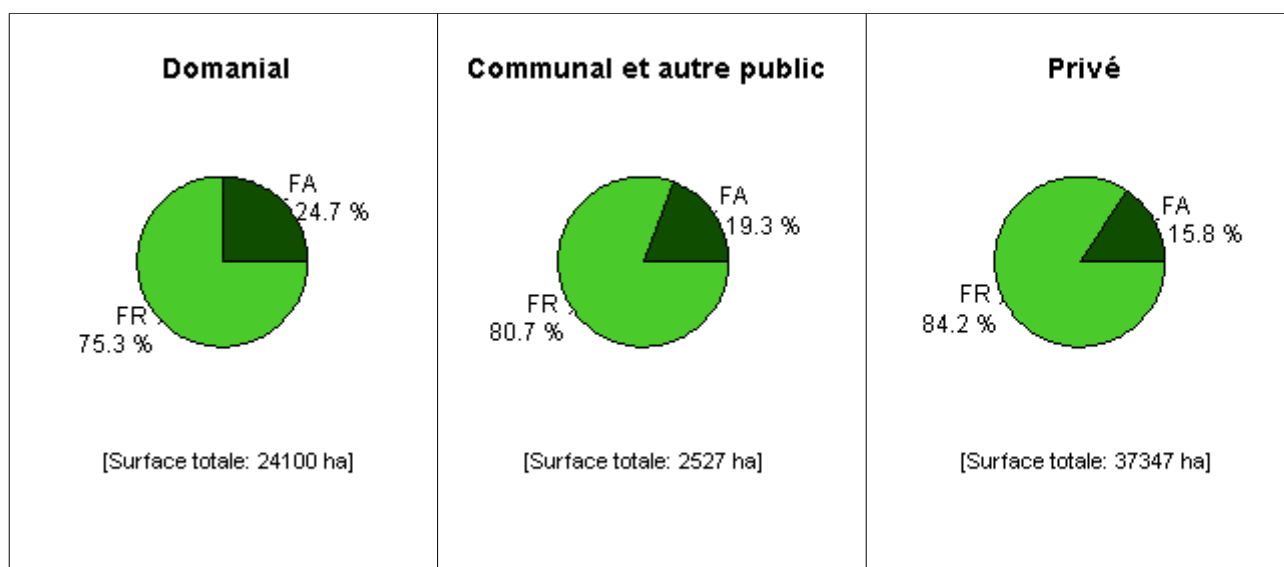
2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

2.1. Composition en essences et types de peuplements

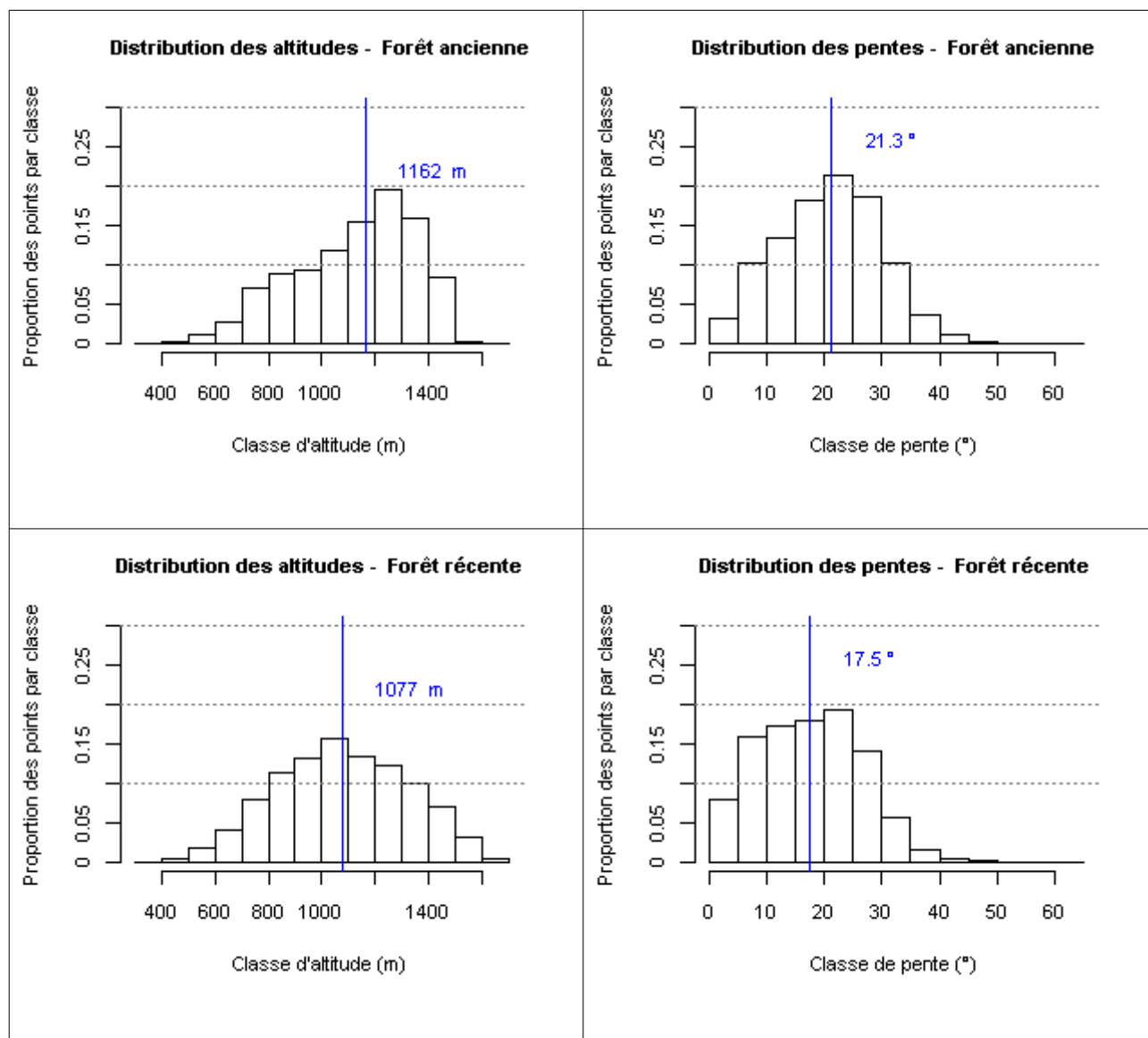


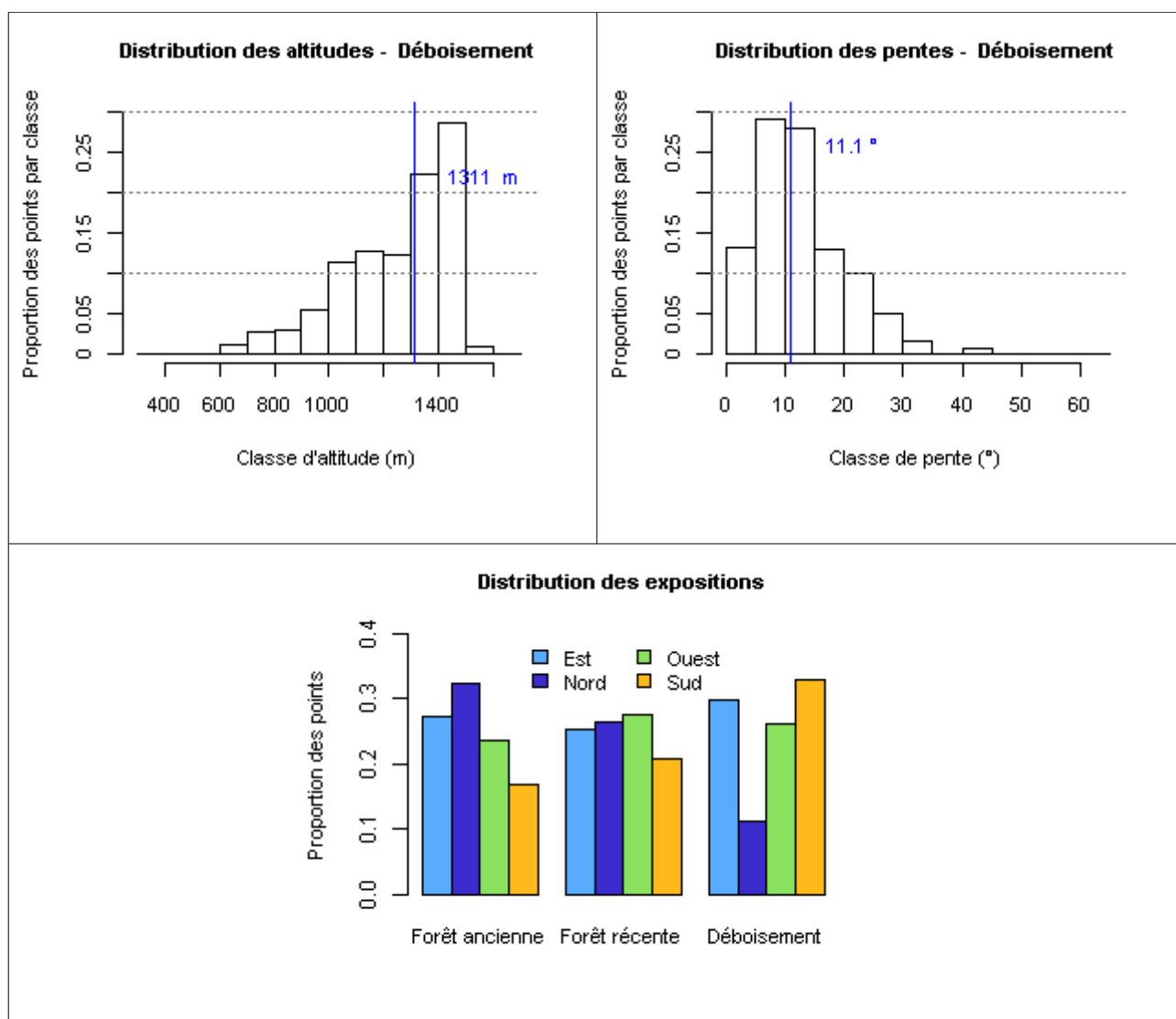
2.2. Propriété foncière





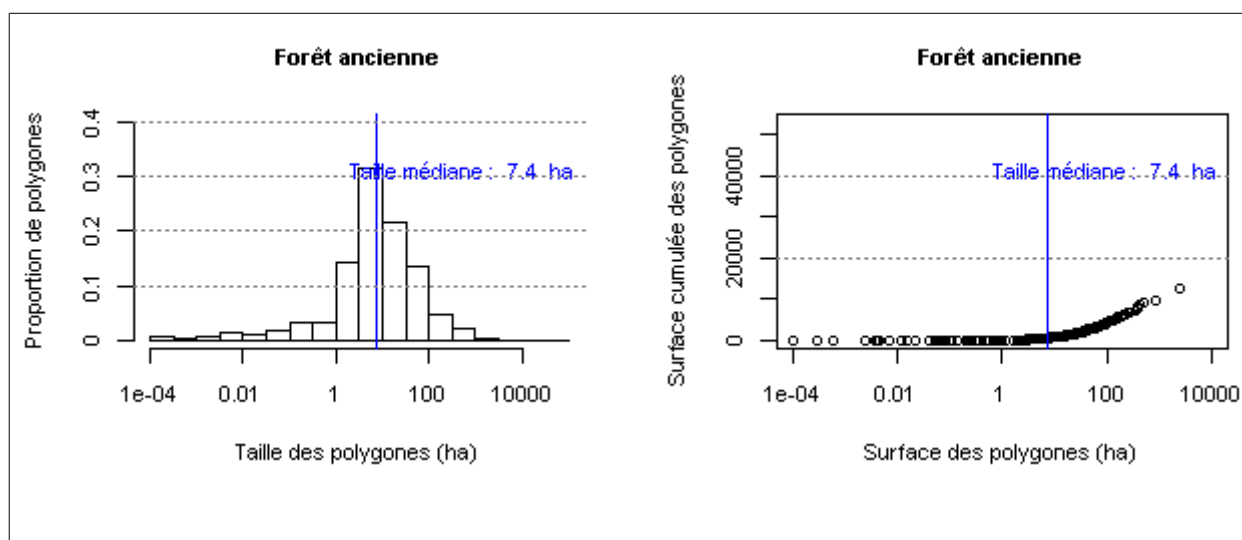
2.3. Facteurs environnementaux topographiques

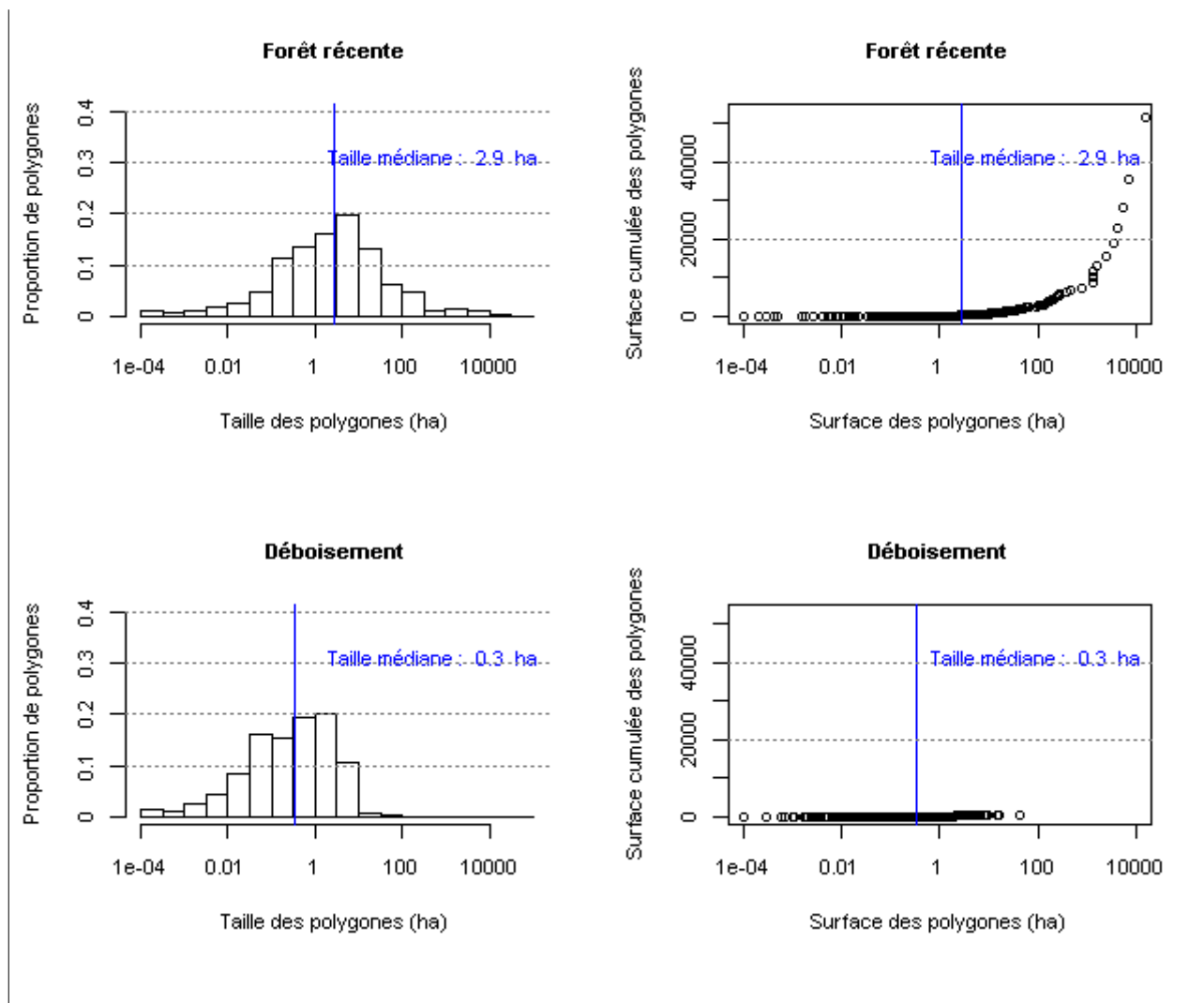




3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

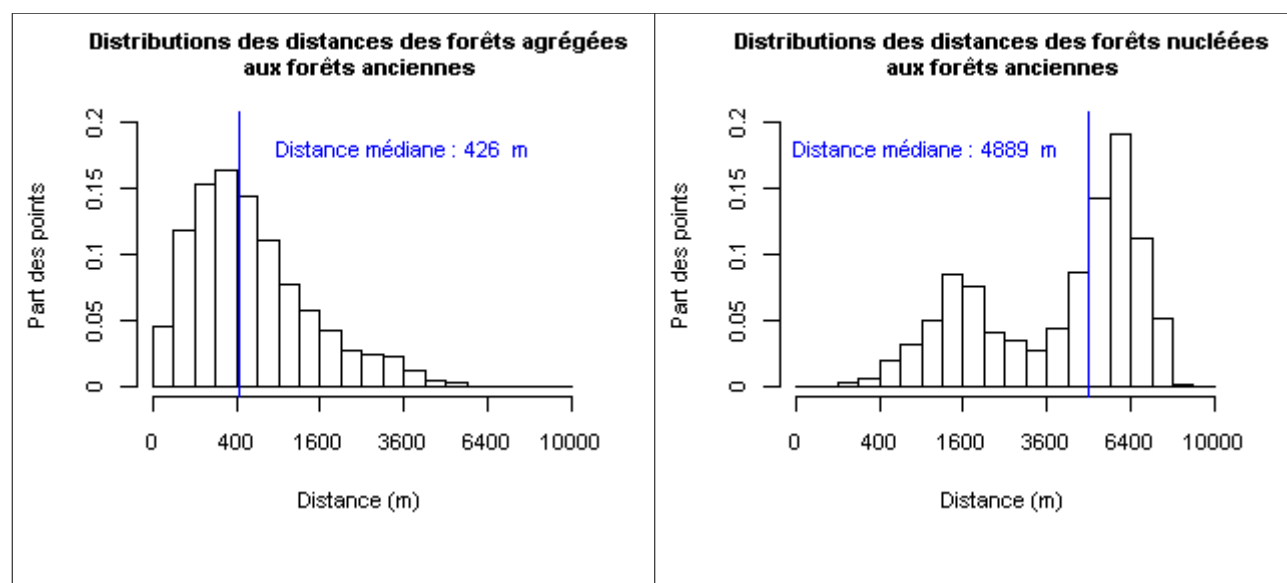
3.1. Analyse de la taille des polygones

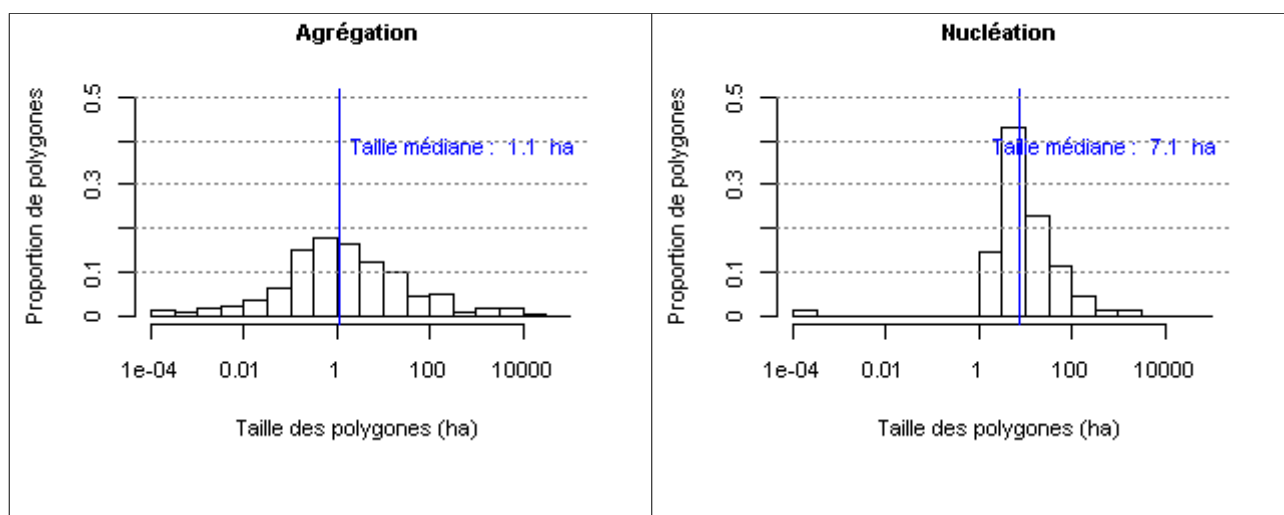




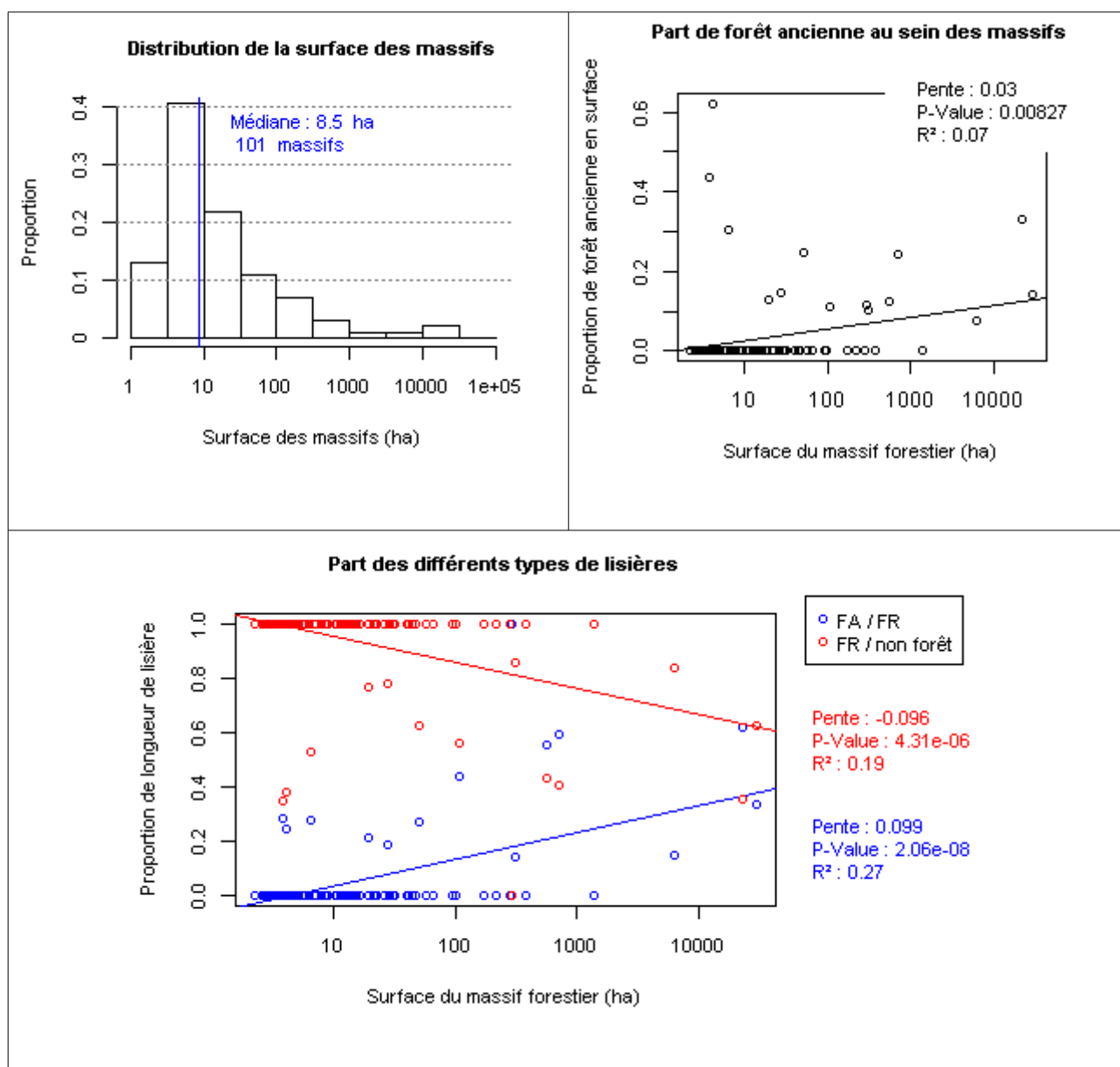
3.2. Agrégation et nucléation des forêts récentes

93 % de la surface de forêt récente est agrégée et 7 % nucléée.





3.3. Structure des massifs forestiers



Annexe 12 : Synthèse des résultats pour le GIP FCB.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation des sols

Surfaces (ha) <i>Origine des types actuels</i> <i>Évolution des types passés</i>		Occupation actuelle du sol					Total
		Feuillus	Conifères	Mélange	Lande	Autre	
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	87562	2893	2200	77	3692	96423
		83,9%	36,2%	21,1%	18,0%	3,1%	39,8%
		90,8%	3,0%	2,3%	0,1%	4%	100%
	Autre	16743	5109	8230	349	115293	145725
		16,1%	63,8%	78,9%	82,0%	96,9%	60,2%
		11,5%	3,5%	5,6%	0,2%	79%	100%
	Total	104305	8002	10430	426	118986	242154
		100%	100%	100%	100%	100%	100%
		43,1%	3,3%	4,3%	0,2%	49%	100%

* Les landes (couvert boisé inférieur à 10 %) identifiées dans la BD Forêt V1 correspondraient davantage à des pelouses sèches

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

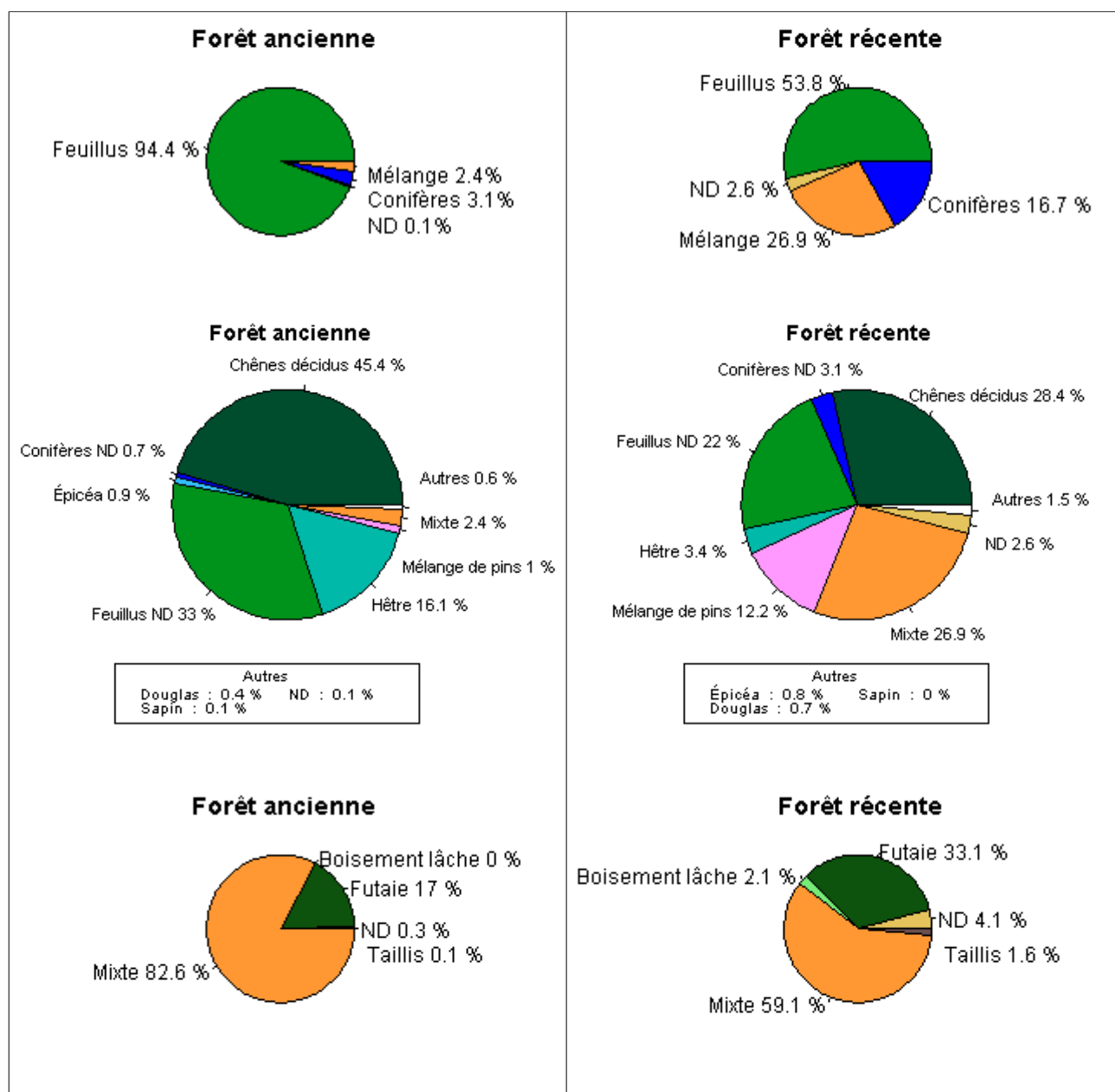
Surface (ha)		Type au XIX ^e siècle			Part ancienne de la forêt actuelle : 75,3% Part de la forêt du XIX^e conservée : 96,2%
Part	Forestier	Non forestier	Total		
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle	
		93051	30524	123575	
		38,4%	12,6%	51,0%	
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt	
		3701	114872	118574	
		1,5%	47,4%	49,0%	
Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	Total		
	96752	145396	242148		
	40,0%	60,0%	100%		

Part ancienne de la forêt
actuelle : 75,3%

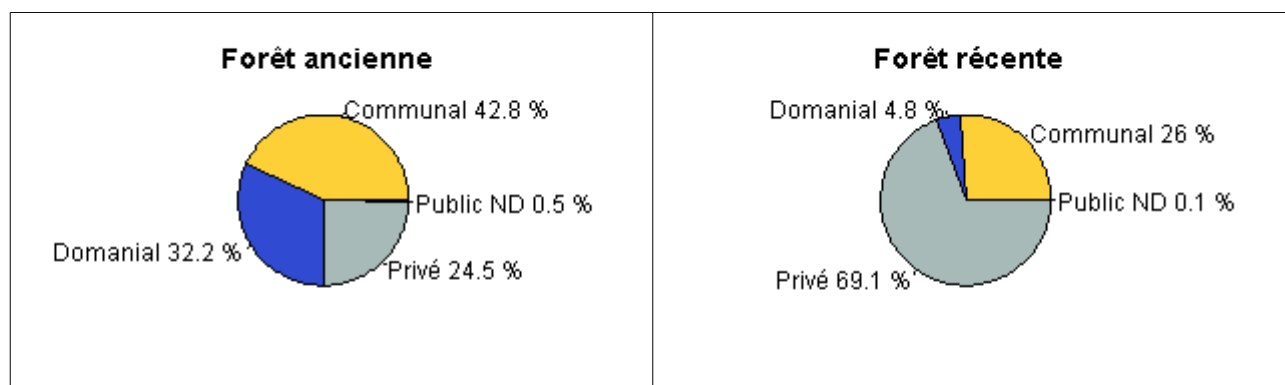
Part de la forêt du XIX^e
conservée : 96,2%

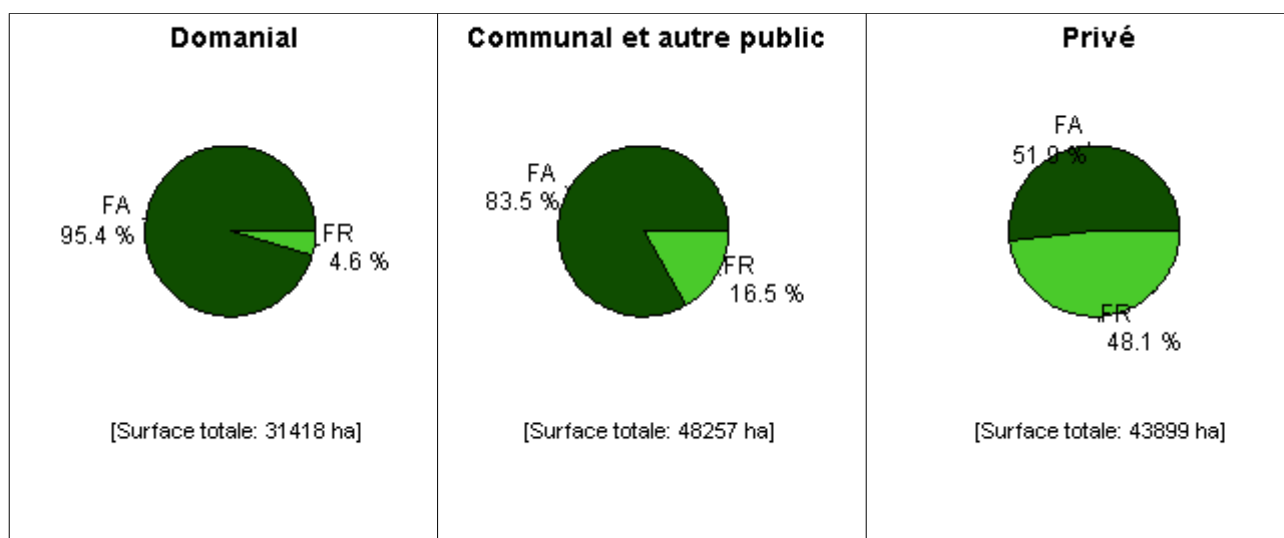
2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

2.1. Composition en essences et types de peuplements

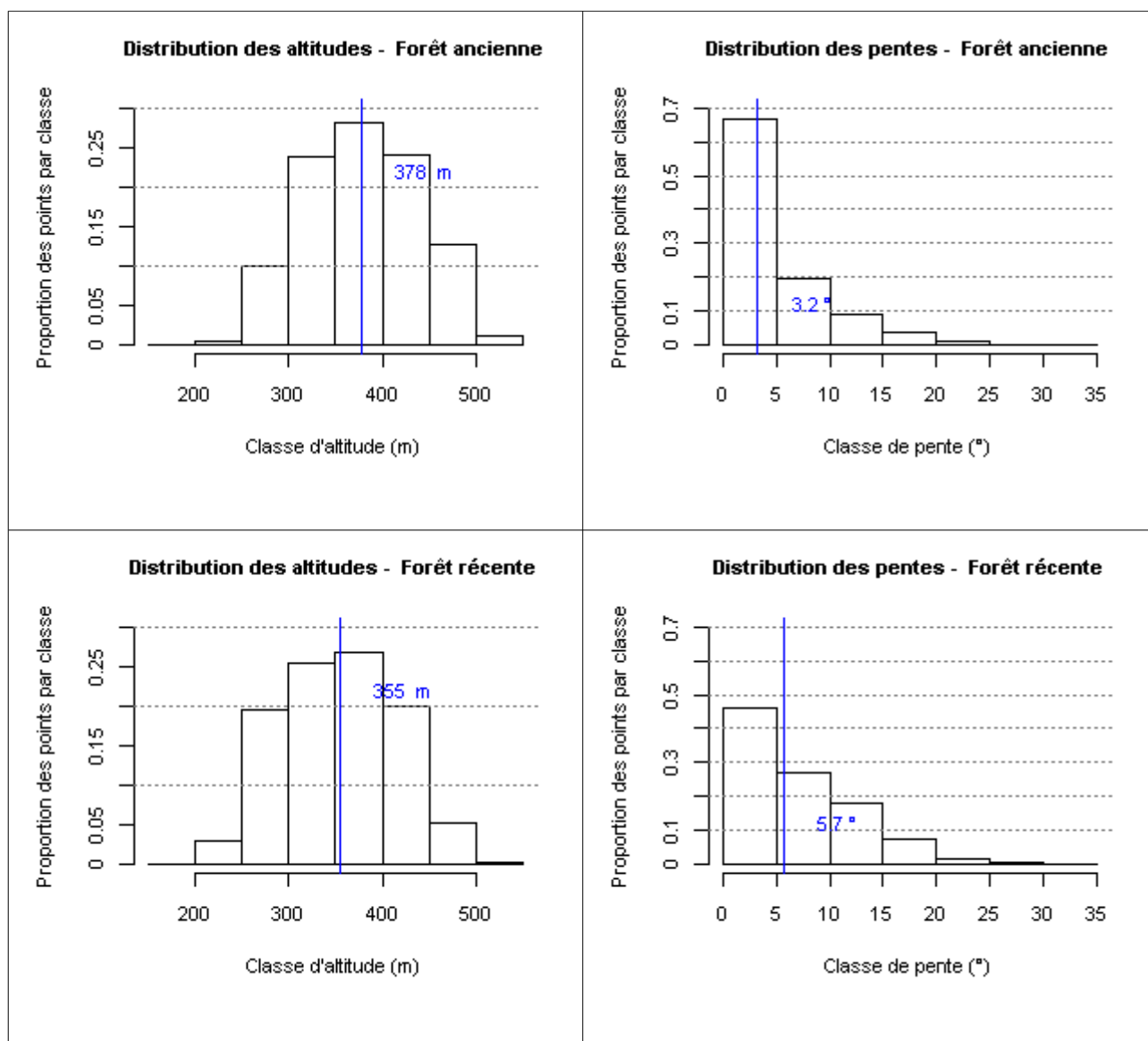


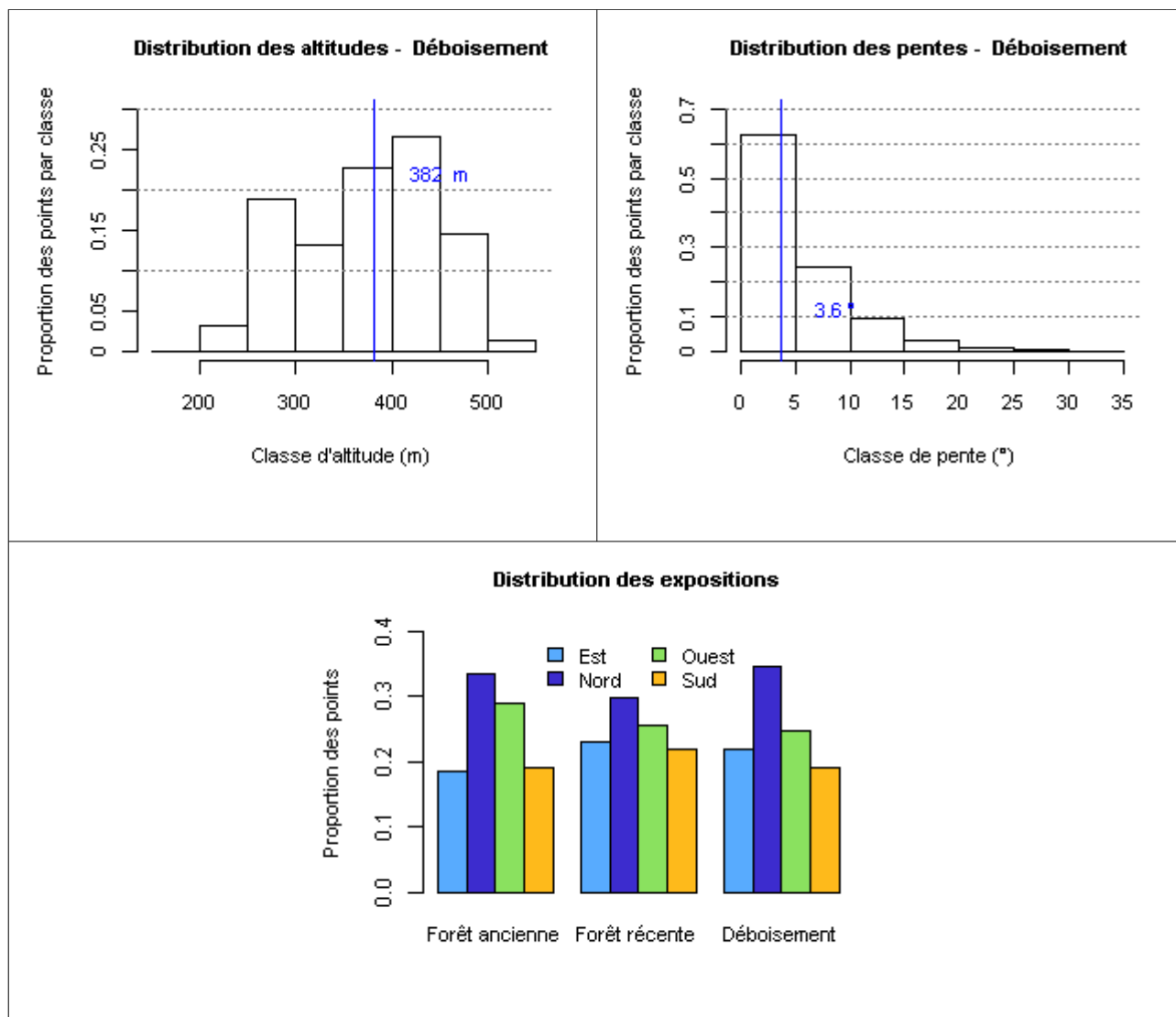
2.2. Propriété foncière





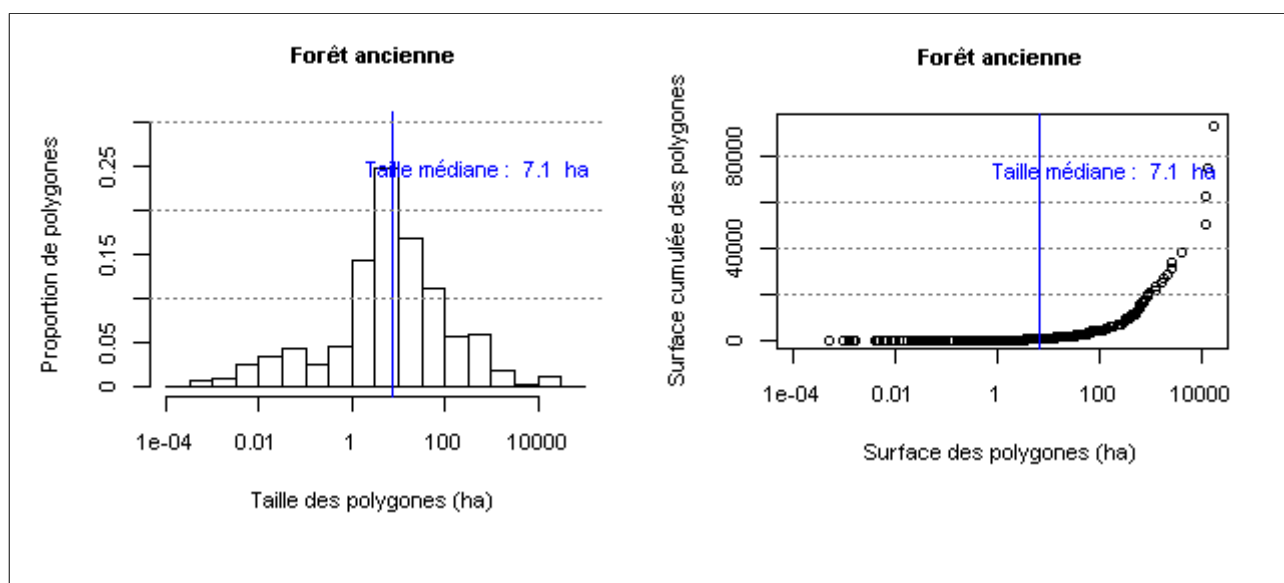
2.3. Facteurs environnementaux topographiques

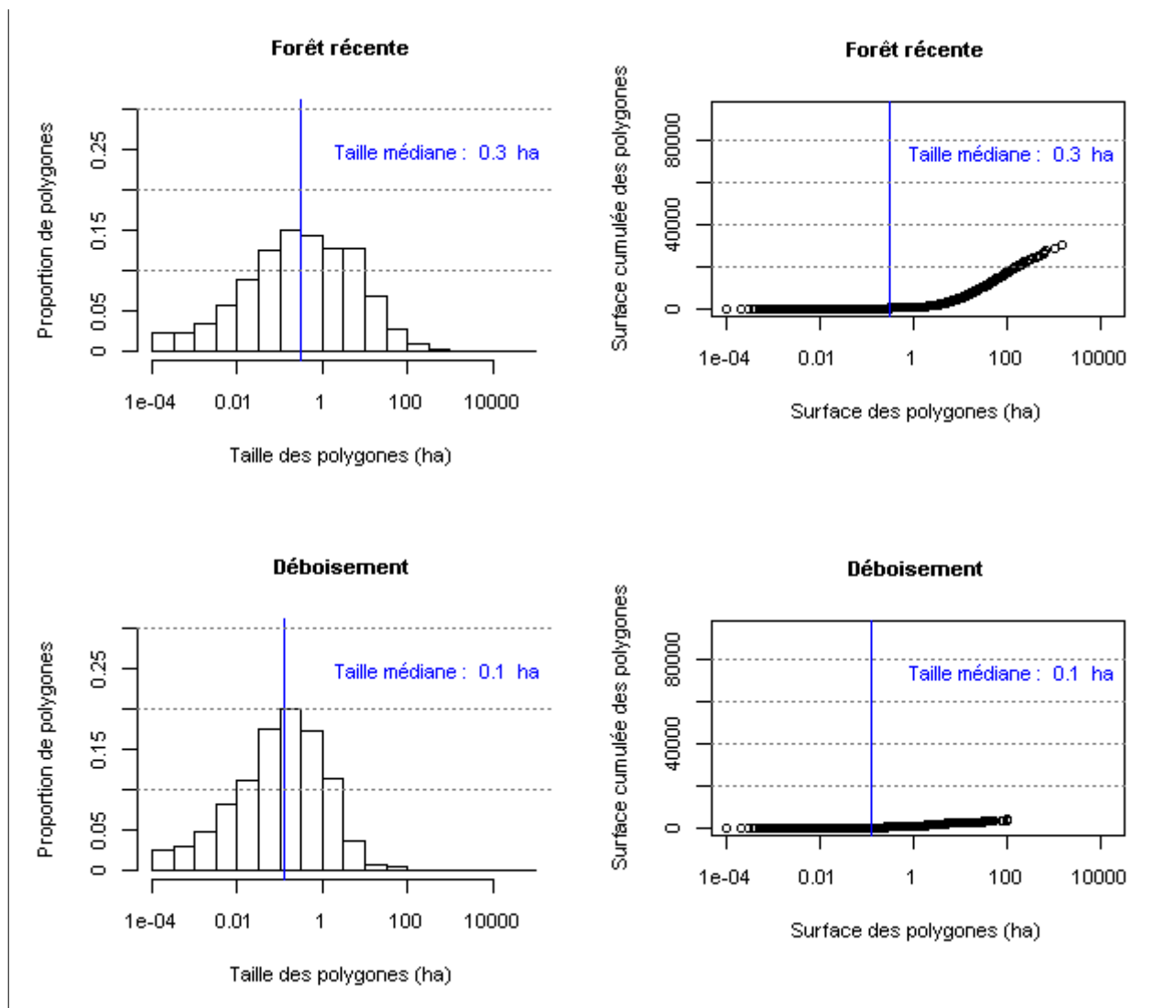




3. Caractérisation des évolutions forestières dans l'espace

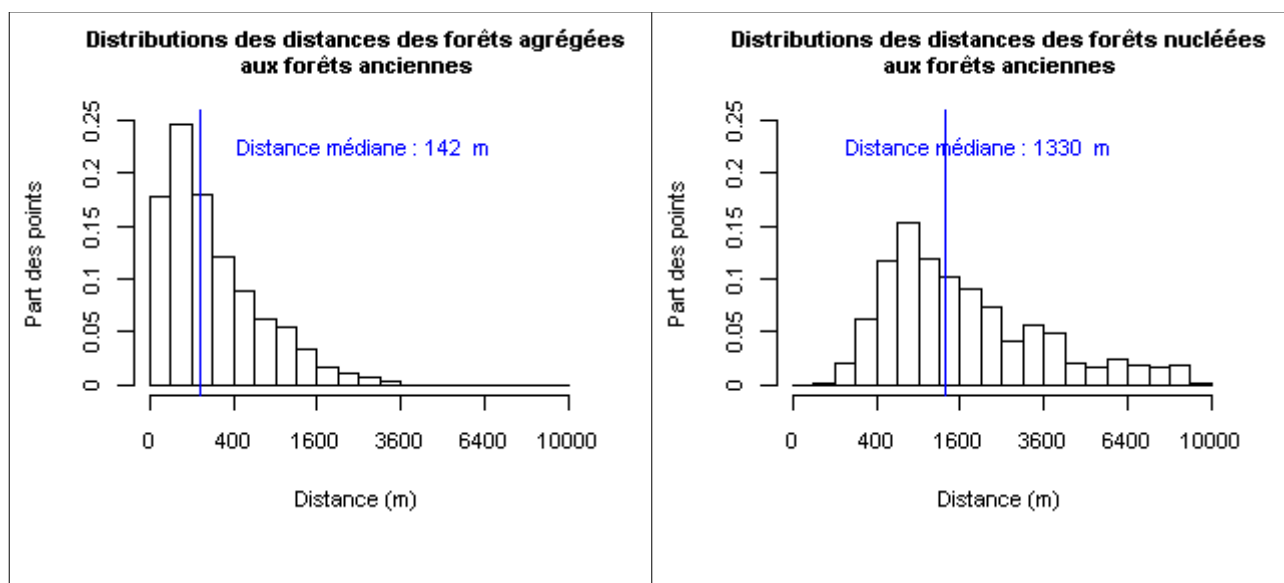
3.1. Analyse de la taille des polygones

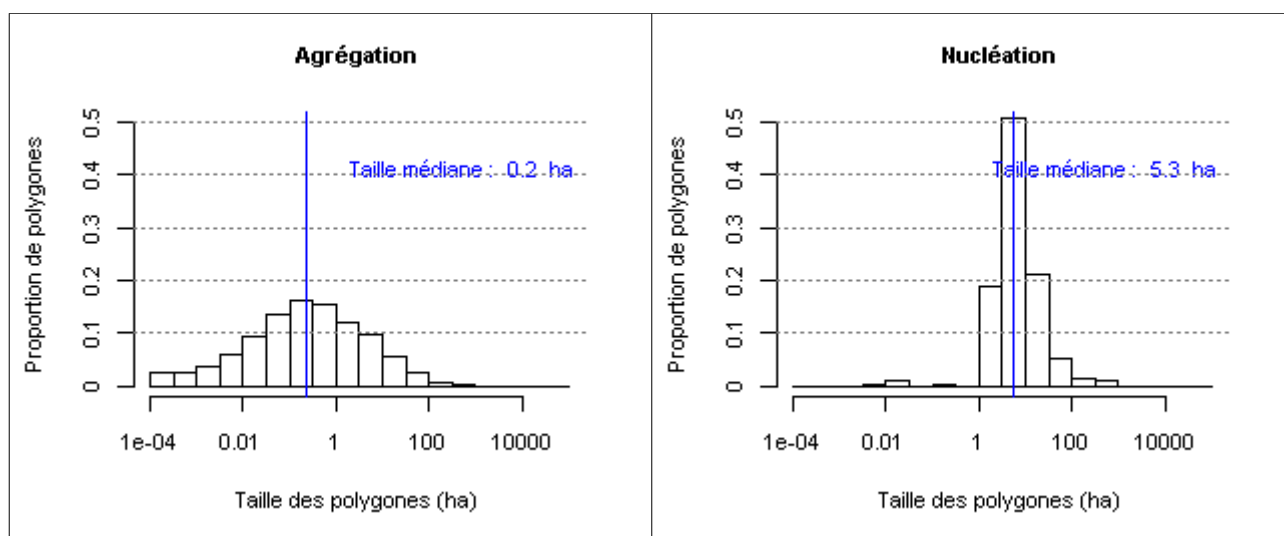




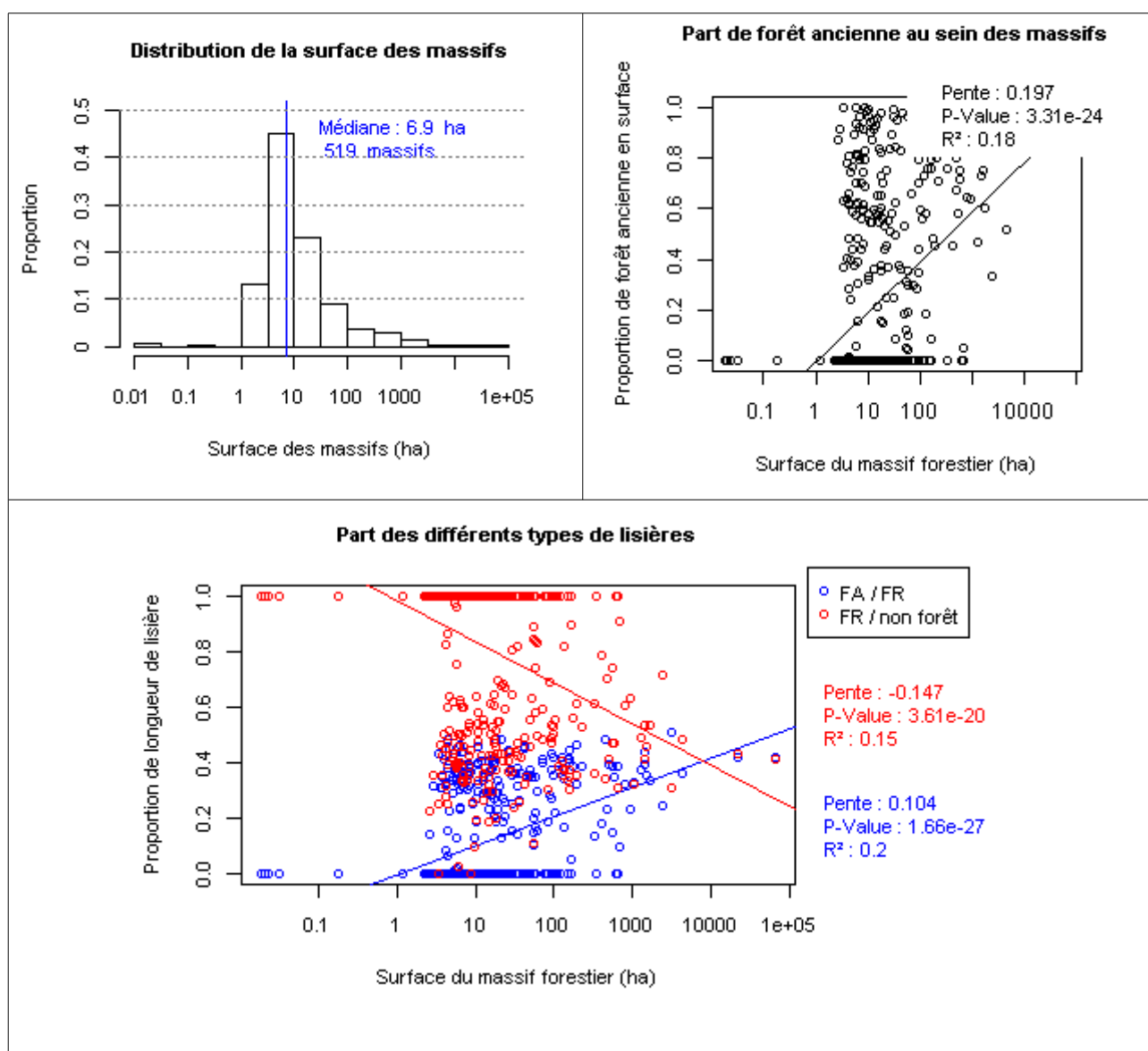
3.2. Agrégation et nucléation des forêts récentes

82 % de la surface de forêt récente est agrégée et 18 % nucléée.





3.3. Structure des massifs forestiers



Annexe 13 : Synthèse des résultats pour le PNPC.

1. Évolution de l'occupation des sols entre le XIX^e siècle et nos jours

1.1. Matrice des changements d'occupation des sols

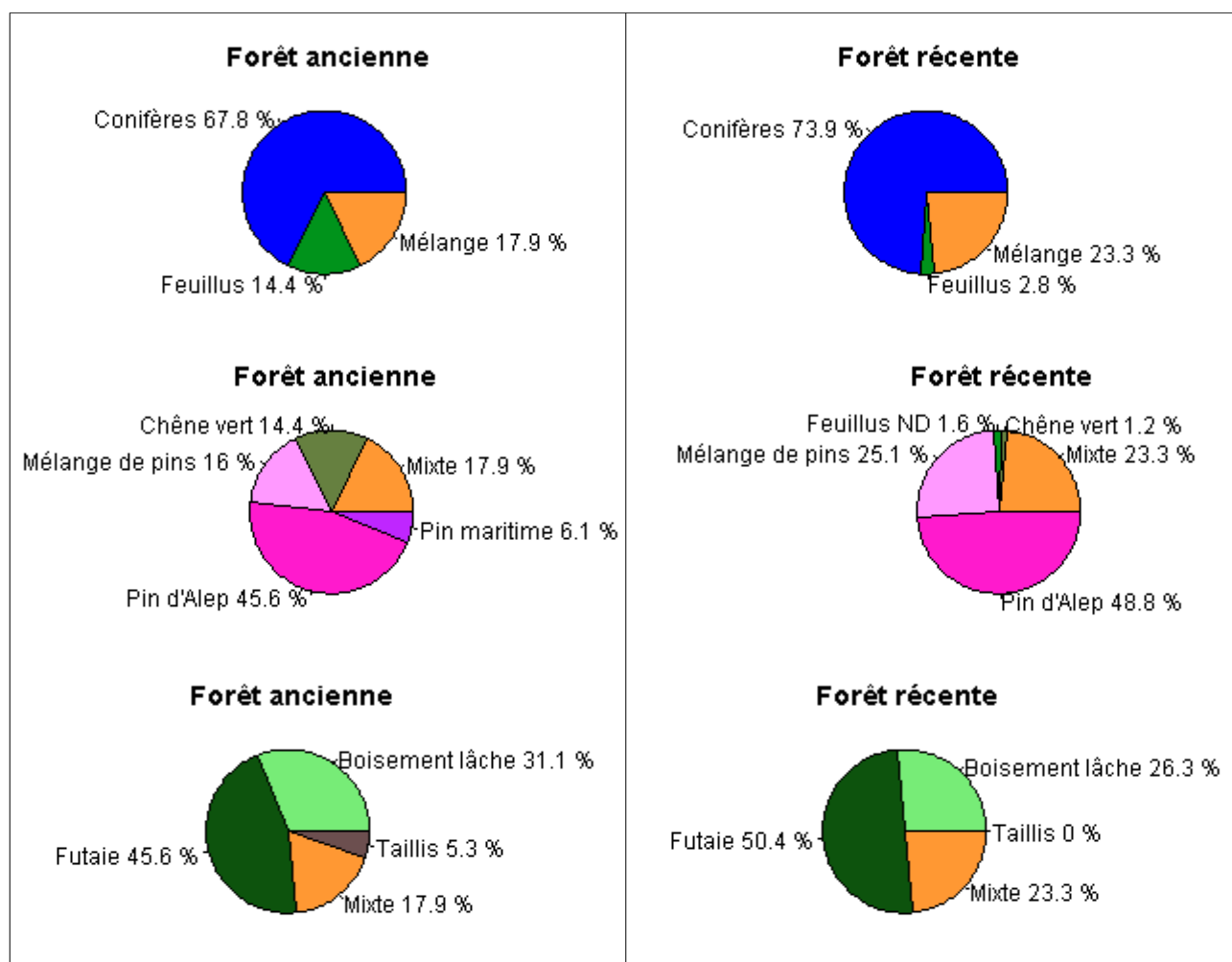
Surfaces (ha) <i>Origine des types actuels</i> <i>Évolution des types passés</i>		Occupation actuelle du sol					
		Feuillus	Conifères	Mélange	Lande	Autre	Total
Occupation du sol au XIX ^e siècle	Forêt	154	726	191	132	132	1335
		94,3%	75,0%	71,6%	53,4%	61,8%	71,8%
		11,5%	54,4%	14,3%	9,9%	9,9%	100%
	Cultures	3	6	1	2	30	42
		2,0%	0,6%	0,6%	0,7%	14,0%	2,3%
		7,6%	14,1%	3,5%	4,0%	70,9%	100%
	Pâtures	6	228	74	85	42	435
		3,6%	23,6%	27,6%	34,4%	19,7%	23,4%
		1,3%	52,5%	17,0%	19,5%	9,7%	100%
	Autre	0	7	1	28	10	47
		0,2%	0,8%	0,3%	11,5%	4,6%	2,5%
		0,6%	16,0%	1,8%	60,7%	21,0%	100%
Total	163	968	268	247	214	1859	
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	8,8%	52,0%	14,4%	13,3%	11,5%	100%	

1.2. Distinction et analyse des évolutions de l'état boisé

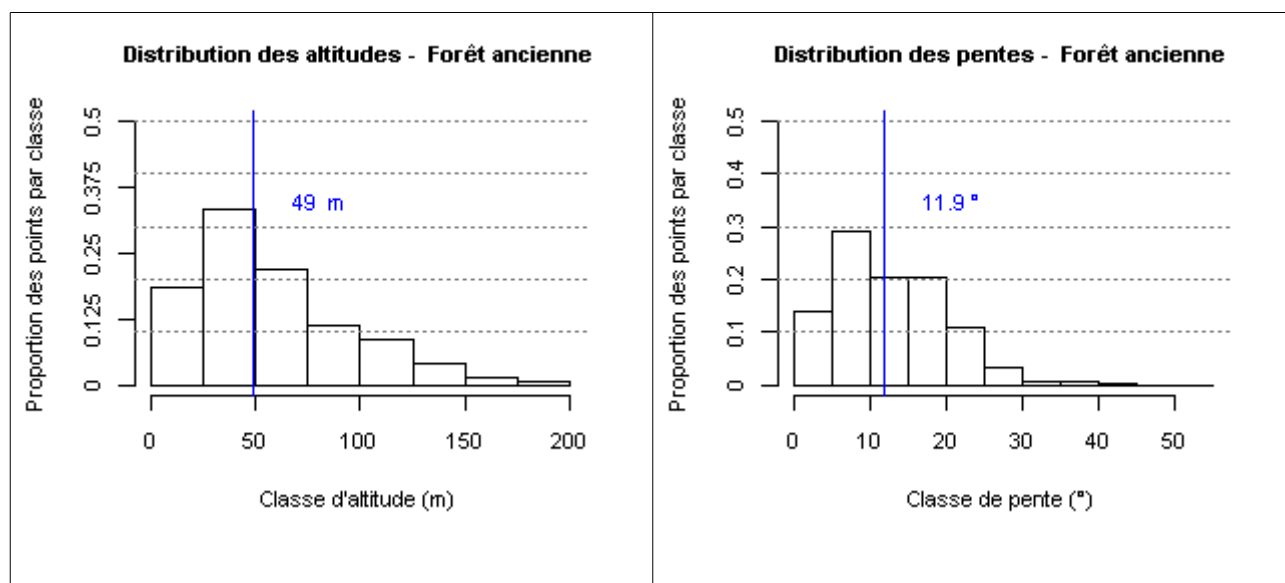
Surface (ha)		Type au XIX ^e siècle			
Part		Forestier	Non forestier	Total	
Type actuel	Forestier	Forêt ancienne	Forêt récente	Forêt actuelle	Part ancienne de la forêt actuelle : 76,7%
		1073	326	1398	
		57,7%	17,5%	75,2%	
	Non forestier	Déboisement	Autre	Non forêt	Part de la forêt du XIX ^e conservée : 80,2%
		265	196	461	
		14,3%	10,5%	24,8%	
	Total	Forêt XIX ^e	Non forêt XIX ^e	Total	
1338		521	1859		
72,0%		28,0%	100%		

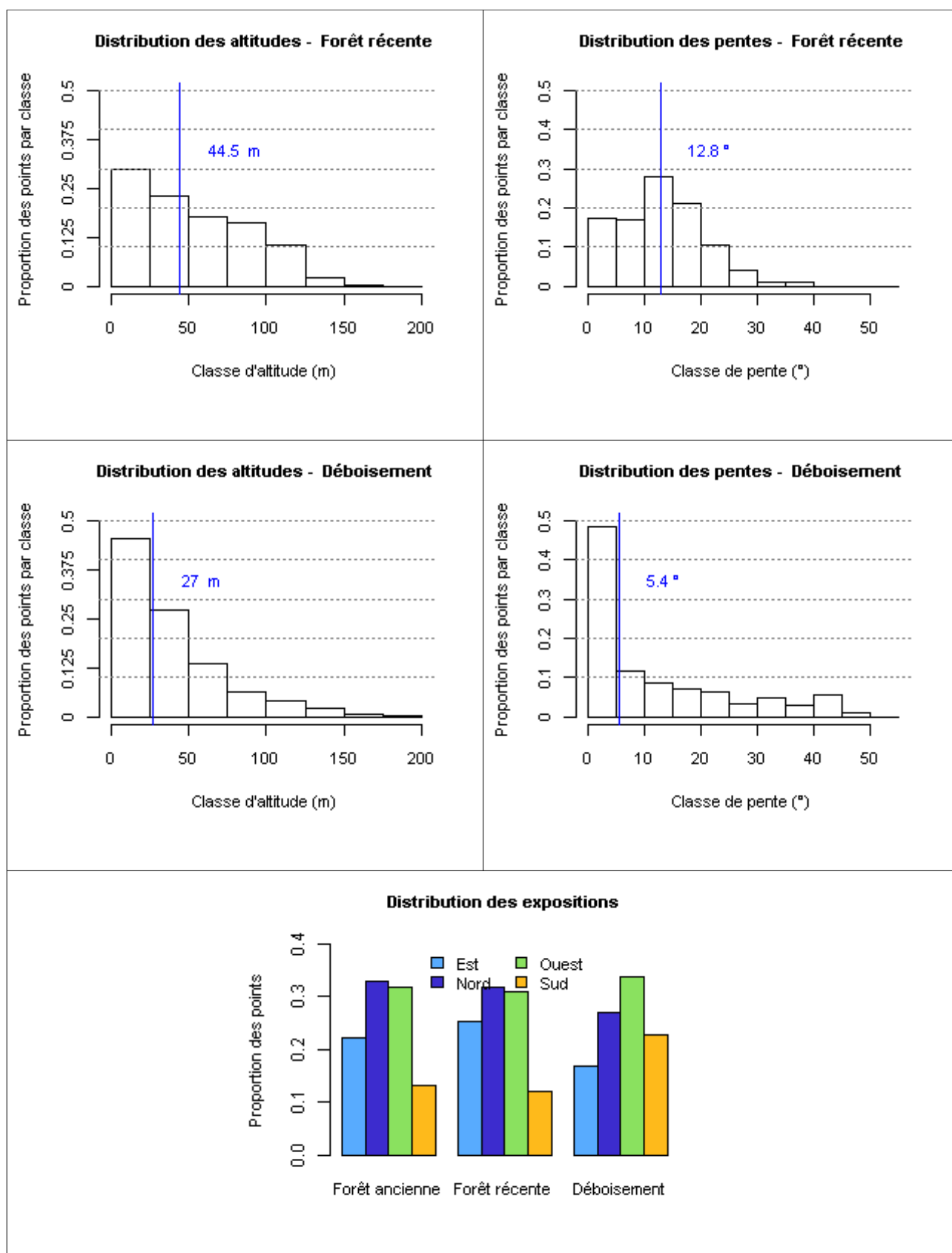
2. Comparaison des forêts anciennes et récentes

2.1. Composition en essences et types de peuplements



2.2. Facteurs environnementaux topographiques





Annexe 14 : Surfaces relatives corrigées par le traitement préalable des données.

PNV	Part corrigée agrégation	Part corrigée élimination	Part corrigée totale
Forêt ancienne	1,69%	0,00%	1,69%
Forêt récente	3,65%	0,00%	3,65%
Déboisement	-7,73%	0,00%	-7,73%
Autre	-0,50%	0,00%	-0,50%

PNP	Part corrigée agrégation	Part corrigée élimination	Part corrigée totale
Forêt ancienne	1,05%	-0,08%	0,97%
Forêt récente	1,71%	0,06%	1,77%
Déboisement	-2,79%	-0,37%	-3,14%
Autre	-0,67%	0,02%	-0,65%

PNM	Part corrigée agrégation	Part corrigée élimination	Part corrigée totale
Forêt ancienne	2,75%	-0,17%	2,58%
Forêt récente	0,38%	0,07%	0,45%
Déboisement	-1,21%	-0,17%	-1,37%
Autre	-1,23%	0,01%	-1,22%

PNC	Part corrigée agrégation	Part corrigée élimination	Part corrigée totale
Forêt ancienne	0,43%	-0,58%	-0,15%
Forêt récente	-0,09%	0,07%	-0,02%
Déboisement	0,43%	-4,75%	-4,34%
Autre	-0,04%	0,20%	0,16%

GIP FCB	Part corrigée agrégation	Part corrigée élimination	Part corrigée totale
Forêt ancienne	0,39%	-0,01%	0,38%
Forêt récente	-0,88%	0,00%	-0,88%
Déboisement	0,94%	-1,66%	-0,73%
Autre	-0,11%	0,06%	-0,05%

PNPC	Part corrigée agrégation	Part corrigée élimination	Part corrigée totale
Forêt ancienne	0,00%	0,10%	0,10%
Forêt récente	0,00%	-0,33%	-0,34%
Déboisement	0,00%	0,44%	0,44%
Autre	0,00%	-0,59%	-0,59%