

Mémoire de fin de stage

L'identification des forêts anciennes et matures et leur intégration la trame forestière du Parc Naturel Régional du Verdon

Encadré par :
BARRANDON Elsa et
CHAVY Dominique

**Dominante
d'approfondissement :**
Gestion des Milieux Naturels,
promotion 2018/2019

Enseignant référent :
LEBOURGEOIS François

AYACHE Gaëtan



Hêtraie mature rencontrée sur la commune d'Allons, en forêt domaniale de Chamatte (04) durant une de mes inspections de terrains.

Fiche signalétique d'un mémoire

rédigé dans le cadre d'études à AgroParisTech

Titre : L'identification des forêts anciennes et matures et leur intégration la trame forestière du Parc Naturel Régional du Verdon

Auteur : Gaëtan AYACHE

Mots clés : forêt ancienne, forêt mature, continuité écologique, trame verte bleue, sous-trame forestière.

Dominante d'approfondissement X

Date de fin de rédaction : 25 Octobre 2019

Caractéristiques : 1 volume; 110 pages ; 17 figures ; 19 annexes ; 21 annexes cartographiques ; bibliographie.

Organisme d'accueil : Parc Naturel Régional du Verdon

Nom du maître de stage : Elsa BARRANDON, Dominique CHAVY

Fonctions dans l'organisme : Stagiaire

Nom du référent AgroParisTech : François LEBOURGEOIS

Résumé français :

Pour réaliser la sous-trame forestière, partie intégrante de la trame verte et bleue, le Parc Naturel Régional du Verdon s'est lancé dans l'identification des forêts anciennes et matures. Ces forêts sont qualifiées de réservoirs de biodiversité forestière pour leur fort potentiel d'accueil de la biodiversité.

Pour identifier les forêts anciennes, une étude des cartes anciennes de l'État-Major a été réalisée sous outils SIG. Ce travail a montré que 50 000 hectares de forêts présumées anciennes sont présents sur le territoire du Parc. Ces forêts sont encore mal connues et nécessitent un travail approfondi, comme des inventaires, pour mieux les appréhender. L'identification des forêts matures a été entreprise en s'appuyant sur la connaissance du territoire des gestionnaires forestiers et en réalisant un inventaire de terrain. Cette concertation a montré que peu de forêts matures sont présentes sur le territoire, majoritairement à cause d'une forte pression sur la forêt au XIX^e siècle (coupes, pâturage, défrichement...). Seulement 69 zones potentiellement matures ont été identifiées. Ce sont ces sites qui ont été utilisés pour construire la trame forestière.

Ces deux types de forêt ont été intégrés au sein de la sous-trame forestière en les structurant selon leurs enjeux. La trame présente alors des corridors de forêt récente et des corridors de forêt ancienne pour permettre de connecter les forêts anciennes au reste du réseau. Ces mêmes corridors permettent de relier les réservoirs de biodiversité entre eux, assurant alors une continuité écologique et permettant les déplacements des espèces forestières sur tout le réseau.

À terme, cette trame permettra de mieux prendre en compte les déplacements des espèces dans les aménagements, en mettant en place une démarche de gestion intégrative avec les gestionnaires. Un fort travail de collaboration est donc à mettre en place pour pérenniser ce projet.

Résumé

Pour réaliser la sous-trame forestière, partie intégrante de la trame verte et bleue, le Parc Naturel Régional du Verdon s'est lancé dans l'identification des forêts anciennes et matures. Ces forêts sont qualifiées de réservoirs de biodiversité forestière pour leur fort potentiel d'accueil de la biodiversité.

Pour identifier les forêts anciennes, une étude des cartes anciennes de l'État-Major a été réalisée sous outils SIG. Ce travail a montré que 50 000 hectares de forêts présumées anciennes sont présents sur le territoire du Parc. Ces forêts sont encore mal connues et nécessitent un travail approfondi, comme des inventaires, pour mieux les appréhender. L'identification des forêts matures a été entreprise en s'appuyant sur la connaissance du territoire des gestionnaires forestiers et en réalisant un inventaire de terrain. Cette concertation a montré que peu de forêts matures sont présentes sur le territoire, majoritairement à cause d'une forte pression sur la forêt au XIX^e siècle (coupes, pâturage, défrichement...). Seulement 69 zones potentiellement matures ont été identifiées. Ce sont ces sites qui ont été utilisés pour construire la trame forestière.

Ces deux types de forêt ont été intégrés au sein de la sous-trame forestière en les structurant selon leurs enjeux. La trame présente alors des corridors de forêt récente et des corridors de forêt ancienne pour permettre de connecter les forêts anciennes au reste du réseau. Ces mêmes corridors permettent de relier les réservoirs de biodiversité entre eux, assurant alors une continuité écologique et permettant les déplacements des espèces forestières sur tout le réseau.

À terme, cette trame permettra de mieux prendre en compte les déplacements des espèces dans les aménagements, en mettant en place une démarche de gestion intégrative avec les gestionnaires. Un fort travail de collaboration est donc à mettre en place pour pérenniser ce projet.

Abstract

To purchase the forest part of the green and blue belt network, the Regional Natural Park of the Verdon has begun the identification of ancient forest and old growth forest on its territory. These types of forests are considered as biodiversity pools, for their high capacities to welcome forest fauna and flora.

To identify ancient forests, we used GIS tools to select forest zones on an ancient map from the 19th century (*Etat-Major* in French). It showed that there are 50.000 hectares of assumed ancient forests on the Park territory. Due to the lack of data, those forests are still misunderstood and the Park needs to propose naturalists and forests inventories to improve knowledge and preservation capacities. The identification of old growth forest has been done with the help of forest manager, completed with a field work session. This type of forest is rare in the Verdon, because of a huge pressure (logging, pasture, clearing...) on forest back in the 19th century. Only 69 potentially mature zones have been found. Those sites are the biodiversity pools used in the green and blue belt network.

To construct the forest belt network, we used those biodiversity pools and other protected land. The ancient forests were considered as ecological corridor of ancient forest to assure their connectivity with the rest of the network. The recent forests were used as ecological corridor of recent forests. Those corridors are the ecological connection between each biodiversity pools, allowing the dispersion of forest species in this network.

This map of the forest belt network will be a very powerful tool for the land manager. It allows them to better understand and to deal with ecological issues as land connectivity and land preservation.

Engagement de non-plagiat

① Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive ; recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

② Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages *in extenso*, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

③ Sanctions

- En cas de manquement à ces consignes, la DEVE ou le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

④ Engagement

Je soussigné AYACHE Gaëtan,

reconnais avoir lu et m'engage à respecter l'engagement de non-plagiat.

À Neuilly-sur-Marne le 19/09/2019.

Signature :



Remerciements

Je remercie tout d'abord Elsa BARRANDON pour m'avoir permis de réaliser ce stage et m'avoir accordé sa confiance sur cette mission. Merci pour tes conseils, ta sympathie, ton soutien sans faille et le temps que tu as su m'accorder !

Je remercie sincèrement Dominique CHAVY, pour sa confiance, ses conseils et pour le temps qu'il a su m'accorder dans les dernières semaines de mon stage et même après. Merci pour tout !

Un grand merci à mes collègues de bureau Alexandra et Marc, pour leur compagnie et leur bonne humeur. Je remercie de plus toute l'équipe du Parc du Verdon pour leur accueil. Ce fut un grand plaisir de travailler avec vous et de vous côtoyer pendant ces 6 mois. Une pensée spéciale pour Jean-Carole SPAT, pour son accueil et la bonne humeur qu'il met dans l'équipe.

Je remercie sincèrement toutes les personnes extérieures au Parc qui ont contribué à l'avancée de ce stage. Plusieurs agents de l'ONF, du CRPF et de l'ONCFS ont accordé un fort intérêt à ma mission et ont pris le temps nécessaire pour m'aider.

Cette expérience n'aurait pas été la même sans les autres stagiaires et services civiques du Parc : Éva, Laure, Noémie, Waline, Alix, Adrien, Thibaud, Timothée et Coffi. Merci à tous pour ces 6 mois partagés ensemble, Félines, nos fameuses *Scipions*, *le mauvé ciné*, appeler Armand, rencontrer Ted...me manqueront ! Une volée de merci à toutes les personnes de *Va y avoir du sport !*, je n'aurai pas tellement progressé au volley mais j'ai passé du très bon temps avec vous !

Également, un grand merci à mes proches pour leur aide dans la finalisation de mon mémoire et pour leur soutien tout au long de ma scolarité !

Enfin, je remercie mon enseignant référent François LEBOURGEOIS pour son suivi et ses conseils tout au long de ma scolarité à AgroParisTech.

Table des matières

Remerciements	1
Table des annexes (figures et tableaux).....	3
Table des annexes cartographiques	7
Table des figures :	5
Table des tableaux :	5
Liste des abréviations :	6
Introduction	7
I. Contexte	8
a) Le Parc naturel régional du Verdon.....	8
b) Contexte pédoclimatique	9
c) L'aire d'étude et l'aire actuelle du PNR V	10
d) Les contextes géomorphologiques	10
e) Les forêts du PNR du Verdon	12
II. L'ancienneté forestière	15
a) Les forêts anciennes	15
b) La méthode d'identification	16
c) L'historique forestier	19
d) Les forêts anciennes sur le territoire du parc	24
e) Limites et perspectives	29
III. La maturité forestière	31
a) Les forêts matures	31
b) Méthode d'identification	32
c) Limite de cette méthode	34
d) Phase de terrain	34
e) Limites et perspectives	39
IV. Vers une sous-trame forestière	41
a) La trame verte et bleue	41
b) Vers la construction d'un réseau de réservoirs de biodiversité forestière	42
c) Structuration de la trame :	43
d) Perspectives :	48
Conclusion.....	50
Bibliographie :	51
Annexes :	55

Table des annexes (figures et tableaux)

Annexe 1 : surface des peuplements forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.	57
Annexe 2 : surface des peuplements forestiers anciens du plateau de Valensole.	57
Annexe 3 : surface des peuplements forestiers anciens des rivages du lac de Sainte-Croix.	58
Annexe 4 : surface des peuplements forestiers anciens des pré-alpes du sud.	58
Annexe 5 : surface des peuplements forestiers anciens de l'Artuby-Jabron.	59
Annexe 6 : surface des peuplements forestiers anciens du Haut-Var occidental.	59
Annexe 7 : surface des peuplements forestiers anciens des grandes gorges du Verdon.	59
Annexe 8 : surface des peuplements forestiers anciens des basses gorges du Verdon.	60
Annexe 9 : comparaison de plusieurs protocoles d'étude de la biodiversité et de la maturité forestière.	61
Annexe 10 : indicateurs retenus pour le protocole de caractérisation des forêts matures.	64
Annexe 11 : nombre de zones identifiées avec les acteurs forestiers, leur type de peuplement et leur présence dans les contextes géomorphologiques.	65
Annexe 12 : nombre de zones inspectées sur le terrain, leur type de peuplement et leur présence dans les contextes géomorphologiques.	65
Annexe 13 : type de peuplement rencontré pendant les phases de terrain et leur caractéristique d'ancienneté et de maturité.	66
Annexe 14 : vieille cépée pourrie d'un taillis de chêne pubescent ancien.	67
Annexe 15 : arbres d'alignements de grandes dimensions sur une ancienne restanque.	67
Annexe 17 : restanque abandonnée et colonisée par des essences forestières.	67
Annexe 16 : surface des différents milieux inspectés durant la phase de terrain.	68
Annexe 17 : Données recueillies	69
Annexe 18 : fiche placette rédigée pour chaque zone mature potentielle inspectée.	75
Annexe 19 : Source des données utilisées pour compléter la base de données de réservoirs de biodiversité.	81

Table des annexes cartographiques

Carte 1 : Position géographique du Parc Naturel Régional du Verdon en France	2
Carte 2 : Les Parcs Naturels Régionaux de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.....	3
Carte 3 : L'aire actuelle et l'aire d'étude du PNR du Verdon	4
Carte 4 : Les communes du PNR du Verdon	5
Carte 5 : Les contextes géomorphologiques du PNR du Verdon	6
Carte 6 : Les différents peuplements forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.....	7
Carte 7 : Les peuplements forestiers feuillus et conifères sur le territoire du PNR du Verdon.....	8
Carte 8 : La propriété forestière sur le territoire du PNR du Verdon	9
Carte 9 : Les Espaces Naturels Sensibles forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.....	10
Carte 10 : Les réserves forestières sur le territoire du PNR du Verdon.	11
Carte 11 : Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique sur le territoire du PNR du Verdon.	12
Carte 12 : Les sites Natura-2000 sur le territoire du PNR du Verdon.....	13
Carte 13 : Les forêts de la carte d'Etat-Major (1860) sur le territoire du PNR du Verdon.	14
Carte 14 : Les forêts présumées anciennes sur le territoire du PNR du Verdon.	15
Carte 15 : Les peuplements forestiers présumés anciens sur le territoire du PNR du Verdon.	16
Carte 16 : Les zones potentielles de maturité forestière issues de l'identification avec les acteurs forestiers.	17
Carte 17 : Les zones potentielles de maturité forestière inspectées à l'issue de la phase de terrain.	18
Carte 18 : La base de données de réservoirs de biodiversité.....	19
Carte 19 : La zone test pour la mise en place de la trame forestière.	20
Carte 20 : La préfiguration de la trame forestière du PNR du Verdon.....	21
Carte 21 : La trame forestière et l'état des corridors écologiques.....	22

Table des figures :

Figure 1 : Situation géographique du PNR du Verdon et des huit autres PNR en région sud.....	8
Figure 2 : Aire actuelle et aire d'étude du PNR du Verdon.	10
Figure 3 : Carte des différents peuplements forestiers présents sur le territoire du PNR du Verdon....	13
Figure 4 : étendue temporelle des levées des trois sources cartographiques disponibles pour réaliser l'identification des forêts anciennes. Source : Rochel et al, 2017.....	17
Figure 5 : Succession des 3 étapes du plug-in Historical map pour sélectionner de manière semi-automatique les milieux forestiers.....	18
Figure 6 : charbonniers et leur meule à charbon dans la montagne de Lure	21
Figure 7 : restanques encore en très bon état sur le camp militaire de Canjuers.....	22
Figure 8 : Carte des différents peuplements forestiers anciens sur le territoire du PNR du Verdon....	25
Figure 9 : surfaces des 11 peuplements des forêts présumées anciennes les plus présents.	26
Figure 10 : Le cycle de la sylvigénèse, de la régénération naturelle à la sénescence.....	31
Figure 11 : Surface des différents peuplements forestiers potentiellement matures identifiés avec les acteurs forestiers.....	34
Figure 12 : taillis de chêne pubescent vieillissant et présentant des petites dimensions	37
Figure 13 : ancien parcours de bétail avec de grands chênes glaniés.....	38
Figure 14 : schéma théorique de la continuité écologique, structurée par les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques.	41
Figure 15 : la zone test pour la préfiguration de la sous-trame forestière.	43
Figure 16 : les réservoirs de biodiversité et les réservoir-relais de la sous-trame forestière. Ces entités forment la structure de la sous-trame.	45
Figure 17 : la sous-trame forestière, avec ses réservoirs de biodiversité ainsi que ses corridors de forêts récentes et anciennes.	46

Table des tableaux :

Tableau 1 : nombre d'habitants dans trois communes des Alpes de Haute Provence et trois communes du Var, sur les années 1836, 1896 et 2015.	19
Tableau 2 : Nombre d'arbres de plus de 51 cm de diamètre dans les forêts impériales et communales françaises du début du XIX ^e siècle (De Coincy 1914; Fesquet 1988).	20

Liste des abréviations :

BD Forêt : Banque de donnée Forêt
CBN : Conservatoire Botanique National
CFT : Charte Forestière de Territoire
CRIGE PACA : Centre Régional de l'Information Géographique de Provence Alpes Côte d'Azur
CRPF : Centre Régional de la Propriété Forestière
Département AHP : Département Alpes de Haute Provence
DFCI : Défense des Forêts Contre les Incendies
ENS : Espaces Naturels Sensibles
GB : Gros Bois
IBP : Indice de Biodiversité Potentielle
IFN : Inventaire Forestier National
IGN : Institut Géographique National
MDH : micro-dendrohabitat
ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvages
ONF : Office National des Forêts
PACA : Provence Alpes Côte d'Azur
PN : Parc National
PNC : Parc National des Cévennes
PNR : Parc Naturel Régional
PNRV : Parc Naturel Régional du Verdon
PNV : Parc National de la Vanoise
PSG : Plan Simple de Gestion
RBD d'Aiguines : Réserve Biologique Dirigée d'Aiguines
ROI : *Region of Interest* (Région d'Intérêt en anglais)
RTM : Restauration des Terrains de Montagne
SIG : Système d'Information Géographique
TGB : Très Gros bois
TVB : Trame Verte et Bleue
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UT : Unité Territoriale
WWF : World Wide Found
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

Aide à la lecture :

Les figures, annexes, cartes et références aux autres parties du présent rapport ont été notés avec des renvois.

*Pour aller directement à l'objet : Ctrl + clique sur le **numéro** de la figure ou de l'annexe.*

Pour revenir au paragraphe : alt + flèche gauche.

Bonne lecture.

Introduction

L'érosion de la biodiversité, engendrée par les activités anthropiques et par le changement climatique est aujourd'hui une menace pour tous les écosystèmes terrestres et marins (MNHN 2019). Outre le braconnage et la destruction directe, c'est la disparition des milieux naturels qui sont les premières raisons de cette sixième extinction de masse (MNHN 2019). En effet, toutes les espèces ont besoin de se déplacer pour effectuer leur cycle vital. Du simple déplacement pour l'alimentation à la dispersion des graines en passant par la colonisation de nouveaux espaces, une multitude de milieux naturels sont nécessaires pour assurer la survie d'une espèce (Rudnick et al. 2012).

Malheureusement, ce besoin est mis à mal avec la fragmentation du territoire et la disparition progressive des milieux naturels au profit de l'urbanisation et de l'agriculture. Les espèces ne peuvent plus se déplacer et sont donc vouées à disparaître. L'enjeu est d'autant plus grand avec le changement climatique, car celui-ci va entraîner une modification de l'aire de répartition d'une grande partie d'espèce, avec une migration en altitude et/ou vers le nord. Ces déplacements seront alors fortement impactés par la fragmentation du paysage (Bellard et al. 2012).

Pour enrayer ce problème, le gouvernement, après le Grenelle de l'environnement en 2007, propose de travailler à la reconnexion écologique du paysage. La notion de connectivité est définie selon Taylor comme le niveau avec lequel le paysage facilite ou limite les mouvements des espèces entre des milieux (Taylor et al. 1993). Elle permet de protéger et d'améliorer les déplacements des espèces au sein de milieux naturels terrestres et humides (INPN 2019). L'outil proposé lors du Grenelle pour étudier la connectivité est la trame verte et bleue (TVB ci-après). La TVB est structurée par des réservoirs de biodiversité connectés entre eux par des corridors (aussi appelés « couloirs »), c'est à dire toutes les connections écologiques possibles pour chaque type de milieu (INPN 2019; TVB 2019). Au sein de la trame bleue, sont distinguées les sous-trame des milieux aquatiques et des milieux humides. Dans la trame verte, sont présentes la sous-trame des milieux ouverts et semi-ouverts et la sous-trame des milieux boisés. Cette dernière est composée de toutes les entités arborées pouvant jouer un rôle dans la connectivité écologique.

Le Parc Naturel Régional du Verdon décrit dans sa charte des objectifs de préservation de cette continuité sur son territoire et est donc actuellement en phase de travail sur la trame verte bleue (PNR Verdon 2008a). Il a d'ores et déjà produit une sous-trame des milieux ouverts et semi-ouverts et souhaite poursuivre dans cette dynamique en établissant une sous-trame des milieux forestiers. Il est alors nécessaire d'identifier des réservoirs de biodiversité forestière ainsi que des milieux forestiers à forts enjeux, pour construire les premières pierres de la sous-trame forestière. Dans la littérature, ces réservoirs de biodiversité forestière sont les forêts anciennes et les forêts matures, aussi appelées forêts subnaturelles. Elles représentent pour le Parc du Verdon de forts enjeux de conservation.

Mais comment identifier ces types de forêts et les intégrer à la sous-trame forestière du PNR du Verdon ?

Pour répondre à cette problématique, après une brève contextualisation, ce mémoire abordera la méthode d'identification des forêts anciennes et les résultats associés. Par la suite, le travail lié à l'identification des forêts matures sera traité, pour enfin aboutir à une préfiguration de la sous-trame forestière.

I. Contexte

a) Le Parc naturel régional du Verdon

Le Parc naturel régional du Verdon (PNR du Verdon ci-après) est situé en région sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (cf Figure 1 et carte 1). Il y existe huit parcs naturels régionaux (cf Figure 1). Le PNR du Verdon est entouré par le PNR du Luberon à l'Ouest et le PNR des Préalpes d'Azur à l'Est. Le neuvième parc, le Projet de PNR du Mont Ventoux, est en cours de création.

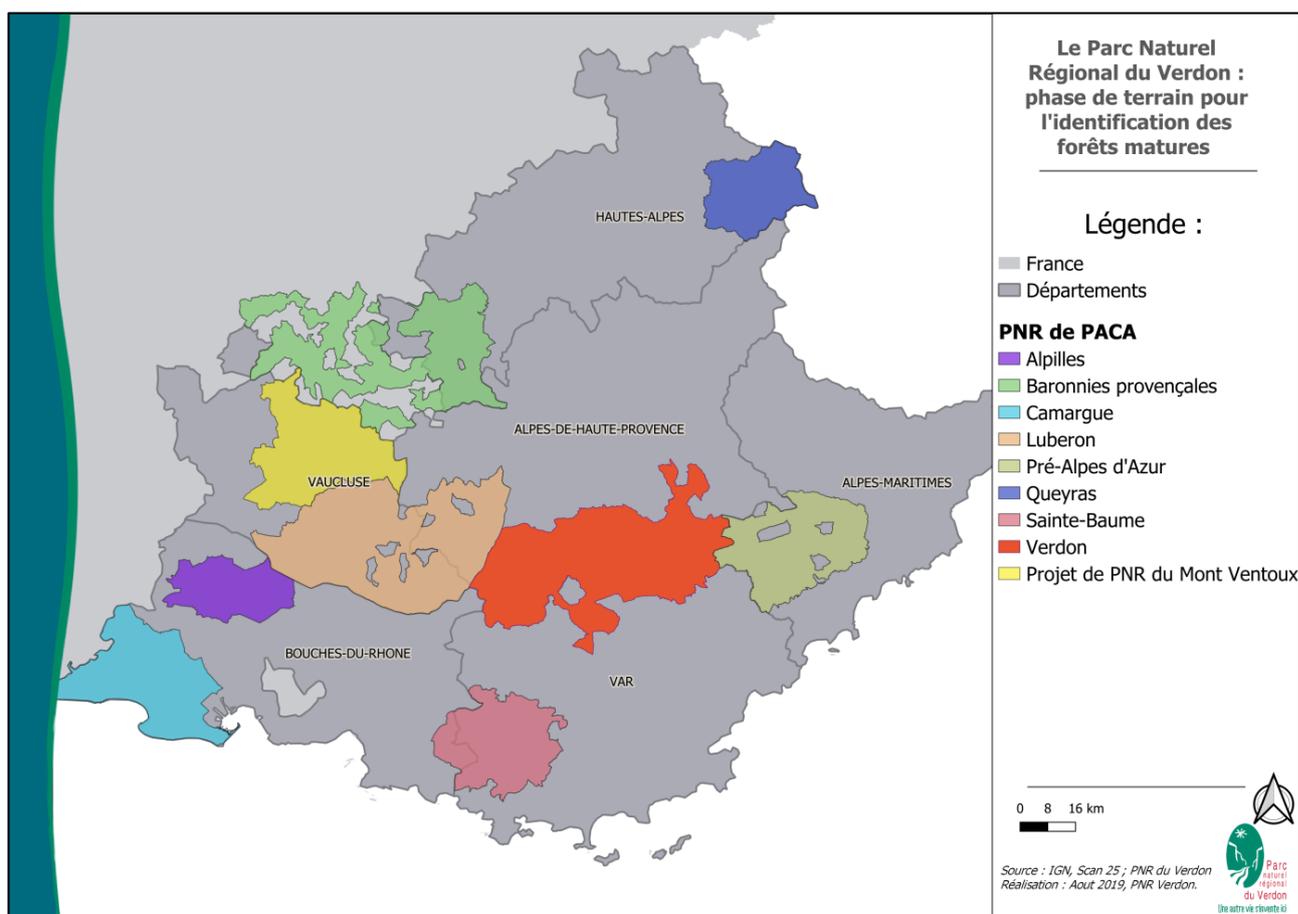


Figure 1 : Situation géographique du PNR du Verdon et des huit autres PNR en région sud.

Le PNR du Verdon a été créé en 1997. Il est à cheval sur deux départements, les Alpes de Hautes Provenances (04) et le Var (83) et regroupe 46 communes. Une carte des différentes communes du Parc est présentée en carte 4. Il s'étend sur une superficie de plus de 190 000 hectares.

Un PNR est un organisme public visant à dynamiser un territoire rural unique. C'est la gestion concertée des ressources en eau et la maîtrise de l'usage des grands sites naturels (ici les gorges du Verdon) qui ont été les problématiques fondatrices du parc en 1997 (PNR Verdon 2008b). Fort de son équipe technique pluridisciplinaire (gestion forestière, gestion de l'eau, énergies, culture, patrimoine naturel...), il anime le territoire afin de conseiller, mettre en réseau les acteurs, piloter des projets innovants, sensibiliser et former (PNR Verdon 2008b).

La charte est un document cadre permettant de fixer les objectifs du parc pour une durée déterminée. Les communes adhérentes du Parc la signent et s'engagent à la respecter et à atteindre les objectifs qu'elle fixe. Elle est renouvelée tous les 15 ans et va l'être prochainement en 2023. Le Parc est actuellement dans un processus d'évaluation, permettant d'estimer si les objectifs ont été atteints et d'identifier les futurs enjeux de chaque thématique.

Actuellement, 38 personnes travaillent au parc. Elles sont regroupées en différents pôles : direction, administration, diffusion des connaissances, développement, eau et milieu aquatique, sites et paysages et enfin patrimoines naturels. C'est au sein de ce dernier que j'ai effectué mon stage. Mes encadrants ont été Elsa BARRANDON, chargée de mission forêt et Dominique CHAVY, responsable du pôle patrimoines naturels.

b) Contexte pédoclimatique

L'influence des étages subméditerranéens et montagnards du PNR du Verdon est très nette. On va retrouver les aspects méditerranéens de par des températures annuelles moyennes élevées (> 12°C), de rares gelées et des mois estivaux très secs. Les Alpes apportent, au nord-est, des températures plus fraîches dans les mois estivaux et de plus fortes gelées en hiver. Il existe un gradient de température du nord-est au sud-ouest, partant des Alpes du sud (communes de Saint André des Alpes par exemple) vers la vallée de la Durance (Vinson sur Verdon par exemple). Il pleut à Vinon 713 mm d'eau par an en moyenne (« Climat Vinon-sur-Verdon - Climate-Data.org » 2019) alors que St-André des Alpes reçoit 832 mm par an (« Climat Saint-André-les-Alpes - Climate-Data.org » 2019). Pour ce qui est des températures, Vinon est nettement plus chaud, avec 12,6°C en moyenne annuelle et très peu de gelées contre 9,6°C à St-André avec quelques gelées en hiver.

Le PNR du Verdon est géologiquement au niveau des Préalpes calcaires. La couverture géologique est principalement sédimentaire, avec un dépôt important de calcaire et de marne. Le plateau de Valensole se détache du reste du PNR par ses roches d'origine fluviale. Elles sont appelées « poudingue de Valensole », mélange de galets roulés dans un ciment marno-sableux (« Visualiseur InfoTerre » 2019; Duclos 1994; Marcet 2002). Les Préalpes du sud de Digne englobent toute la partie nord des gorges du Verdon et la partie sud-est du parc. Les roches sont des calcaires massifs et des marnes. Des lenticelles de marnes noires sont visibles au nord-est du parc. Enfin le haut Var oriental et le haut Var occidental sont composés de calcaires et de marne du Jurassique et du Crétacé inférieur (Duclos 1994; « Visualiseur InfoTerre » 2019). Les sols sont donc assez pauvres de par leur forte concentration en calcaire et à cause de la sécheresse qui limite la décomposition de la matière organique. La topographie est localement problématique dans les zones les plus pentues, et l'érosion est très importante.

c) L'aire d'étude et l'aire actuelle du PNR V

Comme précisé précédemment, le PNR est actuellement en révision de sa charte. Il est donc nécessaire de distinguer l'aire actuelle du Parc et son aire d'étude. L'aire d'étude est l'aire maximale ou « théorique » que le Parc peut atteindre si toutes les communes de son territoire y adhéraient. L'aire actuelle est l'aire « pratique » du parc, car toutes les communes n'y adhèrent pas forcément, et comprend 46 communes. L'aire d'étude en comporte, quant à elle, 59 (cf carte 4). Ne sachant pas quelles communes pouvaient s'intégrer ou se retirer du parc en 2023, nous avons choisi de travailler avec l'aire d'étude, d'une superficie de 235 000 hectares. Un tampon de 5 km a été ajouté autour de l'aire d'étude pour faciliter la compréhension des cartes de trame écologique et, car la biodiversité ne connaît pas de frontières administratives.

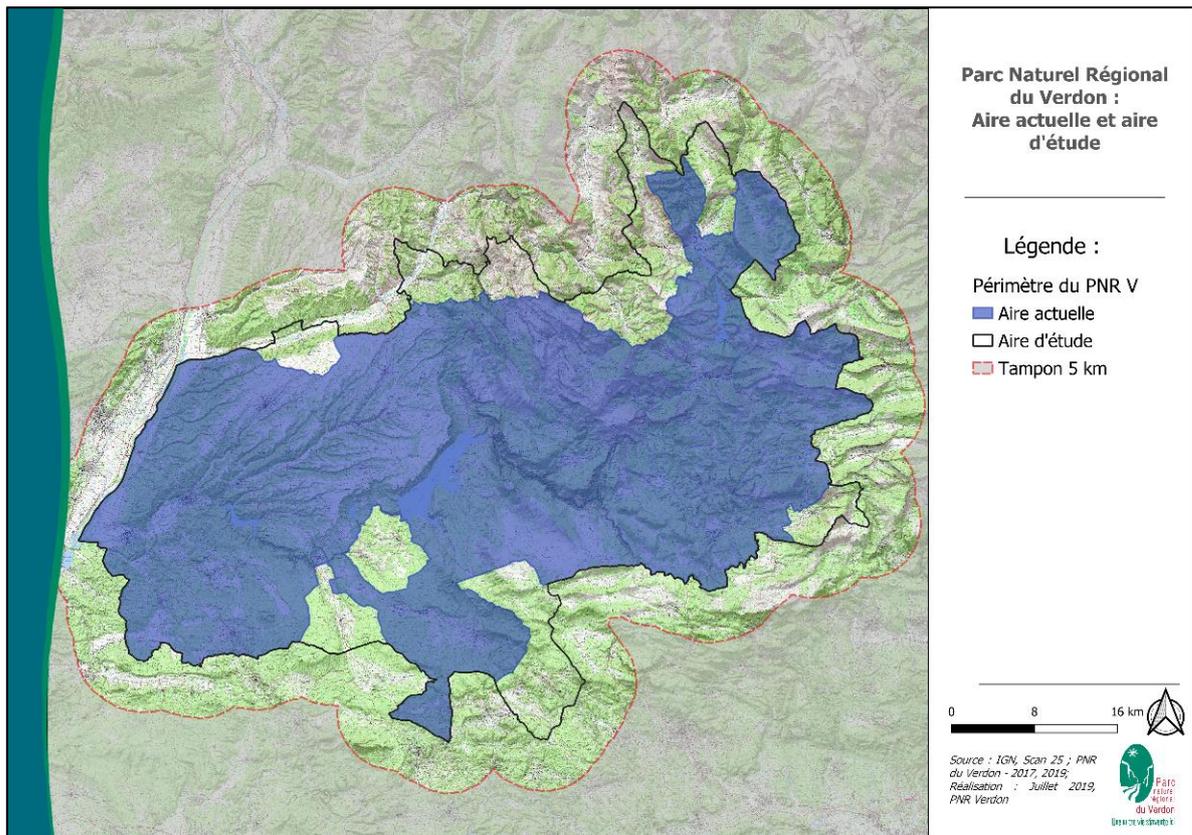


Figure 2 : Aire actuelle et aire d'étude du PNR du Verdon.

d) Les contextes géomorphologiques

Le PNR du Verdon est communément divisé en 7 paysages, pouvant être apparentés à des zones biogéographiques (Marcet 2002), basées sur les cours d'eau, les grands ensembles paysagers et les chaînes de montagnes. Ainsi, on retrouve, d'ouest en est et du nord au sud (cf carte 5) :

- **Le plateau de Valensole** : les limites de ce plateau de plus de 47 000 hectares sont la Durance à l'ouest, au nord, l'Asse, au sud le Verdon et le lac de Sainte Croix et à l'est la dépression de Moustiers-Sainte-Marie et la chaîne du Montdenier. Son altitude moyenne est de 600 mètres. Il est principalement composé de cultures agricoles, dont le lavandin, ce qui en fait une grande attraction touristique.

- **Les Préalpes du sud :** cette zone comprend l'excroissance Nord-Est du PNR. Elle est traversée par la vallée du Verdon et présente deux lacs artificiels dus à des barrages : Castillon et Chaudanne. Elle est composée de plusieurs chaînes de montagne, qui constituent les pré-Alpes. Les formations sont connues pour être marneuses et calcaires. De nombreux affleurements rocheux de marnes, de gypse et de calcaire, ainsi que des éboulis, sont présents. L'altitude de la zone est très variable, allant de 2000 mètres pour le Mourre de Chanier à 840 mètres pour le point le plus bas.
- **L'Artuby et le Jabron :** cette zone doit son nom à deux cours d'eaux affluents du Verdon, l'Artuby et le Jabron. Le Verdon et l'Artuby en constituent les limites ouest. Au nord, ce sont les chainons de l'Arc de Castellane qui la délimitent. Du point de vue géologique, elle est très semblable à la partie nord-est du parc, mais ses altitudes étant plus faible, il a été décidé de les séparer. De plus, l'Artuby est l'aire biogéographique de prédilection du pin sylvestre où de très grands peuplements sont présents. Cette zone comprend également le camp militaire de Canjuers, zone militaire de 30 000 ha établie en 1976. Cette base est utilisée à des fins d'entraînement pour l'armée de l'air et l'armée de terre. Les mosaïques paysagères de la zone ont été maintenues pour les entraînements, apportant alors une grande plus-value écologique. De forts enjeux biodiversité sont liés à cette zone (milieu ouvert, forêt...). Les enjeux militaires prévalent complètement sur les enjeux écologiques, il est donc assez compliqué de se rendre sur le camp de Canjuers.
- **Le haut-Var occidental:** cette zone représente toute la partie sud-ouest du Parc et englobe les zones géologiques du haut Var occidental et central. Elle est délimitée à l'ouest par la vallée de la Durance, au nord par les basses gorges du Verdon et par le lac de Sainte Croix, à l'est par les hautes gorges du Verdon et par l'Artuby. Elle est marquée par la présence du Plan de Canjuers, vaste plateau situé sur le versant sud de la montagne du Grand Margès à Aiguines. L'altitude moyenne est assez basse (500 mètres environ), mis à part quelques points hauts comme le massif de la Barre (950 mètres) ou encore le Grand Blé (650 mètres). Le Plan de Canjuers, grande steppe située sur la commune d'Aiguines est un paysage très particulier de cette zone. Il fait partie du camp militaire de Canjuers.
- **Les grandes gorges du Verdon :** cette zone englobe le début du lac de Sainte Croix jusqu'à la commune de Castellane. Le Verdon y est très encaissé, créant les fameuses gorges du Verdon. De nombreuses falaises sont présentes (de plusieurs centaines de mètres), parfois avec certains replats pouvant être de bonnes niches écologiques, aussi appelées « jardin suspendu ». Le fond des gorges est très étroit et donc très encaissé, avec un maximum de 150 mètres de large. Des essences particulières peuvent donc s'y développer, par exemple le hêtre, le tilleul, l'érable ou l'aulne blanc.
- **Le lac Sainte Croix :** lac artificiel créé en 1974, il contient près de 700 millions de mètres cubes d'eau, sur une superficie de 22 kilomètres carré. Sa profondeur maximale est de 93 mètres. Avant sa mise eau, la zone était forestière au niveau des pentes de la vallée et agricole en fond. Aujourd'hui, le lac est entouré de forêts.
- **Les basses gorges du Verdon :** située après le lac de Sainte Croix, les basses gorges et la basse vallée du Verdon s'étendent jusqu'au point de confluence avec la Durance. Trois barrages sont présents, Sainte Croix, Quinson et Gréoux. Les gorges sont moins encaissées que la partie plus haute du Verdon et viennent même à s'élargir jusqu'à 2km de large.

e) Les forêts du PNR du Verdon

i) La propriété forestière

Le territoire du Parc est fortement boisé, avec plus de 158 000 hectares de forêts sur les 231 000 de l'aire d'étude, soit 70%. En comparaison, le taux de boisement de la région est de 48 % (ORFM, 2015). La forêt publique est peu représentée au sein du parc du Verdon. En effet, on compte 46 000 ha, répartie sur quatre Unités Territoriales (UT) de l'ONF : UT de Manosque, UT Dracénie-Verdon, l'UT des Collines Varoises et l'UT A3V (Sant André). La forêt privée est grandement majoritaire avec plus de 110 000 hectares de forêt, soit plus de 70 % (cf carte 8). Cependant, toutes ces parcelles de forêts privées ne possèdent pas de Plan Simple de Gestion (PSG). Seulement 17 000 ha en possèdent un, soit 15 % de la surface de forêt privée. Ce pourcentage très bas s'explique par le fait que les parcelles sont majoritairement de faible taille, ne nécessitant pas de PSG (supérieur à 25 ha) pour effectuer une coupe.

ii) Les espèces

La surface en feuillus est majoritaire avec 60 000 ha de couverture. Les conifères, eux, en couvrent environ 55 000 hectares, comme présenté en carte 7. Enfin, les mélanges feuillus-conifères couvrent quant à eux près de 40 000 hectares. La carte présentée en annexe (cf carte 7) permet de compléter ces informations.

Le peuplement le plus présent est le mélange feuillus-conifères (cf annexe 1, graphique B). Principalement représenté par le pin sylvestre et le chêne pubescent, il représente plus de 60 000 hectares. C'est ensuite en peuplement pur que ces essences apparaissent, menées par le pin sylvestre avec plus de 30 000 hectares puis le chêne pubescent. Une grande différence est visible avec les peuplements suivants, comme les peuplements de feuillus purs et de conifères purs. Arrivent ensuite le chêne vert et le pin noir avec plus de 5000 hectares. Enfin, le pin d'Alep, le hêtre et le sapin et/ou l'épicéa, sont très peu présents sur le Parc, de l'ordre de quelques milliers d'hectares, voire à peine quelques centaines pour le sapin. La distribution de ces essences traduit bien les limites des étages méso-méditerranéen et sub-montagnard. Bien que le pin d'Alep soit peu présent sur le territoire, cette essence est un marqueur des forêts méditerranéennes et est souvent citée par les acteurs forestiers. Toutes ces essences sont présentes ici dans leur aire biogéographique, mis à part le pin noir, qui fut massivement planté durant la fin du XIX^e et le XX^e siècle, lors des campagnes de restauration de terrain de montagne (RTM).

Ce graphique est également complété par la carte des différents peuplements forestiers (cf Figure 3). Il est visible que plusieurs secteurs sont très forestiers, comme le haut Var, l'Artuby-Jabron et les Préalpes du Sud. Le haut Var est constitué de chêne pubescent, chêne vert et de pin d'Alep. Parallèlement, l'Artuby est quasiment entièrement composée de conifères, avec un recouvrement très important du pin sylvestre. Les Préalpes du Sud sont composées également de pin sylvestre, avec quelques nuances de feuillus (chêne, hêtre) et d'autres conifères (pin d'Alep, pin noir, sapin). Pour finir, le plateau de Valensole est comparativement peu forestier. Les massifs forestiers y sont concentrés à l'ouest (communes de Gréoux-Les-Bains, Allemagne en Provence, etc.) et sont majoritairement composés de feuillus et de mélange de feuillus - conifères.

Les gorges du Verdon, de par leur encaissement très prononcé (cf annexe 1) permettent le développement d'essences de fraîcheur comme le hêtre, l'érable ou le tilleul. La ripisylve peut être très étoffée à certains endroits où les gorges deviennent plus larges.

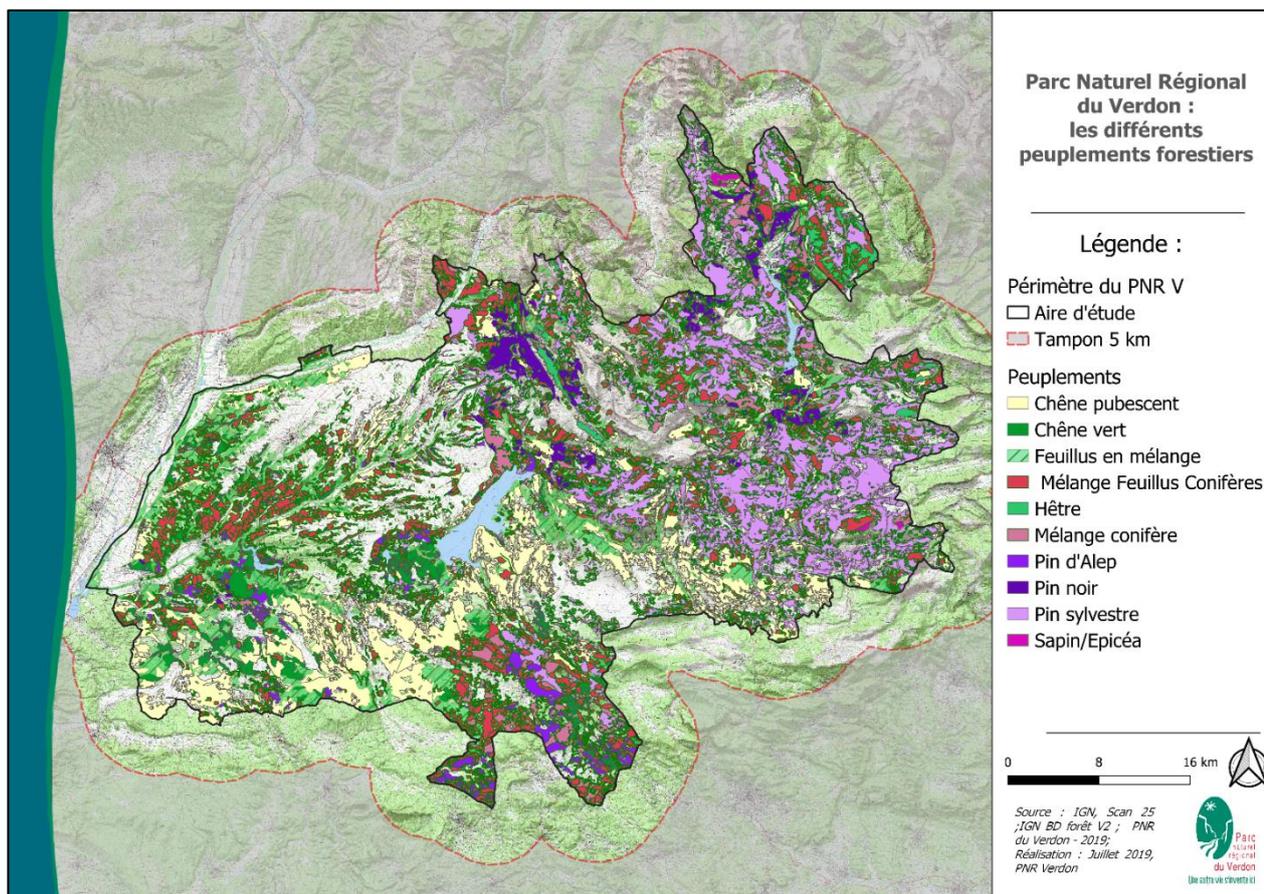


Figure 3 : Carte des différents peuplements forestiers présents sur le territoire du PNR du Verdon. Ces données sont tirées de la banque de donnée Forêt version 2 de l'IGN (2009) et regroupe les forêts fermées et les forêts ouvertes.

iii) Les chartes forestières de territoire

Le territoire du parc est concerné par 3 chartes forestières de territoire (CFT ci-après), portées par les communautés de commune Artuby-Verdon (10 communes du Parc, non-animée depuis 2009), Alpes Provence Verdon (12 communes du Parc) et Pays Dignoïis (4 communes du parc, non-animée depuis 2011) (ORFM 2015). Le Parc n'est pas porteur de CFT et n'en anime aucune.

iv) Valorisation du bois

La demande en bois énergie est en constante augmentation sur la région sud, avec l'émergence des chaufferies à bois. Il y a par exemple six chaufferies automatiques sur le territoire du Parc, mais depuis seulement 7 ans pour cinq d'entre elles. Des centrales de cogénération biomasse se sont développées dans la région comme à Gardanne (13) ou à Brignoles (83), contribuant à augmenter les demandes en bois. Ainsi, le chêne et le pin sont principalement utilisés dans le bois de chauffage ou le bois énergie. Le bois d'œuvre est exceptionnel au vu des conditions topo-climatiques assez rudes, la filière de bois de construction est pour l'instant assez récente et a été lancée il y a 4 ans par les CFT (ORFM 2015).

Parallèlement, l'usine à Pâte à papier de Tarascon (13) est la plus grande consommatrice de bois dans la région, avec 1 150 000 tonnes de bois chaque année transformée (Fibre excellence 2019).

v) Les pressions et menaces sur la forêt

La forêt est comme tous les milieux, soumise à des risques et des menaces d'origine anthropique ou naturelle. À court terme, voici les trois principales :

- La **demande en bois** augmente fortement, avec l'arrivée de deux centrales à biomasse de Gardanne (UNIPER, 850 000 tonnes par an) et de Brignoles (Inova Var Biomasse, 190 000 tonnes par an) contribuent à augmenter cette demande. La pression sur les milieux forestiers de la région est donc grandissante.
- Le PNRV est soumis à un **fort risque de feux de forêt**. En effet, en 40 ans, c'est plus de 13 000 hectares de forêt qui ont brûlé. Plusieurs années ont été particulièrement catastrophiques, notamment en 1982 avec 5000 hectares incendiés et 2005 à Esparron-de-Verdon avec plus de 2000 hectares (ORFM 2015).
- La **Pyrale du Buis**, petit papillon originaire d'Asie, serait présente en France depuis 2008. Elle est responsable de la défoliation des Buis ornementaux et sauvages. Plusieurs foyers ont été identifiés sur le territoire du Parc. L'impact de ces défoliations peut poser notamment des risques sanitaires, écologiques et des problèmes de gestion (DRAAF PACA 2017). D'autres ravageurs sont également présents sur le territoire, comme la processionnaire du Pin ou les scolytes.

vi) Protection forestière

Afin de pouvoir préserver les forêts exceptionnelles présentes sur le territoire du Parc, les acteurs forestiers ont recours à différents outils (cf carte 9, carte 10, carte 11, carte 12 en annexe). En terme de protection par la maîtrise foncière, quatre réserves naturelles dont trois réserves biologiques forestières sont présentes sur le périmètre d'étude ou limitrophes : la Réserve Biologique de La Castellane à Cadarache, la Réserve Biologique Domaniale des gorges de Trévans et la récente Réserve Biologique Dirigée d'Aiguines. Également, 34 Espaces Naturels Sensibles (ENS) forestiers sont présents sur le territoire du parc (9 dans le 04 et 25 dans le 83). D'autres outils de protections sont aussi utilisés, comme pour les 37 930 hectares de forêt (24% des forêts du PNR) présents au sein des sites Natura-2000 du Parc. Enfin, en termes d'inventaire patrimonial, les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de types 1 et 2 comprennent 77 000 hectares de forêt (48 % des forêts)(Agence Française Biodiversité 2015; ORFM 2015).

II. L'ancienneté forestière

a) Les forêts anciennes

Le terme de forêt ancienne vient d'une discipline récente appelée « l'écologie historique » (Bergès et Dupouey 2017). Elle vise à intégrer une approche historique dans les travaux d'écologie fonctionnelle afin de pouvoir prendre en compte les impacts de l'occupation du sol passée. Les changements d'usage des sols ont des impacts plus ou moins forts (coupe rase, labourage, amendement, pâturage...) et sont un paramètre très important dans les variations actuelles de biodiversité. Ces modifications se retrouvent même plusieurs siècles plus tard dans la composition chimique des sols (Dupouey et al. 2002). De ce fait, des milieux n'ayant jamais connu de perturbation ont des sols avec des caractéristiques physico-chimiques particulières (taux d'azote et de phosphore généralement très bas, taux de carbone haut, plus de diversité microbienne)(Cateau et al. 2015).

Les milieux forestiers répondant à cette description sont appelés en France des « forêts anciennes ». Ils correspondent par définition à des forêts n'ayant jamais été défrichées depuis une date de référence. Ce sont des espaces dont l'état boisé est continu dans le temps. La date de référence est à définir en fonction des sources de données cartographiques et informationnelles à disposition. En général, cette date est placée il y a 150 ou 200 ans. Cateau définit par ailleurs en 2015 plusieurs niveaux d'ancienneté, bien que seules les forêts anciennes soient étudiées avec des sources historiques (Cateau et al. 2015) :

- Les forêts de plus de 8000 ans, qui seraient boisées depuis la fin de l'ère glaciaire (appelées des forêts millénaires).
- Les forêts comprises entre 8000 et 2000 ans, correspondant à l'ère gallo-romaine (forêts anciennes gallo-romaines).
- Les forêts ayant entre 2000 et 600 ans, correspondant à l'ère médiévale (forêts anciennes médiévales).
- Les forêts d'ancienneté de 150 à 600 ans, appelées des forêts anciennes.

En France, il n'existe aucune forêt dite millénaire. La forêt polonaise de Białowieża est considérée comme la dernière forêt primaire d'Europe et pourrait en faire partie (BPN 2019). Les forêts médiévales sont sans doute plus nombreuses, car beaucoup de milieux forestiers ont pu jouir d'une protection liée à des cultes religieux (forêt de la Sainte-Baume par exemple (Chalvet 2013) ou des domaines de chasse (noble, aristocrates, etc.)).

Les milieux forestiers anciens, avec des sols non perturbés, permettent l'implantation d'espèces de faune et de flore très rares. Au niveau arboré, les essences présentes dans des forêts anciennes sont généralement des essences dryades, c'est à dire des essences pouvant vivre plusieurs siècles et passer une partie de leur croissance en sous-bois, comme le chêne, le hêtre ou le sapin. À l'inverse, on trouvera rarement des essences pionnières (essences colonisatrices) dans ce type de forêt.

Au niveau herbacé ou arbustif, les espèces que l'on y trouve sont des espèces inféodées à l'ancienneté forestière. Elles ont généralement des capacités de dispersion très faible et sont des espèces barochores (dispersion par gravité), myrmécochores (dispersion par les fourmis) ou autochores (dispersion par projection) (Dupouey et al. 2002; Dzwonko 1993). Également, certains lichens sont des très bons marqueurs de l'ancienneté et notamment de la continuité temporelle de l'ambiance forestière tamponnée (température et couvert stable dans le temps) (Renaux et Villemey 2017). Les

champignons et les insectes sont caractéristiques des forêts anciennes ayant atteint la maturité écologique, avec une forte offre en bois mort et microhabitat (Renaux et Villemey 2017).

Ainsi, une faune et une flore caractéristique se développent dans les forêts anciennes et c'est pourquoi il est important de les identifier pour les étudier.

D'autres PNR se sont déjà penchés sur la question comme le PNR du Luberon (Dumont, Salvaudon, et Dupouey 2014; Salvaudon 2014), de la Sainte Baume (Gaudé 2018) en région sud ou le réseau IPAMAC (réseau Interparc du parc national et PNR du Massif Central) (Becuve 2019). Chaque Parc a sa propre vision des forêts anciennes, héritée de son histoire sylvicole et pastorale. Il est toujours important de lier ces travaux sur les forêts anciennes avec les gestionnaires forestiers locaux, afin de pouvoir protéger ces espaces et d'aller vers une démarche de protection intégrative. Ainsi, des trames de vieux bois, des trames forestières ou encore des guides de gestion forestière durable ont été créés à partir de ces travaux dans les PNR cités plus tôt.

Il est enfin important de préciser que l'ancienneté décrit la continuité forestière du milieu et non pas l'âge des arbres qui s'y trouvent. En effet, l'ancienneté forestière n'est pas indépendante de la gestion forestière. Une forêt ancienne peut donc être gérée normalement et avoir des individus jeunes. Il est donc primordial de ne pas confondre la notion d'ancienneté avec des notions de vieilles forêts ou forêts matures (avec de vieux individus) ou de forêts primaires (jamais exploitée par l'homme).

b) La méthode d'identification

Il existe très peu de sources cartographiques anciennes sous la main des forestiers ou cartographes permettant d'étudier l'occupation du sol d'une époque donnée. La plus vieille carte digitalisée existante à l'échelle nationale est la carte de Cassini (Rochel et al. 2017). Il existe pour certains départements ou régions des cartes plus ou moins anciennes (Plans terriers, plan de finage ou forestiers), mais leur recherche relève bien souvent du domaine de l'archéologie, au vu de leur condition de conservation et de leur difficulté d'accès (archives nationales ou départementales). Elles présentent des informations générales sur l'emplacement des villes, zones agricoles et forestières, mais restent très imprécises. Le calage numérique de ces cartes sur les systèmes de projection cartographique est compliqué et aboutit très souvent à des distorsions des images. De plus, la carte de Cassini a été levée sur une période assez longue, allant de 1750 à 1790 (cf Figure 4) (Rochel et al. 2017). Elle ne correspond donc pas au minimum forestier en France, qui est situé dans la première moitié du XIX^e siècle (Bergès et Dupouey 2017). Cette source de données est donc utilisable à des échelles locales pour un massif forestier spécifique, mais en aucun cas à l'échelle du PNRV.

Chronologiquement, vient ensuite une autre source de données disponibles, le cadastre dit napoléonien (Rochel et al. 2017). Il reprend le contenu parcellaire à l'échelle nationale en vue de mettre en place l'imposition foncière. Cette source de données est un peu plus récente de quelques décennies (cf Figure 4) que la carte de Cassini, mais est bien plus précise. Cependant, en fonction des régions, peuvent exister différents documents complémentaires à la carte comme des atlas, des plans, etc. Enfin, le cadastre napoléonien n'est pas aussi facile d'accès en ligne. Par exemple, le PNRV ne dispose pas de ces cartes géoréférencées sur le site du CRIGE PACA (Centre Régional de l'Information Géographique en Provence Alpes Côte d'Azur). Son utilisation est donc compliquée et/ou fastidieuse, mais peut se révéler très utile en fonction des attentes visées.

Enfin, une dernière source de données est la carte des minutes de l'état-major, réalisée entre 1840 et 1860 (cf Figure 4) par les ingénieurs de l'état-major. Elle est beaucoup plus précise que la carte de

Cassini et permet donc une identification de l'occupation du sol de l'époque. Cette carte est numérisée à l'échelle de la France par l'IGN et accessible en ligne. En fonction des régions, elle correspond au minimum forestier et permet donc une potentielle identification des forêts anciennes. Cette carte a été retenue par d'autres études du même type et fait donc d'elle une référence.

Beaucoup de recherches ont été réalisées sur ce sujet avec cette carte, cela permet alors d'avoir accès facilement à des informations et plusieurs références.

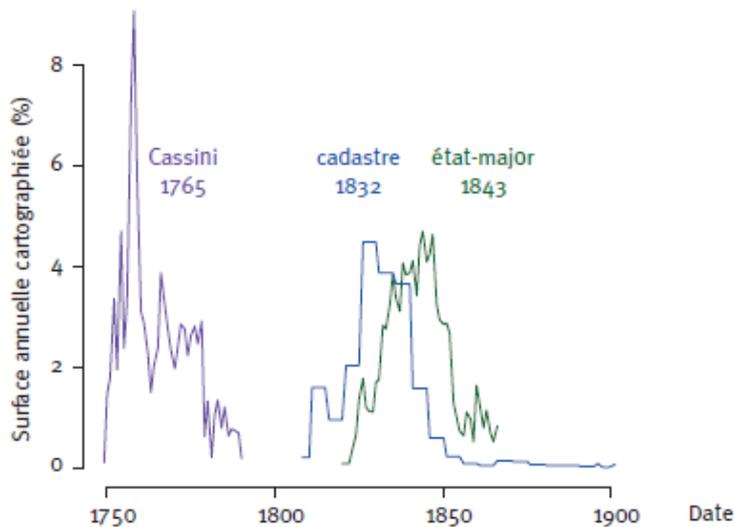


Figure 4 : étendue temporelle des levées des trois sources cartographiques disponibles pour réaliser l'identification des forêts anciennes. Source : Rochel et al, 2017.

De plus, plusieurs méthodes de travail spécifiques pour identifier les forêts anciennes ont été éprouvées en ayant comme base la carte de l'État-Major. En effet, Lallemand et al ont réalisé en 2017 avec l'IGN une méthodologie nationale pour le géoréférencement et la vectorisation de la carte de l'état-major. Cette méthode se base sur la précision et les couleurs de la carte pour déceler plus facilement les différentes occupations du sol. Elle permet de vectoriser toutes les occupations du sol présentes sur la carte afin de compléter la base de données de l'IGN (Projet OCS Ancienne, cherchant à vectoriser l'intégralité de l'occupation du sol ancienne).

Pour cette étude, il a été choisi d'utiliser une méthode mise au point par le Parc National des Écrins, basée sur les travaux de Nicolas Karasiak (Pfister et Guilloux 2017). Elle s'appuie sur un logiciel de reconnaissance semi-automatique. Ce plug-in intitulé *Historical Map* est utilisé sur Q-Gis 2.18 et permet de reconnaître et sélectionner les pixels d'une couleur donnée sur la carte d'état-major. Il procède en trois étapes (cf Figure 5):

- Adoucissement et lissage des courbes de niveau de la carte de l'état-major. Les courbes de niveau étaient représentées par des traits noirs pleins, qui pour des zones montagneuses, cachent complètement la couleur de l'occupation du sol en dessous (cf Figure 5).
- Dessin par l'utilisateur de *Region Of Interest* (Région d'Intérêt, ROI). Dans ce cas, des zones forestières ont été sélectionnées pour indiquer au logiciel les gammes de couleurs des pixels. À partir de ces ROI, le logiciel apprend et mémorise les nuances de couleur des pixels sélectionnés (cf Figure 5).
- Sélection par le logiciel sur toute la carte des zones correspondant à la gamme de couleurs des ROI. Il est nécessaire de reprendre et corriger à la main une grande partie des polygones dessinés par le logiciel, car les contours étaient généralement trop approximatifs. Ce travail peut être assez long en fonction de la taille de la carte. Dans cette étude, au moins deux jours ont été nécessaires pour « nettoyer » la carte de tous ses résidus.

Quand cette étape de nettoyage est réalisée, la carte des forêts de la carte de l'état-major est terminée. En complément, un échange avec l'IGN (Stéphane Guitet, *com.pers.*) a permis de gagner en précision en passant de la projection Lambert 93 à Lambert 93 amélioré. Cette manipulation, réalisée grâce à un script fourni par l'IGN, a décalé de 60 mètres environ les polygones de forêts précédemment dessinés.

Pour obtenir les forêts anciennes du territoire, il est nécessaire de comparer la base de données ancienne avec une base de données récente. Pour cela, la base de données Forêt V2 2009 de l'IGN a été utilisée en ne gardant que les forêts ouvertes et fermées (suppression des landes). Par manipulation SIG (croisement de couche), on obtient une couche de polygone correspondant aux zones forestières du XIX^e siècle toujours présent en 2009, les forêts présumées « anciennes ».

Cette méthode semi-automatique représente un énorme gain de temps. En effet, sur cette superficie, dessiner à la main des polygones de forêt aurait pris un temps très important. Ici, seul un temps de vérification a été nécessaire. Cependant, à l'inverse de la méthode manuelle, elle ne permet de réaliser qu'un type d'occupation du sol à la fois et est théoriquement moins précise. La phase de vérification, si elle est faite correctement, permet de rééquilibrer les deux méthodes au même niveau de précision.

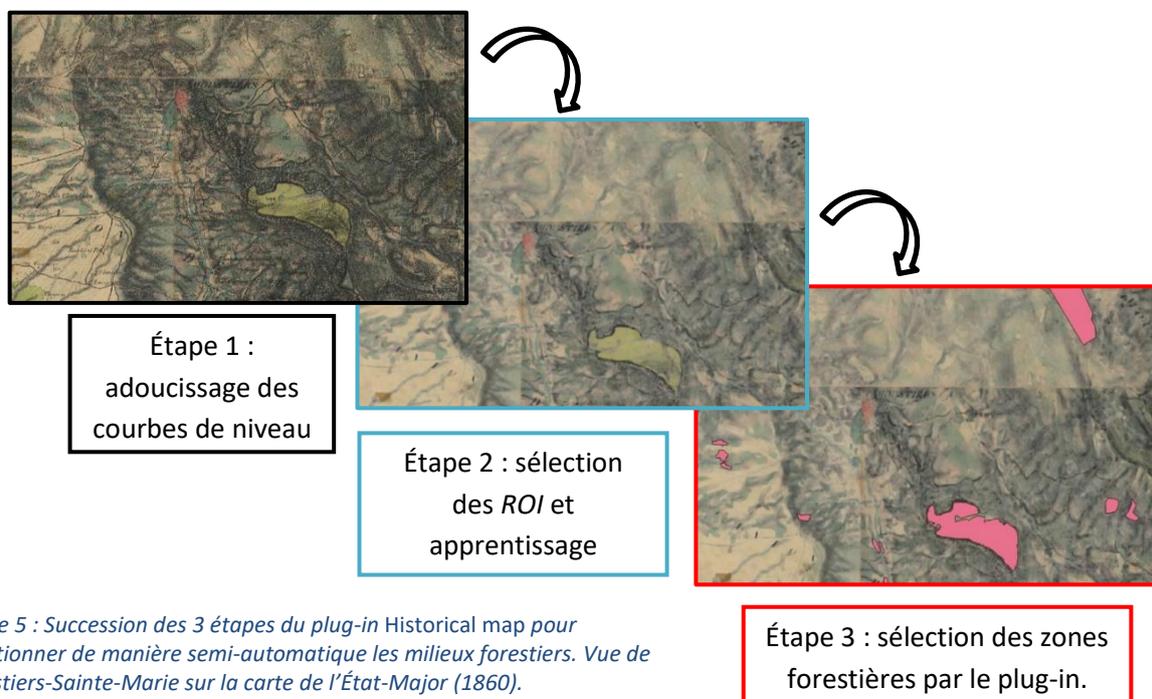


Figure 5 : Succession des 3 étapes du plug-in Historical map pour sélectionner de manière semi-automatique les milieux forestiers. Vue de Moustiers-Sainte-Marie sur la carte de l'État-Major (1860).

Plus généralement, il faut parler strictement de forêts présumées anciennes ou récentes. En effet, beaucoup d'imprécisions dans cette identification font qu'il est impossible d'être certains de l'ancienneté d'un massif forestier :

- La première raison indiquant une imprécision concernant l'ancienneté d'un massif forestier est le terme de forêt en lui-même. Quels étaient la signification et l'usage d'une forêt à cette époque ? Était-ce la même qu'aujourd'hui ? Certaines sources bibliographiques le précisent, le terme de forêt méditerranéenne est relativement récent. Auparavant, les termes de bois, de forêt, de colline étaient très utilisés et la notion de forêt a évolué autant dans le temps que dans l'espace (Nicolas 2007; Chalvet 2001). Divers exemples rencontrés au cours de cette étude font échos à ce problème.
- Parallèlement, l'imprécision de la carte de l'état-major due aux techniques de l'époque est un paramètre à prendre en compte. Il est d'autant plus important dans les milieux montagneux, où le relief rendait impossibles certaines mesures.

- Enfin, l'ancienneté est basée, comme précisé plus haut, sur le fait que le milieu forestier n'a pas changé d'usage depuis une date de référence. Dans le cas de cette étude, les points de références intermédiaires (entre 1860 et 2009) sont très limités. Par exemple, une zone forestière ancienne a pu être mise en culture en 1920 puis laissée à l'abandon et aucune carte ou donnée ne permet de le vérifier.

Seules les orthophotos anciennes en noir et blanc (1950) permettent d'attester de l'état forestier d'un milieu à cette époque. Ces orthophotos permettent de déceler des milieux ouverts en cours de fermeture (donc récemment abandonné). Une vérification permettant d'enlever ces zones, évidemment non anciennes, aboutirait à une carte beaucoup plus précise des forêts anciennes. Cependant, ce travail n'a pas été entrepris, car il s'avère très chronophage et très dépendant de la qualité des images.

Pour ces trois raisons, il est nécessaire de marquer l'imprécision dans l'appellation de ce type de milieu. Ainsi, on parle de forêts présumées anciennes ou récentes.

c) L'historique forestier

De par la pression démographique au XIX^e siècle, les forêts provençales de l'époque étaient très exploitées. En effet, toute la vie de la région était basée sur le bois avant l'arrivée des énergies fossiles. Charbonnage, taillis, essartage, sylvo-pastoralisme, etc., un bref rappel de ces pratiques est important pour comprendre l'évolution des forêts anciennes et récentes méditerranéenne...

i) Le minimum forestier

Au début du XIX^e siècle, la pression démographique en Provence était très forte. En effet, comme le précise le Tableau 1 ci-dessous, beaucoup de villages ont connu un fort pic de population dans les années 1830, voire même plus important qu'aujourd'hui (Département AHP 2019; Département Var 2019b).

Département	Communes	Années		
		1836	1896	2015
Alpes de Haute Provence	Valensole	3284	1765	3169
	La Palud sur Verdon	853	467	340
	Saint-Jurs	505	37	139
Var	Aups	2961	1854	2134
	Aiguines	1079	603	271
	Comps-sur-Artuby	839	621	378

Tableau 1 : nombre d'habitants dans trois communes des Alpes de Haute Provence (04) et trois communes du Var (83), sur les années 1836, 1896 et 2015 (Sources : archives départementales des deux départements).

Cette région était majoritairement occupée par des paysans, charbonniers ou éleveurs très pauvres. Ils dépendaient énormément des ressources en bois et des espaces agricoles pour se nourrir et se chauffer. Le minimum forestier *i.e* - le moment dans l'histoire où la surface de forêt était la plus faible. La pression sur les espaces forestiers était telle que certains documents s'accordent à penser que le minimum forestier aurait pu être atteint plus tôt que la moyenne nationale. Il est estimé en France entre 1830 et 1850 (Bergès et Dupouey 2017), mais varie en fonction des régions. En effet, la Provence et les Alpes du Sud qui sont des régions sèches et peu productives n'ont pas pu atteindre le minimum forestier au même moment que des régions de plaine très forestière (Nord Est de la France par exemple (Blanchard 1944).

En effet, certains documents corroborent cette hypothèse et estimeraient le minimum forestier provençal dans les années 1820. Le travail d'Alexandre Surell (analysé par Combes en 1989) à la base de la démarche de reboisement des forêts provençales en 1840 est ici très important. Il rapporte des documents décrivant des habitants de Castellane (Alpes de Haute Provence) se chauffant au buis en 1782, des boulangers alimentant leur four à bois avec des bouquets de genêt en 1810, des maires qui s'inquiètent de la ressource en bois dans les Hautes Alpes au début du XVIII^e siècle... (Combes 1989). Également, L. Nicolas estime en 2007, à travers les travaux d'Yves Rinaudo en 1980, que l'usage maximum de la forêt était situé entre la fin de l'ancien régime et la première moitié du XIX^e siècle. Enfin, en 1805, les premières statistiques forestières françaises de H. De Coincy, dressent un constat édifiant. Bien que les méthodes d'inventaire ne soient pas déclarées, il reprend des données de l'administration forestière issues d'un recensement des arbres (chêne, sapin, hêtre) de 51 cm de diamètre. Ces données sont présentées dans le Tableau 2 ci-dessous (De Coincy 1914; Fesquet 1988).

Département	Étendue en ha (forêt impériale et communale)	Nombre d'arbres	Densité (arbres/ha)
Hautes-Alpes	50	5	0,1
Ardèche	3113	1593	0,5
Aude	8933	2523	0,28
Drôme	21080	8558	0,4
Gard	5559	2780	0,5
Hérault	196	145	0,7
Lozère	150	839	5,5
Var	3964	2207	0,55

Tableau 2 : Nombre d'arbres de plus de 51 cm de diamètre dans les forêts impériales et communales françaises du début du XIX^e siècle.

En prenant le recul nécessaire sur ces données (statistiques datant de 1805 donc potentiellement imprécises), la densité d'arbre est extrêmement faible dans les départements, hormis la Lozère. Il semble donc que les arbres de gros diamètre étaient très rares. Cela conforte les informations apportées plus haut. Il est néanmoins important de souligner que ces chiffres ne s'expliquent pas exclusivement par la pression de l'exploitation sylvicole. Les conditions topo-climatiques de cette région sont très rudes (cf Contexte pédoclimatique) et certains milieux ne permettent pas un développement optimal des arbres.

Malgré ces différentes sources semblant indiquer que le minimum forestier a été atteint plus tôt que la moyenne française, il est impossible d'estimer une date de référence. D'importantes recherches bibliographiques complémentaires seraient nécessaires afin de pouvoir déterminer avec plus de précision le minimum forestier provençal.

Quand bien même une telle date pourrait être estimée, les moyens utilisés dans cette étude ne permettraient pas de l'utiliser à son plein potentiel. En effet, comme précisé plus haut, il est impossible d'utiliser la carte de Cassini à l'échelle du Parc et aucune autre carte plus ancienne n'est disponible. Une alternative serait de vérifier pendant des analyses au cas par cas la présence d'un massif forestier sur la carte de Cassini, afin de mieux évaluer son ancienneté. Dans tous les cas, ces détails historiques permettent de rappeler qu'il est d'autant plus important de faire attention au caractère imparfait de la carte des forêts présumées anciennes produites ici.

Plusieurs pratiques d'antan permettent d'expliquer le minimum forestier et les forêts d'aujourd'hui. Des pratiques qu'il est nécessaire d'aborder et de comprendre pour mieux évaluer tous les enjeux existant autour de l'ancienneté forestière.

ii) Le charbonnage et la conduite en taillis

Le charbon et le bois sont depuis le Moyen-Âge des sources d'énergie très importantes, car les seules existantes. Ils étaient donc un moteur de la société, car ils permettaient de se chauffer, de cuisiner, de travailler. La production de charbon de bois est appelée « charbonnage ». Ces activités ont été d'abord incontrôlées et réalisées par des artisans, des paysans, généralement assez pauvres. Ce n'est qu'au XIX^e siècle que cette pratique est considérée comme un vrai métier et mentionnée dans les écrits (Musset 2000). Elle était au centre de toutes les activités et la demande en charbon était très forte, que ce soit en ville ou dans les campagnes. Les recherches de Martine Chalvet en 2006 ont montré que le charbonnage provençal était en grande partie destiné à des grandes villes.

Le charbonnage consistait à réaliser des monticules (appelées meules) d'environ 3 mètres de haut, remplis de bûche de bois. Le tout était recouvert par de la terre et enflammé, pour cuire à l'étouffée pendant plusieurs semaines (cf Figure 6). À l'époque, énormément de familles étaient charbonnières. Les femmes et les hommes coupaient le bois puis préparaient le four alors que les enfants ramassaient les feuilles pour les donner aux bêtes. Au charbonnage, il faut également ajouter les pratiques liées à la réalisation de la chaux qui nécessitaient de grandes quantités de bois. Des fours à chaux étaient érigés en forêt pour cuire la roche calcaire afin d'en faire de la chaux, matériau utilisé en construction (Musset 2000).



Figure 6 : charbonniers et leur meule à charbon dans la montagne de Lure (Alpes de Haute Provence). Cartes postales, coll. Alpes de lumière.

Les peuplements les plus utilisés étaient ceux constitués de chênes (chêne pubescent, chêne vert et chêne kermès) et de hêtres. Ils étaient tous conduits en taillis. La période de rotation allait de 15 à 20 ans (Chalvet 2006; Musset 2000). Une grande partie des forêts facilement accessibles ont été coupées pour le charbon et la chaux en Haute Provence, mais il est impossible d'avoir une estimation des surfaces considérées. Ces forêts ont gardé les stigmates de ces pratiques : outre les vieux taillis très présents dans les forêts du Parc, les anciennes charbonnières et anciens fours à chaux sont parfois visibles en forêt (cf Figure 7).

Beaucoup de ces forêts sont des forêts anciennes et sont présentes en grande partie sur le territoire du Parc. Les arbres ont une hauteur moyenne de 10 mètres et une circonférence maximum de 30 centimètres. Des précisions seront apportées sur ces écosystèmes particuliers plus tard dans ce rapport (cf Le haut-Var occidental).



Figure 7 : vestige d'un four à chaux dans un taillis de chêne pubescent en forêt domaniale du Montdenier (04).

iii) Le sylvopastoralisme et le défrichement

À cette époque, la pression démographique est très forte et la population locale demande donc plus de nourriture. Les familles présentes à cette époque sont très pauvres et les cultures étaient avant tout vivrières avant d'être rentières. Beaucoup de géographes et d'historiens de l'époque soulignent la difficulté de vivre en Provence (chaleur, sécheresse, topographie, type de sol...) et constatent la pauvreté générale de la population (De Réparaz 2000). Ainsi, pour subsister, les paysans n'avaient pas d'autre choix que de gagner des terres sur les milieux forestiers en défrichant. Certaines pratiques sont toujours utilisées dans des pays en voie de développement comme la culture sur brûlis (Encyclopædia Universalis 2019). Elle consiste à incendier une petite partie de la forêt et de la mettre en culture pendant deux ou trois rotations afin de profiter de l'apport de minéraux contenu dans les cendres. Puis, quand le sol est trop appauvri, la parcelle est abandonnée (Chalvet 2006; 2001; 1998). C'est donc un changement temporaire de la culture à la forêt. À l'inverse, le défrichement est lui considéré comme un déboisement définitif (Fourchy 1971). Les cultures étaient agencées dans les zones très accidentées en « restanques », provençalisme de la culture en balcon (cf Figure 8 ci-dessous).



Figure 8 : restanques encore en très bon état sur le camp militaire de Canjuers (crédit photo : Marc Doussière).

Ces aménagements amènent à observer aujourd'hui des forêts particulières. En ce qui concerne les restanques, elles étaient souvent soutenues par des arbres d'alignements sur les côtés des parcelles. Après l'abandon de ces parcelles agricoles, les arbres porteurs se sont développés pour atteindre des âges très élevés (plus de 300 ans) et des arbres jeunes se sont implantés autour d'eux. Ces milieux forment des mosaïques d'arbres très différentes (âge, taille, essence) sur des terrains très pentus, caractéristiques des forêts récentes issues de recolonisation de parcelles agricoles.

Parallèlement, la pratique du pastoralisme nécessitait elle aussi de grandes superficies. Les bergers et éleveurs défrichaient alors des parcelles de forêt pour faire pâturer le bétail. D'autres pratiques sont apparues, comme le sylvopastoralisme, qui consiste à faire pâturer les troupeaux en forêt. De cette pratique résultent aujourd'hui des forêts récentes à l'aspect particulier, très ouvert et généralement dominées par de très gros Chênes. Ils servaient de *Glanier* (arbre producteur de glands, *com.pers.* Marc Doussière) pour les troupeaux. Ces arbres ont des branches charpentières très basses, indice de leur croissance en milieu ouvert et sont entourés d'arbres plus jeunes.

Les chênes et le hêtre étaient également émondés. En fait, l'éleveur coupait la tête de l'arbre afin de nourrir le bétail avec les feuilles et les jeunes rameaux. Ces pratiques ont donné des arbres têtards, qui en ont gardé les stigmates sur leur port généralement boursoufflé par les cicatrisations répétées (Fesquet 1988).

iv) Le droit forestier et les ingénieurs de l'école forestière

Comme précisé plus haut, la forêt provençale était donc fortement impactée par toutes ces pratiques. Les conséquences sur la forêt étaient désastreuses et le pouvoir de l'époque s'inquiétait de la diminution de la « surface boisée au profit des landes et garrigues » (Chalvet 2006; 1998; Combes 1989). Elle était même qualifiée de « pauvre et laide » par les forestiers de l'école forestière, par rapport à la productivité des forêts du nord de la France (Chalvet, 2006). L'empire rejette la faute sur les populations rurales et leurs pratiques qui détruisent le potentiel sylvicole de la région. Le gouvernement lance donc une reconquête de l'espace boisé, basée sur le droit de propriété des communes et des domaines avec le Code Forestier. Les massifs forestiers ne doivent plus être conduits en taillis, mais en futaie. Des opérations de plantation de pins, à croissance rapide, sont également organisées. Le but est de pouvoir répondre à la demande de l'industrie et non de faire du bois de chauffage (Chalvet 2006; Nicolas 2007; Blanchard 1944). Ces changements ont été difficilement acceptés, car les ingénieurs forestiers envoyés par l'empire ne connaissaient pas le sud de la France. De plus, ces mesures menaçaient de faire exploser le système agro-sylvopastoral de la région en privant les habitants de la gestion de la forêt. Cette réforme fut socialement acceptée avec le temps et le système agro-pastoral s'est progressivement éteint, car plus assez compétitif (Fesquet 2008; De Réparaz 2000; Chalvet 1998).

Les activités agricoles (culture et pastoralisme) et le charbonnage ont donc drastiquement diminué. À cela, la mécanisation et le début de l'ère industrielle ont fait grandir la concurrence et c'est là que la déprise agricole du XIX^e siècle a été la plus forte (1860 - 1870). Par la suite, les guerres ont encore plus contribué à la diminution de la population. Le charbonnage a continué pendant encore 50-60 ans, mais s'est définitivement arrêté au milieu du XX^e siècle. Les milieux non exploités se sont donc refermés pour, finalement, contribuer à la grande augmentation de la surface forestière française.

L'administration forestière française a rejeté l'entière faute de la dégradation de la forêt sur la population rurale paysanne de Provence. Ces théories ont été violemment débattues au début du XX^e siècle afin de dédouaner les populations locales, polémiques qui sépara violemment les acteurs forestiers. Certains argumentant que des régions montagneuses ne pouvaient parfois pas accueillir de

forêts et que les conditions climatiques étaient trop rudes pour certaines essences ; les autres que le déboisement massif était à imputer aux activités humaines... Déjà, les questions environnementales suscitaient des débats houleux au sein de la classe scientifique. Quoi qu'il en soit, les Eaux et Forêts ont entrepris une grande campagne de reboisement pour lutter contre l'érosion des montagnes.

v) **La Restauration des Terrains en Montagne**

Partant de la constatation de la répétition de crues dévastatrices, A. Surell propose de replanter des forêts là où le déboisement a été le plus fort afin de limiter l'érosion des sols et l'écoulement de l'eau (Surell 1843). L'état met alors en place une loi sur le reboisement des montagnes (1860) et par la suite une loi sur la restauration des terrains en montagne (1880) (Combes 1989; Blanchard 1944). La Restauration des Terrains en Montagne (aussi appelée RTM) est un projet national de reboisement des flans montagneux pour lutter contre l'érosion des sols. De grandes campagnes de reboisement vont avoir lieu, en privilégiant des essences à croissance rapide et à large niche écologique pour avoir un maintien des sols efficace. Certains auteurs décrivent le pin noir comme une aubaine pour le forestier. Il supporte des conditions rudes, croît rapidement et permet de tenir le sol plus vite que d'autres essences locales. Il a donc massivement été planté dans la région (Fourchy 1971; Combes 1989; Surell 1843; Claus 2013). Également, des essences forestières indigènes ont été replantées comme du chêne pubescent et du hêtre, mais en moindre superficie (Surell 1843).

SYNTHÈSE

La forte pression démographique de la Provence au XIX^e siècle a fortement impacté la forêt du fait que toutes les activités de la société lui étaient reliées. Cela a conduit à un déboisement massif de la forêt méditerranéenne, obligeant l'empire français à s'accaparer les terres pour reprendre une gestion sylvicole permettant de répondre aux demandes industrielles de l'époque. Les retombées sociales de cette « confiscation » ont été assez lourdes, et couplées à l'ère industrielle, ont débouché sur un exode rural très important. Pour protéger les milieux montagneux contre l'érosion, les Eaux et Forêts ont par la suite mis en place des campagnes de reboisement (pin noir, pin sylvestre).

d) **Les forêts anciennes sur le territoire du parc**

Cette partie présente les grands résultats de l'étude cartographique sur les forêts anciennes. Après une courte présentation des résultats à l'échelle du Parc, une analyse complémentaire à l'échelle des six zones géomorphologiques sera réalisée, en pointant les particularités rencontrées et les peuplements caractéristiques.

L'étude de la carte de l'état-major a permis d'extraire une cartographie des peuplements existants en 1860 (année de réalisation de la carte). Cette carte est présentée en annexe (cf carte 13). Ainsi, il y aurait eu 55 000 hectares de forêts à cette époque.

En mettant en parallèle ces données avec d'autres plus récentes (BD Forêt 2009), on obtient les forêts présumées anciennes. Le couvert forestier ancien du Parc serait donc de 50 000 hectares. Des massifs forestiers présents sur la carte de l'État-Major, seulement 5000 hectares auraient été déboisés entre ces deux dates. En annexe (cf carte 15) est présentée la carte des forêts présumées anciennes et récentes. Pour rappel, on estime qu'aujourd'hui le couvert forestier du PNR V est de 158 000 hectares. La surface forestière aurait donc quasiment triplé entre 1860 et 2009.

Il y aurait donc 36 % des forêts du Parc qui seraient anciennes. La carte des peuplements forestiers présumés anciens (cf Figure 9) montre que les milieux forestiers anciens sont globalement répartis uniformément au sein du Parc, excepté le quart nord-est. Ces forêts sont de plus très morcelées, ce qui

pourrait être un frein aux connexions écologiques. Seule la partie ouest du haut Var apparaît peu divisée en de multiples petits îlots. L’histogramme des surfaces des peuplements forestiers anciens (cf Figure 10) met en forme les surfaces des 12 peuplements forestiers les plus présents sur le territoire du Parc. Il montre que ces peuplements sont majoritairement dominés par des feuillus, c’est-à-dire des essences dryades correspondant alors à un écosystème ancien.

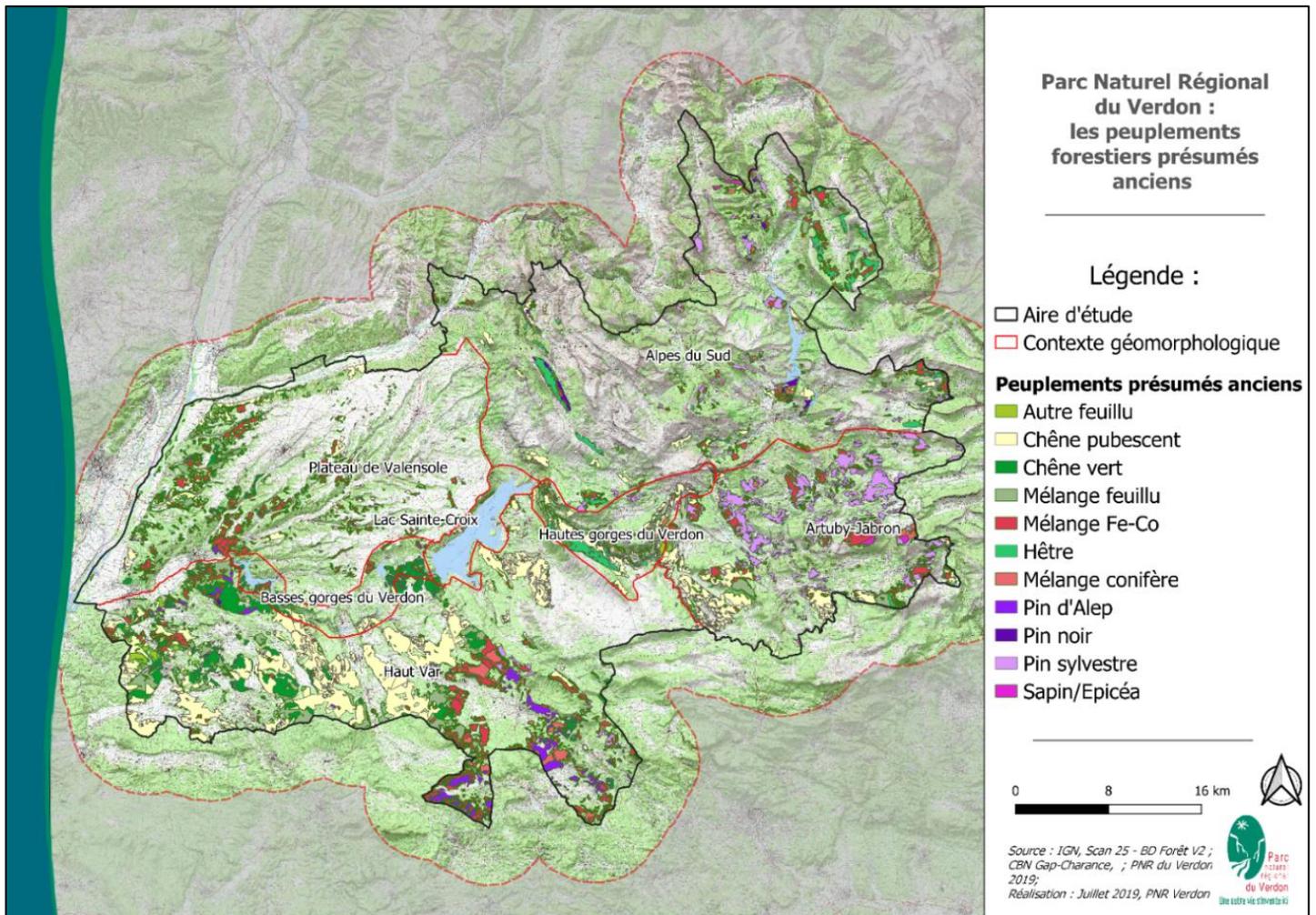


Figure 9 : Carte des différents peuplements forestiers anciens sur le territoire du PNR du Verdon.

Le chêne pubescent est l’essence la plus présente dans ces massifs forestiers anciens avec plus de 15 000 hectares. Les mélanges feuillus et conifères sont très présents, avec en grande majorité du Chêne pubescent et du Pin sylvestre (9700 hectares). Le pin sylvestre est encore une fois fortement représenté sur le territoire, notamment dans l’Artuby-Jabron (cf L’Artuby – Jabron). Ensuite vient le chêne vert avec 4254 hectares. Le hêtre et le sapin sont peu présents, car peu de stations forestières remplissent leurs exigences écologiques. C’est surtout dans le nord-est du territoire que l’on peut les retrouver en peuplement pur ou en mélange (cf Figure 9). Il est important de noter que les peuplements de Pin noir ont une superficie de 376 hectares et sont sans doute d’origine humaine. Ils peuvent être des plantations très anciennes (avant 1860) ou des plantations récentes sur des zones forestières anciennes.

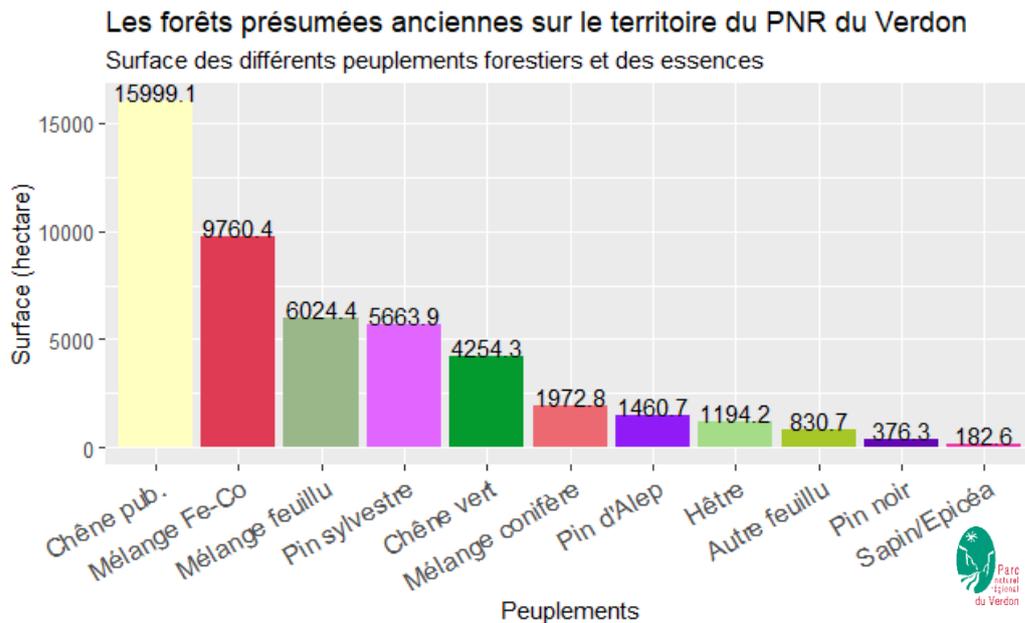


Figure 10 : Histogramme des surfaces des 11 peuplements des forêts présumées anciennes les plus présents.

i) Le plateau de Valensole

Le plateau de Valensole est la zone la moins boisée du Parc et compte par conséquent peu de massifs forestiers anciens (5740 hectares). En effet, celui-ci a été fortement cultivé du fait de sa topographie facilitant le travail de la terre. Les déboisements ont donc été forts et les zones cultivées moins abandonnées au début du XIX^e siècle. Il est donc logique d'y trouver peu de milieux forestiers anciens. Principalement, ces forêts sont situées à l'ouest du plateau, avec des mélanges feuillus-conifères (chênes et pin d'Alep ou sylvestre), des peuplements de chêne pubescent, de mélange de feuillus ou de chêne vert (cf annexe 2). Les massifs forestiers de feuillus ont été conduits en taillis, pour le charbonnage et le bois de chauffe. Les pins sylvestres et d'Alep sont généralement isolés et peuvent atteindre de grandes dimensions.

ii) Rivages du lac de Sainte-Croix

Comme précisé dans la partie contexte, le lac de Sainte-Croix est entouré de forêt majoritairement récente. Avant sa mise en eau, la vallée possédait des massifs forestiers sur les pentes et zones accidentées (orthophotos anciennes de 1950). Aujourd'hui, ils ne restent que très peu de ces forêts (140 hectares), avec une majorité de chênes pubescents et de mélange de feuillus et de conifères (cf annexe 3).

iii) Les Préalpes du Sud

Les Préalpes du Sud sont relativement peu pourvues en forêts anciennes (5720 ha). Compte tenu du relief de cette zone, on aurait pu s'attendre à y obtenir une plus grande proportion de forêts anciennes. En effet, en montagne, certaines zones sont très difficiles d'accès et auraient pu ne pas être exploitées. Cependant, il semble qu'il y ait moins de milieux forestiers anciens que le plateau de Valensole. Trois hypothèses permettent de l'expliquer:

- Le pastoralisme est très présent en milieu montagnard et compte tenu des problèmes de surpâturage déjà cité, il est possible que les milieux forestiers aient été très impactés.
- Du fait de la forte présence du pastoralisme dans les milieux montagneux, les ingénieurs de l'état-major ont pu classer en zone pâturée des forêts qui étaient situées sur des parcours de troupeaux.
- À cause du fort relief et des techniques de cartographie de l'époque, il est possible que certains milieux aient été oubliés. De même, quand le relief est très important (falaises ou très fort

dénivelé), les courbes de niveau cachent complètement le figuré de la carte. Il est donc possible que des zones n'aient pas été détectées par le logiciel.

Ainsi, la surface de forêts anciennes pourrait être bien plus importante. Il est par conséquent nécessaire de prendre du recul sur ces analyses.

Il est visible (cf annexe 4) que ces forêts sont légèrement dominées par les conifères, avec les mélanges de feuillus et de conifères et le pin sylvestre qui représentent plus de 40 % des massifs forestiers de la zone. Le hêtre et le chêne pubescent sont présents également avec des superficies d'environ 1000 hectares. Cette zone biogéographique est la seule accueillant du pin noir, avec une superficie de plus de 300 hectares. Également, quelques stations de sapin pectiné sont présentes (87 hectares).

Cette zone comprend la RBD des gorges de Trévans. Un peuplement ancien de hêtre, conduit en taillis est présent sur l'ubac du MontDenier.

iv) L'Artuby - Jabron

La zone de l'Artuby-Jabron est très forestière et laisse apparaître plus de massifs forestiers anciens que les trois dernières zones (9582 ha, cf annexe 5). Étant dans l'aire biogéographique du pin sylvestre, cette essence y est grandement représentée (4000 ha). Également, du chêne pubescent est présent (2800 ha), accompagné par des conifères en mélange (1600 ha) et quelques sapinières pures sporadiques dans les milieux frais. La présence du pin dans une forêt ancienne peut paraître paradoxale. En effet, étant donné que cette essence est dite « pionnière », sa présence de manière dominante dans une forêt ancienne peut poser questions. Il est possible de l'expliquer avec deux hypothèses :

- Le pin a pu être favorisé par les aménagements forestiers successifs et ces peuplements peuvent être issus d'une recolonisation naturelle du début du XIX^e siècle, notée en milieu forestier sur la carte de l'État-Major en 1860. La seconde génération peut avoir été favorisée par la gestion forestière au XX^e et XXI^e siècle.
- Le pin sylvestre est, au sein de la zone de l'Artuby - Jabron, dans son aire biologique. Les peuplements peuvent donc être naturels, avec une régénération favorisée par les paramètres de station optimale pour cette essence.

Les peuplements anciens de chêne pubescent sont également conduits en taillis. Ils sont présents sur des replats avec un sol très sec (peu épais et caillouteux). Ils souffrent donc beaucoup de la chaleur et sont peu vigoureux. Ces espaces forestiers sont généralement issus d'anciens parcours de bétail et sont très ouverts.

v) Le haut-Var occidental

Le haut-Var occidental est la zone la plus pourvue en massifs forestiers anciens, avec plus de 25 000 hectares (cf annexe 6). Il est composé en grande partie de chêne pubescent (10 000 ha), de mélange de feuillus et de conifères (4000 ha), de chêne vert (3200 ha) et de mélange de feuillus (3000 ha). En majorité, les peuplements feuillus sont situés au nord de la zone et les conifères sont présents dans la partie sud.

Les grands massifs de chêne pubescent situés sur le plateau de Malassoque (commune de la Verdrière) sont des peuplements anciens conduits en taillis. Ils sont très âgés, comme le montre l'état des cépées (souvent pourries et cassées, de plus de 200 ans – cf annexe 14), mais la partie aérienne est souvent très jeune (inférieur à 80 ans). La croissance est très lente et les arbres sont peu vigoureux. Ils atteignent une hauteur maximale d'une quinzaine de mètres de haut et un diamètre maximum de

30 cm. De ce fait, ces taillis sont jugés aujourd'hui comme n'étant plus assez productifs par certains forestiers. Les raisons mises en cause sont les effets des sécheresses répétées et l'âge des cèpées. Des dépérissements commencent à apparaître sur certaines zones où le sol est très superficiel. Du fait du changement climatique, ce type de milieu peut être amené à disparaître. Cependant, le couvert forestier ancien y est très important pour des espèces végétales ou des lichens inféodés à l'ancienneté forestière de par leur faible capacité de dispersion. Par exemple, les lichens *Lobaria pulmonaria* et *Leptogium saturninum* et les mousses *Antitrichi californica* ou *Bruyem canariense* (CEN-PACA 2018) sont des indicateurs de la continuité forestière ancienne.

L'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) a d'ailleurs classé les chênaies pubescentes méditerranéennes comme quasi menacées et insiste sur la fragilité des formations anciennes de taillis de chêne pubescent (UICN 2018).

Les peuplements hauts varois de chêne vert anciens sont également conduits en taillis. Tout comme les chênes pubescents, ils ont été massivement exploités pour la production de charbon. Ces peuplements ont une croissance très lente et présentent rarement une hauteur élevée ou de gros diamètres. Un des problèmes majeurs de ces peuplements est l'absence de régénération au sol alors que de plus en plus de cèpées commencent à dépérir (UICN 2018).

vi) Les grandes gorges du Verdon

La topographie des gorges ne permettant aucune activité de défrichement, culture ou pastoralisme, il a été pris comme postulat que toutes les forêts présentes dans les gorges sont des forêts anciennes. Afin d'obtenir une cartographie fine de ces forêts, le travail de cartographie des habitats Natura-2000 réalisée par le Conservatoire Botanique National (CBN ci-après) de Gap-Charance a été utilisé. Les milieux forestiers présents au fond des gorges et sur les pentes ont été ajoutés à la base de données des forêts anciennes. Les surfaces des peuplements forestiers sont présentées dans l'histogramme ci-dessous (cf annexe 7).

Les feuillus sont présents en grande majorité avec 600 hectares de feuillus mélangés et près de 400 hectares de chêne pubescent. Par la suite, c'est le pin sylvestre (200 ha) pur ou en mélange avec des feuillus (150 ha) qui apparaît. Les essences que l'on trouve dans les gorges apprécient des conditions fraîches. Des espèces d'ombres et de fraîcheur, comme le tilleul, l'érable, le frêne ou le hêtre y sont communes et le saule ou encore l'aulne apparaissent plus exceptionnellement dans des conditions humides. Les chênes sont situés sur les pentes, où l'accès à l'eau est très limité et partagent souvent ces milieux avec le pin sylvestre.

Des milieux forestiers sont encore inconnus dans les gorges du fait de leur accessibilité limitée. Par exemple, les milieux associés à des « jardins suspendus » le long des falaises, peuvent permettre le développement d'arbres de forte dimension ou d'espèce particulières. Cependant, aucun travail n'a été fait à ce sujet pour l'instant.

vii) Les basses gorges du Verdon

Tout comme les grandes gorges, les basses gorges du Verdon ont été cartographiées avec précision par le CBN Gap-Charance. Ces informations ont été ajoutées dans la base de données des forêts anciennes. La zone des basses gorges a la particularité de ne pas présenter de ripisylve à cause de sa topologie très pentue.

Le Chêne vert domine les autres essences avec plus de 500 ha couverts (cf annexe 8). La végétation est souvent celle du taillis ou du matorral à chêne vert. Ensuite, sont également présents des mélanges de feuillus (350 ha) et de feuillus et conifères (300 ha). On retrouve le chêne pubescent sur environ 250

ha. Enfin, le pin sylvestre et le pin noir sont présents uniquement sur des zones identifiées comme des plantations par le CBN.

Les structures végétales des basses gorges sont principalement composées d'une couverture feuillue arborée généralement basse et parsemée, adaptée aux conditions sèches de la zone.

e) Limites et perspectives

i) La cartographie et les bases de données

Il a été assez répété ici l'imprécision de l'approche cartographique pour identifier les forêts anciennes. Bien que fait avec attention, trop de variables peuvent biaiser le travail réalisé. Il est donc nécessaire de prendre avec le recul nécessaire les résultats présentés. Cependant, comment les améliorer ?

Tout d'abord, en travaillant avec attention sur l'histoire de la forêt. Comme énoncé précédemment, l'approche historique est très importante. Laurent LATHUILLERE l'a montré à travers plusieurs études sur les forêts anciennes (Lathuillère et Gironde-Ducher 2017; Gironde-Ducher 2014) et en apportant la notion de diagramme temporel forestier. L'idée est de reprendre l'historique d'une forêt en utilisant les archives communales, départementales ou forestières. Remonter ainsi dans le temps apporte une véritable plus-value sur l'ancienneté réelle d'un massif forestier. De plus, cette méthode est applicable à des époques plus récentes, comme le milieu du XX^e siècle, afin de rechercher des indices pouvant conforter l'ancienneté d'une forêt.

Cependant, le diagramme temporel n'est pas applicable à l'ensemble d'un parc naturel régional. Utiliser les archives n'est faisable en termes de temps uniquement sur un massif forestier donné, à une échelle beaucoup plus fine. Un travail moins chronophage serait de pouvoir vectoriser les zones forestières du milieu du XX^e siècle à travers les orthophotos anciennes. Cela permettrait de supprimer les milieux ouverts en cours de fermeture et donc de gagner en précision sur l'ancienneté des massifs forestiers.

ii) Les indicateurs de l'ancienneté forestière

Un des enjeux les plus importants des forêts anciennes est, comme précisé dans ce rapport, le cortège floristique et faunistique qui leur est inféodé. En effet, un grand nombre de recherches ont montré que les forêts anciennes abritent une biodiversité significativement différente que celle des forêts dites récentes (Dupouey et al. 2002; Matuszkiewicz et al. 2013; Sciama et al. 2009; Hermy et al. 1999...). Cependant, il n'était pas possible dans cette étude de travailler à la fois sur la mise en place de la trame forestière et sur la biodiversité des forêts anciennes. Il est néanmoins très important pour le Parc de mettre en place des inventaires permettant de caractériser en précision ces forêts anciennes, car beaucoup de questions restent en suspens :

- Existe-t-il une **flore caractéristique des forêts anciennes dans le Verdon**? Le travail du PNR du Lubéron sur le sujet est un début très intéressant mais qui mériterait un approfondissement en intégrant les milieux forestiers propres au PNR du Verdon. Ce type d'inventaire est important, car il permet d'évaluer la biodiversité floristique (espèces patrimoniales, protégées, etc.) des milieux forestiers anciens. D'autres indicateurs peuvent être couplés à ce type d'inventaire comme les lichens, les insectes saproxylophages, les mousses, etc. Des études toponymiques peuvent être utilisées pour rechercher des milieux forestiers anciens particuliers (*com.pers.* Marc Doussière). En effet, les lieux-dits sont souvent nommés en provençal en fonction de leurs usages ou intérêts. Par exemple, *les rouvières* indiquent la présence du Chêne pubescent, la *Pinée* celle du Pin, la *Fray* pour des frênaies, l'*eouve* pour le

Chêne vert ou *lagastière* pour les érablaies (Magnaudeix 1996). Ces inventaires pourraient permettre d'identifier plus facilement les forêts anciennes.

- Y a-t-il un **impact des pratiques anciennes de gestion forestière** (charbonnage, sylvopastoralisme...) sur les cortèges floristiques ? **Des pratiques agricoles anciennes** (différence entre anciens milieux pâturés et milieux agricoles) ? En effet, du fait de la forte pression de l'exploitation sylvicole, des remaniements au sein de la strate herbacée ont pu avoir lieu. De même, des recherches ont montré qu'en raison de la forte pratique du sylvopastoralisme, la flore des forêts anciennes pourrait être très proche de celle des zones de forêt récente anciennement des prairies pâturées.

La **connaissance des forêts anciennes et de leurs enjeux écologiques** permet de travailler plus facilement avec les différents acteurs et d'argumenter les décisions prises sur certains travaux (dessertes forestières, coupes DFCI, îlots de sénescence, état d'assiette, aménagement de loisirs, etc.). Par exemple, proposer une cartographie des enjeux de biodiversité autour des forêts anciennes (milieux rares, espèces patrimoniales, connexion écologique...) afin d'aider l'évaluation de la planification urbaine sur le territoire serait un débouché possible. Cet outil permettrait d'argumenter les décisions prises par le Parc et d'apporter des informations plus précises aux acteurs.

III. La maturité forestière

a) Les forêts matures

Les forêts matures sont des milieux forestiers ayant atteint un stade avancé dans le cycle de la sylvigénèse. Ce cycle, présenté en Figure 11 ci-dessous, schématise la genèse d'une forêt, allant ainsi d'une régénération d'essences forestières à des arbres de forte dimension puis à une sénescence des individus. Elles présentent des arbres d'âges variés, mais avec des individus généralement assez vieux voir très vieux, de dimensions importantes mais également des arbres morts au sol ou sur pied. Des microdendrohabitats (abrégé MDH ci-après) sont présents sur certains arbres, comme des cavités vides ou pleines, des lianes, des branches cassées, de l'écorce décollée. Les MDH sont des bons indicateurs de la maturité écologique en forêt.

La nuance avec la notion de maturité sylvicole est très importante. On parle bien ici d'optimum écologique, et non d'optimum économique qui correspond à l'âge de coupe optimale d'un arbre. En effet, quand un arbre vieillit, il perd de la valeur et est déclassé (Renaux et Lathuilliere 2016; Ladier, Rey, et Dreyfus 2012).

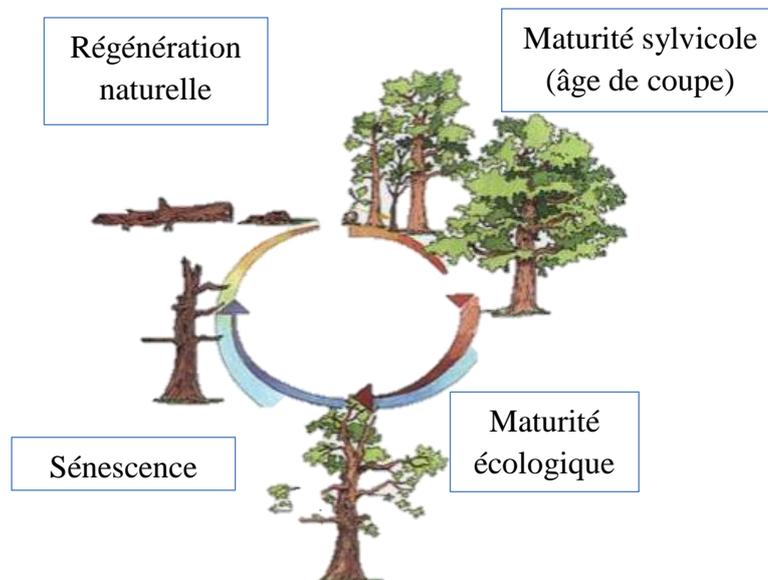


Figure 11 : Le cycle de la sylvigénèse, de la régénération naturelle à la sénescence.

Ces forêts sont généralement des forêts anciennes, l'avancement dans le développement sylvicole allant de pair avec un couvert forestier continu. On considère que la maturité qualifie le peuplement forestier, alors que l'ancienneté qualifie le milieu forestier (récent ou ancien). Ces deux notions décrivent le milieu forestier et les individus à des échelles fonctionnelles, spatiales et temporelles. Il est considéré que les forêts matures sont des forêts dominées par des essences dryades ou à longue longévité (hêtre, sapin, chêne)(Cateau et al. 2015).

Par leur diversité en microhabitats, les forêts matures sont des réservoirs de biodiversité forestière. Le bois mort au sol et sur pied constitue l'habitat et les ressources alimentaires de nombreux insectes saproxylophages (Nageleisen, s. d.; Micas 2011). De plus, les cavités et autres MDH présents sur les arbres vivants servent d'abris à des mammifères (chauves-souris, martre des pins, genette...), des oiseaux (pics, chouettes, passereaux...) ou d'autres insectes (Renaux et Villemey 2017). La mosaïque d'âges et de hauteurs (strates arborées, arbustives et herbacées) permet également d'apporter une diversité de milieux et de ressources.

Les gestionnaires d'espaces naturels placent beaucoup d'enjeux dans ce type de forêts, car elles constituent de vrais refuges et réservoirs pour la biodiversité forestière. Il est donc important pour le PNR du Verdon de les identifier, les connaître afin de mieux les protéger. Ces futurs réservoirs de biodiversité ont pour but d'être les premiers maillons de la trame forestière du Parc. De plus, dans un contexte de changement climatique, des hêtraies matures peuvent constituer des réservoirs génétiques, à l'instar de la hêtraie de la Sainte-Baume ou d'Aiguines. Une connaissance de ces milieux permet alors une meilleure prise en compte de ces enjeux. Il serait par ailleurs intéressant de suivre la résilience de ces peuplements face au changement climatique par rapport à des peuplements plus jeunes (EcoWatch 2019).

En France, beaucoup d'études sur les forêts matures ont été réalisées, souvent sous d'autres appellations. On parle notamment de forêts subnaturelles, de forêts à forte naturalité (PNR du Lubéron, PN de la Vanoise, PN des Pyrénées)... Tous ces noms reposent sur des indicateurs identiques : une forte présence de gros bois, de bois mort au sol, d'espèces patrimoniales, de MDH... On trouvera dans ces forêts des arbres de grosses dimensions, du bois mort en plus grande quantité et un sol non perturbé. Ces notions de naturalité des forêts posent le postulat qu'une forêt non ou peu gérée est une forêt naturelle, donc peu impactée par l'Homme et proche d'un état de référence établi sans perturbation. Cependant, ce type de forêts est aujourd'hui très rare, voire inexistant en France. Ces forêts peuvent être considérées comme des forêts dites subnaturelles, c'est-à-dire ayant subi des perturbations humaines sans avoir perdu leur structure et leur intégrité (Libis 2011; Greslier, Renaud, et Chauvin 1995).

Ces définitions désignent des milieux forestiers identiques mais différents par l'utilisation qui est faite de ces milieux. Le terme de naturalité va en effet plus loin que la maturité dans la démarche d'évaluation, car il prend en compte l'impact de la gestion forestière sur le milieu forestier. Il n'est pas pour autant plus logique de l'utiliser en fonction des pratiques des gestionnaires, de la région considérée, etc. De plus, il est très difficile d'établir ce qu'est réellement la « naturalité », du fait qu'aujourd'hui, plus aucune forêt française n'a pas été perturbée par l'Homme. Afin de pouvoir prendre en main toutes ces notions, il est conseillé de lire la publication « Sémantique autour des forêts anciennes » (Lathuillière et Gironde 2014). Les auteurs apportent plusieurs définitions et sources permettant de mieux saisir toutes les nuances autour de ces forêts.

b) Méthode d'identification

i) Connaissance des acteurs forestiers

Au contraire des forêts anciennes, il n'est pas possible d'identifier avec une grande précision les forêts matures uniquement par outil cartographique. Il serait possible de s'appuyer sur divers paramètres comme l'ancienneté, la présence d'essences dryades, une faible accessibilité ou la présence de gros houppiers sur les orthophotos pour identifier des zones à inventorier. Cependant, le travail engendré serait trop chronophage et quasiment impossible sur un territoire aussi vaste.

L'échantillonnage aléatoire a été également proposé mais au vu de la forte pression qu'ont subi les massifs forestiers au cours de l'histoire, beaucoup des points proposés auraient été situés en taillis. Un échantillonnage aléatoire stratifié sur des zones à fort potentiel de maturité a enfin été envisagé, mais cette méthode se révélait être trop longue à mettre en place.

La méthode privilégiée pour réaliser cette identification a été de s'appuyer sur la connaissance des acteurs forestiers. Elle permet de profiter d'une expérience et d'une connaissance de la zone identifiée, tout en ayant une précision cartographique plus fine. L'accès aux documents de gestions aurait pu être une méthode plus exhaustive ou complémentaire, mais le parc n'ayant pas de partenariat avec l'ONF

(Office National des Forêts) et le CRPF (Centre Régional de la Propriété Forestière), l'accès était limité aux versions publiques des documents, qui sont beaucoup moins précises que les versions privées. Il a ainsi été impossible de se procurer certaines données.

Ainsi, 14 agents de l'ONF et 5 du CRPF ont été rencontrés. Une liste des agents contactés est présentée en annexe (cf Liste de contact :). Cette méthode est également opportuniste. Des informations peuvent être récupérées au détour de conversations avec les habitants, des collègues connaissant bien le territoire, etc. Les rencontres ont été organisées en deux temps, une première pour échanger ensemble sur le projet du Parc, ses objectifs et ses attentes. La deuxième était une phase de travail sur SIG, permettant d'identifier des zones de maturité connues de par leur travail de terrain ou leurs sorties personnelles.

ii) Résultats de la pré-identification

Ce travail avec les gestionnaires forestiers a permis d'identifier 69 zones possiblement matures. À l'échelle du Parc, ces zones sont de faible surface. La moyenne est de 42 ha, avec une médiane à 14 hectares. La plus grande zone est de 540 ha et est située au sud-est de l'Artuby-Jabron. La plus petite zone est de 1 ha (cf carte 16).

Celles-ci sont bien réparties à l'échelle du parc, avec une légère surreprésentation des milieux montagneux, notamment dans les hautes gorges du Verdon. Les zones de maturité y sont plus denses et en majorité de grandes tailles (18 zones, moyenne de 44 ha). Les zones des Préalpes du sud comptent quant à elles 13 zones pour une moyenne de 42 ha. Le plateau de Valensole présente seulement 3 zones. Dans le haut-Var, 18 zones sont présentes mais de tailles beaucoup plus petites avec une moyenne de 14 ha. Enfin, l'Artuby-Jabron ne présente que 2 zones mais très grandes, la moyenne étant de 508 ha.

Les deux histogrammes présentés en Figure 12 décrivent les surfaces de chaque peuplement forestier et le nombre de zones de chaque peuplement. Il apparaît que c'est le chêne pubescent qui revient le plus souvent. Le sapin pectiné est présent sur une très grande surface mais n'apparaît que dans 2 zones, très grandes. La hêtraie et la hêtraie-sapinière sont également présentes sur quelques grandes zones. Par la suite, le chêne vert, le mélange de feuillus ou même du pin sylvestre ont été identifiés sur quelques zones de petite superficie. Enfin, des zones de ripisylves ont été proposées par les acteurs sensibilisés sur le sujet, mais en faible superficie.

Il semble que toutes les essences dryades aient été citées par les acteurs forestiers et ceux plus ou moins dans les proportions de chaque peuplement. *i.e* il y a plus de chêne pubescent sur le territoire que de hêtre, il est donc normal dans retrouver plus dans les zones proposées. Seule la présence du pin sylvestre pourrait ne pas paraître logique mais a été tout de même prise en compte. Toutes les essences correspondent aux tendances forestières de leur aire biogéographique. Il est important de noter que les deux sapinières de l'Artuby-Jabron sont situées à la limite de leur aire de répartition (EUFORGEN 2019) et constituent alors de grands enjeux de préservation par rapport au changement climatique (réservoir génétique par exemple).

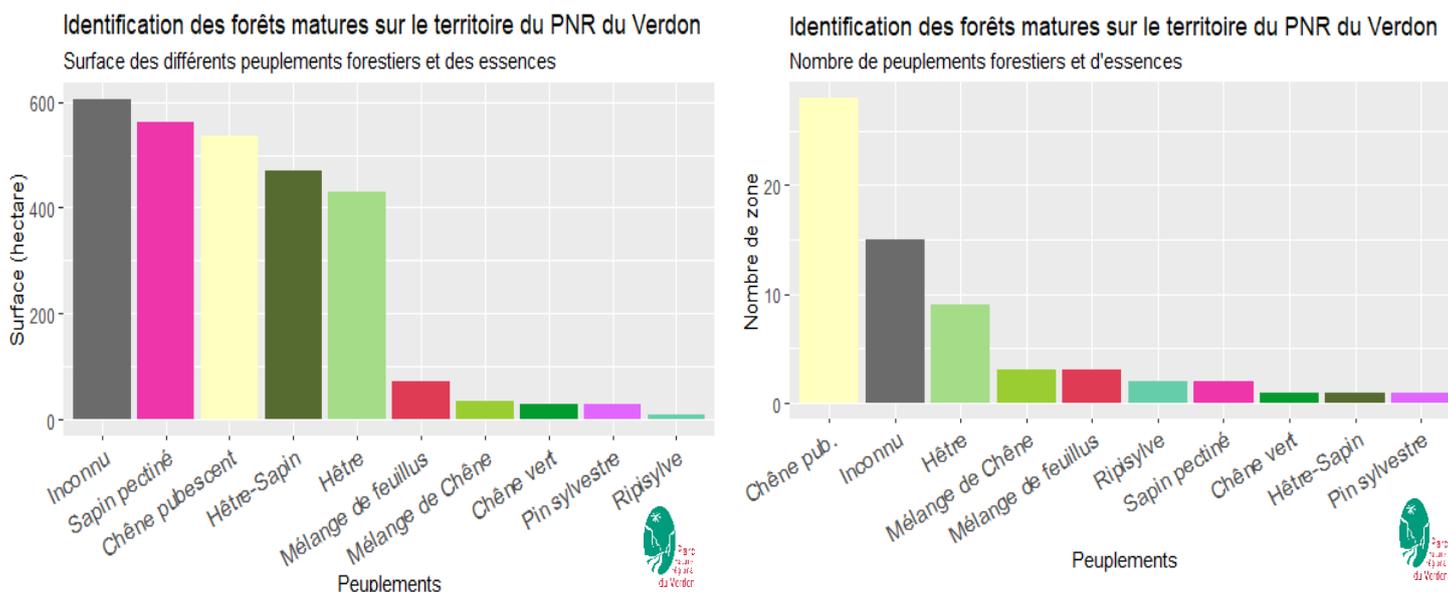


Figure 12 : Surface des différents peuplements forestiers potentiellement matures identifiés avec les acteurs forestiers.

c) Limite de cette méthode

Cette méthode présente bien des avantages. Elle permet tout d'abord de pouvoir engranger un grand nombre de données en peu de temps et sur le territoire complet du Parc. Cependant, des désavantages persistent. Il est tout d'abord compliqué d'effectuer un tel exercice de mémoire pour les gestionnaires. En effet, toutes les zones matures connues par la personne interrogée ne peuvent revenir en mémoire d'un seul coup. Certaines ont forcément été oubliées, en fonction des personnes. Parallèlement, la notion de forêt mature, même en étant clarifiée au début de l'entretien, n'est pas forcément la même entre chaque acteur. Des forêts ont pu être indiquées et ne pas correspondre aux attentes de l'étude en termes de gros bois, d'ouverture du milieu, de présence de bois mort au sol... Enfin, cette méthode implique que les personnes interrogées aient une connaissance très précise de leur territoire et des forêts qu'ils gèrent.

Sur l'origine professionnelle des personnes rencontrées, uniquement des gestionnaires forestiers ont été interrogés. Seulement un naturaliste (ONCFS) et un spécialiste des insectes saproxylophages de l'ONF ont pu être rencontrés. Bien que certains de ces gestionnaires soient de très bons naturalistes, des botanistes, entomologues ou chiroptérologues auraient pu être des personnes ressources intéressantes à enquêter.

Afin de vérifier les informations apportées par les acteurs forestiers et de récupérer des données sur ces zones, une phase de terrain a été nécessaire.

d) Phase de terrain

i) Protocole de terrain

La phase de terrain avait pour objectif de pouvoir vérifier et caractériser la maturité des zones pré-identifiées avec les acteurs. Un protocole a donc été mis en place. Celui-ci se devait d'être rapide et simple, car les prospections de terrain allaient être réalisées par seulement un ou deux opérateurs. En aucun cas le but de ce protocole était de pouvoir décrire de manière exhaustive une forêt mature ou de déterminer quels paramètres les discriminent le mieux.

Pour réaliser ce travail, des recherches bibliographiques sur la caractérisation des forêts matures, subnaturelles et anciennes ont été réalisées afin de pouvoir déterminer quelles variables étaient les plus discriminantes. L'annexe 9 propose une synthèse de ces recherches, en reprenant chaque indicateur et ses mesures.

Les gestionnaires rencontrés travaillent souvent avec des protocoles d'évaluation de la biodiversité forestière, notamment l'Inventaire de Biodiversité Potentielle (IBP) et le protocole naturalité du World Wild Found (WWF). Ces deux protocoles sont les plus complets disponibles aujourd'hui pour décrire les forêts en tant qu'écosystème mais sont malheureusement trop longs à mettre en place. Une simplification de ces protocoles a donc été mise en œuvre, pour aboutir finalement à un protocole s'apparentant à celui du PNR du massif des Bauges et de l'IBP (cf annexe 9).

Le protocole est mis en place sur une placette circulaire de 20 mètres de rayon.

Les critères retenus sont les suivants (cf annexe 10) :

- Maturité du bois vivant: le comptage des arbres de gros bois (GB) et très gros bois (TGB) par essence, avec un diamètre seuil de 30 centimètres pour les GB et de 60 centimètres pour les TGB. Une proportion du nombre de gros arbres est cependant très importante et il est important d'indiquer le nombre total de tiges présentes (somme des petits bois, moyens bois, gros bois et très gros bois). Par exemple, un peuplement avec 10 GB sur 20 tiges est considéré comme étant plus mature qu'un peuplement avec 10 GB sur 40 tiges. Il a été choisi d'utiliser un nombre d'arbres plutôt que d'utiliser la surface terrière ou le volume pour éviter de réaliser trop de mesures et de perdre du temps, mais le protocole peut très bien être modifié en fonction des attentes et des objectifs. Les seuils ont été établis à partir du protocole de l'IBP adapté au contexte méditerranéen (Larrieu et Gonin 2008).
- Maturité du bois mort : un comptage des arbres morts sur pied et au sol d'un diamètre supérieur à 15 centimètres et 30 centimètres a été réalisé.
- Microdendrohabitats : une liste de dix types de microhabitats est à compléter (branche cassée, cavité pleine/vide sur le tronc, cavité pleine/vide sur le pied, cavité de pic, coulée de sève, écorce décollée, fente, liane et gui, nécrose, polypore). L'abondance était précisée en indiquant si le MDH était présent sur au moins chaque arbre, sur moins que chaque arbre ou sur plus que chaque arbre. Ces données étant difficiles à analyser, il a été choisi de simplement compter le MDH et de faire des intervalles pour les habitats très présents. Les MDH sont relevés uniquement sur les arbres vivants.
- Structure verticale : les trois strates sont décrites en estimant le recouvrement en pourcentage et la hauteur maximale de chacune. Ces variables permettent d'estimer la structure verticale (hauteur, strates, recouvrement), la régénération et la fermeture du milieu.
- Diversité en essence : les essences forestières sont toutes relevées, en indiquant leur abondance (de + à 5) et en précisant dans quelle(s) strate(s) elles se trouvent.
- Ancienneté : la carte de Cassini ainsi que les orthophotos anciennes permettent de préciser l'ancienneté déterminée avec la carte de l'État-Major. Les traces d'usages passés sont à détailler (restanque, ruine, épierrage, charbonnage, arbre têtard, arbre rural).
- Exploitation forestière : le traitement (taillis, taillis sous futaie, futaie régulière et futaie irrégulière) et la présence de souches ou de coupes sont également notées. L'accès à la zone est exprimé en fonction de l'éloignement à la desserte.
- Impact anthropique : les traces d'impacts d'origine humaine sont à indiquer, comme la présence de déchets, d'incendie, de dégâts du sol, de fréquentation (sentier, feu de camp, etc.), de barrières ou de pâturage.

À cela, les paramètres de la placette sont à ajouter, avec la situation topographique, l'exposition, l'altitude et la pente.

ii) Hiérarchisation des zones à inspecter

À la vue de la difficulté d'accès des zones après les premières journées de terrain, il a été nécessaire de hiérarchiser les zones à inspecter. En effet, il était impossible de parcourir les 69 zones proposées par les acteurs en 1 mois de terrain. Comme toute région montagneuse, c'est la pente et l'état des dessertes qui sont la cause de ce retard. La discrimination de certaines zones a été réalisée en suivant cette méthode :

- Attribution d'une note de potentiel de maturité (Faible, Moyen, Fort) à toutes les zones proposées en se basant sur la description faite par les personnes interrogées. La confiance en l'information a été prise en compte dans cette notation (emplacement précis, essences présentes, type de bois, ressenti de l'interrogé...).
- Une note de Faible à Fort a été donnée en estimant la distance avec la desserte la plus proche, le temps de trajet sur piste et le temps de trajet sur route. L'accessibilité est la variable la plus importante. Plusieurs heures étaient parfois nécessaires pour se rendre sur une zone, entre le temps de route et d'approche.
- L'intérêt, toujours noté de faible à fort, a été estimé avec les informations des acteurs et le type de peuplement présent. Par exemple, une sapinière pure présente un fort intérêt, car ce type de peuplement est très rare sur le territoire, alors qu'un peuplement de chêne pubescent est beaucoup plus commun et moins intéressant à visiter plusieurs fois.

Avec ces 3 notes, l'importance de vérification des zones a été estimée. Il y avait au total 22 zones déterminées comme importantes et ont toutes été inspectées.

Parallèlement, plusieurs types de milieux ont été proposés (hêtraie, chênaie, etc.), dans différentes zones géomorphologiques. L'objectif était de pouvoir inspecter chaque type de peuplement dans chaque contexte géomorphologique s'il y est présent. Comme le montre le tableau en annexe 11, il a été nécessaire de hiérarchiser les zones à visiter seulement pour les peuplements de chêne pubescent et de hêtre. Les zones avec aucune information sur le peuplement ont été visitées uniquement si elles étaient faciles d'accès et si l'informateur était sûr de l'emplacement.

La mise en place des placettes n'a pas été faite sur chaque zone inspectée si le manipulateur ne le jugeait pas nécessaire. En général, si une zone n'a pas de placette, c'est soit par manque de temps, soit, car elle n'est pas considérée comme mature. Les informations relatives aux zones sans placette ont été transmises au Parc. Cette estimation est faite par une immersion dans la zone et par recherche visuelle des indicateurs de maturité. Si la zone est jugée comme mature, alors la placette est installée dans une zone homogène et représentative de toute la zone.

Si plusieurs milieux écologiquement différents (changement d'essences dominantes, de structure, etc.) sont présents, plusieurs placettes peuvent être réalisées. Une placette correspond théoriquement à un milieu donné. Parfois, le manque de temps a forcé le manipulateur à ne réaliser qu'une placette pour plusieurs sous milieux.

Au total, 27 zones ont été inspectées, 12 zones ont été confirmées comme mures et 15 placettes d'études réalisées. La carte 17 en annexe présente la répartition des zones inspectées et non inspectées, avec l'emplacement des placettes. Un grand nombre de zones n'ont pas pu être visitées, comme le montre le tableau en annexe 12. L'accès compliqué à certaines zones ainsi que le temps limité ont été les points les plus limitants. Afin de compléter la phase terrain et de pouvoir continuer les inspections des zones les plus importantes et avec le plus fort intérêt, des indications et une hiérarchisation des zones à inspecter en priorité ont été données au Parc.

iii) Résultat et données recueillies

La phase de terrain a donc permis de réaliser 15 placettes d'études et d'inspecter 27 zones. Les milieux visités et les conclusions apportées par les inspections terrain seront présentés dans la partie « Grands résultats et milieux rencontrés ». Les résultats et les données issues du protocole seront analysés dans la partie « Données recueillies ».

Grands résultats et milieux rencontrés

La phase de terrain a permis d'inspecter des zones qui n'étaient pas identifiées à la base. On parle alors d'identification opportuniste. Les zones pré-identifiées ont de plus été redivisées en plusieurs sous-zones. Le nombre de zones ayant ainsi fortement augmenté et n'étant plus indicateur d'une situation géographique précise, il a été choisi de qualifier de « milieu » chaque sous-zones. Le tableau en annexe 13 récapitule les peuplements et habitats différents rencontrés pendant la phase de terrain et le nombre de milieux concernés. L'ancienneté et la maturité sont décrites par les critères utilisés sur le terrain. C'est donc 47 milieux qui ont été validés comme matures et 17 milieux non validés (11 en taillis, 2 en anciens parcours, 2 anciennes restanques, 1 milieu forestier non mature).

Plusieurs questions se sont posées au cours de la phase de terrain sur certains milieux particuliers. Comment qualifier les restanques refermées et indiquées en tant que forêt ancienne ? Faut-il classer les taillis anciens de chêne pubescent comme mature ? Que faire des anciens parcours sylvo-agropastoraux ?

Il a été choisi tout d'abord de discriminer les forêts matures par rapport à la disponibilité en arbre de grosses dimensions et en bois mort. Les taillis anciens de chêne pubescent présentent peu de MDH différents, mais généralement beaucoup de cavités basses sur la cépée pourrie. Ils peuvent aussi être pourvus de grandes quantités de bois mort au sol (cf annexe 14). Cependant, les dimensions des arbres sont toujours très réduites, limitant l'apparition de cavités de tronc, de cavités de pic, de décollement d'écorce ou de grosses branches cassées (cf Figure 13).



Figure 13 : taillis de chêne pubescent vieillissant et présentant des petites dimensions. Bien que des cavités de pied peuvent être présentes, il est difficile de considérer ce peuplement comme mature.

Les très anciennes restanques (plus de 200 ans environ) peuvent présenter des arbres d'alignement de très grosses dimensions (cf annexe 15) et sont parfois indiquées comme des zones de forêt ancienne sur la carte de l'état-major. Ces anciennes zones agricoles peuvent être complètement refermées ou au contraire très ouvertes. La proportion d'arbres de très gros bois et gros bois est également considérée pour qualifier la maturité du milieu. Le couvert forestier, s'il est trop faible, est discriminant pour valider le milieu comme véritable forêt.

Les anciens parcours sylvo-agro-pastoraux peuvent avoir été abandonnés il y a plus d'un siècle. Le milieu a pu être recolonisé sans perturbation extérieure, permettant à certains arbres d'atteindre de grandes dimensions (cf Figure 14). Pour des espaces assez secs, la recolonisation n'a pas pu être assez efficace et le couvert forestier peut être très faible. L'ouverture est telle que le milieu ne peut pas être considéré comme forestier. Généralement, ces parcours étaient accompagnés par des chênes pubescents producteurs de glands pour le bétail (arbre *Glanier*, Le sylvopastoralisme et le défrichement). Ces arbres sont aujourd'hui âgés de 300 à 500 ans et ont un fort intérêt écologique (cf Figure 14) (entre 2 et 3 mètres de diamètre, nombreuses charpentières cassées, cavités, etc.). Ainsi, en fonction de l'importance de la couverture forestière, de la densité d'arbres de grosses dimensions, ces milieux ont été jugés comme matures ou non. Ils sont en effet très présents et ne pas les prendre en compte seraient ne pas considérer des milieux à fort intérêt patrimonial.



Figure 14 : ancien parcours de bétail avec de grands chênes glaniés en forêt domaniale du MontDenier.

Enfin, la surface des différents milieux identifiés comme mature est assez faible. Comme le montre l'histogramme des surfaces des milieux forestiers matures (cf annexe 16), très peu de milieux dépassent la barre des 50 hectares. La moyenne des surfaces est de 18,5 et la médiane est à 9 hectares. Certaines zones, comme La Bastide (en bleu) ou Fournans (en fuchsia) ont, en cumulés, de très grandes superficies. Cependant, les autres zones et milieux sont très petits.

Données recueillies

Les données recueillies pendant la phase de terrain sont des données d'ordre dendrologique d'une part et écologique d'autre part. Elles sont présentées en annexe 17.

iv) Fiches placettes

Afin de faciliter le traitement des données et leur compréhension, il a été choisi de réaliser des fiches placettes permettant d'expliquer la topographie, l'ancienneté et les données recueillies sur la zone.

Chaque zone inspectée possède une fiche placette, qu'une placette d'étude y ait été réalisée ou non. Dans le cas où une zone n'a pas fait l'objet d'une mise en place de placette, les informations seront simplement qualitatives.

Un exemple de fiche placette est présenté en annexe 18. Ces fiches ont été proposées aux Parcs pour faciliter leur travail sur la réalisation de la trame forestière. Quand bien même ces zones ne seront pas utilisées pour la trame forestière, ces relevés de terrain sont une bonne source de connaissance sur les forêts du territoire, qu'il est toujours utile d'avoir pour le Parc.

Ces fiches placettes contiennent donc :

- L'emplacement géographique.
- La topographie du lieu.
- L'ancienneté, à partir de la carte état-major et complétée par les orthophotos anciennes et la carte de Cassini si besoin.
- Description de la structure du peuplement (analyse des strates et des recouvrements).
- Description de la maturité (analyse des données de bois vivant et de bois mort).
- Le potentiel écologique (richesse et habitat).
- Les habitats et différents milieux présents sur la zone (Marcet 2002).
- Une estimation de la pérennité du milieu (menaces et danger à court et long terme).
- La propriété forestière de la zone.
- Quelques photos pour illustrer les analyses précédentes.

Le protocole réalisé et appliqué sur le terrain ne propose pas de système de notation comme l'IBP ou le protocole naturalité WWF, de façon volontaire. Il a été décidé de ne pas attribuer de note de façon arbitraire, car cette étude, par son temps limité, n'a pas permis de faire les recherches nécessaires. Pour hiérarchiser les zones entre elles, bien que cela soit plus long, il est nécessaire de lire toutes les fiches placettes fournies. Ainsi, aucune erreur de jugement ne pourra être faite et tout choix pourra être argumenté en fonction des paramètres de chaque zone. Afin de faciliter la lecture, un catalogue a été réalisé et fourni au Parc avec ce rapport.

En effet, toutes les zones ayant été validées comme matures peuvent être considérées comme étant un réservoir de biodiversité forestière à la vue de la maturité écologique du milieu. Pour des besoins plus précis comme établir un réseau d'écoute des chiroptères, posés des pièges à insecte ou des pièges photo pour des espèces données, une connaissance plus précise du milieu est nécessaire, ce que peuvent apporter les fiches placettes. Ces documents sont la propriété du PNR du Verdon et peuvent être transmis aux partenaires du Parc le cas échéant.

e) Limites et perspectives

i) Protocole

Le protocole réalisé permet de répondre à un objectif simple, qui est de pouvoir comparer simplement et rapidement des zones de maturité entre elles. Il devait être utilisé par un ou deux agents et nécessite très peu de mesures. Ce protocole n'est pas immuable et peut être modifié, en ajoutant par exemple des variables quantitatives forestières (volume de bois vivant et de bois mort, surface terrière). Des variables écologiques peuvent également être ajoutées, comme la recherche d'espèces indicatrices de forêts anciennes ou matures (Renaux et Villemey 2017).

Il reste toujours des questions transversales qui devraient être approfondies. En effet, comment intégrer et caractériser les mélanges conifères / feuillus, sachant que ces deux types d'arbres n'ont pas le même comportement face à la vieillesse? Comment intégrer les peuplements matures mais jugés

comme non anciens? Est-il cohérent d'intégrer les peuplements jeunes mais avec une forte proportion d'arbres matures? Avec quelle proportion? Comment considérer les essences pionnières à croissance rapide et donc à forte dimension? Peut-on considérer les vieux taillis de chêne pubescent, très courants dans la région, comme matures? D'autant plus que ces taillis présentent des indices de dépérissement après des décennies de coupe rase, des nouveaux modes de gestion et de protection sont donc à déterminer pour pérenniser ces types de peuplements (cf Le haut-Var occidental).

Certaines réponses ont d'ores et déjà été apportées tout au long de cette étude. Cependant, c'est sur le terrain que ces questions se posaient et c'est avec peu de recul et peu d'expérience que certains choix ont été faits et qui peuvent être critiquables. L'intégration des essences pionnières dans les données de forêt mature, la qualification des vieux taillis de chêne pubescent comme non mature, l'intégration des milieux refermés anciens avec des gros arbres en sont des exemples. Par ailleurs, le cas des forêts anciennes de pin sylvestre, pouvant indiquer des indices de maturité écologique, n'est toujours pas résolu.

ii) Méthode d'identification

Les premières limites de cette méthode résident dans la superficie de l'aire de travail. Généralement, les surfaces de travail pour l'identification de forêt mature sont beaucoup moins grandes et les méthodes sont complètement différentes. Plusieurs études ont par exemple mis en place des réseaux de placettes à l'échelle d'un massif forestier, d'une forêt domaniale... mais pas à l'échelle d'un parc naturel régional. La méthode de travail utilisé ici devait nous permettre de travailler sur tout le parc. C'est pourquoi se tourner vers les acteurs forestiers permettait d'acquérir des informations précises et assez rapidement. Cependant, cette méthode de travail avec les acteurs présente plusieurs limites. Les personnes interrogées, bien qu'engagées dans leur travail, ne peuvent pas se souvenir de toutes les forêts qu'ils ont pu voir pendant leurs tournées terrain. De plus, bien que plus d'acteurs auraient pu être rencontrés, 69 placettes avaient été proposées et toutes n'ont pas pu être inspectées. Cette prospection et recherche des zones matures avec les acteurs non rencontrés durant cette étude est donc à continuer, en incluant également la phase de terrain. Une liste d'acteurs sera d'ailleurs proposée au Parc.

L'état des dessertes et les pentes fortes ont rendu certains déplacements très longs, voire chaotiques (éboulement sur une piste par exemple). Le temps de trajet est donc très important en plus du fait que les déplacements se faisaient à l'échelle du Parc. C'est un des paramètres les plus difficiles à appréhender et un des plus contraignants auquel il faudra faire face.

En complément de cette méthode, une identification par hiérarchisation de zones de maturité potentielle aurait pu être possible. En effet, en filtrant selon la présence de forêts anciennes, l'accessibilité réduite, la présence d'essences dryades et des expositions plutôt fraîches, des zones de maturité potentielle apparaissent. En travaillant sur une zone plus restreinte que le Parc entier, un échantillonnage aléatoire aurait pu permettre de couvrir avec précision la zone d'étude. Pour compléter, un travail de photo-interprétation peut permettre de replacer des points d'échantillonnages ou même de choisir des zones présentant un plus fort potentiel. Laurent Lathuillère a proposé une méthode d'identification des forêts matures par photo-interprétation (Lathuilliere 2018). Une formation pourrait donc être envisagée.

En acquérant de l'expérience et en répétant dans plusieurs zones cette méthode pour chaque contexte géomorphologique, ce travail permet de repérer des zones de maturité forestière. Ainsi, il serait possible de compléter le pool de données identifiées avec les acteurs forestiers.

IV. Vers une sous-trame forestière

a) La trame verte et bleue

Comme précisé en Introduction, la trame verte est composée d'une sous-trame des milieux ouverts et semi-ouverts, d'une sous-trame des espaces agricoles et d'une sous-trame forestière. Cette dernière partie traitera de la préfiguration de la sous-trame forestière du Parc.

Ces sous-trames sont structurées à partir de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques. Les réservoirs de biodiversité sont des sites identifiés pour accueillir une grande biodiversité (*i.e* une forte richesse spécifique) ou étant des points de forte présence d'une espèce cible. Ce sont des sources de déplacements, comme présentés sur la Figure 15 ci-dessous. Il est donc important de les connecter entre eux afin d'assurer les déplacements entre chacun de ces réservoirs.

Cette connexion est assurée par des corridors écologiques (TVB 2019)(cf Figure 15). Ces entités peuvent prendre la forme de couloirs de déplacement linéaires, plus diffus ou en mosaïque. Ils correspondent à des milieux favorisant les déplacements des espèces inféodées à la trame, en ayant une structure et une écologie proche des réservoirs de biodiversité. Ils peuvent ainsi être de bonne ou de mauvaise qualité en fonction de l'état de leurs fonctionnalités écologiques (Bergès, Roche, et Avon 2010).

Enfin, l'élaboration de la TVB est basée sur les caractéristiques et les besoins plus ou moins exigeants d'espèces dépendantes de la connectivité du paysage (Renaux et Villemey 2016). Les espèces utilisées pour analyser la connectivité sont souvent des espèces parapluies, c'est-à-dire des espèces qui ont un habitat et des besoins très larges. En les préservant, on contribue alors à préserver un grand panel d'autres espèces, ayant un ou plusieurs besoins en commun avec l'espèce parapluie. Baser l'analyse de la connectivité sur de telles espèces assure ainsi une prise en compte d'un grand cortège de populations et donc d'une forte biodiversité (Hamon et Sordello 2010; Albert et Chaurand 2018).

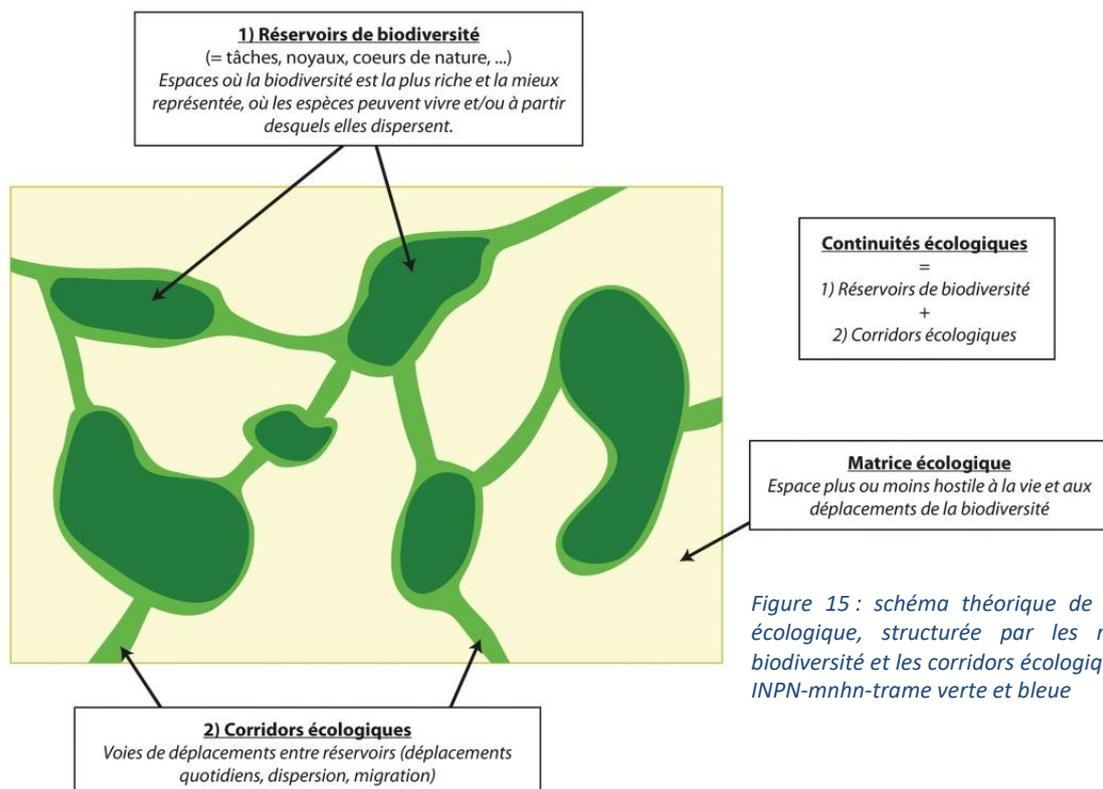


Figure 15 : schéma théorique de la continuité écologique, structurée par les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques. Sources : INPN-mnhn-trame verte et bleue

b) Vers la construction d'un réseau de réservoirs de biodiversité forestière

Les réservoirs de biodiversité permettent à des espèces de trouver toutes les conditions nécessaires pour effectuer leur cycle vital : se nourrir, se reproduire, se déplacer. Ils abritent des cœurs de population, c'est à dire où les effectifs d'espèces sont les plus importants et où de nouvelles arrivées d'espèces sont possibles. Pour rappel, les zones matures identifiées durant cette étude sont utilisées comme des réservoirs de biodiversité forestière, car un grand nombre d'espèces sont liées aux caractéristiques écologiques de ces forêts.

Afin de pouvoir établir une sous-trame forestière basée sur un plus grand nombre de réservoir (seulement 12 zones d'en moyenne 18 hectares), une recherche d'autres réservoirs de biodiversité forestière a été effectuée dans l'optique de créer une base de données. Dans un premier temps, les zones validées comme matures y ont été ajoutées (12). Puis, les zones à fort potentiel mais n'ayant pas été inspectées ont également été incluses (18). Il est bien sûr primordial d'axer les futures sorties terrain sur ces zones afin d'affiner leurs contours et de vérifier leur maturité. En plus de ces 30 zones matures ou potentiellement matures, ont été récupérées les données suivantes afin d'enrichir cette base de données:

- Les îlots de sénescence et de vieillissement de l'ONF Alpes-de-Haute-Provence. Ces îlots ont pour objectif de préserver des éléments forestiers vieillissants qui pourraient se faire rares dans des contextes d'exploitation forestière. On distingue les îlots de sénescence qui sont laissés en évolution naturelle pour une durée indéterminée et les îlots de vieillissement, qui sont des zones où le gestionnaire laisse dépasser l'âge d'exploitabilité optimale. L'ONF incite fortement à la mise en place de ces îlots, afin de favoriser la biodiversité forestière (ONF 2019). En tout, 80 îlots ont été ajoutés à la base de données de réservoirs de biodiversité, mais bien plus pourraient être disponibles.
- Les contrats Natura-2000 « bois sénescents », mis en place chez les propriétaires forestiers privés ou publics. Le contrat permet de sélectionner des arbres sénescents que le propriétaire s'engagera à ne pas couper pendant au moins 30 ans. Le propriétaire est rémunéré pour compenser la perte économique engendrée par le contrat. Les documents issus du contrat rédigés par l'animateur Natura-2000 sont des bonnes sources d'information pour estimer les enjeux de maturité et d'écologie (Ferment et Crozals 2013).
- Les réserves naturelles forestières sur le territoire du Parc. Elles comprennent une réserve naturelle régionale et trois réserves forestières gérées par l'ONF (cf Protection forestière et carte 10 en annexe). Les documents de gestion sont une source d'information fiable pour estimer les enjeux écologiques et le potentiel de maturité.
- Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) du département Alpes-de-Haute-Provence et Var. Les ENS sont des sites naturels à forte valeur paysagère, patrimoniale ou naturelle, que le département souhaite protéger de la planification urbaine (Département Var 2019a; Département AHP 2017). Ces espaces sont souvent des sites naturels forts en biodiversité. Il est cependant nécessaire de préciser quelle est la gestion forestière sur ces sites, si elle intègre des enjeux de maintien de peuplements âgés ou de peuplements conduits en évolution libre.

Une analyse des ENS a ainsi été faite afin de vérifier la maturité et le caractère de réservoirs de biodiversité. Cependant, hormis quelques sites dotés d'un plan de gestion et animés, relativement peu d'informations sont disponibles au sujet de ces espaces, beaucoup ont été supprimés de la base de données par simple analyse des orthophotos ou par connaissance du site de certains agents du Parc.

Le tableau situé en annexe 19 synthétise tous les types de milieux utilisés, leurs nombres et les documents de gestion ou d'information utilisés pour estimer leurs intérêts. La carte de ces réservoirs de biodiversité est présentée carte 18 en annexe.

Afin d'aller plus loin dans la recherche et la compilation de ces potentiels réservoirs de biodiversité, il est nécessaire de pouvoir récupérer certains types de données. Il est en effet souhaitable de compléter la connaissance des îlots de sénescence et de vieillissement de l'ONF sur les communes varoises du Parc. Ensuite, il est également nécessaire de pouvoir se procurer des informations sur le mode de gestion des ENS.

Il est bien sûr impossible d'ajouter un site protégé sans connaître ses écosystèmes, les essences présentes et le type de gestion en détail. Une vérification du site est alors nécessaire, soit par des inspections de terrain, soit par l'utilisation de documents de gestion. Ce travail a déjà été entrepris durant cette étude, mais était trop important pour être fait entièrement. De plus, il n'existe pas ou peu de documents publics permettant d'obtenir des informations sur certains sites, comme les ENS ou les îlots de sénescence de l'ONF. Il est donc primordial de s'adresser aux gestionnaires pour définir les différents enjeux écologiques de chaque site.

Une interaction en réseau de tous ces potentiels réservoirs de biodiversité permet une meilleure prise en compte du territoire et des connectivités écologiques à grande échelle, d'où la réalisation d'une sous-trame forestière.

c) Structuration de la trame :

i) Une zone test

En raison de la surface de travail très importante, il a été impossible de réaliser la préfiguration de la sous-trame forestière sur toute la superficie du Parc. Il a été choisi de se pencher sur une zone de 50 000 hectares, regroupant les particularités et caractéristiques géobiologiques du territoire. Comme il est visible sur la Figure 16 ci-dessous, cette zone comprend les grandes gorges du Verdon, une partie du lac de Sainte-Croix, le nord du Plan de Canjuers, le sud des Préalpes du Sud, ainsi que l'Artuby-Jabron à l'est. Cette zone permet également de retrouver une grande partie de la diversité de milieux et d'essences présents sur tout le territoire du Parc (cf Les contextes géomorphologiques). Elle figurait alors être un choix judicieux pour développer la méthode de mise en place de la sous-trame forestière.

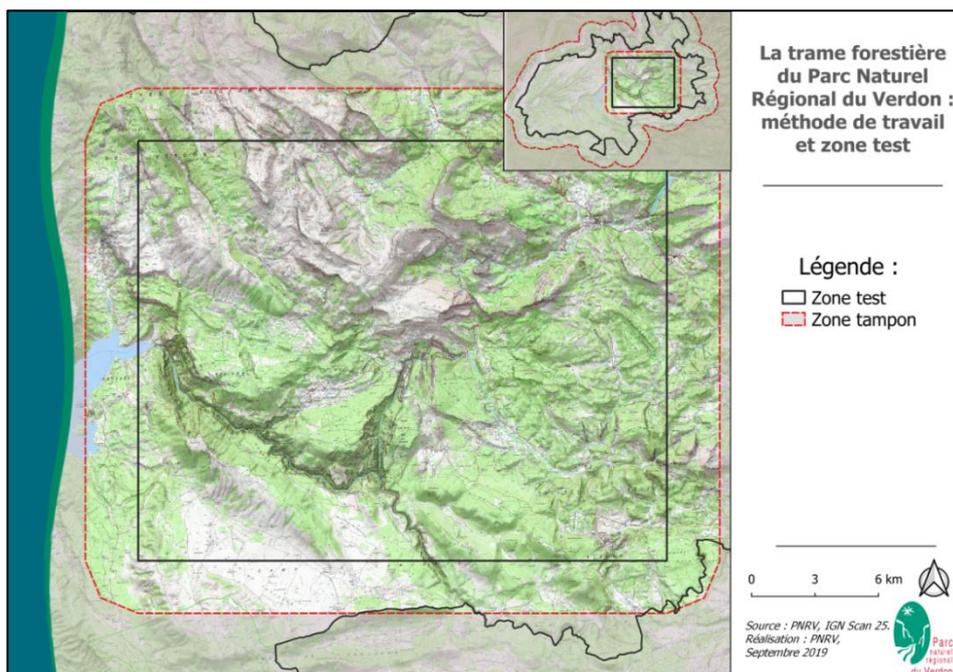


Figure 16 : la zone test pour la préfiguration de la sous-trame forestière.

ii) Méthode employée :

Les forêts anciennes :

Comme précisée dans ce rapport, les forêts anciennes présentent une biodiversité particulière, avec des espèces ayant un faible pouvoir de dispersion. La connexion de ces massifs forestiers entre eux ou par l'intermédiaire de massifs forestiers plus récents facilite la dissémination des espèces inféodées à l'ancienneté forestière (Naaf et Kolk 2015). Il est alors nécessaire que les massifs forestiers anciens soient connectés entre eux (Daviau 2014; Renaux et Villemey 2016; Naaf et Kolk 2015) afin de pouvoir assurer une connexion écologique et offrir une capacité de déplacement pour les espèces.

Afin d'intégrer ce paramètre dans la trame forestière, il a été décidé de distinguer les corridors forestiers en fonction de leur ancienneté. Ainsi, la trame comportera des corridors forestiers de forêts anciennes et des corridors de forêts récentes. Cette méthode permet d'assurer la connexion des massifs forestiers entre eux, ou par l'intermédiaire de forêts récentes. Cette structure peut permettre, de façon théorique, d'assurer la connexion des espèces entre ces milieux et ainsi permettre la dissémination et la dispersion des espèces de forêts anciennes.

Il existe très peu de travaux sur la place de l'ancienneté forestière dans la trame forestière, ce qui complique la prise de recul et l'analyse de cette méthode. La grande majorité des travaux portant sur les forêts anciennes en France s'accordent à considérer que les forêts anciennes sont des réservoirs de biodiversité dans les trames forestières. Néanmoins, ceux-ci sont situés dans des contextes humide et riche (Massif central, Grand Est...), correspondant peu aux contextes climatiques du Verdon. Enfin, à la vue de l'histoire très particulière des forêts méditerranéennes (cf L'historique forestier) et de la faible connaissance écologique des forêts anciennes du territoire, il n'a pas été choisi d'appliquer cette méthode.

Réservoirs de biodiversité et réservoirs-relais :

Au sein de la base de données de réservoirs de biodiversité, beaucoup de réservoirs sont trop petits pour réellement être appelés réservoirs de biodiversité. Ils sont plus communément semblables à des îlots de maturité. Il a été choisi de discriminer ces réservoirs en fonction de leur superficie, pour apporter une plus-value à un réservoir de 200 hectares par rapport à celui de 2 hectares. Bien qu'ils n'aient pas forcément les mêmes qualités de maturité forestière ou d'offre en bois mort, un réservoir de 200 hectares a incontestablement une plus forte importance en termes d'accueil de la biodiversité et de refuge potentiel, qu'un réservoir de 10 hectares, aussi mature soit-il.

Cette discrimination s'est faite en choisissant de façon arbitraire un seuil à 50 hectares. Les zones d'une superficie supérieure à 50 hectares sont ainsi considérées comme des réservoirs de biodiversité. Les zones d'une superficie inférieure à 50 hectares sont appelées des réservoirs – relais. Elles permettent de faire le relai entre deux grands réservoirs. La Figure 17 ci-contre présente la carte de la zone test de la trame avec ces deux types de réservoirs.

Le grand enjeu de ces réservoirs de biodiversité et de ces réservoirs-relais est d'assurer une connexion écologique entre eux pour que les espèces puissent se déplacer. Ces réservoirs peuvent être reliés par des massifs forestiers anciens ou récents, sous la forme de corridors. La qualité des corridors peut être évaluée en fonction de la structure du peuplement et des essences présentes. Il est considéré que les corridors sont optimaux lorsqu'ils assurent une connexion entre deux entités et que leur structure est très proche de celle des réservoirs de biodiversité (Daviau 2014; Renaux et Villemey 2016). Par exemple, un corridor de futaie de pin sylvestre permettant de relier deux réservoirs de biodiversité à peuplement feuillu, est jugé peu optimal, car la structure et le peuplement ne sont pas continus sur tout le couloir de déplacement. Cette méthode a été appliquée dans des travaux expérimentaux de

l'ONF sur la trame forestière et a été utilisée ci-après. Elle permet de cibler facilement les corridors peu fonctionnels et nécessitant une restauration.

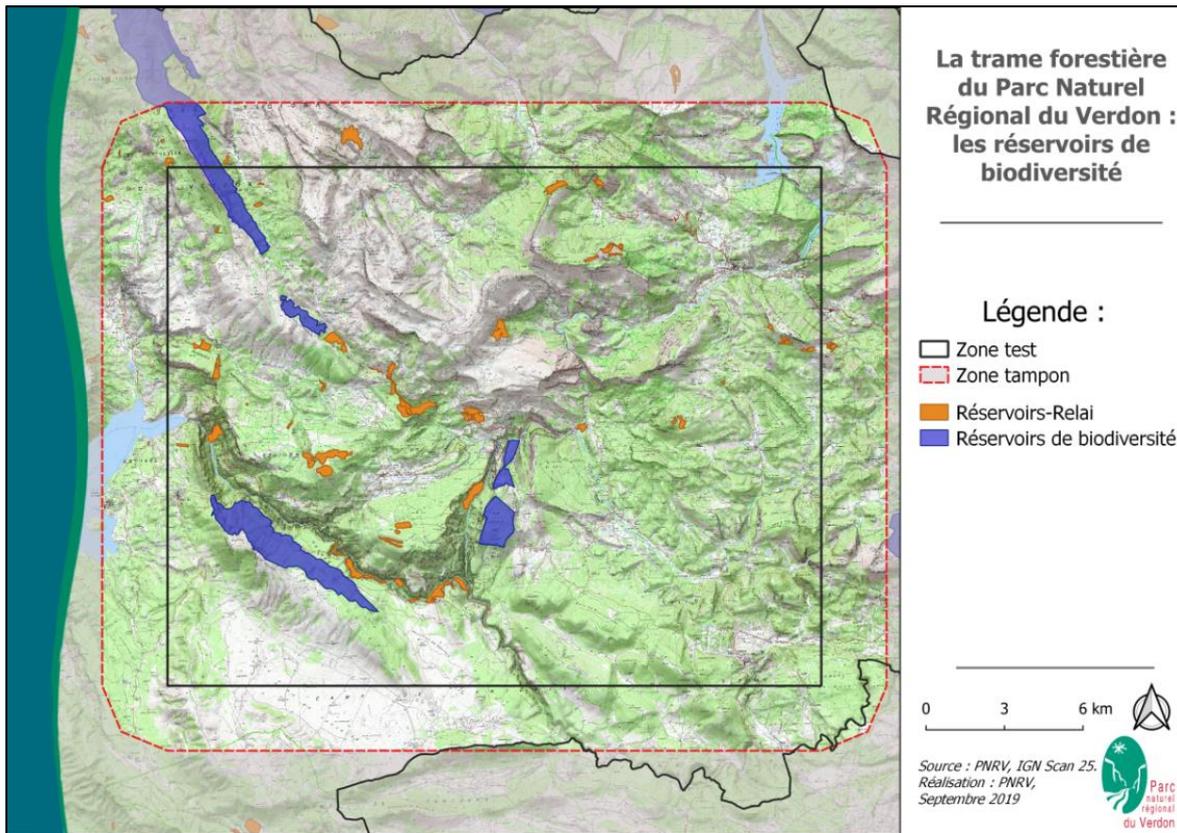


Figure 17 : les réservoirs de biodiversité et les réservoirs-relais de la sous-trame forestière. Ces entités forment la structure de la sous-trame.

Dessin des corridors :

Les corridors forestiers récents ont été dessinés pour évaluer leur rôle potentiel dans la connexion entre des massifs forestiers anciens et les réservoirs de biodiversité. Pour cela, une étude des orthophotos, de la BD forêt V2 (2009) et de la couche de végétation de l'IFN (2006) a été réalisée pour mieux estimer la structure et le type de peuplement en place. Grâce à ces informations, il est possible d'évaluer l'état des corridors présent. Ensuite, le manipulateur dessine sous SIG les corridors en suivant les massifs forestiers présents sur les orthophotos. Les corridors n'ont pas été dessinés à partir des bases de données forestières volontairement afin d'éviter la prise en compte de forêts parfois très ouvertes, que des espèces uniquement forestières n'utiliseraient pas pour se déplacer.

La carte finale de la sous-trame forestière :

La Figure 18 présente la carte de la trame forestière. Il est visible que la quasi-totalité des massifs forestiers de la zone considérée est présente au sein de la trame. Cela traduit donc une bonne connexion générale entre tous ces massifs.

La carte permet également d'évaluer facilement l'état des corridors écologiques par rapport aux barrières physiques. Ces barrières peuvent être des chaînes de montagnes, des rivières ou les gorges par exemple. Dans cette zone, les montagnes situées au nord limitent la présence forestière à cause de l'altitude. La fragmentation peut ainsi être assez grande, mais il s'agit de « barrières » naturelles. A contrario, des barrières d'origine anthropique peuvent être le réseau routier ou des espaces agricoles. Cependant, cette zone (et le reste du Parc également), ne comporte pas de routes assez importantes pour réellement empêcher le déplacement d'espèces. De même, la zone test ne comporte que très peu d'espaces agricoles, ce qui ne constitue pas de barrière physique.

Les grandes gorges du Verdon (petit 1 sur la Figure 18), au centre de la zone, sont un exemple de continuités écologiques, a priori, fonctionnelles. Au niveau global, elles assurent une connexion sur un plan est-ouest entre les rivages du lac de Sainte-Croix ou les contreforts du MontDenier et la zone de l'Artuby-Jabon. Au niveau local, les massifs forestiers y assurent la connexion ente les réservoirs de biodiversité (réserve forestière d'Aiguines à l'ouest, zones potentielles de maturité à l'est) et les réservoirs-relais. Bien que les reliefs parfois très forts (falaises, éboulis, forte pente...) des gorges soient des barrières physiques naturelles, la ripisylve du fond des gorges permet d'assurer une connectivité sur la quasi-totalité du linéaire du Verdon.

Comme précisé précédemment, les massifs forestiers anciens doivent être connectés entre eux directement ou par l'intermédiaire de forêts récentes. Il est possible ici de repérer des massifs complètement déconnectés, comme dans le sud de l'Artuby-Jabron, où la connexion n'est pas effective (petit 2 sur la Figure 18).

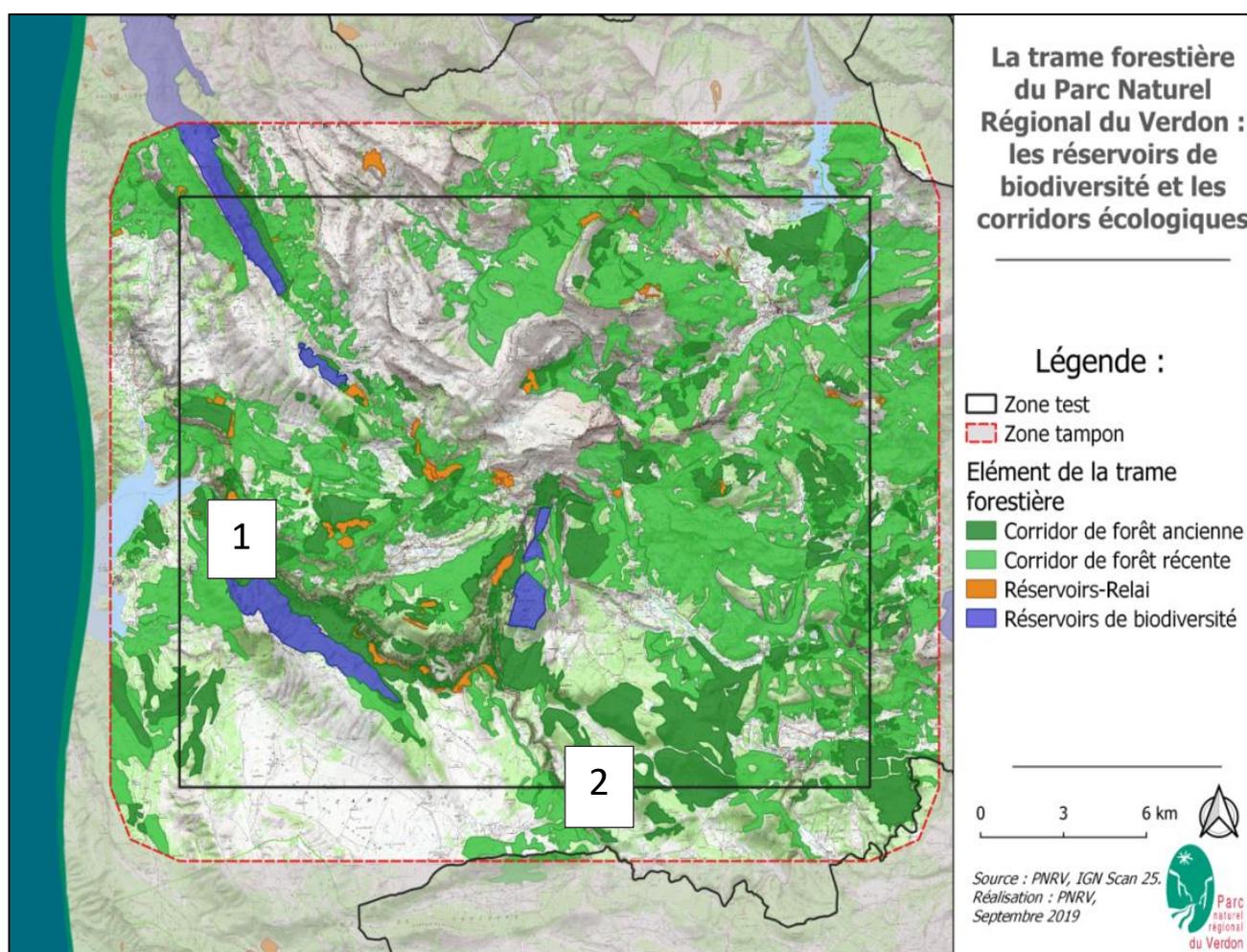


Figure 18 : la sous-trame forestière, avec ses réservoirs de biodiversité ainsi que ses corridors de forêts récentes et anciennes. Les chiffres « 1 » et « 2 » indiquent des points d'intérêt étant expliqués en détail dans le texte.

Afin de pouvoir évaluer l'état et la fonctionnalité des connexions écologiques, une carte de la trame forestière avec un classement de la qualité des corridors peut donc être très intéressante. La Figure 19 ci-dessous présente cette carte.

Les corridors et leur importance ont été notés selon trois indicatifs : à préserver (pour un corridor de bonne qualité), à améliorer (pour un corridor fragile mais de plus ou moins bonne qualité) et enfin à restaurer (pour un corridor presque inutilisable par les espèces).

Ainsi, les grandes gorges du Verdon (petit 1 sur la Figure 19) et la zone de l'Artuby-Jabron (petit 1' sur la Figure 19), ont été jugées comme étant des zones à préserver. En effet, la connectivité y est bonne et la structure relativement constante tout au long des corridors. Les gorges du Verdon sont majoritairement des peuplements feuillus, avec des peuplements anciens. L'Artuby-Jabron est en majorité recouvert par des pins (cf Les forêts du PNR du Verdon), assurant une constance dans la structure du peuplement.

Certains corridors sont jugés à améliorer, car leur structure est assez éloignée des réservoirs qu'ils permettent de connecter. Par exemple, au nord-ouest de la zone, la réserve forestière des gorges de Trévans, composée d'une hêtraie ancienne, est connectée à une hêtraie mature par une jeune pinède (petit 2 sur la Figure 19). Des espèces par exemple inféodées à une forte offre en bois mort ou à des essences feuillues pourront difficilement se déplacer entre ces deux réservoirs.

Les corridors estimés comme étant à restaurer sont soit complètement isolés physiquement ou ont une structure très différente du reste de la matrice écologique. Par exemple, les corridors assurant la liaison entre les pinèdes des Préalpes du Sud et l'Artuby-Jabron sont des jeunes taillis de chêne très fragmentés (petit 3 sur la Figure 19). La connexion est donc très fragile à ce niveau alors que l'enjeu de connexion est très important.

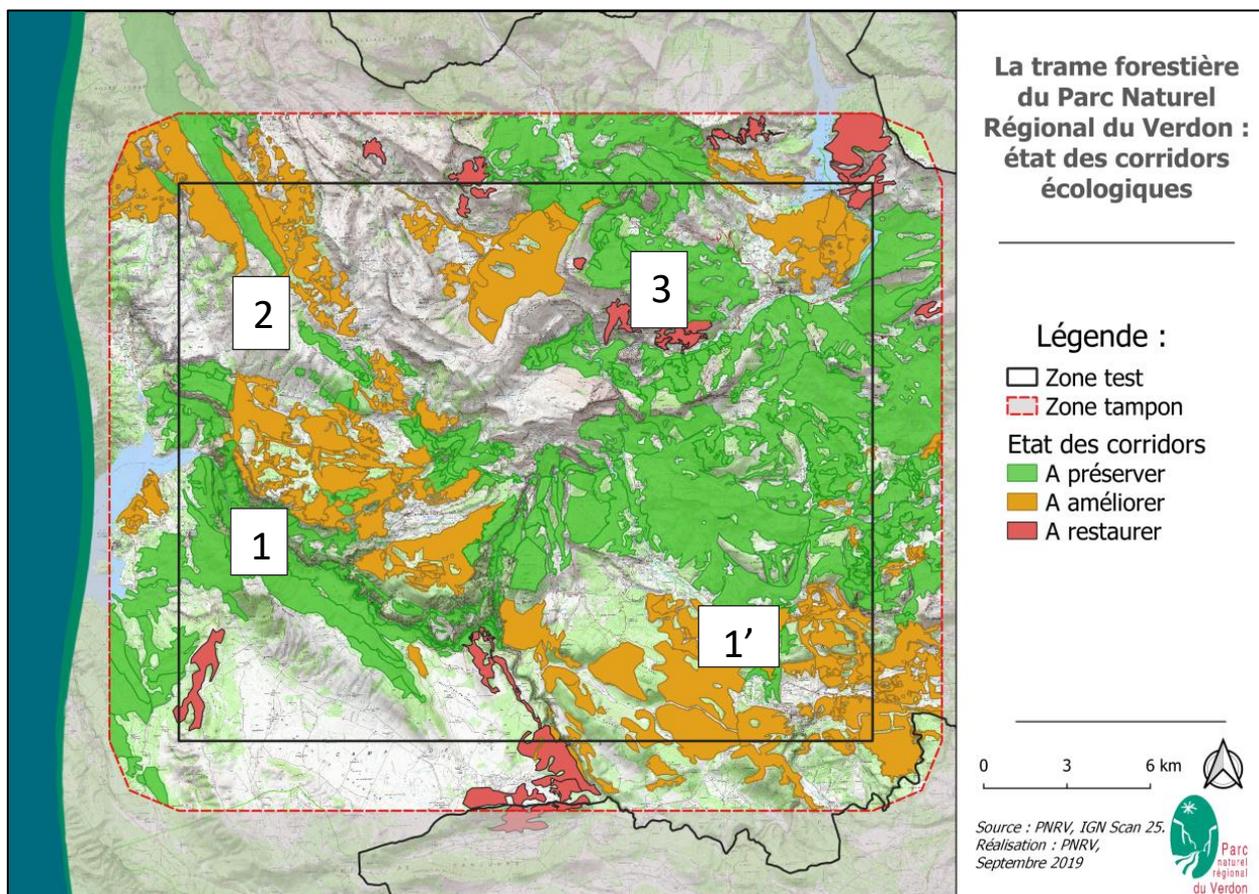


Figure 19 : l'état des corridors de la sous-trame forestière en fonction de leur connexion physique et de leur structure. Les chiffres indiquent des points d'intérêts expliqués en détail dans le texte.

d) Perspectives :

Cette préfiguration de trame forestière est un travail à titre expérimental. Il permet de proposer une méthode de travail au Parc pour réaliser, sur toute sa superficie, la trame forestière définitive.

Il est important de préciser que ce travail a été réalisé dans un temps restreint et est donc assez peu précis dans l'analyse des peuplements et de leur structure. Des améliorations de la méthode pourraient être judicieuses, comme sur l'analyse de la structure des corridors. En effet, renseigner les essences et la structure directement en table attributaire faciliterait la compréhension pour les autres opérateurs. De plus, certains corridors ont été dessinés en fonction de leurs aspects de connexion et non pas en fonction de leur peuplement. Cela aboutit à avoir des corridors composés de différents peuplements, ce qui complique fortement l'analyse.

Ce travail sur la trame permet d'esquisser les premières préconisations de gestion. L'évaluation des corridors forestiers met en lumière deux enjeux : la fragmentation des milieux et la différence de structure entre les corridors et les réservoirs. Dans un premier temps, il s'agit de limiter l'impact de la gestion sur les milieux forestiers, en évitant les coupes rases et les coupes dans des zones à fort enjeu. Dans un second temps, des actions de restauration et d'amélioration sont possibles en travaillant sur la perméabilité du milieu :

- Diversification des essences : implantation d'essences feuillues ou accompagnement sylvicole dans des pinèdes pures afin de diversifier le milieu forestier et à terme aboutir sur des milieux forestiers en mélange.
- Îlots de non-intervention : mise en place de plusieurs îlots où les arbres ne sont pas exploités pour réaliser un réseau interforestier de vieux bois. Ces mesures peuvent être mises en place en priorité dans les zones à fort enjeu, où l'offre en arbres matures est limitée (Renau et Villemey 2016).
- Perméabilité des massifs forestiers : favoriser l'implantation d'élément de maturité écologique en assurant le vieillissement d'arbres isolés (appelés « arbres bio ») et la présence de bois mort au sol et sur pied (Renau et Villemey 2016).

Enfin, pour les massifs forestiers anciens, c'est le maintien de la connexion entre tous les milieux qui est très important. Il faut donc veiller à limiter la déconnexion en évitant par exemple les coupes rases ou en veillant à ne pas trop empiéter sur des espaces forestiers anciens. De même, les travaux forestiers à fort remaniement de sol impactent fortement la flore, ce qui est à éviter pour les forêts anciennes (Renau et Villemey 2016).

Afin de poursuivre ce travail de trame forestière, il est très important de définir des espèces cibles, permettant de structurer les réservoirs et les corridors en fonction de leur caractéristique. Plusieurs espèces peuvent être utilisées, comme le scarabée pique prune, la chouette de Tengmalm, la martre ou la genette. Toutes ces espèces peuvent être potentiellement observées dans les réservoirs de biodiversité identifiée durant cette étude. Cependant, elles n'ont pas encore fait l'objet de campagnes d'inventaires, ce qui complique le choix des futures espèces cibles. De nombreuses recherches bibliographiques seront nécessaires pour répondre à cette question.

L'intérêt de la réalisation d'une trame forestière est de pouvoir proposer aux gestionnaires forestiers un outil d'aide à la décision, permettant d'évaluer facilement et efficacement les zones à préserver, améliorer ou restaurer. À terme, le Parc peut imaginer mettre en place des campagnes de formations en guise d'animation de cette trame forestière : intégrer la mise en place des coupes et de travaux

forestiers dans la trame forestière, restaurer un couvert forestier pour une espèce cible, intégrer l'ancienneté forestière dans la gestion, adapter la conduite de peuplement en forêt de production... Une grande partie des gestionnaires rencontrés sont motivés pour permettre la diffusion et l'avancée de telles informations.

D'autres projets comme un partenariat avec les gestionnaires sur des expérimentations de restauration de la trame forestière seraient une solution innovante pour intégrer les gestionnaires dans la démarche.

Enfin, une autre perspective de travail serait la mise en place, au sein de la sous-trame forestière d'une trame de vieux bois. En effet, les données compilées pour les besoins de ce travail (cf Réservoirs de biodiversité et réservoirs-relais :) peuvent permettre la réalisation d'un réseau d'îlots de vieux bois qui pourraient être très utiles pour les gestionnaires. En effet, un tel outil permettrait de mettre en place un réseau d'îlots de sénescence cohérent à l'échelle du territoire (forêts privées et forêts publiques), ce qui n'est pas fait actuellement.

Conclusion

Cette étude a porté sur l'identification des forêts anciennes et matures sur le territoire du Parc du Verdon dans l'optique de développer sa sous-trame forestière.

L'identification des forêts anciennes a montré que plus de 50 000 hectares des forêts du Parc sont des forêts présumées anciennes. Les milieux forestiers portent aujourd'hui les stigmates d'une forte pression sylvicole et agropastorale, de par une histoire démographique basée sur la paysannerie au XIX^e siècle. Les forêts anciennes en contexte méditerranéen sont mal connues (taillis ancien de chêne pubescent, anciens parcours, jardins suspendus ...), il est donc nécessaire pour le Parc de mettre en place des campagnes d'inventaire pour mieux comprendre la biodiversité présente au sein de ces forêts.

Les forêts matures sont peu présentes sur le territoire du Parc. L'identification avec les acteurs forestiers a souligné que ces forêts apparaissent majoritairement sur de faibles surfaces et en nombre assez limité. Il est important de continuer ce travail d'identification et de recherche en rencontrant d'autres acteurs forestiers, ainsi que des naturalistes pour élargir l'échantillonnage. Les inspections sur le terrain sont également à poursuivre pour renforcer la base de données de réservoirs de biodiversité, en veillant à prioriser les objectifs du protocole mis en place.

La sous-trame forestière doit, quant à elle, être réalisée sur tout le territoire du Parc, en suivant la méthode décrite dans ce rapport. Des modifications pourront être apportées aux moyens d'analyse des différents corridors, comme suggérés ici. Les cartes produites seront des outils très efficaces pour prioriser et évaluer les enjeux de massifs forestiers par rapport à leur rôle à jouer dans la trame forestière. En proposant aux gestionnaires ces outils d'analyse, le Parc permet une meilleure prise en compte des enjeux d'ancienneté forestière, de connexion écologique et de préservation de la biodiversité. Il est donc nécessaire d'intégrer les gestionnaires dans la dynamique de mise en place de cette trame, pour assurer une animation et une utilisation à plein potentiel de cet outil. Le Parc, en partenariat avec d'autres structures, pourrait proposer des formations sur la prise en main et l'utilisation de cet outil. De même, des partenariats expérimentaux de restauration de la continuité écologique en forêt ou sur la mise en place d'une trame de vieux bois seraient des solutions innovantes pour aider les gestionnaires dans leurs travaux.

Bien qu'une simple préfiguration de la sous-trame forestière ait été réalisée durant cette étude, ce travail apporte une solide base pour la poursuite du développement de la trame verte et bleue du Parc du Verdon. Tout d'abord en proposant une méthode éprouvée, qui permettra d'étendre plus facilement ce travail à l'échelle du Parc, puis en permettant au Parc d'avoir des arguments concrets à proposer aux potentiels financeurs de projets (cartes, recommandation de gestion, partenariats, contacts...). Enfin, cette avancée sur la trame forestière, combinée avec la mise en place de la trame noire (Rault, 2019) et de la sous-trame des milieux ouverts et semi-ouverts, permet au Parc de remplir rapidement ses objectifs de protection de la biodiversité sur son territoire.

Bibliographie :

- Agence Française Biodiversité. 2015. « Outils juridiques pour la protection des espaces naturels ». *Droit et police de la nature*, n° 78: 71.
- Albert, Cécile H, et Julie Chaurand. 2018. « Comment choisir les espèces pour identifier des réseaux écologiques cohérents entre les niveaux administratifs et les niveaux biologiques ? » *Sciences Eaux et Territoires* 25: 6.
- Becuve, Mehdi. 2019. « Forêts anciennes des Parcs Naturels du Massif Central - De la connaissance à l'action ». Réunion Inter-PArc MAssif Central, Saint Gervais sous Meymont, février 6.
- Bellard, Céline, Cleo Bertelsmeier, Paul Leadley, Wilfried Thuiller, et Franck Courchamp. 2012. « Impacts of Climate Change on the Future of Biodiversity ». *Ecology Letters* 15 (4): 365-77. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>.
- Bergès, Laurent, et Jean-Luc Dupouey. 2017. « Écologie historique et ancienneté de l'état boisé : concepts, avancées et perspectives de la recherche ». *Revue Forestière Française*, n° 4: 297. <https://doi.org/10.4267/2042/67863>.
- Bergès, Laurent, Philip Roche, et Catherine Avon. 2010. « Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la trame verte et bleue ». *Sciences Eaux et Territoires*, 2010, sect. 3.
- Blanchard, Raoul. 1944. « Déboisement et reboisement dans les Préalpes françaises du Sud ». *Revue de géographie alpine* 32 (3): 335-88. <https://doi.org/10.3406/rga.1944.5064>.
- Bourdenet, Philippe. 1996. « Etude de la régénération naturelle du Chêne pubescent à partir d'un taillis simple ». *Forêt Méditerranéenne* Tome XVII (3): 169-74.
- BPN. 2019. « Bialowieski Park Narodowy - Natural values ». Bialowieski Park Narodowy. 2019. https://bpn.com.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=41.
- Cateau, Eugénie, Laurent Larrieu, Daniel Vallauri, Jean-Marie Savoie, Julien Touroult, et Hervé Brustel. 2015. « Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier ». *Comptes Rendus Biologies* 338 (1): 58-73. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2014.10.004>.
- CEN-PACA. 2018. « Document CEN PACA ». Dossier de demande d'agrément en Réserve Naturelle Nationale. La Verdière: Conservatoire Régional des Espaces Naturels PACA.
- Chalvet, Martine. 1998. « La forêt méditerranéenne au XIXe siècle : un espace naturel ou construit ? » *Annales du Midi : revue archéologique, historique et philologique de la France méridionale* 110 (222): 185-204. <https://doi.org/10.3406/anami.1998.2590>.
- . 2001. « L'invention de la forêt méditerranéenne de la fin du XVIIIe siècle aux années 1960. » Synthèse de thèse de doctorat d'histoire, Aix en Provence: Université de Provence. <http://journals.openedition.org/rh19/342>.
- . 2006. « Paysages et conflits en Provence: Fin xviiiie siècle - début xixe siècle ». *Rives méditerranéennes*, n° 23 (janvier): 11-26. <https://doi.org/10.4000/rives.518>.
- . 2013. « La forêt domaniale de la Sainte-Baume : un espace exceptionnel et protégé en Provence ». *Les cahiers de Framespa - Nouveaux champs de l'histoire social*. 15 mars 2013. <https://journals.openedition.org/framespa/2250>.
- Claus, Sylvie. 2013. « Les archives de la restauration des terrains de montagne ». *La Gazette des archives* 230 (2): 109-14. <https://doi.org/10.3406/gazar.2013.5032>.
- « Climat Saint-André-les-Alpes - Climate-Data.org ». 2019. Climate-Data.org. 12 juillet 2019. <https://fr.climate-data.org/europe/france/provence-alpes-cote-d-azur/saint-andre-les-alpes-215388/>.
- « Climat Vinon-sur-Verdon - Climate-Data.org ». 2019. Climate_data.org. 12 juillet 2019. <https://fr.climate-data.org/europe/france/provence-alpes-cote-d-azur/vinon-sur-verdon-66232/>.
- Combes, F. 1989. « Restauration des terrains en montagne. Du rêve à la réalité ». *Revue Forestière Française*, n° 2: 91. <https://doi.org/10.4267/2042/25964>.

- Daviau, Hervé. 2014. « Trame verte et bleue et forêt Comment préserver les continuités écologiques en milieu intra – forestier ? Retour d’expérience ». présenté à Biodiversité et gestion forestière.
- De Coincy, H. 1914. *Données extraites par H. De Coincy « Les statistiques forestières au commencement du XIX^e siècle »*. Revue Eaux et Forêts.
- De Réparaz, André. 2000. *Les campagnes de l’ancienne Haute-Provence vues par les géographes du passé (1880-1950)*. Les Alpes de Lumière.
- Département AHP. 2017. « Partez à la découverte des Espaces Naturels Sensibles ». Guide de randonnée et guide écologique départementale. Département Alpes de Haute Provence.
- . 2019. « Recensements de la population - Archives départementales des Alpes-de-Haute-Provence ». Archives en lignes. 2019. <http://www.archives04.fr/s/26/recensement-de-la-population/>
- Département Var. 2019a. « Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ». 2019. <https://www.var.fr/environnement/valorisation-des-espaces-naturels/ens>.
- . 2019b. « Recensements de la population ». Archives en lignes. 2019. https://archives.var.fr/arkotheque/consult_fonds/index.php?ref_fonds=4.
- DRAAF PACA. 2017. « Apparition des défoliations en forêt de la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*) en Occitanie et dans la région Provence Alpes Côte d’Azur ». Information technique 87. Santé des Forêts. Direction Régionale de l’Alimentation, de l’Agriculture et de la Forêt PACA.
- Duclos, G. 1994. *Atlas des sols de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur*. Société du Canal de Provence. Le Tholonet.
- Dumont, J, Aline Salvaudon, et Jean-Luc Dupouey. 2014. « Existe-t-il une flore indicatrice des forêts anciennes du Parc Naturel régional du Lubéron? », 2014.
- Dupouey, Jean-Luc, Delphine Sciama, Waltraud Koerner, Etienne Dambrine, et Jean-Claude Rameau. 2002. « La végétation des forêts anciennes ». *Revue Forestière Française*, 2002, 6 édition.
- Dzwonko, Zbigniew. 1993. « Relations between the Floristic Composition of Isolated Young Woods and Their Proximity to Ancient Woodland ». *Journal of Vegetation Science* 4 (5): 693-98. <https://doi.org/10.2307/3236135>.
- EcoWatch. 2019. « Two Studies Reveal Amazing Resilience of Older Forests - EcoWatch ». 2019. <https://www.ecowatch.com/resilience-of-older-forests-2573334561.html>.
- Encyclopædia Universalis. 2019. « CULTURE SUR BRÛLIS - Encyclopædia Universalis ». 2019. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/culture-sur-brulis/>.
- EUFORGEN. 2019. « Abies alba - EUFORGEN European forest genetic resources programme ». 2019. <http://www.euforgen.org/species/abies-alba/>.
- Ferment, Anne, et Yves Crozals. 2013. « Le contrat Natura 2000 “bois sénescents” ». PNR du Verdon ; DDT Alpes de Haute Provence.
- Fesquet, Frédéric. 1988. « La défense de la forêt méditerranéenne en France au XIX^e siècle ». Montpellier: Université Paul Valéry, Montpellier III.
- . 2008. « Restauration des terrains de montagne et dynamiques démographiques en France au XIX^e siècle. La gestion du risque a-t-elle désertifié la montagne? » In *Colloque international de l'EHESS*, 12. Paris.
- Fibre excellence. 2019. « Fibre excellence Tarascon ». 2019. <http://www.fibre-excellence.fr/fibre-excellence-tarascon.php>.
- Fourchy, P. 1971. « LES DÉBUTS DE LA LUTTE CONTRE L’ÉROSION AU XIX^e SIÈCLE DANS LES ALPES FRANÇAISES », 21.
- Gaudé, Camille. 2018. « Identification des forêts anciennes et évaluation de la naturalité forestière du Parc Naturel Régional de la Sainte-Baume ». Mémoire de fin d’étude - M2 Géoides. PNR Sainte-Baume, Institut de Géographie Alpine.
- Gironde-Ducher, Maude. 2014. « Etude écologique et historique des maffis forestiers anciens des forêts publiques d’Auvergne ». Mémoire de fin d’étude - M2 Biodiversité-Ecologie-Environnement. Office National des Forêts Agence Monts d’Auvergne / Université Joseph Fournier.
- Greslier, Nathalie, J.-P. Renaud, et Ch. Chauvin. 1995. « Les forêts subnaturelles de l’arc alpin français réflexion méthodologique pour un recensement et une typologie des principales forêts

- alpines peu transformées par l'homme ». *Revue Forestière Française*, n° 3: 241.
<https://doi.org/10.4267/2042/26653>.
- Hamon, Claire, et Romain Sordello. 2010. « La prise en compte des espèces dans la Trame verte et bleue - Journée d'échange ». Journée d'échange - Groupe Trame verte et bleue. Fédération des Parcs Naturels Régionaux à Paris.
- Hermey, Martin, Olivier Honnay, Les Firbank, Carla Grashof-Bokdam, et Jonas E. Lawesson. 1999. « An Ecological Comparison between Ancient and Other Forest Plant Species of Europe, and the Implications for Forest Conservation ». *Biological Conservation* 91 (1): 9-22.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00045-2).
- INPN. 2019. « INPN - Trame verte et bleue ». 2019. <https://inpn.mnhn.fr/programme/trame-verte-et-bleue/presentation>.
- Ladier, Jean, Freddy Rey, et Philippe Dreyfus. 2012. « Guide des sylvicultures de montagne des Alpes du Sud françaises ». Guide de sylviculture. Paris: Office national des forêts - IRSTEA- INRA - CRPF.
- Larrieu, Laurent, et Pierre Gonin. 2008. « L'indice de biodiversité potentielle (ibp) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers ». *Revue Forestière Française*, n° 6. <https://doi.org/10.4267/2042/28373>.
- Lathuillière, Laurent. 2018. « Forêts matures ; analyses des données et pré-cartographie des secteurs de maturité ». Formation ONF présentée à Formation forêts matures, Lemdes (63), avril 19.
- Lathuillière, Laurent, et Maud Gironde. 2014. « Sémantique autour des forêts anciennes », 35.
- Lathuillière, Laurent, et Maud Gironde-Ducher. 2017. « Méthode d'identification et de caractérisation de l'ancienneté des forêts grâce aux archives forestières ». *Revue Forestière Française*, n° 4: 467. <https://doi.org/10.4267/2042/67873>.
- Libis, Elsa. 2011. « Inventaire et caractérisation des forêts à caractère naturel de l'espace Vanoise ». Mémoire de fin d'étude - Ingénieure Gestion Forestière. Parc National de la Vanoise - Office National des Forêts - AgroParisTech-Engref.
- Magnaudeix, Irène. 1996. « Des lieux et des noms - commune de Rougon ». Etude d'ethno-toponymie. Rougon: Commune de Rougon - PNR du Verdon.
- Marcet, Olivier. 2002. « Etude topologique et dynamique des habitats forestiers de l'est du Parc Naturel Régional du Verdon ». Mémoire de fin d'étude - Formation des Ingénieurs Forestiers (FIF-ENGREF). Conservatoire Botanique National Gap-Charance - FIF-ENGREF.
- Matuszkiewicz, Jan Marek, Anna Kowalska, Anna Kozłowska, Ewa Roo-Zielińska, et Jerzy Solon. 2013. « Differences in Plant-Species Composition, Richness and Community Structure in Ancient and Post-Agricultural Pine Forests in Central Poland ». *Forest Ecology and Management* 310 (décembre): 567-76. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.060>.
- Micas, Lilian. 2011. « Etude de l'importance de vieux peuplements feuillus sur le maintien de populations de coléoptères saproxyliques dans les forêts des Préalpes du Sud ». Mémoire de fin d'étude - École Pratique des Hautes Etudes. ONF - EPHE - CEFE.
- MNHN. 2019. « Biodiversité et EDD: L'érosion de la biodiversité : une réalité mesurable ? » 2019. <http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=1350&lang=en>.
- Musset, Danielle. 2000. « Charbonniers, le métier du diable ? » *Le Monde alpin et rhodanien. Revue régionale d'ethnologie* 28 (1): 133-50. <https://doi.org/10.3406/mar.2000.1713>.
- Naaf, Tobias, et Jens Kolk. 2015. « Colonization Credit of Post-Agricultural Forest Patches in NE Germany Remains 130–230years after Reforestation ». *Biological Conservation* 182 (février): 155-63. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.12.002>.
- Nageleisen, Louis-Michel. s. d. « Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt » (Inv.Ent.For.) », 146.
- Nicolas, Laetitia. 2007. « Maison de la forêt ». Etude ethnologique. La Martre.
- ONF. 2019. « ONF - La trame de vieux bois ». 2019. http://www1.onf.fr/enforet/hourtin/approfondir/faune_flore_biodiversite/20111027-124204-736127/@@index.html.
- ORFM. 2015. « Etat des lieux de la forêt et de sa valorisation - Parc Naturel Régional du Verdon ». Données et chiffres clés de la forêt méditerranéenne. Observatoire Régional de la Forêt Méditerranéenne.

- Pfister, Etienne, et Julien-Pierre Guilloux. 2017. « 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 ». Parc National des Écrins.
- PNR Verdon. 2008a. « Charte du Parc Naturel Régional du verdon : 2008-2020 ». Charte du parc. Parc Naturel Régional du Verdon.
- . 2008b. « Charte du Parc Naturel Régional du verdon : 2008-2020 ». Charte du parc. Parc Naturel Régional du Verdon.
- Prévosto, B, C Ripert, et R Ostermeyer. 2013. « Éclaircir est-il suffisant pour favoriser la régénération de taillis de chêne blanc? Retour sur un dispositif expérimental installé il y a 27 ans en forêt domaniale de Lure (Alpes-de-Haute-Provence) ». *Forêt Méditerranéenne*, 16.
- Rault, 2019. «Sensibilisation des collectivités du Parc Naturel Régional du Verdon aux enjeux de protection de la qualité du ciel nocturne». Mémoire de fin d'étude. Master Biologie Ecologie Evolution, Université de Sherbrooke et Université de Montpellier. 47.
- Renaux, Benoit, et Laurent Lathuilliere. 2016. « Structure des arbres et peuplements, maturité et ancienneté ». Conservatoire Botanique National du Massif-Central - ONF Agence Montagnes d'Auvergne.
- Renaux, Benoit, et Anne Villemey. 2016. « Trame forestière, forêts anciennes et peuplements matures ». Boîte à outils « Forêts anciennes du Massif central », trame forestière. Le Bourg: Conservatoire Bontanique National du Massif-Central.
- . 2017. « Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif Central. Eta des connaissances - Boîte à outils - Perspectives ». Conservatoire Botanique National du Massif Central \ Union Européenne (FEDER Massif Central), République Française, Région Auvergne-Rhône Alpes, Région Nouvelle Aquitaine, Département de l'Allier.
- Rochel, Xavier, Juliet Abadie, Catherine Avon, Laurent Bergès, Sandrine Chauchard, Sébastien Defever, Audrey Grel, Justine Jeanmonod, Nathalie Leroy, et Jean-Luc Dupouey. 2017. « Quelles sources cartographiques pour la définition des usages anciens du sol en France ? » *Revue Forestière Française*, n° 4: 353. <https://doi.org/10.4267/2042/67866>.
- Rudnick, Doborah, Sadie J Ryan, Paul Beier, Samual A Cushman, Fred Dieffenbach, Clinton Epps, Leah R Gerber, et al. 2012. « The Role of Landscape Connectivity in Planning and Implementing Conservation and Restoration Priorities. *Issues in Ecology* », 23.
- Salvaudon, Aline. 2014. « CFT du Lubéron et de la Montagne de Lure : de l'inventaire des réservoirs de biodiversité forestière à la trame de vieux bois ». présenté à Journée « Trame verte et bleue et forêt : comment préserver les continuités écologiques en milieu intra-forestier? », Paris, avril 1.
- Sciama, Delphine, Laurent Augusto, Jean-Luc Dupouey, Maya Gonzalez, et Concepción Moares Domínguez. 2009. « Floristic and Ecological Differences between Recent and Ancient Forests Growing on Non-Acidic Soils ». *Forest Ecology and Management* 258 (5): 600-608. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.04.027>.
- Surell, Alexandre. 1843. *Etude sur les torrents des Hautes-Alpes*. Dunod. Paris: Librairie des corps impériaux des ponts et chaussées et des mines.
- Taylor, Philip D., Lenore Fahrig, Kringen Henein, et Gray Merriam. 1993. « Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure ». *Oikos* 68 (3): 571. <https://doi.org/10.2307/3544927>.
- TVB. 2019. « Verte et bleue - Centre de ressource pour la mise en oeuvre de la trame verte et bleue ». 2019. <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/outil-alliant-preservation-biodiversite-amenagement-territoire?language%25253Den=fr&language%253Den=fr>.
- UICN. 2018. « La liste rouge des écosystèmes en France - Les forêts méditerranéennes de France métropolitaine ». Paris: Union Internationale pour la Conservation de la Nature - Muséum National d'Histoire Naturelle.
- « Visualiseur InfoTerre ». 2019. [infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do). 12 juillet 2019.

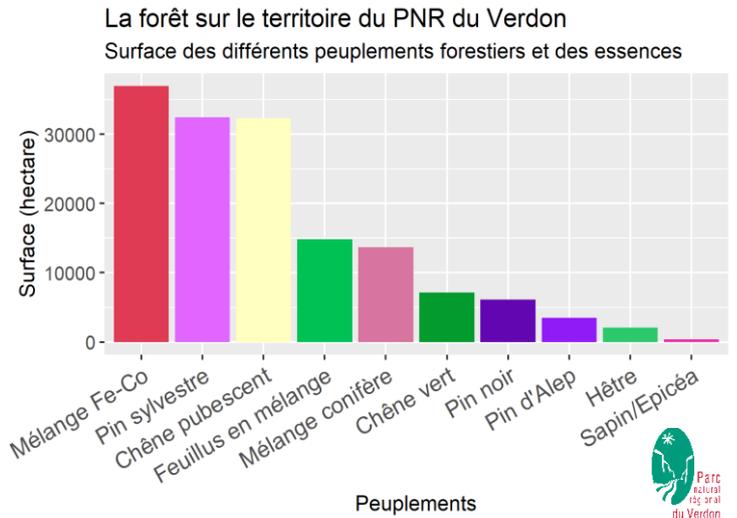
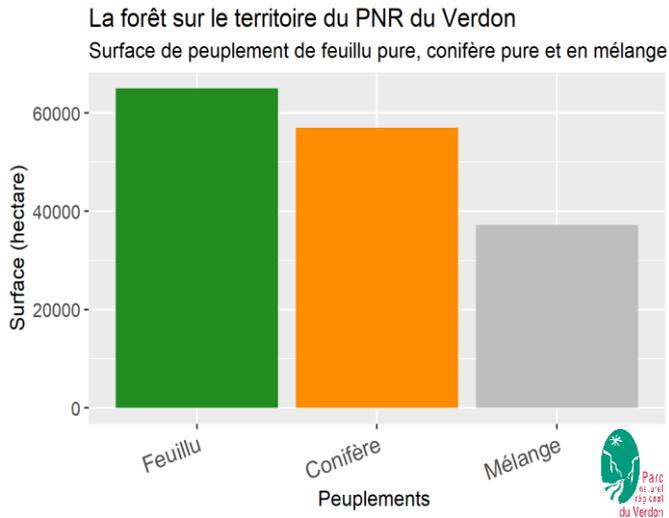
Liste de contact :

NOM	PRENOM	QUALITE
BOUILLIE	Julien	ONF Service forêt Agence Alpes Maritime Var
BOUQUET	Dominique	ONF 04
BRENDEL	Frédéric	ONF 04
CHALVET	Martine	Pr Université Aix Marseille
COCHENET	Christiane	DDT 04
CUBAYNE	Anthony	CRPF Var
CUSSAC	Ophélie	Syndicat Mixte des berges de l'Asse
DAUPHIN	Jean-Paul	ONF retraité
FAURE	Thierry	ONF
FENART	Nicolas	ONF
FOUCAUT	Laurence	ODEPP
GADUEL	Marie-Laure	CRPF AHP
GUILLOUX	Julien	PN des Écrins
GUITET	Stéphane	IGN Direction territoriale du Sud Est
INGRAND	Michel	ONF 04
JOURDAN	Alexandre	CRPF 04
LATIL	Isabelle	Département 04
LATHUILLIERE	Laurent	Chargé de mission environnement ONF
LEBORGNE	Mathieu	Sociologue
LIONS	Olivier	ONF Collines varoises
LLORCA	Roberto	ONF Collines varoises
MARTY	Pauline	CRPF AHP
MICAS	Lilian	ONF 04
NALIN	Stéphane	CRPF AHP
PECASTAING	Guillaume	ONF DFCI
POMPERMEÏER	Mélanie	ONF Collines varoises
PERRIN	Joël	CRPF Var
RIVIERE	Philippe	ONF 83
ROA	Oliver	ONF
SALVAUDON	Aline	PNR Lubéron
SERRES	Frédéric	ONF 04
SINGH	Stéphanie	PNR Sainte Baume
GONOD	Vincent	ONF 04

Annexes :

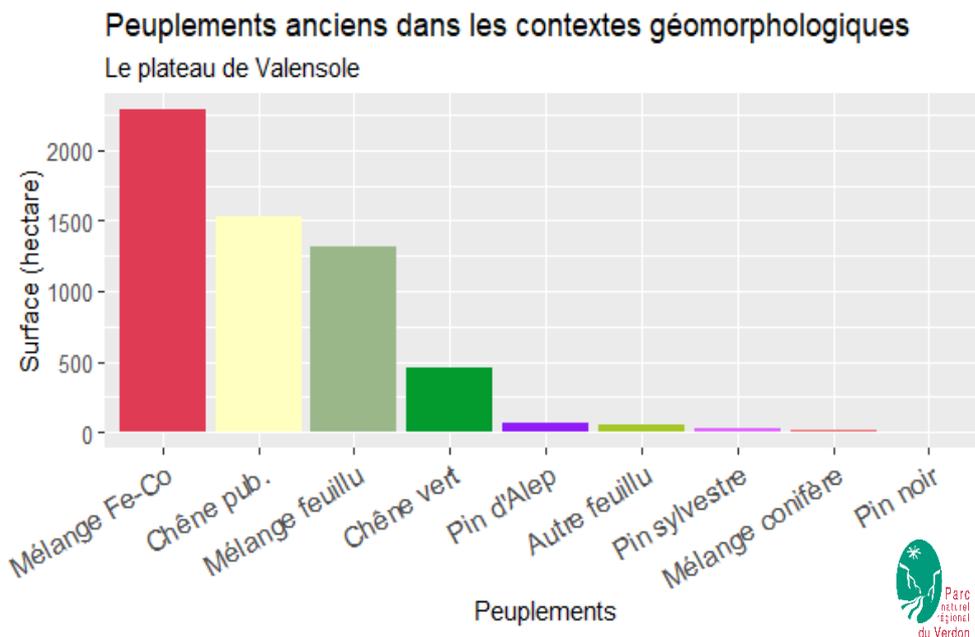
Annexe 1 : surface des peuplements forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.	57
Annexe 2 : surface des peuplements forestiers anciens du plateau de Valensole.	57
Annexe 3 : surface des peuplements forestiers anciens des rivages du lac de Sainte-Croix.	58
Annexe 4 : surface des peuplements forestiers anciens des Préalpes du Sud.....	58
Annexe 5 : surface des peuplements forestiers anciens de l'Artuby-Jabron.	59
Annexe 6 : surface des peuplements forestiers anciens du Haut-Var occidental.	59
Annexe 7 : surface des peuplements forestiers anciens des grandes gorges du Verdon.	59
Annexe 8 : surface des peuplements forestiers anciens des basses gorges du Verdon.....	60
Annexe 9 : comparaison de plusieurs protocoles d'étude de la biodiversité et de la maturité forestière.....	61
Annexe 10 : indicateurs retenus pour le protocole de caractérisation des forêts matures.	64
Annexe 11 : nombre de zones identifiées avec les acteurs forestiers, leur type de peuplement et leur présence dans les contextes géomorphologiques.....	65
Annexe 12 : nombre de zones inspectées sur le terrain, leur type de peuplement et leur présence dans les contextes géomorphologiques.	65
Annexe 13 : type de peuplement rencontré pendant les phases de terrain et leur caractéristique d'ancienneté et de maturité.....	66
Annexe 14 : vieille cépée pourrie d'un taillis de chêne pubescent ancien.	67
Annexe 15 : arbres d'alignements de grandes dimensions sur une ancienne restanque.....	67
Annexe 17 : restanque abandonnée et colonisée par des essences forestières.	67
Annexe 16 : surface des différents milieux inspectés durant la phase de terrain.	68
Annexe 17 : Données recueillies	69
Annexe 18 : fiche placette rédigée pour chaque zone mature potentielle inspectée.	75
Annexe 19 : Source des données utilisées pour compléter la base de données de réservoirs de biodiversité.....	81

1. Surface des peuplements forestiers sur le territoire du Parc du Verdon

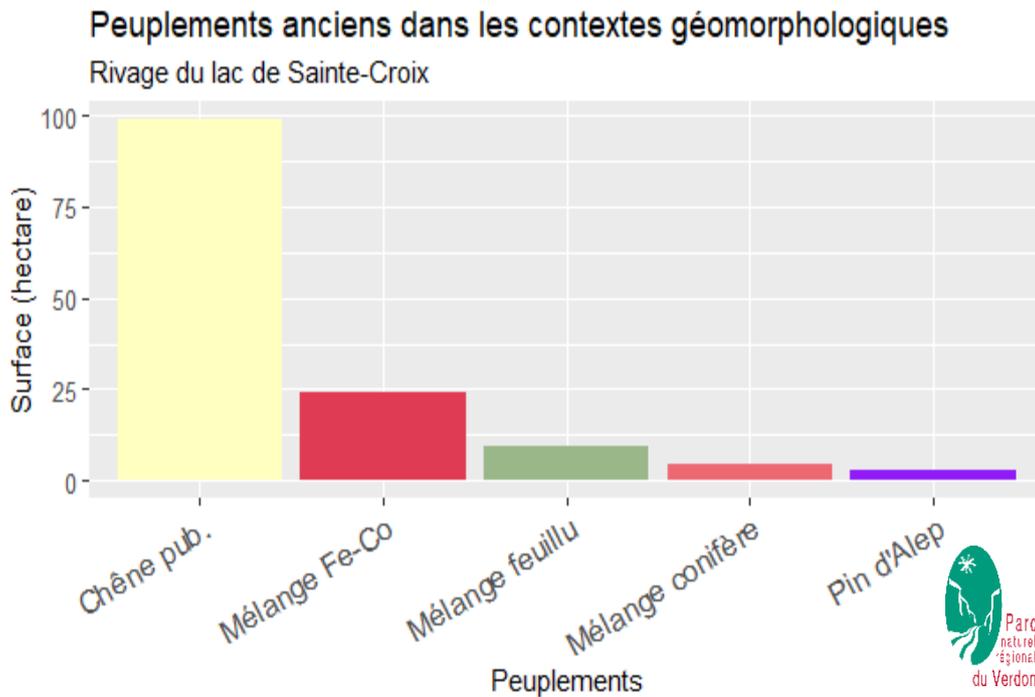


À gauche, histogramme présentant la surface de peuplement de feuillu, conifère et de mélange sur le territoire ; à droite, histogramme présentant la surface couverte par les différents peuplements forestiers. Ces données sont tirées de la banque de données Forêt version 2 de l'IGN (2009) et regroupe les forêts fermées et les forêts ouvertes.

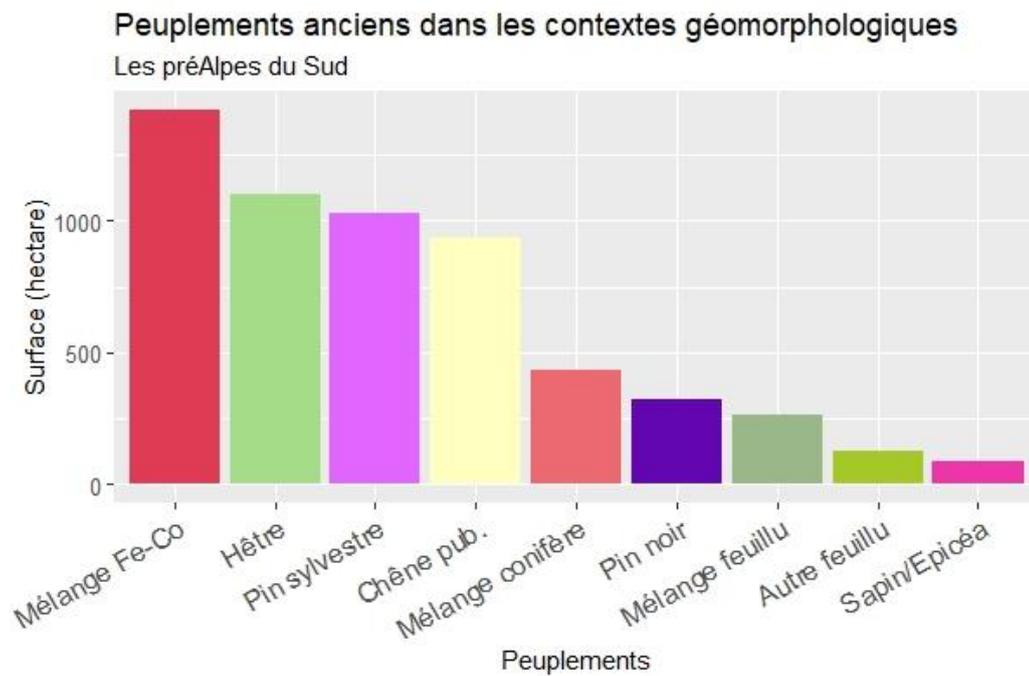
2. Surface des peuplements anciens du plateau de Valensole



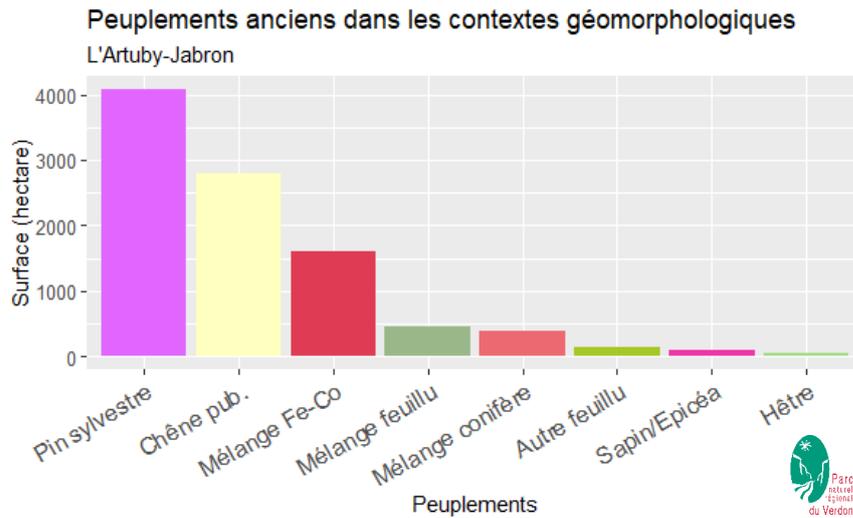
3. Surface des peuplements forestiers anciens des rivages du lac de Sainte-Croix.



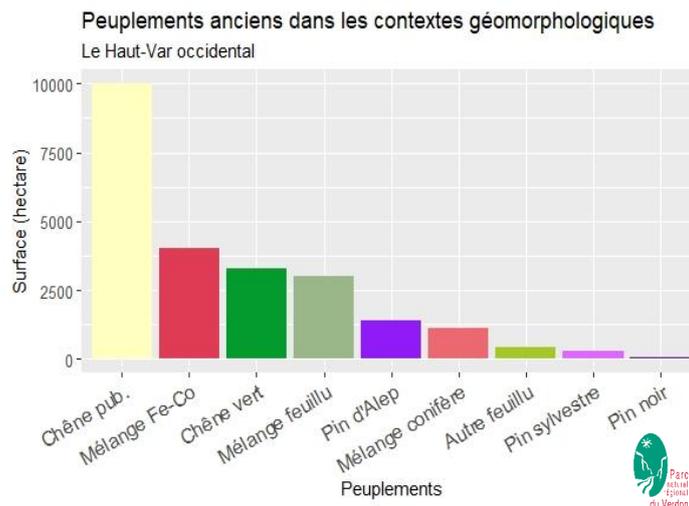
4. Surface des peuplements forestiers anciens des Préalpes du Sud.



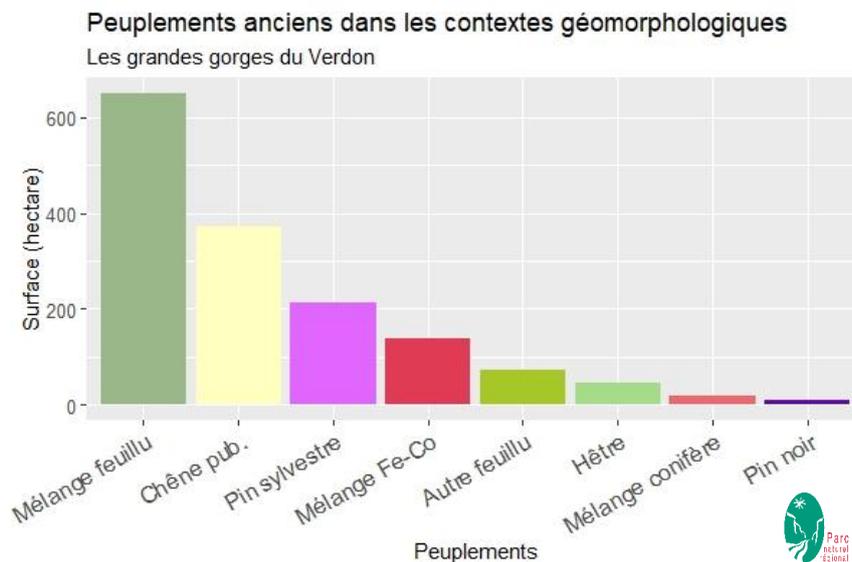
5. Surface des peuplements forestiers anciens de l'Artuby-Jabron.



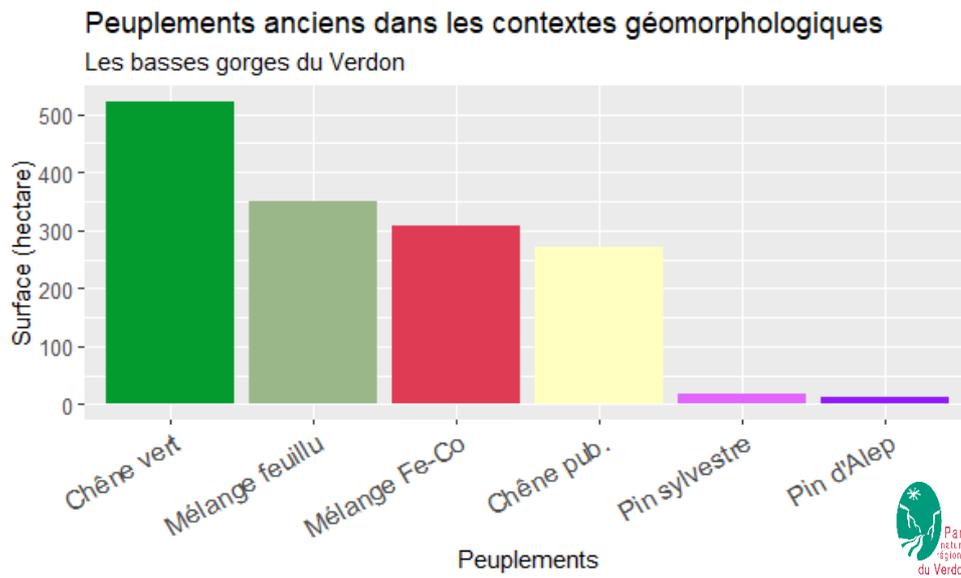
6. Surface des peuplements forestiers anciens du haut-Var occidental.



7. Surface des peuplements forestiers anciens des grandes gorges du Verdon.



8. Surface des peuplements forestiers anciens des basses gorges du Verdon.



9. Comparaison de plusieurs protocoles d'étude de la biodiversité et de la maturité forestière.

Critère	Indicateurs	CRPF	WWF	PNR du Massif des Bauges - IRSTEA	PN Vanoise	IPAMAC	PNR du Ballon des Vosges
		Indice de Biodiversité Potentielle Larrieu et Gonnin, 2009	Naturalité - Evaluation rapide Rossi et Vallauri, 2013 De 1 à 5 (avec explication)	Protocole SOCLE "forêts matures" pour caractériser les sites FRENE Grosso et al, 2012	Evaluation du degré de naturalité Libis et al, 2011	Peuplements biologiquement matures et vieilles forêts du Massif Lathuilière et al, 2019	Evaluation de l'état de conservation des habitats forestiers Michel, 2007
Ambiance forestière	Niveau de nature ressentit						
Ancienneté	Continuité de l'espace forestier	Récent-Ancien		Optionel	Récent-Ancien	Récent-Ancien	
	Traces d'usages		P-A			Usages agricoles passés et actuels	
Autres milieux	Continuité spatiale		Surface de forêts en continuité				
	Milieux ouverts	% de recouvrement					
	Habitats associés (aquatiques, rocheux)	P-A					
Diversité	Richesse en essences forestières	Nombre d'essences	Nombre d'essences	Optionel			Nombre d'essences
	Espèces patrimoniales		P-A	Optionel			
	Espèces invasives			Optionel	P-A		

1/3

	Espèces indigènes	% du couvert en essences indigènes				% du couvert en essences exotiques
Empreinte humaine	Date dernière coupe	Estimation période	Doc aménagement			
	Souches	Nombre à l'hectare	P-A			
	Pressions et menaces	Pressions futures	P-A	P-A		
	Type de traitement	Liste		Liste	Liste	
Exploitation	Desserte		Type	Distance		
	Plantation la plus proche		Distance			
Maturité	Bois vivant	G	G		N arbre ou G	G par essence
	Très gros bois vivant	N arbre	G			G par essence
	Abres vivants porteurs de micro-habitat	N arbre				
	Bois mort sur pied	N pièce	G	G	G	N pièce
	Bois mort au sol	N pièce	Volume	G	N et L	N pièce
	Stades de décomposition		De 1 à 5	De 1 à 5		
	Micro habitat des arbres		Diversité	Présence (liste)		
	Age du peuplement		De très jeune à âgé			

2/3

G : surface terrière ; N : Nombre ; P-A : Présence-Absence ; CD : Classe de Diamètre ; Doc aménagement : document d'aménagement ou de gestion

Dynamique	Stades de succession	Type renouvellement	Estimation par orthophoto	
Présomption de maturité			Composition et recouvrement des strates	G par CD, % strate hb et ar
Structure verticale de la végétation	Nombre de strate			
Type de station/Habitat	Habitat code Corine	Station	Habitat code Corine/EUNIS/Natura 2000	
Recolonisation récente		Présence d'indices (liste)		
Régénération naturelle				P-A essences, recouvrement, impact des cervidés

3/3

10. Indicateurs retenus pour le protocole de caractérisation des forêts matures.

Critère	Indicateurs	PNR du Verdon
		Caractérisation des forêts anciennes et matures
Ancienneté	Continuité de l'espace forestier	Récent-Ancien ; Précision avec la carte de Cassini et les orthophotos anciennes.
	Traces d'usages	Présence-Absence
Diversité	Richesse en essences	Nombre d'essences forestières
Empreintes humaines	Souches	Présence-Absence
	Pressions et menaces	Présence-Absence
Exploitation	Type de traitement	Taillis sous futaie, taillis, futaie
	Accès	Eloignement ou non de la desserte
Maturité	Gros bois vivant (d > 30 cm)	N arbre
	Très gros bois vivant (d > 60 cm)	N arbre
	Bois mort sur pied (d > 15 cm et d > 30cm)	N pièce
	Bois mort au sol (d > 15 cm et d > 30cm)	N pièce
	Micro habitat des arbres	Présence-Absence et estimation de l'abondance (1/pied, > 1/pied, > 1/pied)
Structure	Strate végétale	Nombre de strate, hauteur et recouvrement
	Abondance des espèces	De + à 5, pour toutes les essences forestières

11. Nombre de zones identifiées avec les acteurs forestiers, leur type de peuplement et leur présence dans les contextes géomorphologiques.

Peuplements	Nombre de zones	Présence dans les contextes géomorphologiques
Chêne pubescent	29	6
Inconnu	17	5
Hêtre	10	3
Mélange de Chêne	3	2
Mélange de feuillus	3	2
Ripisylve	2	1
Sapin	2	1
Chêne vert	1	1
Pin sylvestre	1	1

12. Nombre de zones inspectées sur le terrain, leur type de peuplement et leur présence dans les contextes géomorphologiques.

Peuplements	Nombre de zones visitées	Présence dans les contextes géomorphologiques
Chêne pubescent	8	4
Inconnu	6	3
Hêtre	6	1
Mélange de Chêne	2	2
Mélange de feuillus	2	2
Ripisylve	1	1
Sapin	1	1
Chêne vert	1	1
Pin sylvestre	1	1

13. Type de peuplement rencontré pendant les phases de terrain et leur caractéristique d'ancienneté et de maturité.

Essences dominantes	Peuplement/habitat	Nombre de milieux	Ancienneté	Maturité
Chêne pubescent	Vieux taillis	11	Oui	Non
	Anciens parcours avec arbres ruraux	4	Non	En fonction de la proportion en gros arbres et de l'ouverture du milieu
	Anciennes restanques	2	En fonction des cartes anciennes	En fonction de la proportion en gros arbres
	Futaie	11	Oui	Oui
Hêtre	Futaie	15	Oui	Oui
	Taillis	1	Oui	Non
Hêtre-Sapin	Futaie	5	Oui	Oui
Sapin	Futaie	2	Oui	Oui
Ripisylve	Mélange de feuillus	4	Oui (en fonction des cartes anciennes)	Oui (en fonction de la proportion en gros arbres)
Pin sylvestre	Recolonisation et mélange	4	En fonction des cartes anciennes	En fonction de l'essence en mélange et de la proportion en gros arbres
	Futaie	1	Oui	Non
Autres	Futaie de Cèdre	1	Oui	Oui
	Mélange Chêne-Pin	3	Oui	Oui (en fonction de l'essence dominante et de la proportion en gros arbres)

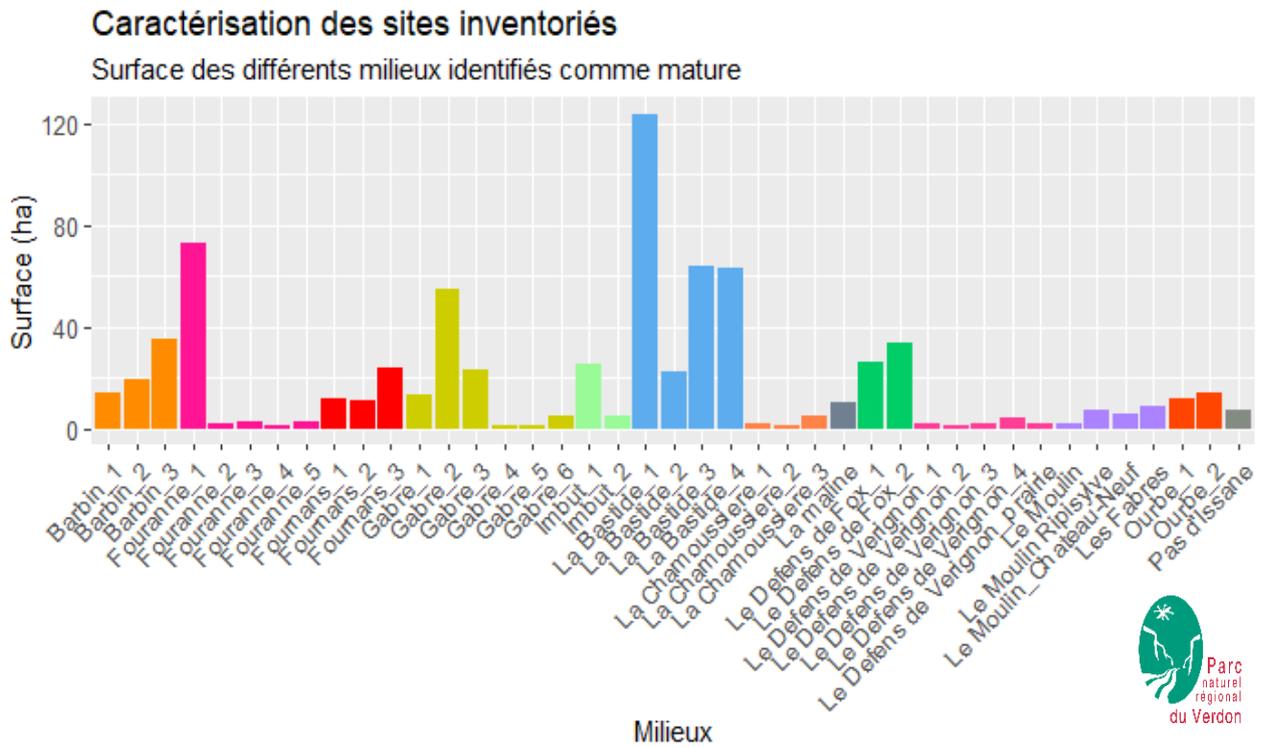
14. Vieille cépée pourrie d'un taillis de chêne pubescent ancien. Forêt communale de la Verdière (83).



15. Arbres d'alignements de grandes dimensions sur une ancienne restanque. Il est visible que cette ancienne zone agricole est complètement refermée aujourd'hui, au vu des jeunes arbres présents. Forêt privée de Vérignon, camp militaire de Canjuers. Photo : Marc Douzière.



16. Surface des différents milieux inspectés durant la phase de terrain.



17. Données recueillies

Dendrologie et classe de bois :

La Figure 20 ci-dessous présente le nombre de gros bois et de très gros bois vivant à l'hectare, pour chaque placette réalisée (densité issue d'un prorata entre la superficie de la placette et un hectare). L'histogramme est classé dans l'ordre décroissant en fonction des nombres de gros bois. Le maximum est pour la placette de 2 de Barbin, avec plus de 200 arbres à l'hectare de plus de 30 centimètres de diamètres. Le minimum est de 50 arbres à l'hectare pour la placette 1 du plateau de l'Ourbe. Ces données sont difficilement comparables avec d'autres bases de données, étant donné que les seuils utilisés sont adaptés aux forêts méditerranéennes. Parallèlement, les très gros bois, qui sont les meilleurs marqueurs de la maturité, sont en général assez peu présents, mis à part sur cinq placettes. Ils représentent une faible proportion des autres bois présents.

La surface terrière pourrait être une donnée utile pour analyser la densité d'arbres à l'hectare, car bien qu'étant une donnée purement forestière, elle permet de donner un aperçu de la densité de tiges et de l'avancement du stade forestier. Il serait également intéressant de savoir quelle densité d'arbres de gros bois et très gros bois est optimale pour la biodiversité forestière.

En ce qui concerne les placettes, il est visible que la zone de Barbin est fortement pourvue en gros bois, ses deux placettes en étant les plus fournies. En revanche, ce sont les placettes de Vérignon et de la Chamoussière qui sont le plus pourvues en très gros bois.

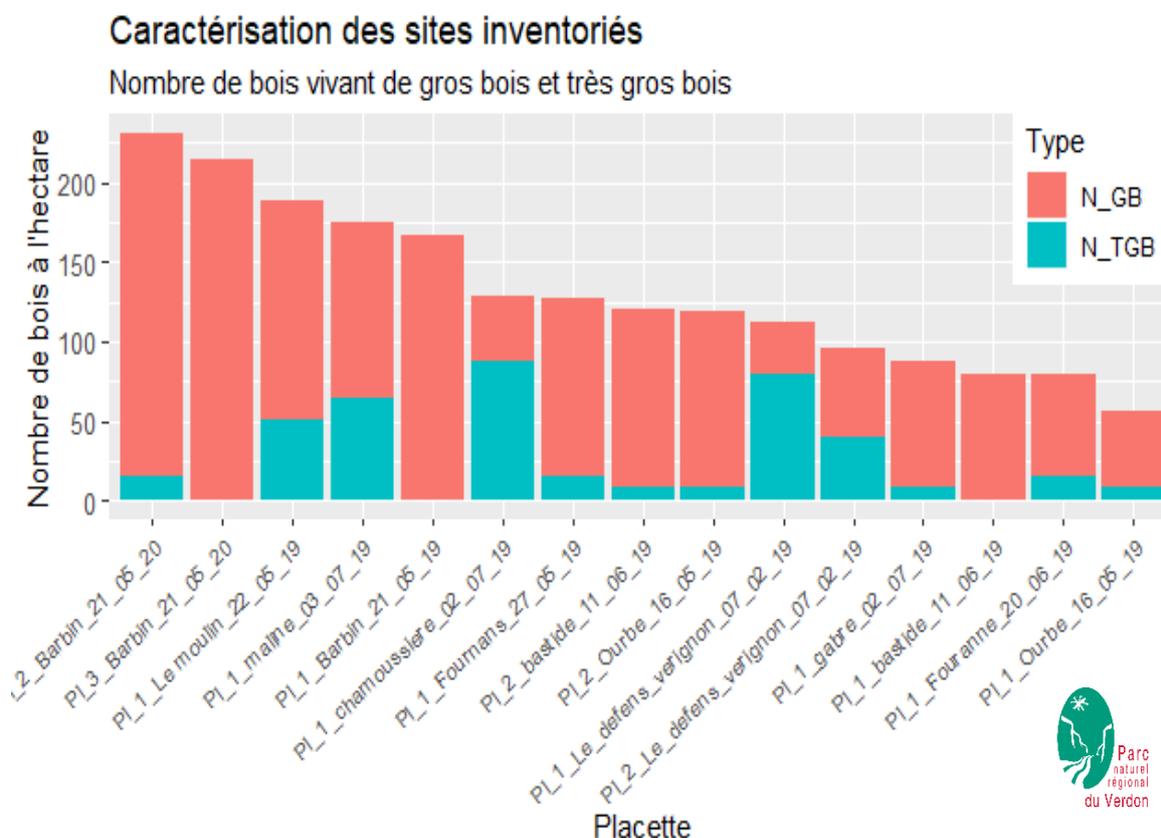


Figure 20 : histogramme du nombre de gros bois et très gros bois vivants sur les placettes d'études.

L’histogramme ci-dessous (cf Figure 21) présente les classes de bois pour les essences forestières de la strate arborée rencontrées tout au long de la phase de terrain. Il est visible que c’est le Hêtre qui est le plus présent, avec 30 arbres de très gros bois et plus de cent arbres de gros bois. Il est suivi par le Pin sylvestre, le Sapin pectiné puis le Chêne pubescent. La présence du Pin s’explique par le fait qu’il apparaît dans tous les types de forêts visitées : dans la pinède où il est dominant, dans la hêtraie où il est présent au stade de relique, dans la chênaie pubescente... Dans certains cas, les arbres sont assez vieux et de grandes dimensions et ont été relevés au même ordre que les autres essences, ce qui aboutit à un nombre moyen d’arbres à l’hectare assez important.

De même, le Chêne pubescent est relativement peu présent compte tenu de sa grande aire de présence sur le territoire du Parc. C’est surtout, car cette essence a été fortement exploitée en taillis pendant le XIX siècle (cf Le charbonnage et la conduite en taillis), ne permettant pas d’atteindre de grandes dimensions aujourd’hui.

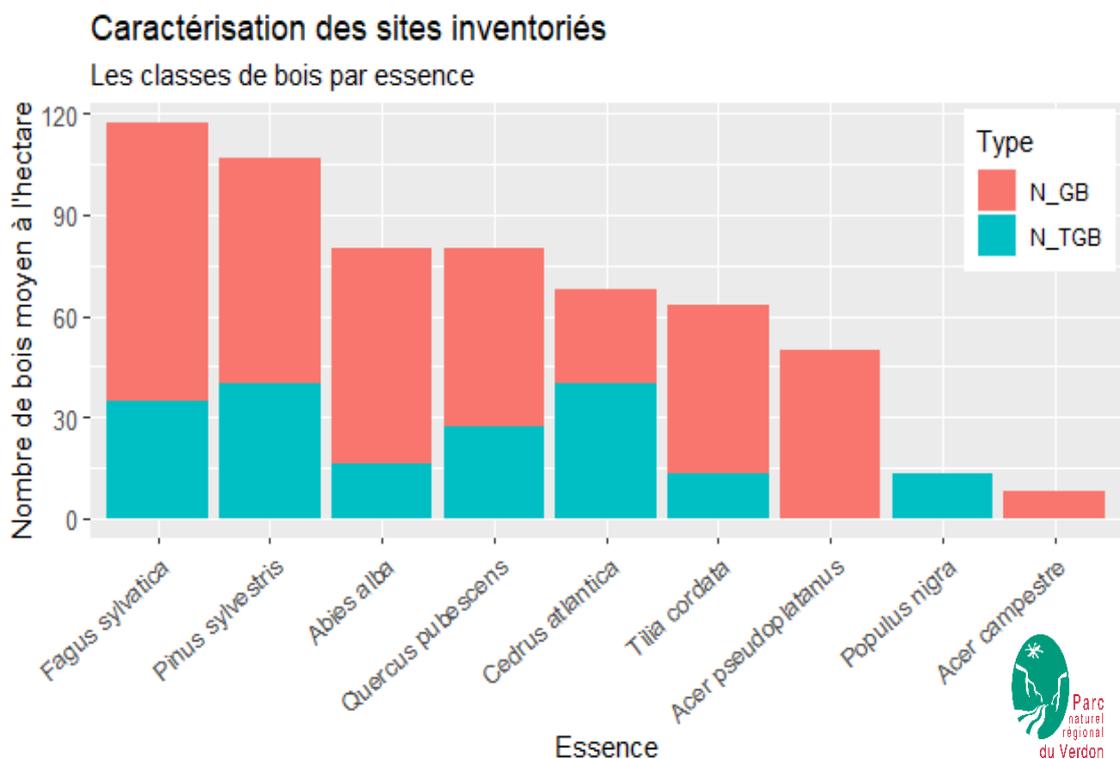


Figure 21 : histogramme du nombre moyen de gros bois et très gros bois à l’hectare, pour les essences les plus présentes.

Nécromasse au sol et sur pied

La nécromasse désigne la matière organique morte présente sur la placette. On parle plus communément de bois mort au sol et sur pied. L’histogramme ci-dessous (cf Figure 22) présente le nombre de pièces de bois mort au sol et sur pied à l’hectare de chaque placette étudiée. Les seuils sont indiqués en légende, pour les pièces supérieures à 15 centimètres de diamètre et 30 centimètres de diamètre. Tout d’abord, il est visible que la présence de bois mort est assez faible. La grande majorité des placettes n’ont pas plus de 25 pièces de bois mort à l’hectare, tout seuil de diamètres confondus.

Seules 5 placettes se démarquent avec chacune leurs spécificités. Il n’y a également pas de tendance à observer pour un type de bois mort donné, chaque placette semble avoir des paramètres différents.

C’est ici la zone de Barbin qui apparaît comme étant celle avec le plus de pièces de bois mort, suivi par la zone de Fournans et de la Maline.

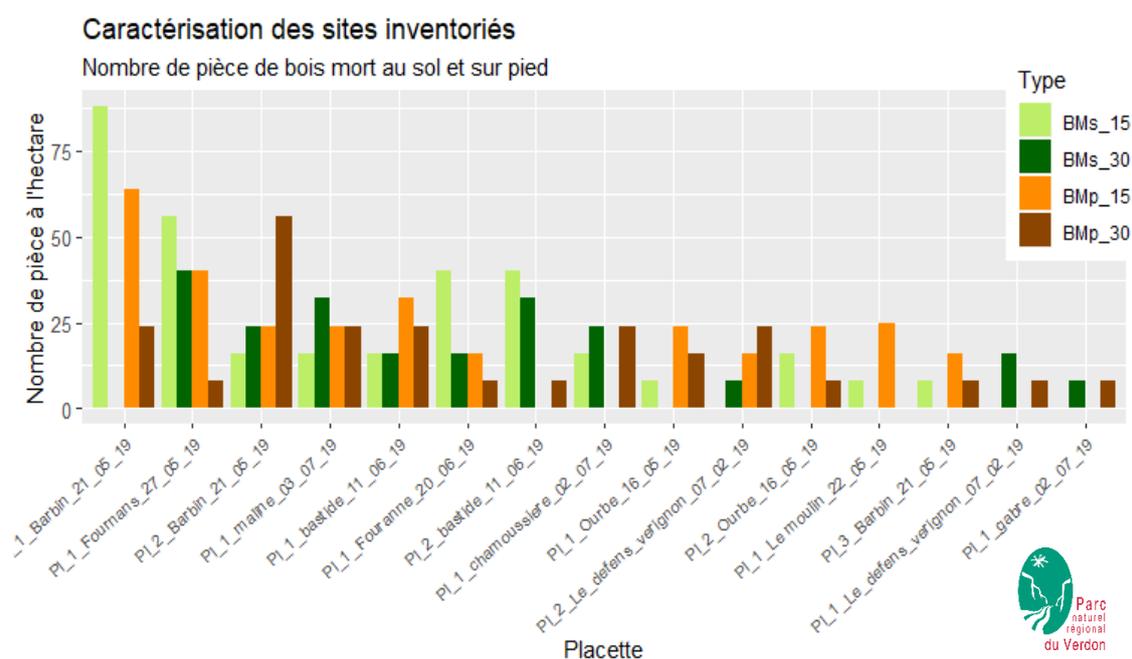


Figure 22 : histogramme des nombres de pièces de bois mort au sol et sur pied et de chaque dimension.

Afin de mieux analyser l’offre en bois mort (BM) et en bois vivant (BV), un ratio BM/BV est utilisable. Il est souvent utilisé dans la bibliographie pour décrire ces deux données. L’histogramme ci-dessous (cf Figure 23) présente ce ratio pour chaque placette. Le ratio prend en compte les bois morts au sol et sur pied de plus de 30 centimètres de diamètre et les bois vivants de plus de 30 centimètres de diamètre. La moyenne du ratio est de 23 %. Il est considéré que quand ce ratio est supérieur à 10%, l’offre en bois mort est acceptable. Il est visible que quasiment toutes les placettes ont un ratio supérieur à 10 %, ce qui rend ces placettes particulièrement intéressantes. On retrouve en premières places les zones de la Bastide, Chamoussière et Fournans avec plus de 30 % des bois étant des bois morts. Il serait intéressant de pouvoir calculer ce ratio, par essence pour pousser l’analyse plus loin. Par exemple, la placette de la Bastide est une sapinière pure avec présence relique de pins sylvestres. Un grand nombre de pins sylvestres mort sur pied y était présent, mais seulement très peu de sapins. Un ratio par essence permettrait de mieux cerner la dynamique des sapins, qui ici pourraient être interprétés comme sénescents.

Caractérisation des sites inventoriés

Ratio Bois mort / Bois vivant pour les placettes étudiées

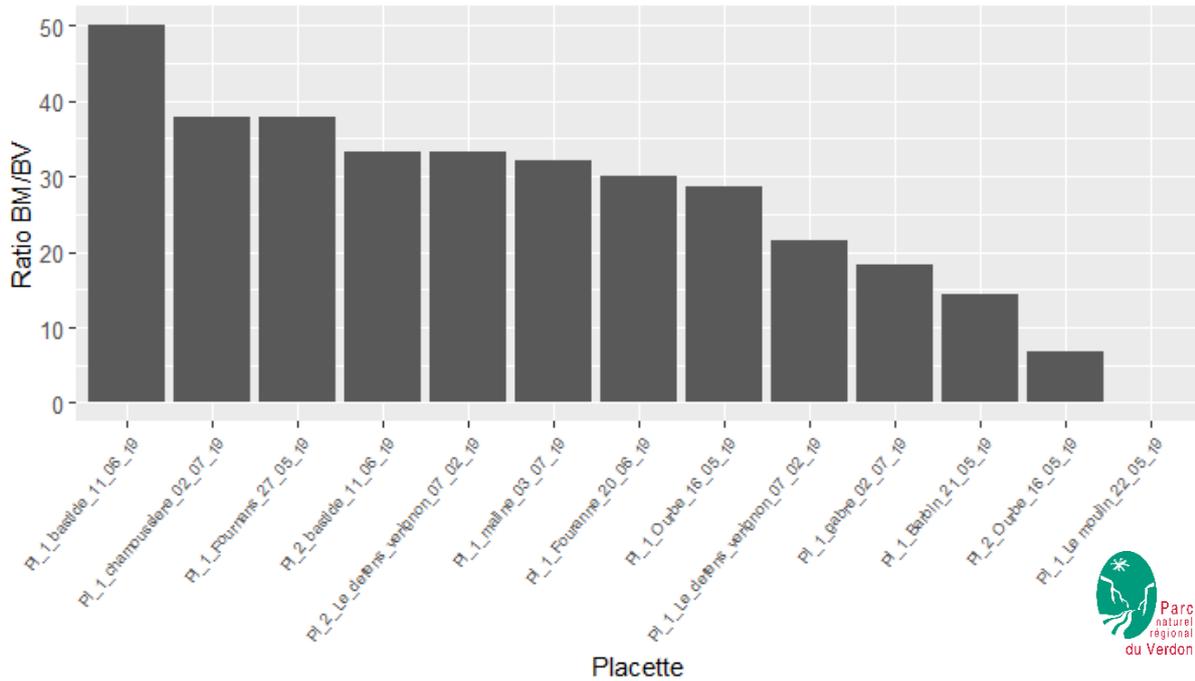


Figure 23 : ratio Bois mort/ Bois vivant pour chaque placette d'étude.

Les microdendrohabitats :

Il est considéré que c'est la diversité et le type de MDH et non leur abondance qui influe le plus sur la biodiversité forestière. Le protocole réalisé propose une liste de 10 MDH possibles (cf Protocole de terrain), or il est visible que seulement 2 placettes ont eu un maximum de 7 MDH. La diversité en MDH sur les placettes est donc assez faible, avec une moyenne de 5. Les placettes les plus pourvues en MDH sont celles des zones de la Chamoussière, de Vérignon et du Moulin, rappelant alors que la présence de très gros bois est un des critères les plus importants pour la présence de ces microhabitats.

Les 10 MDH proposés par le protocole ont tous été identifiés durant la phase de terrain, comme le montre l'histogramme des occurrences des différents MDH (cf Figure 24). L'habitat le plus présent est logiquement la branche cassée, que beaucoup d'arbres âgés présentent. L'accueil de la biodiversité par ce MDH est fonction de la dimension de la branche, il serait donc judicieux de proposer un second critère pour mieux le qualifier (charpentière, branches secondaires, etc.). On retrouve par la suite les écorces décollées, les cavités, les fentes, etc. Les cavités sont de très bons indicateurs de la maturité écologique et sont apparues plus de 15 fois.

Caractérisation des sites inventoriés

Occurrence des microdendrohabitats (MDH) présents

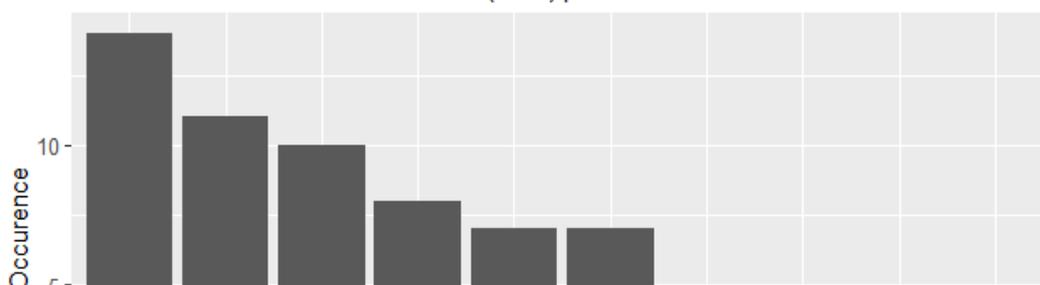


Figure 24 : fréquence d'apparition des différents microendrohabitats rencontrés.

Essences et strates présentes

La richesse en essences forestières est importante à prendre en compte dans l'établissement de réservoirs de biodiversité forestière, car elle permet une meilleure pérennité de l'écosystème forestier. La présence de plusieurs essences permet une diversification des strates, des espèces floristiques et faunistiques présentes et de la litière forestière.

Les placettes étudiées présentent une richesse moyenne en essences forestières de dix espèces (cf Figure 25). Le maximum est atteint par une placette en situation de ripisylve avec 25 espèces, où toutes les espèces feuillues rencontrées au cours de la phase de terrain étaient présentes. Le minimum est de 5 espèces. Ce gradient s'explique par le fait que tous les types de peuplements sont représentés sur cet histogramme. Or la diversité en essences n'est pas la même entre une hêtraie pure et un mélange de feuillus de fond de vallon. Pour une richesse inférieure à 10 espèces, on retrouve des hêtraies et des chênaies xérophiles de pente. Entre 15 et 10 espèces, les peuplements sont plus frais et mieux exposés (chênaies de fond de vallon ou de bas de pente, hêtraie-sapinière).

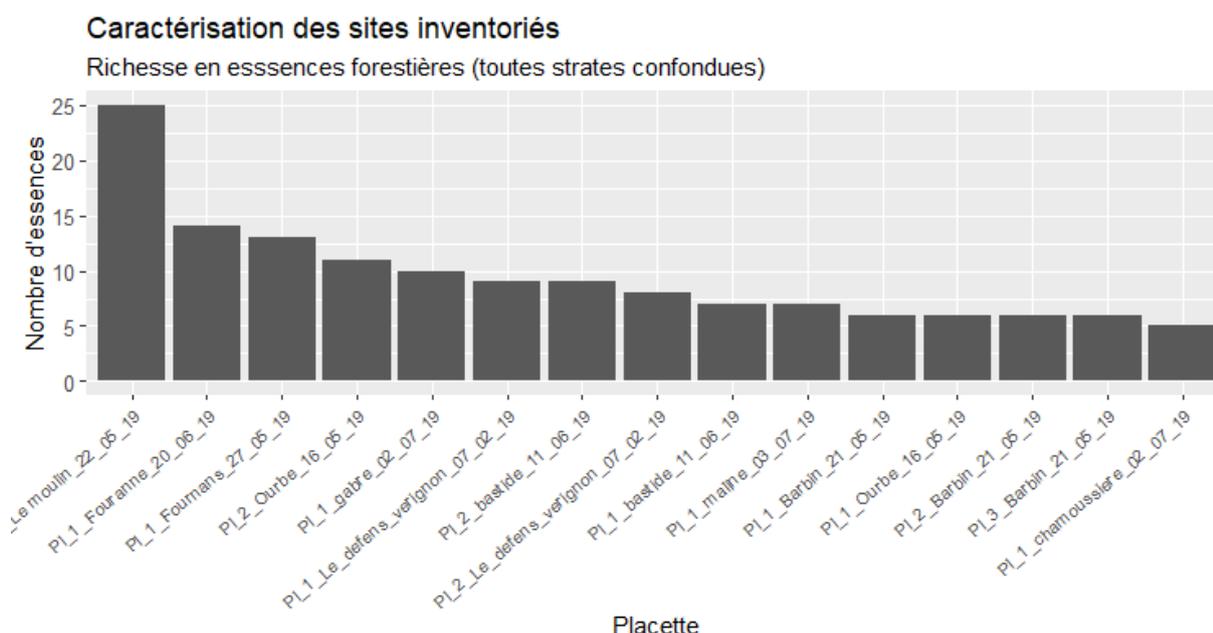


Figure 25 : nombre d'essences forestières identifiées sur toutes les placettes d'études.

L'étude des strates permet d'estimer le stade de la sylvigénèse. Comme expliqué, précédemment (cf Les forêts matures), la maturité est définie par la présence de gros bois, de bois mort et de régénération. Il est donc important de s'attarder sur les strates de présence des essences forestières. Cela permet également d'estimer le potentiel de remplacement de la strate arborée par la strate arbustive. L'objectif est en effet d'établir des réservoirs de biodiversité forestière sur le long terme.

Il est visible grâce à l'histogramme des occurrences des espèces forestières présentes (cf Figure 26) que les essences forestières les plus présentes sont le buis, le hêtre, le pin sylvestre et le chêne pubescent. En détaillant leurs strates, le buis est uniquement présent dans la strate herbacée et arbustive. Il est en effet très rare de voir des buis arborescents, uniquement les individus très âgés atteignent ce stade. Cette espèce est présente sous tous les types de couverts (hêtre, pin ou chêne) ce qui explique qu'elle apparaisse dans 10 placettes et dans les deux strates. Par la suite, le hêtre apparaît dans les trois strates, avec une plus grande occurrence dans la strate arbustive. Sa forte présence dans la strate herbacée laisse à penser que cette essence n'a pour l'instant pas de problème pour se régénérer. Le pin sylvestre est une essence pionnière, qui comme le montre les graphiques précédant, est très présente sur le territoire du parc. On la retrouve ainsi souvent sur les placettes, en majorité au sein de la strate arborée, car présent sous forme d'arbre relique. Le chêne pubescent se retrouve en quatrième position avec une grande majorité en strate arborée. La strate arbustive est assez présente également mais la strate herbacée semble être assez peu apparue. Cette essence, dans des peuplements installés, se reproduit surtout par voie végétative et est connue pour avoir une mauvaise germination des semis, ce qui peut expliquer une si faible présence de la régénération (Bourdenet 1996; Prévosto, Ripert, et Ostermeyer 2013).

Au niveau global, on voit que la régénération est assez présente. La strate herbacée apparaît pour toutes les essences de production, dans des proportions différentes en fonction des essences. Il est cependant impossible de baser tout un raisonnement sur la régénération uniquement sur cet histogramme, étant donné que le protocole n'est pas adapté à de tels besoins (méthode d'étude de la régénération standardisée).

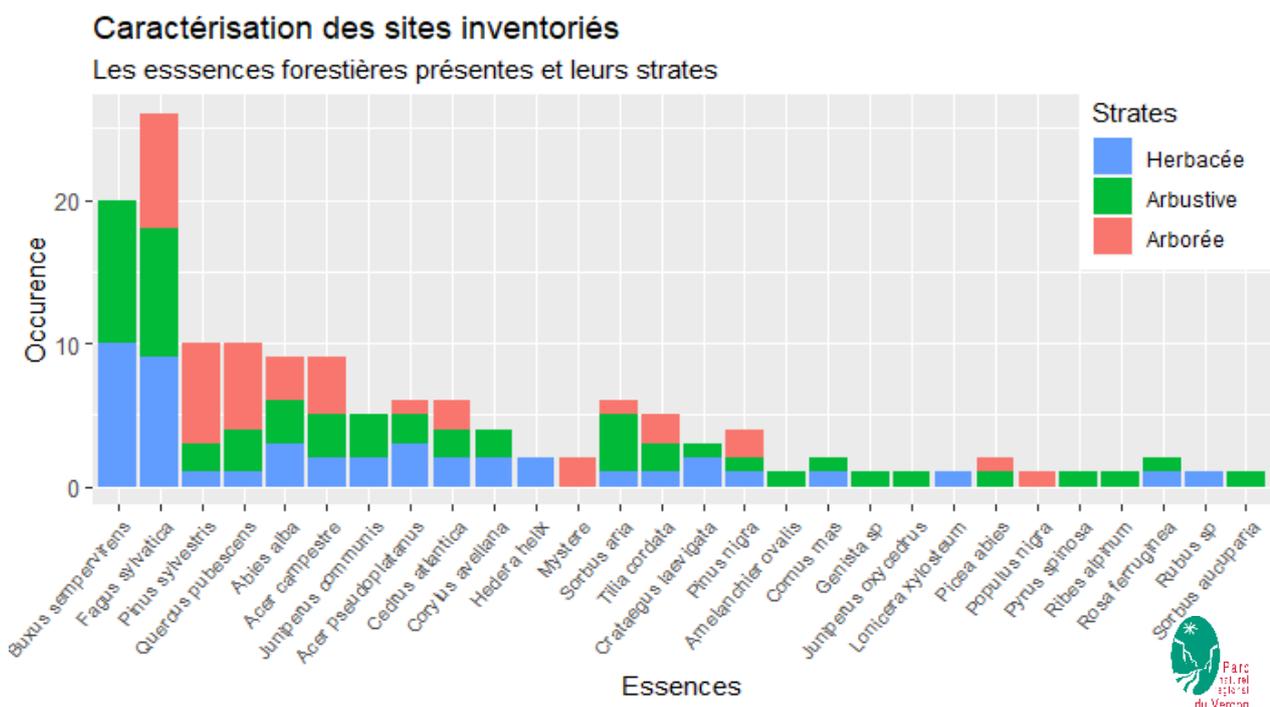


Figure 26 : Fréquence d'apparition des essences et leurs strates.

18. Fiche placette rédigée pour chaque zone mature potentielle inspectée.

Plateau de l'Ourbe

Emplacement :

Le plateau de l'Ourbe est situé sur la commune de Moustiers Sainte Marie (04), au-dessus de la crête de l'Ourbe. La zone comprend deux sous zones représentées par les placettes PI_1_Ourbe et PI_2_Ourbe (cf Figure 27). La sous-zone 1 a une superficie de 12 hectares et la sous-zone 2 de 14 hectares.

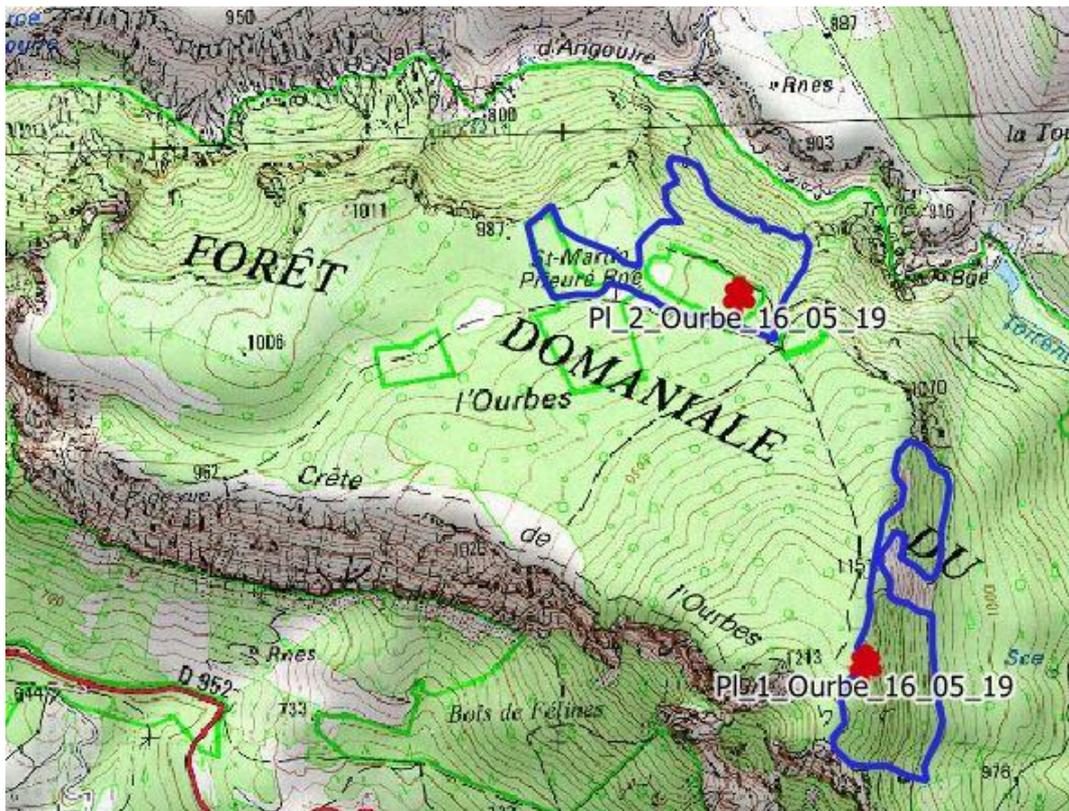


Figure 27 : carte du plateau de l'Ourbe, présentant les deux zones forestières matures (bleues) et les placettes (rouges).

Topographie :

Le plateau a une altitude variant de 987 mètres à 1265 mètres. Les deux zones identifiées sont assez pentues et peuvent donc être associées à des situations hydriques sèches. Le ruissellement et la situation en haut de pente limitent l'accès à l'eau.

- La sous-zone 1 est située sur un versant est. La pente a été estimée à 12% à la placette d'étude, ce qui implique des situations estivales assez sèches (exposition, ruissellement et aucun enclavement).
- La sous-zone 2 est très hétérogène. Elle comprend en effet une situation de plateau et de pente estimée à 14 % et orientée Nord Est. L'accès à l'eau est toujours assez difficile mais la situation d'arrivée d'eau du plateau rend certains endroits assez humides. Un travail de redécoupage aurait été judicieux mais malheureusement trop chronophage.

Ancienneté :

Le plateau de l'Ourbe semble être forestier depuis au moins 200 ans, comme l'indique la présence de forêt sur la carte de Cassini. Cependant, il est impossible d'évaluer avec précision si les zones identifiées ici y sont comprises ou exclues. La carte de l'état-major apporte une information plus précise, présentée ci-dessous.



Figure 28 : Présence des forêts présumées anciennes sur le plateau de l'Ourbe. La sous-zone 1 semble être une forêt ancienne alors que la sous-zone 2 n'en est pas une. Ces suppositions sont vérifiées avec les observations de

Enfin, les photographies aériennes anciennes de 1959 montrent que la sous-zone 1 est bien forestière et que la sous-zone 2 est partiellement ouverte sur la zone de plateau et de pente. Des arbres isolés sont discernables et font penser à une zone de parcours (cf Figure 29).

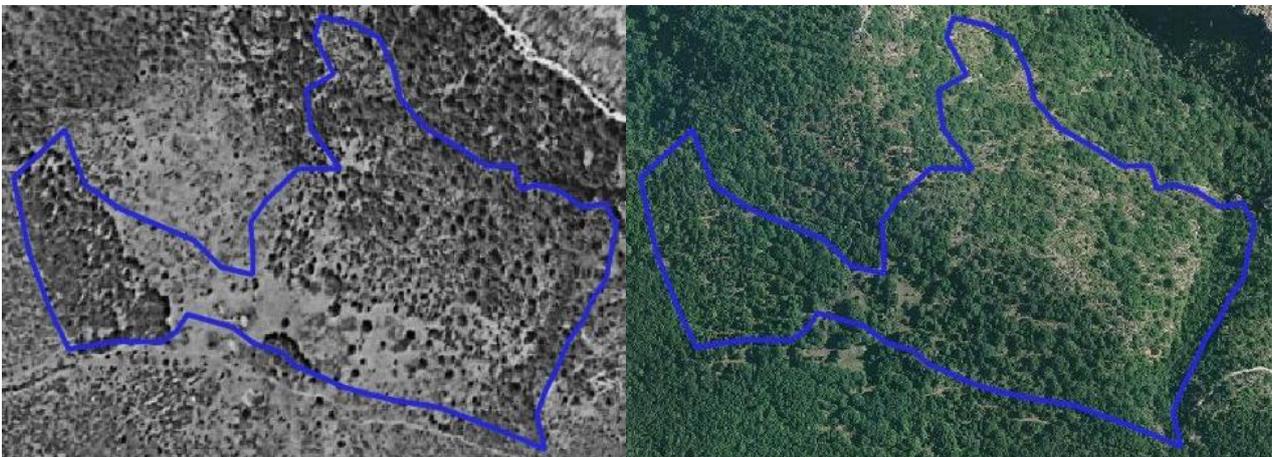


Figure 29 : La sous zone 2 en 1950 d'après les photographies aériennes à gauche et actuellement à droite. Des zones ouvertes sont discernables, avec des arbres isolés faisant penser à un parcours pour le bétail. Aujourd'hui, les milieux ouverts sont toujours présents dans la pente et en petit patch sur le plateau. Source : IGN.

Structure du peuplement :

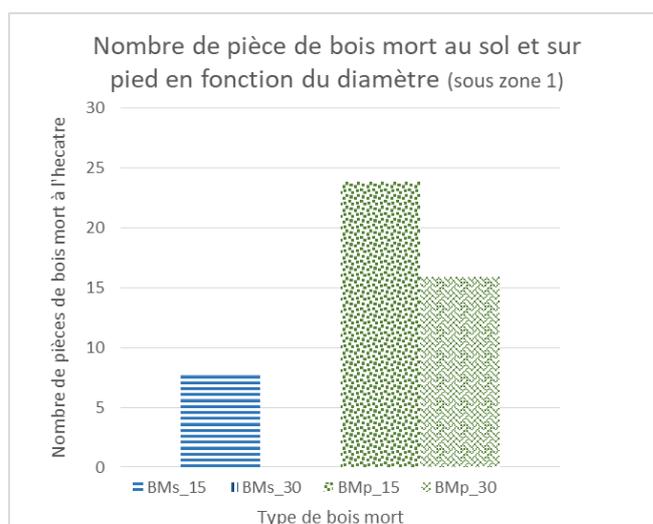
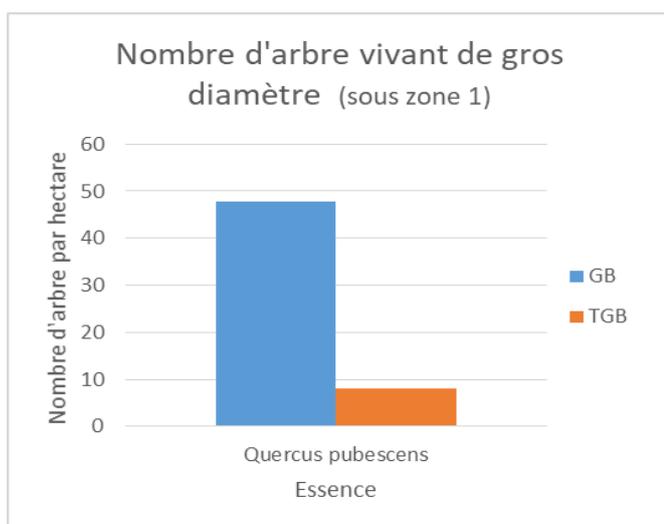
Les placettes réalisées ont permis de recueillir des informations sur la structure du peuplement.

- Sous zone 1 : le chêne pubescent est l'essence dominante. Des arbres de gros voir très gros diamètre sont présent, avec une hauteur moyenne de 9 mètres. La densité d'arbre est assez faible et apporte un recouvrement de la strate arborée de 40 %. La strate arbustive est représentée par du buis et de l'alisier blanc (40% de recouvrement). Les herbacées sont représentées par des graminées non identifiées avec un recouvrement de 80%.
- Sous zone 2 : le chêne pubescent est l'essence dominante, accompagné d'érable sycomore, pin sylvestre et chêne vert. Le recouvrement de la strate arboré est très hétérogène et a été estimé à 30% (pouvant plafonner à 80% dans la partie ouest de la sous-zone). La hauteur dominante est de 10 mètres. La strate arbustive est plus diversifiée avec la présence de buis, d'alisier blanc, d'aubépine, de genêt et de genévrier (recouvrement de 30%). La strate herbacée est globalement identique à la première placette et recouvre environ 70% de la placette.
La partie est de cette sous-zone laisse à penser qu'elle faisait partie d'un ancien parcours de pâturage, avec un milieu assez ouvert et des grands et gros chênes, faisant office de *glanier* pour les bêtes.

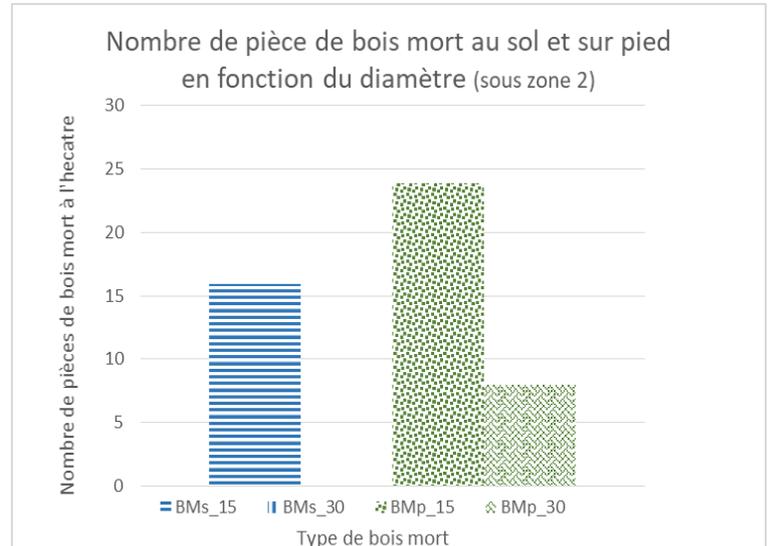
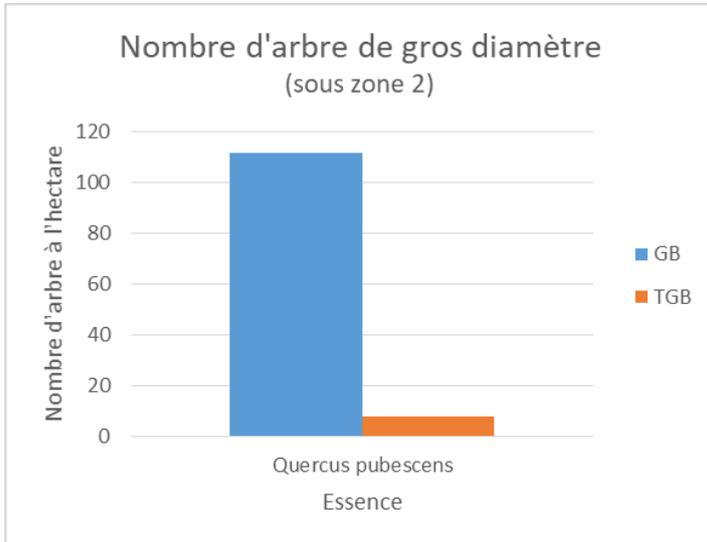
Maturité du peuplement :

La maturité du peuplement est estimée à travers la présence de bois vivant de gros diamètre et de bois mort au sol et sur pied.

- Sous zone 1 : La sous-zone 1 comprend environ 48 arbres à l'hectare de diamètre supérieur à 30 cm et 8 arbres à l'hectare de diamètre supérieur à 60 cm. Au niveau du bois mort, la zone présente assez peu de bois mort au sol, en ayant 15 pièces de bois mort de plus de 60 cm de diamètre et seulement 7 de plus de 15 centimètres de diamètre. Les bois morts sur pied quant à eux sont plus présents, notamment pour les plus petits diamètres.



- Sous zone 2 : La sous-zone 2 présente un nombre plus important d'arbres de gros diamètre. En effet, 120 arbres de gros diamètre à l'hectare sont présents sur cette zone, dont 8 de plus de 60 centimètres de diamètre. Le bois mort est encore une fois peu présent avec une grande majorité de bois morts au sol de petit diamètre, sans bois mort de gros diamètre au sol.



Potentialité écologique :

Les zones décrites ici ont un fort potentiel écologique pour plusieurs raisons :

- Sous zone 1 : elle présente le potentiel d'accueil le plus important de par sa diversité en dendromicrohabitat élevé (profusions de branches cassées, de cavités de tronc, d'écorce décollée...). De plus, un plus grand nombre de bois morts sur pied de gros diamètre est présent, apportant une forte plus-value à la sous zone. Cependant, le milieu a une diversité floristique assez limitée, avec seulement 5 espèces d'arbres ou d'arbustes (*Amelanchier ovalis*, *Buxus sempervirens*, *Pyrus spinosa*, *Quercus pubescens*, *Sorbus aria*).
- Sous zone 2 : la sous zone 2 présente un panel de seulement deux types de microhabitats (branches cassées et écorce décollée), mais avec une fréquence assez élevée. De plus, le nombre de bois mort au sol et sur pied est assez faible. Cependant, du fait des conditions de plateau moins sèches du plateau, une diversité floristique élevée est présente avec 7 espèces d'arbustes et d'arbres bien réparties sur chaque strate (*Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Juniperus communis*, *Buxus sempervirens*, *Crataegus laevigata*, *Quercus pubescens*, *Rosa ferruginea*, *Sorbus aria*).

Habitat et station : (selon le travail d'Oliver Marcet, CBN Gap-Charance)

Sous zone 1 : la sous-zone 1 correspond à une chênaie pubescente xérophile, de haut de pente et à gros bois, avec un couvert arboré très faible.

Sous zone 2 : la sous-zone 2 est une ancienne zone de parcours pour le bétail au vu des marqueurs précédemment cités. Son habitat selon le guide utilisé est chênaie mixte sur ancienne terrasse agricole, à gros bois avec un couvert très faible. Cette sous zone comprend également quelques

patch de futaie sur souche de chêne pubescent avec des arbres semenciers réservés devenus très gros et un patch de 1000 m² environ de très vieux pin sylvestre.

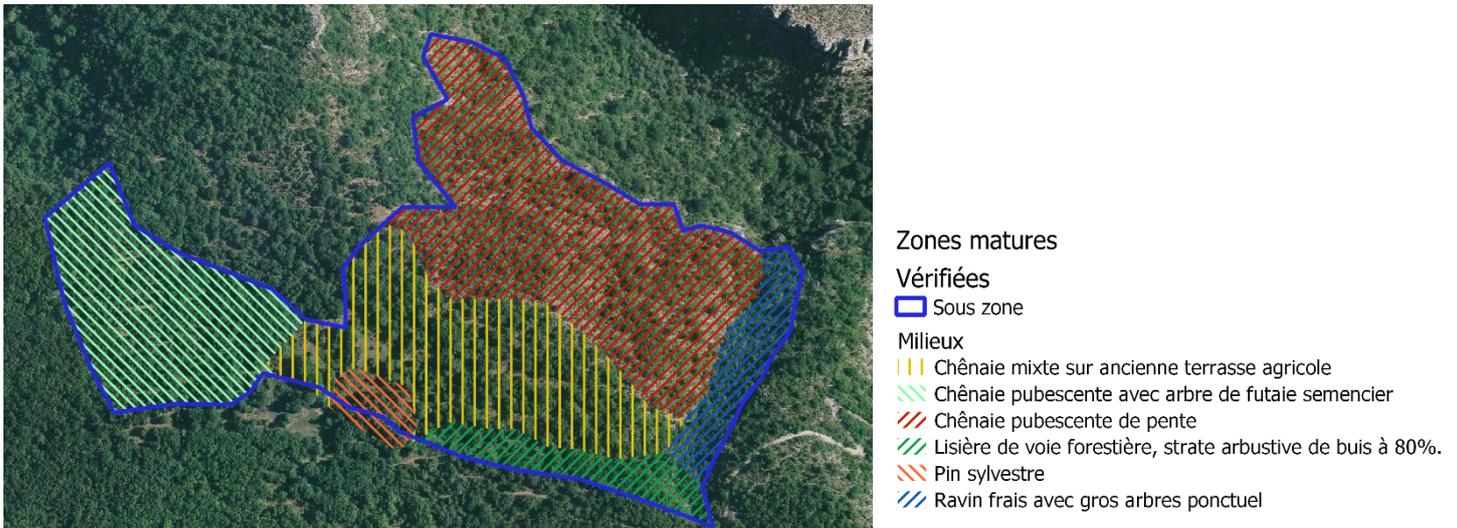


Figure 30 : carte des différents milieux identifiés au sein de la zone 2. Un travail rigoureux aurait été de faire une placette dans chacun de ces milieux mais nous n'en avons pas eu le temps.

Pérennité du milieu :

Les deux sous zones ont comme point commun la présence de gros bois de chêne et l'absence de futurs « remplaçants ». En effet, nous avons pu remarquer qu'il n'y avait que très peu de jeune chêne. Ainsi, quand les arbres de gros diamètre actuels viendront à mourir, le milieu ne pourra pas tout de suite retrouver son potentiel écologique, car plus aucun arbre ne pourra assurer le rôle d'accueil de la biodiversité. De plus, avec l'éventualité du changement climatique, les chênes pubescents sont voués à devoir résister à des sécheresses de plus en plus rudes, ce qui n'arrangera pas l'état de ce milieu.

Au sujet de l'impact anthropique, les deux sous zones ne sont et ne seront sans doute pas impactées. La sous-zone 1 est en effet très difficile d'accès et la seconde présente des bois de qualité médiocre, sinueux et abîmés, sans grande valeur. C'est l'ouest de la sous zone 2 qui peut attirer le plus le sylviculteur, avec des arbres plus grand, plus droit et facilement accessible. Cependant, aucune trace de gestion récente n'y a été trouvée pendant l'inspection de la zone.

Propriété forestière :

Cette forêt est une forêt domaniale gérée par l'ONF de l'UT de Manosque. Le technicien en charge est Frédéric SERES.

Photo :



Figure 5 : Chêne pubescent de diamètre supérieur à 30 cm sur la placette 1. On distingue à l'arrière-plan des branches des autres gros chênes de la placette ainsi que le buis très présent en sous-étage.

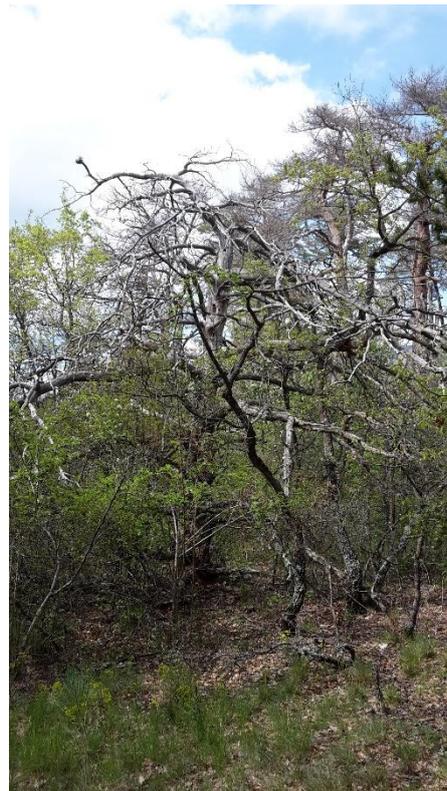


Figure 6 : Patch de Pin sylvestre au sein de la sous-zone 2. Des cavités de pic sont observables sur le tronc du pin mort au premier plan. Les Pins à l'arrière-plan présentent des branches cassées et semblent peu vigoureux (peu d'épines).



Figure 7 : Chêne de plus de 60 cm de diamètre au sein de la chênaie mixte d'ancienne terrasse agricole de la sous-zone 2. L'implantation des branches laisse à penser que cet arbre est un arbre de plein champ, utilisé comme glanier par les bergers. Il présente des cavités, des branches cassées, dont une charpentière et des décollements d'écorce.

19. Source des données utilisées pour compléter la base de données de réservoirs de biodiversité.

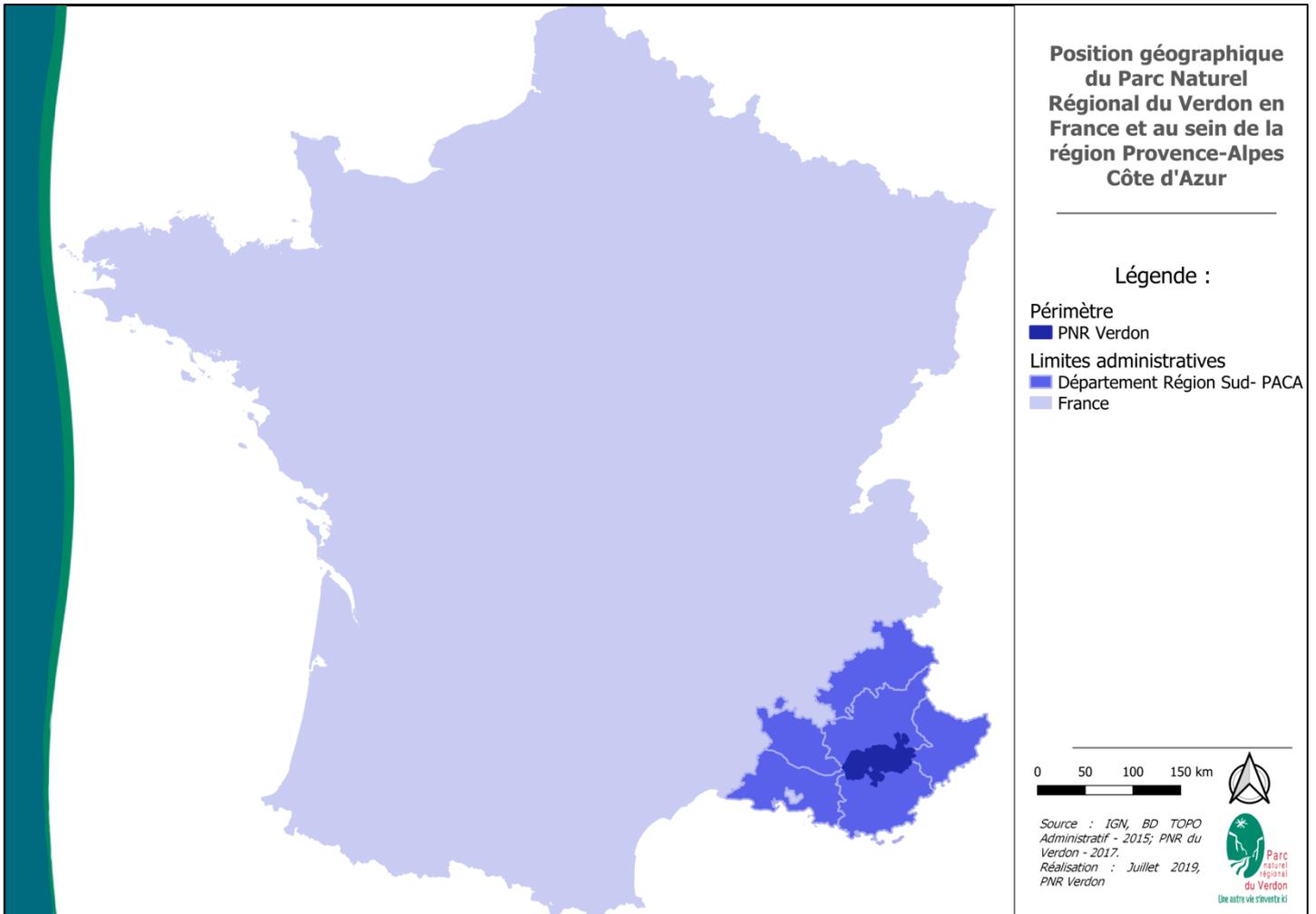
Type	Source	Superficie	Nombre d'entités	Intérêt
ENS	Département 04 et 83	1703	27	Variable en fonction du site et de la gestion
ILS	ONF 04	421	80	Fort, se référer à des documents de gestion si possible
Natura 2000	PNRV	232	26	Fort, se référer à des documents de gestion si possible
Réserve Biologique	PNRV	361	1	Fort, se référer à des documents de gestion si possible
Réserve Biologique Domaniale	ONF 04	1208	1	Fort, se référer à des documents de gestion si possible
Réserve Forestière Dirigée	PNRV	614	1	Fort, se référer à des documents de gestion si possible
Réserve Naturelle Régionale	INPN	21	1	Fort, se référer à des documents de gestion si possible
ZI_Attentes	PNRV	931	17	Potentiellement fort
ZI_Validées	PNRV	869	47	Fort, se référer aux fiches placettes si possible

ANNEXE CARTOGRAPHIQUE :

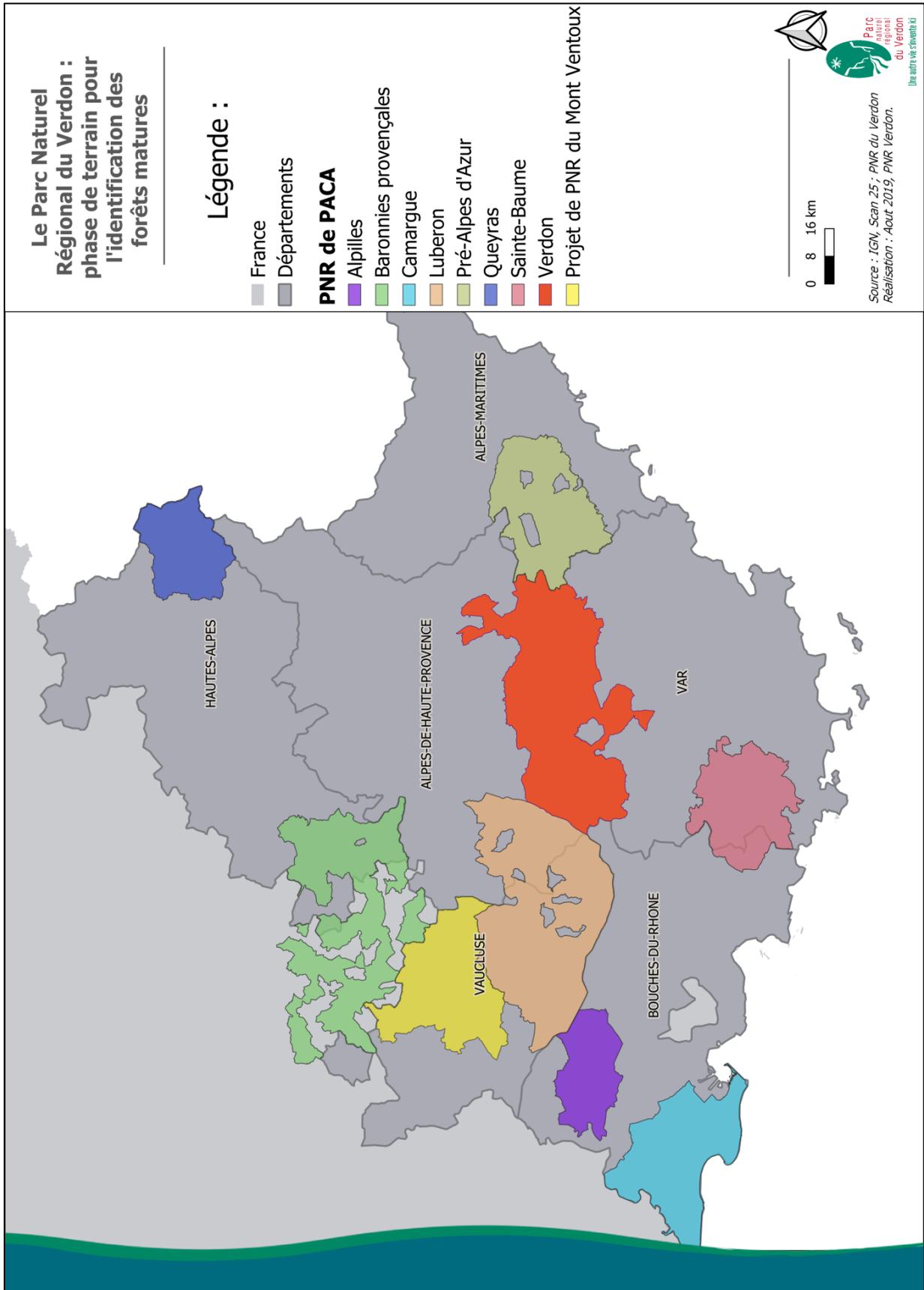
Table des cartes :

Carte 1 : Position géographique du Parc Naturel Régional du Verdon en France	2
Carte 2 : Les Parcs Naturels Régionaux de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur	3
Carte 3 : L’aire actuelle et l’aire d’étude du PNR du Verdon	4
Carte 4 : Les communes du PNR du Verdon.....	5
Carte 5 : Les contextes géomorphologiques du PNR du Verdon	6
Carte 6 : Les différents peuplements forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.....	7
Carte 7 : Les peuplements forestiers feuillus et conifères sur le territoire du PNR du Verdon.....	8
Carte 8 : La propriété forestière sur le territoire du PNR du Verdon.....	9
Carte 9 : Les Espaces Naturels Sensibles forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.....	10
Carte 10 : Les réserves forestières sur le territoire du PNR du Verdon.	11
Carte 11 : Les Zones Naturelles d’Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique sur le territoire du PNR du Verdon.	12
Carte 12 : Les sites Natura-2000 sur le territoire du PNR du Verdon.	13
Carte 13 : Les forêts de la carte d’Etat-Major (1860) sur le territoire du PNR du Verdon.....	14
Carte 14 : Les forêts présumées anciennes sur le territoire du PNR du Verdon.....	15
Carte 15 : Les peuplements forestiers présumés anciens sur le territoire du PNR du Verdon.....	16
Carte 16 : Les zones potentielles de maturité forestière issues de l’identification avec les acteurs forestiers.	17
Carte 17 : Les zones potentielles de maturité forestière inspectées à l’issue de la phase de terrain. .	18
Carte 18 : La base de données de réservoirs de biodiversité.....	19
Carte 19 : La zone test pour la mise en place de la trame forestière.	20
Carte 20 : La préfiguration de la trame forestière du PNR du Verdon.....	21
Carte 21 : La trame forestière et l’état des corridors écologiques.	22

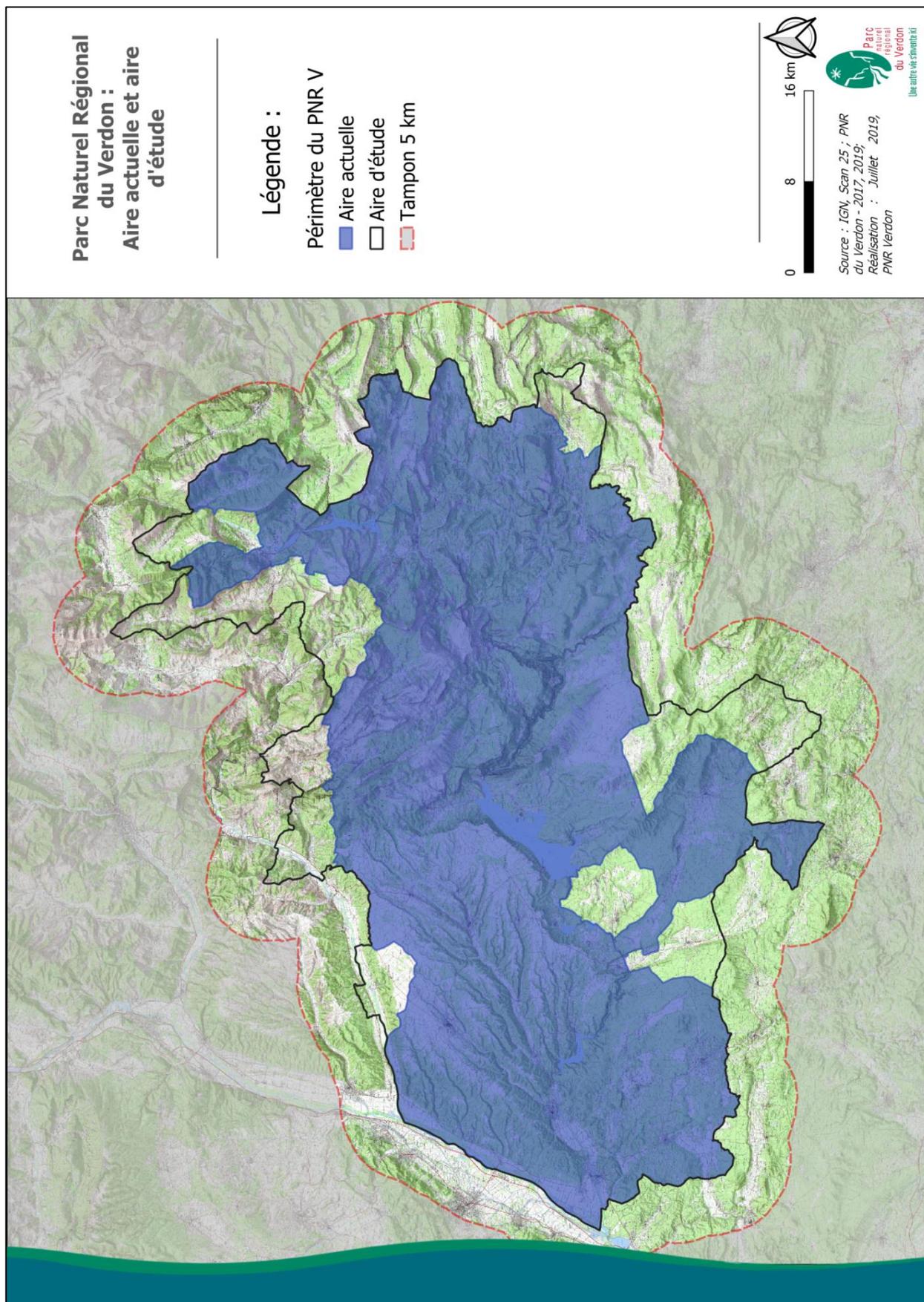
1. Position géographique du Parc Naturel Régional du Verdon en France.



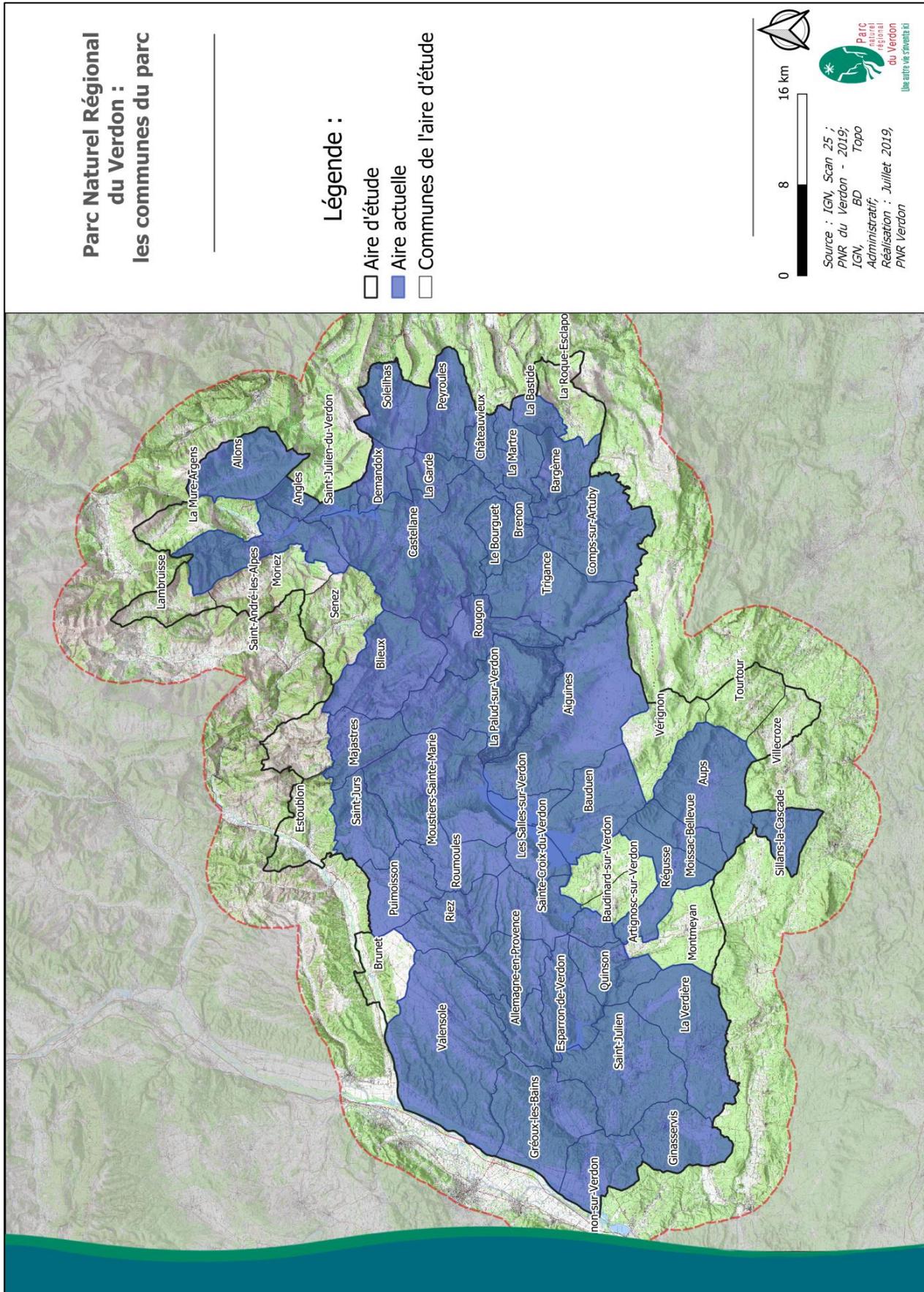
2. Les Parcs Naturels Régionaux de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.



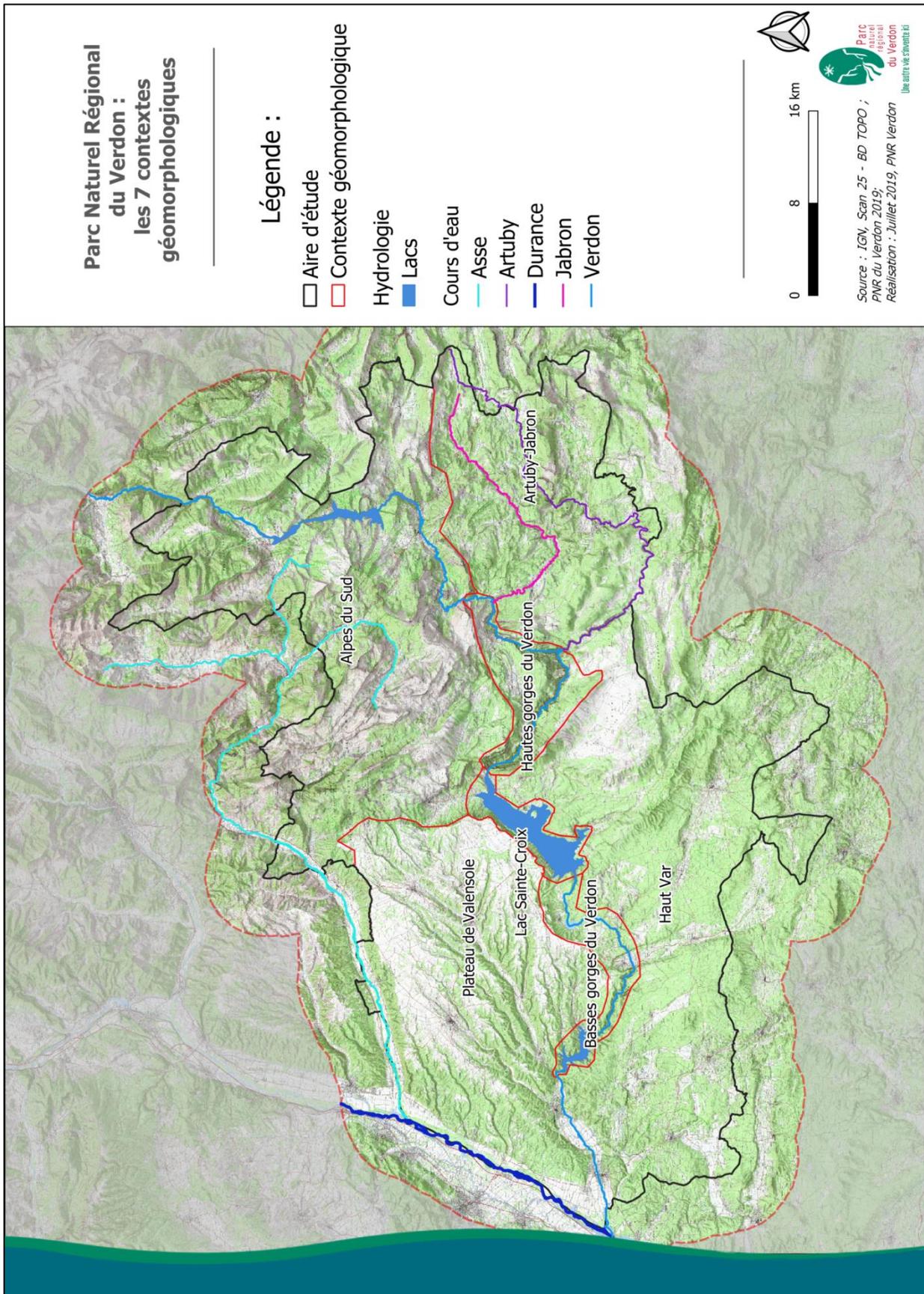
3. L'aire actuelle et l'aire d'étude du PNR du Verdon.



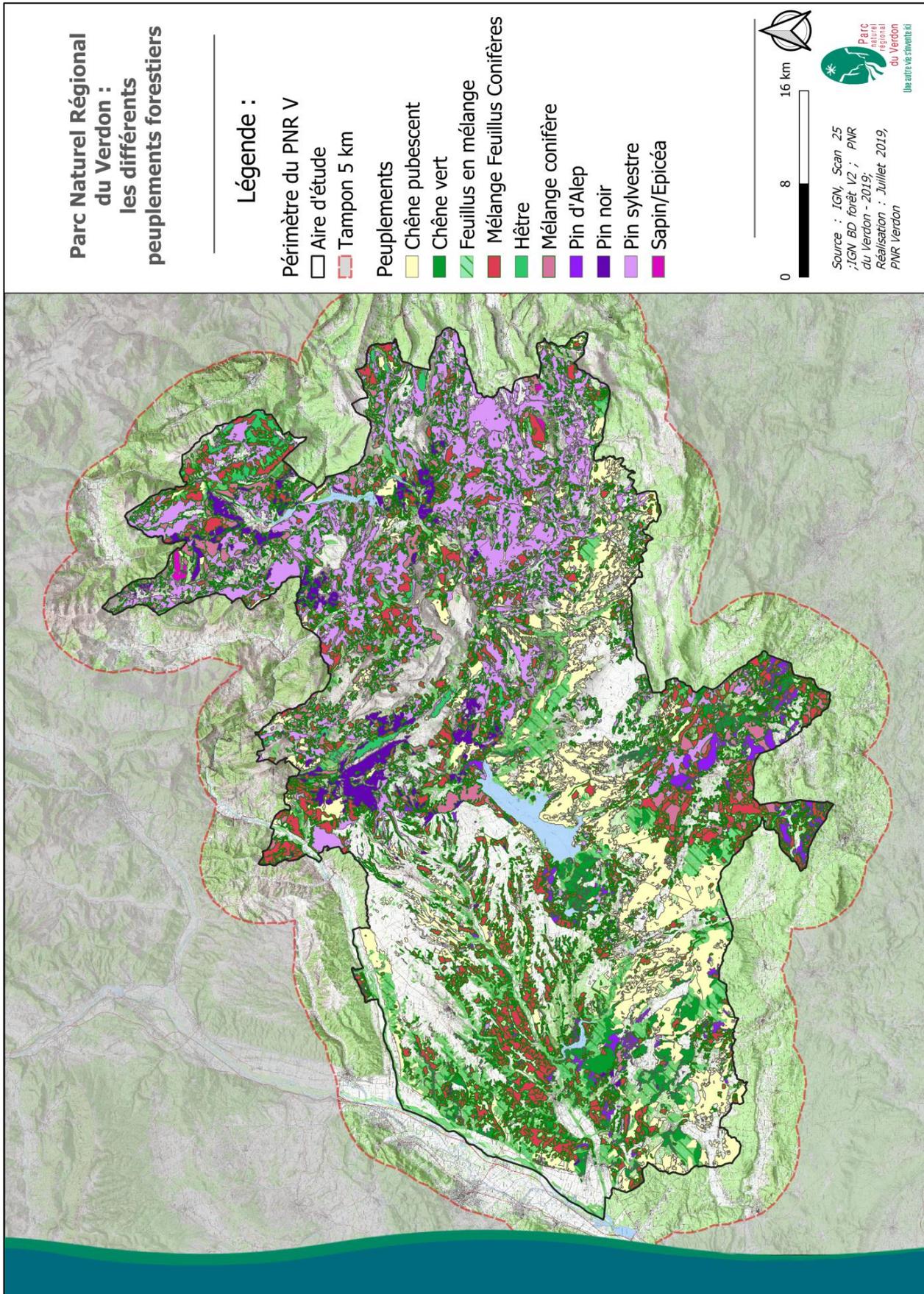
4. Les communes du PNR du Verdon.



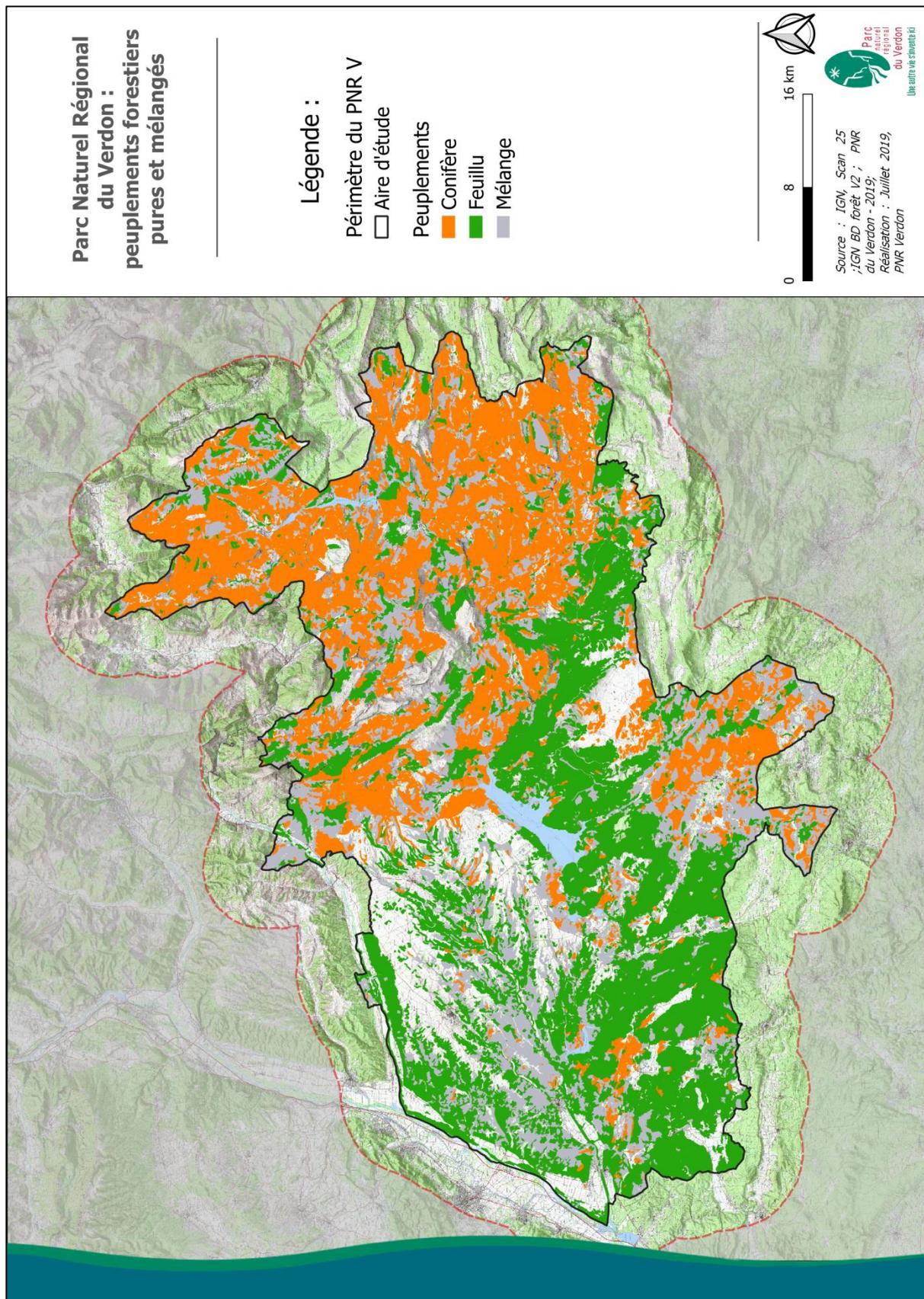
5. Les contextes géomorphologiques du PNR du Verdon.



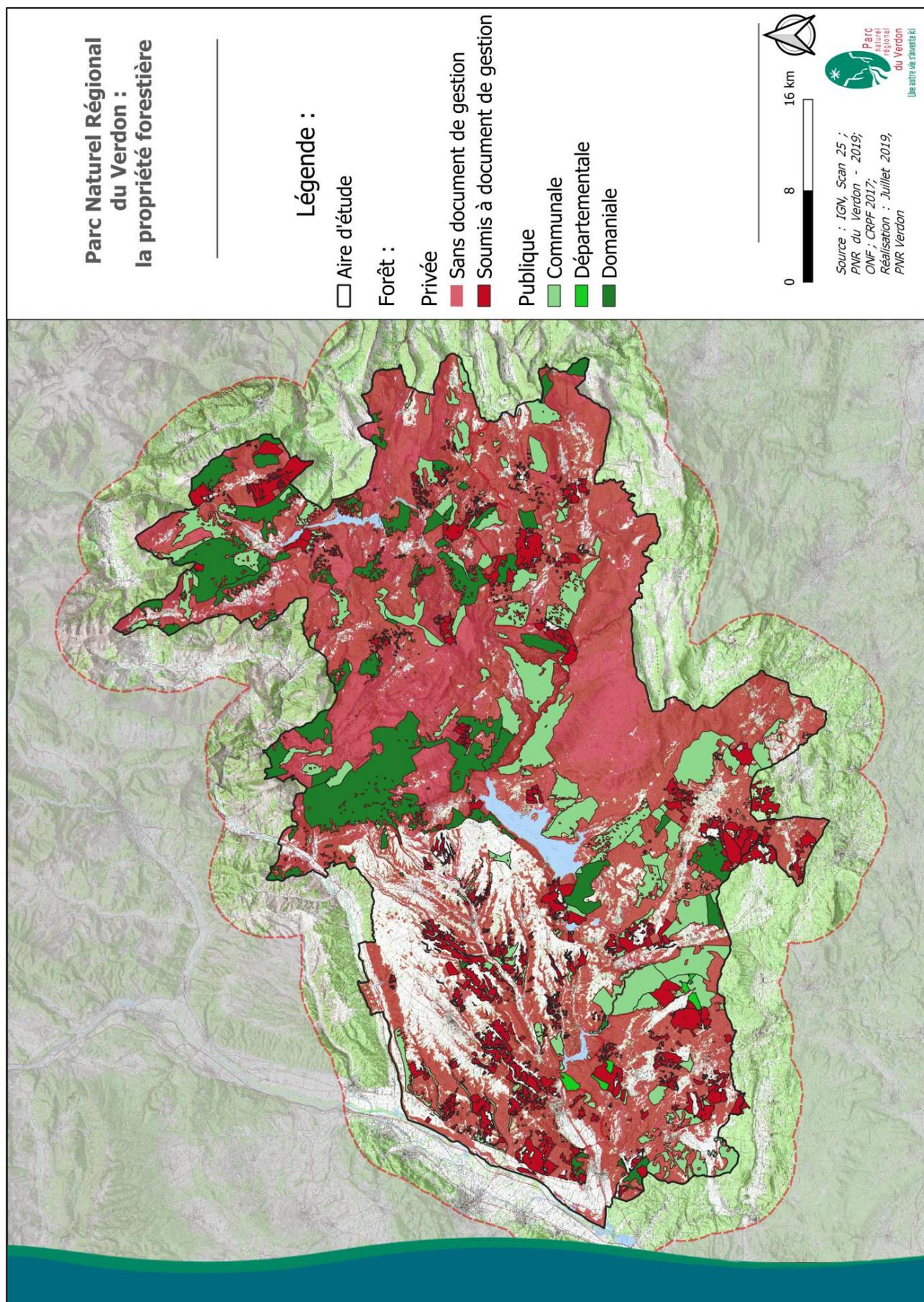
6. Les différents peuplements forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.



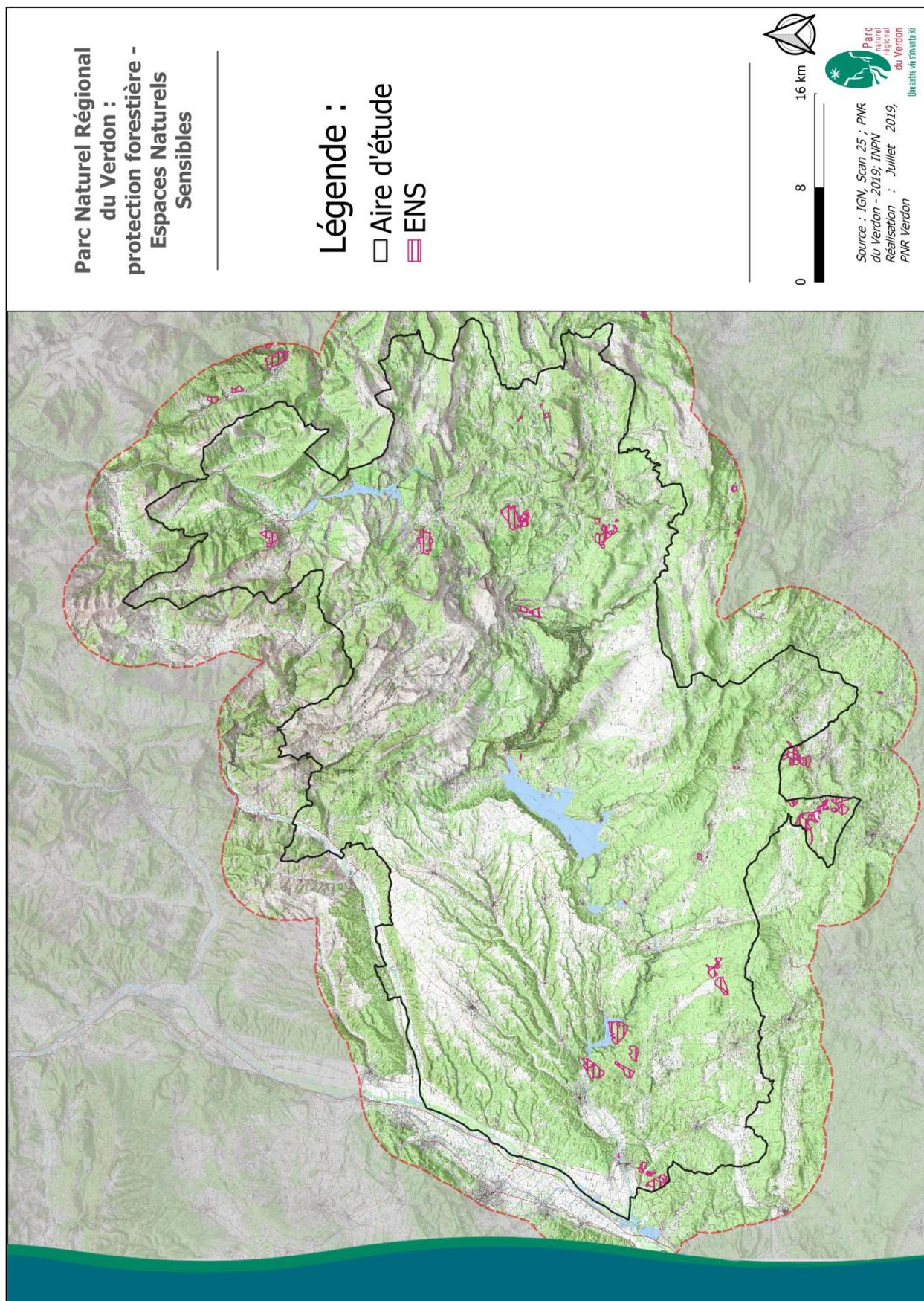
7. Les peuplements forestiers feuillus et conifères sur le territoire du PNR du Verdon.



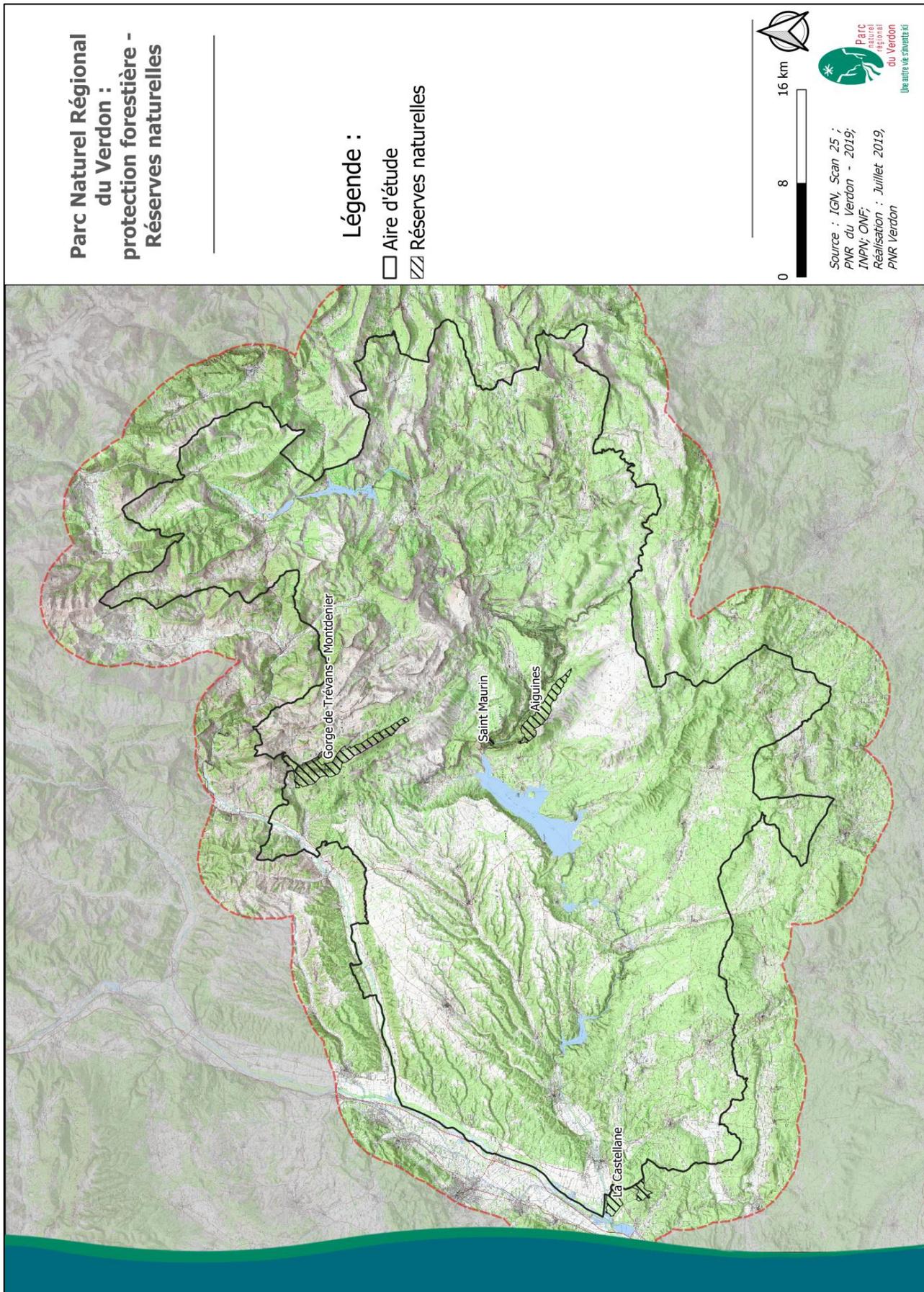
8. La propriété forestière sur le territoire du PNR du Verdon.



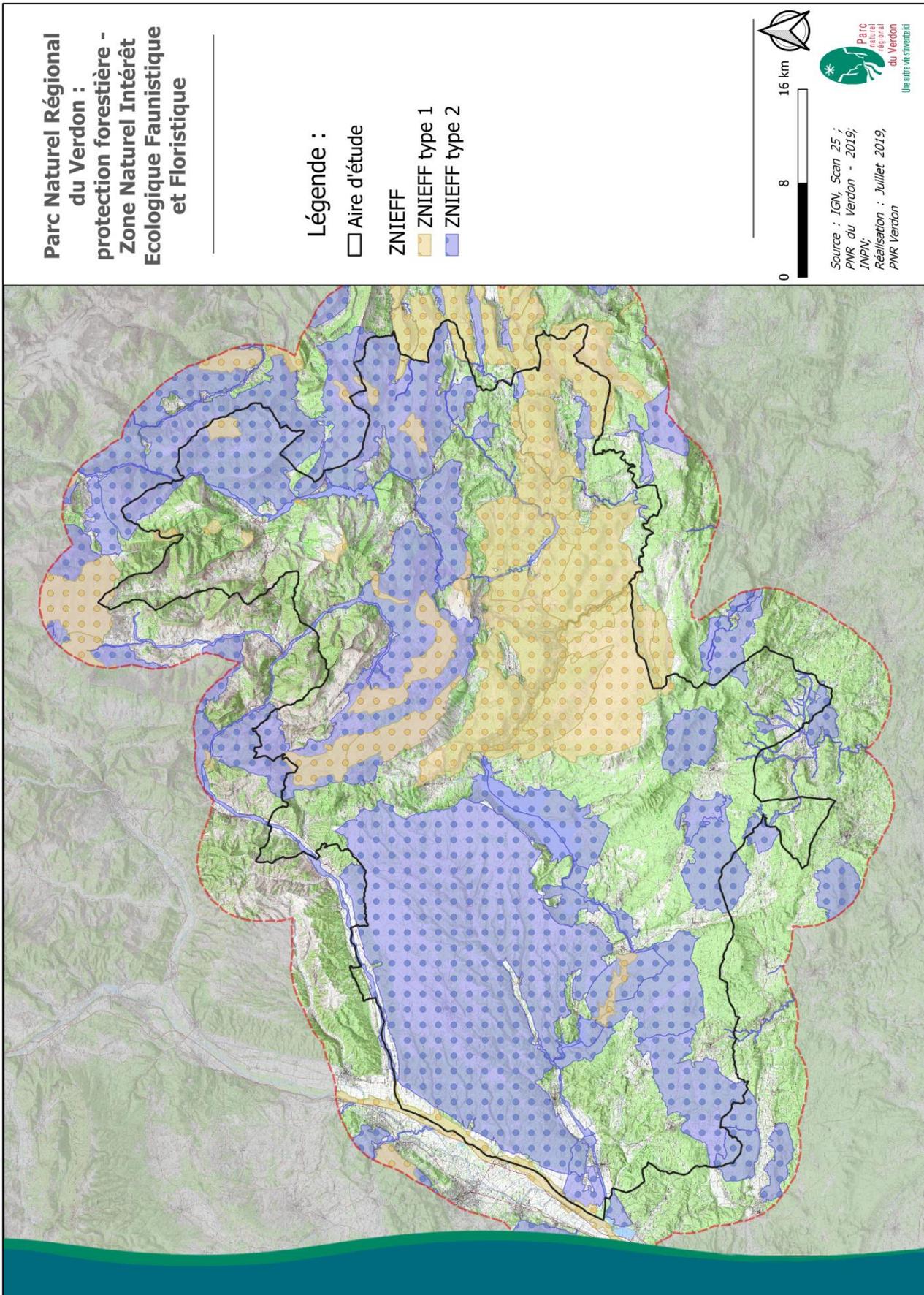
9. Les Espaces Naturels Sensibles forestiers sur le territoire du PNR du Verdon.



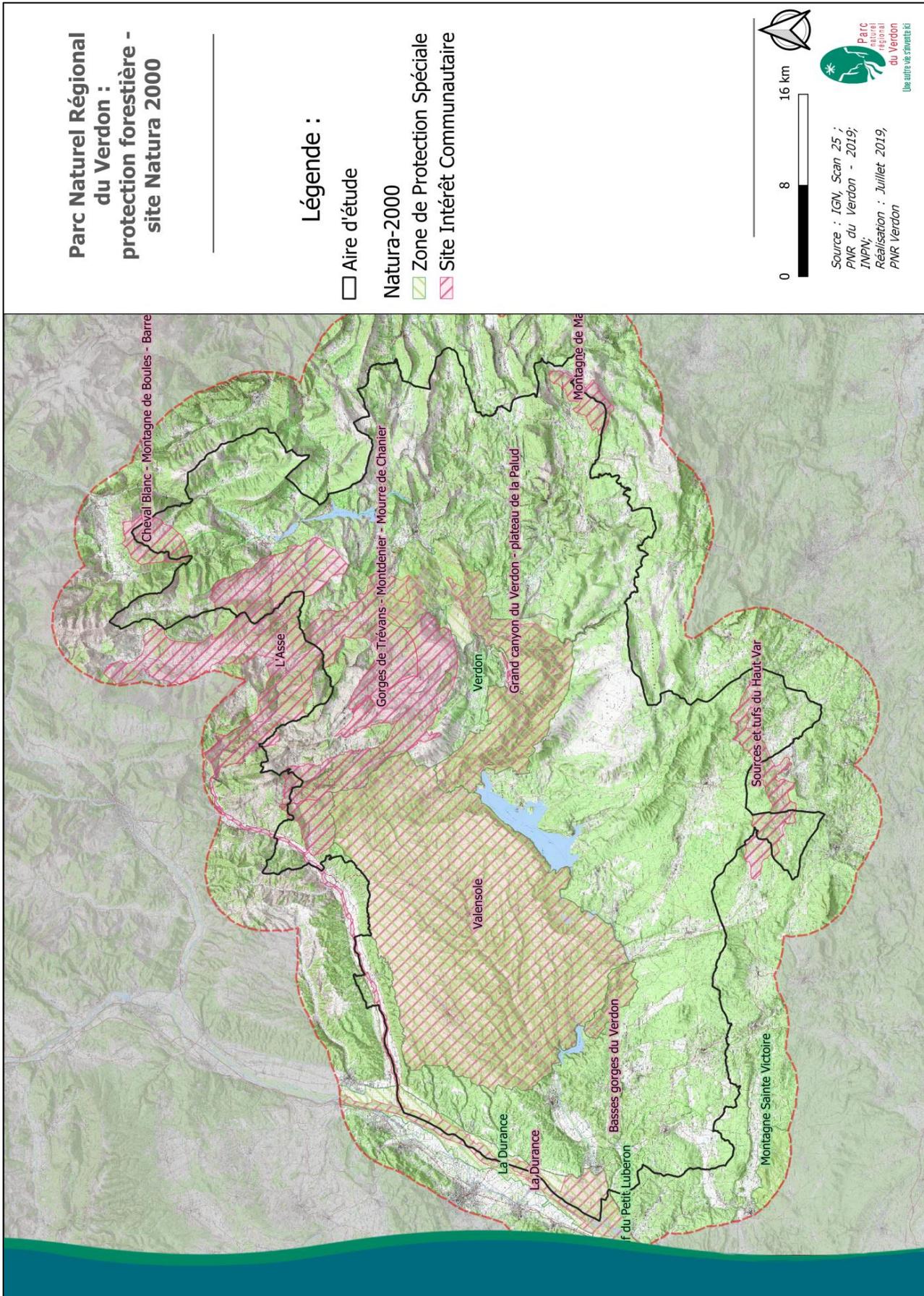
10. Les réserves forestières sur le territoire du PNR du Verdon.



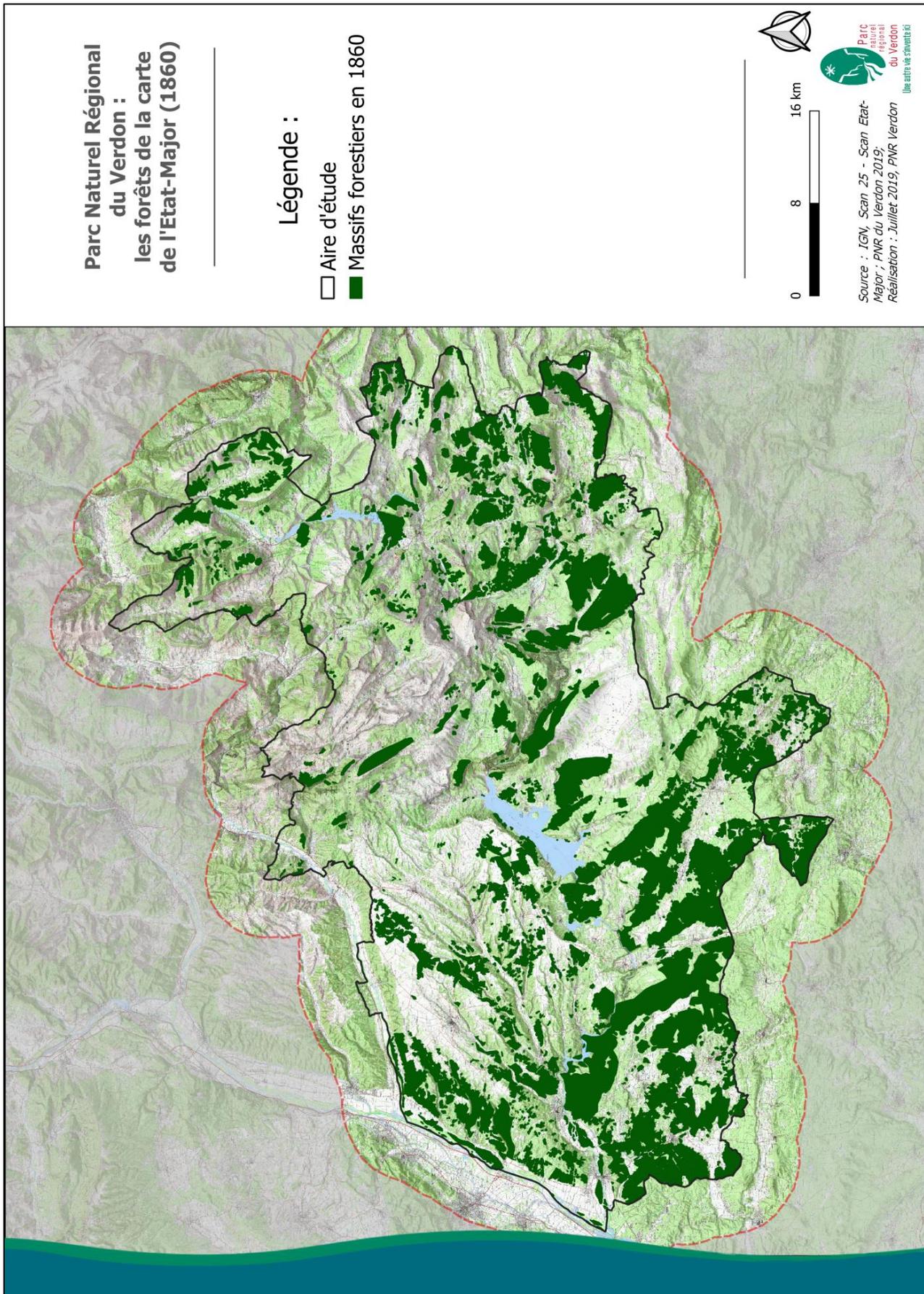
11. Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique sur le territoire du PNR du Verdon.



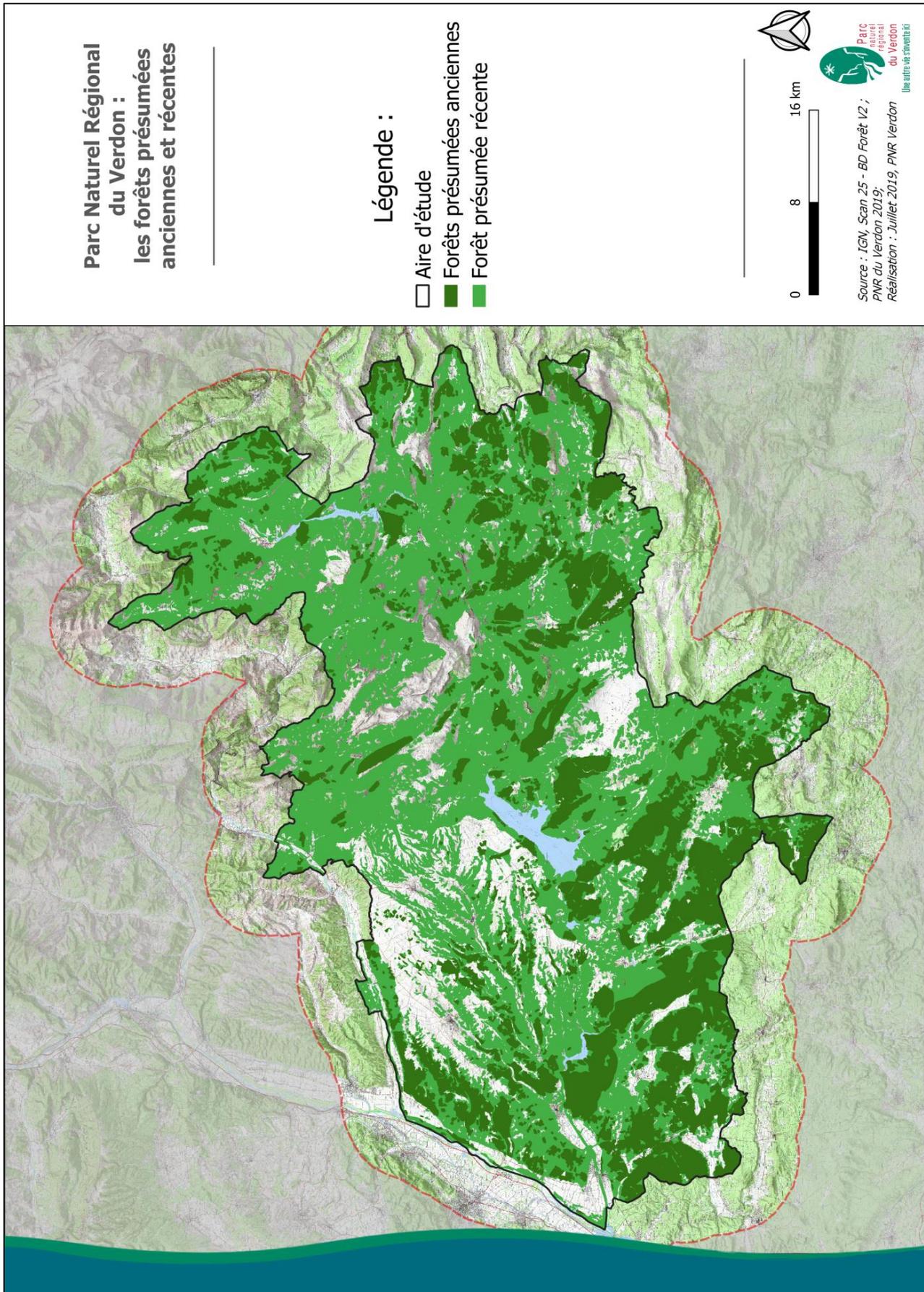
12. Les sites Natura-2000 sur le territoire du PNR du Verdon.



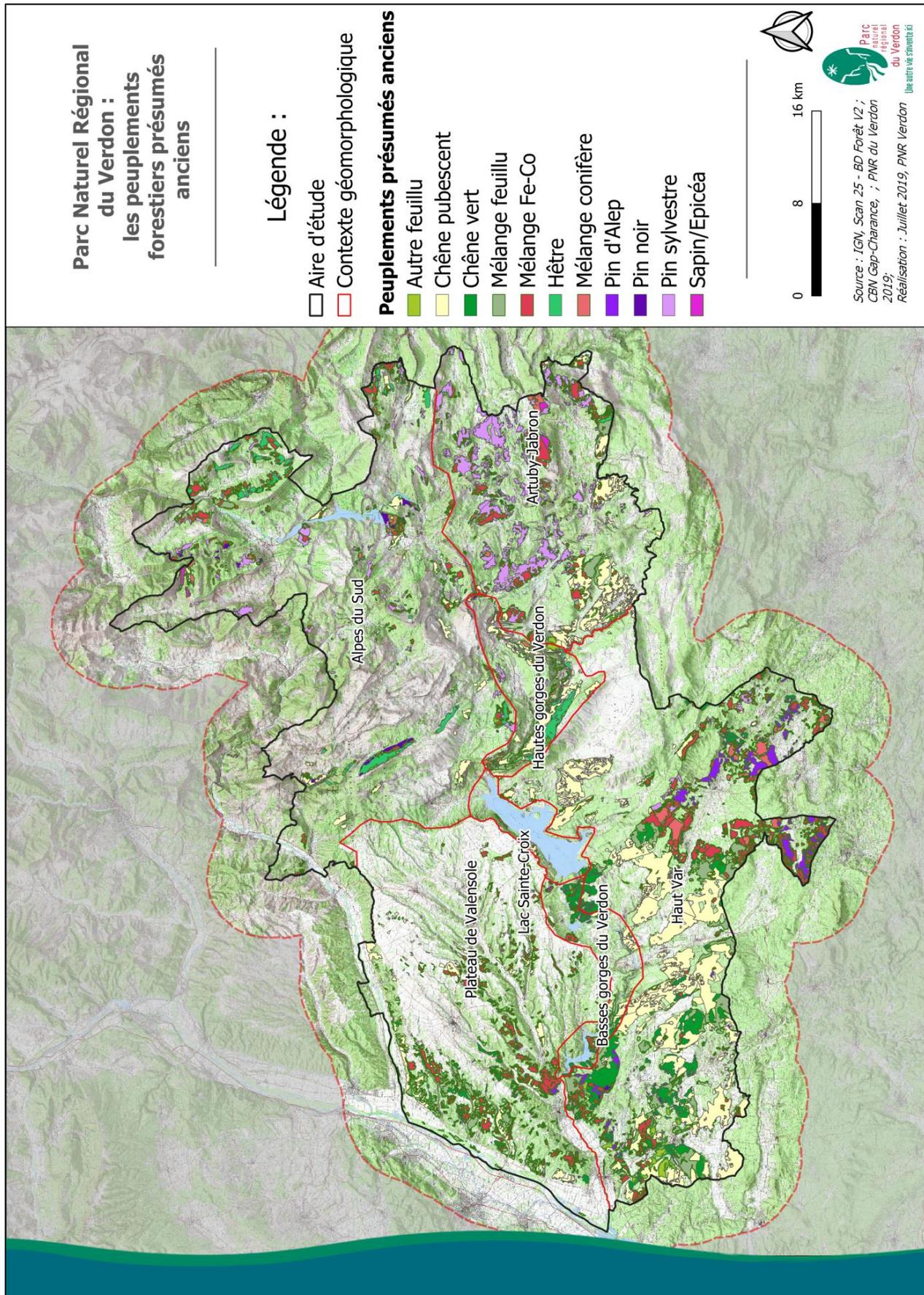
13. Les forêts de la carte d'État-Major (1860) sur le territoire du PNR du Verdon.



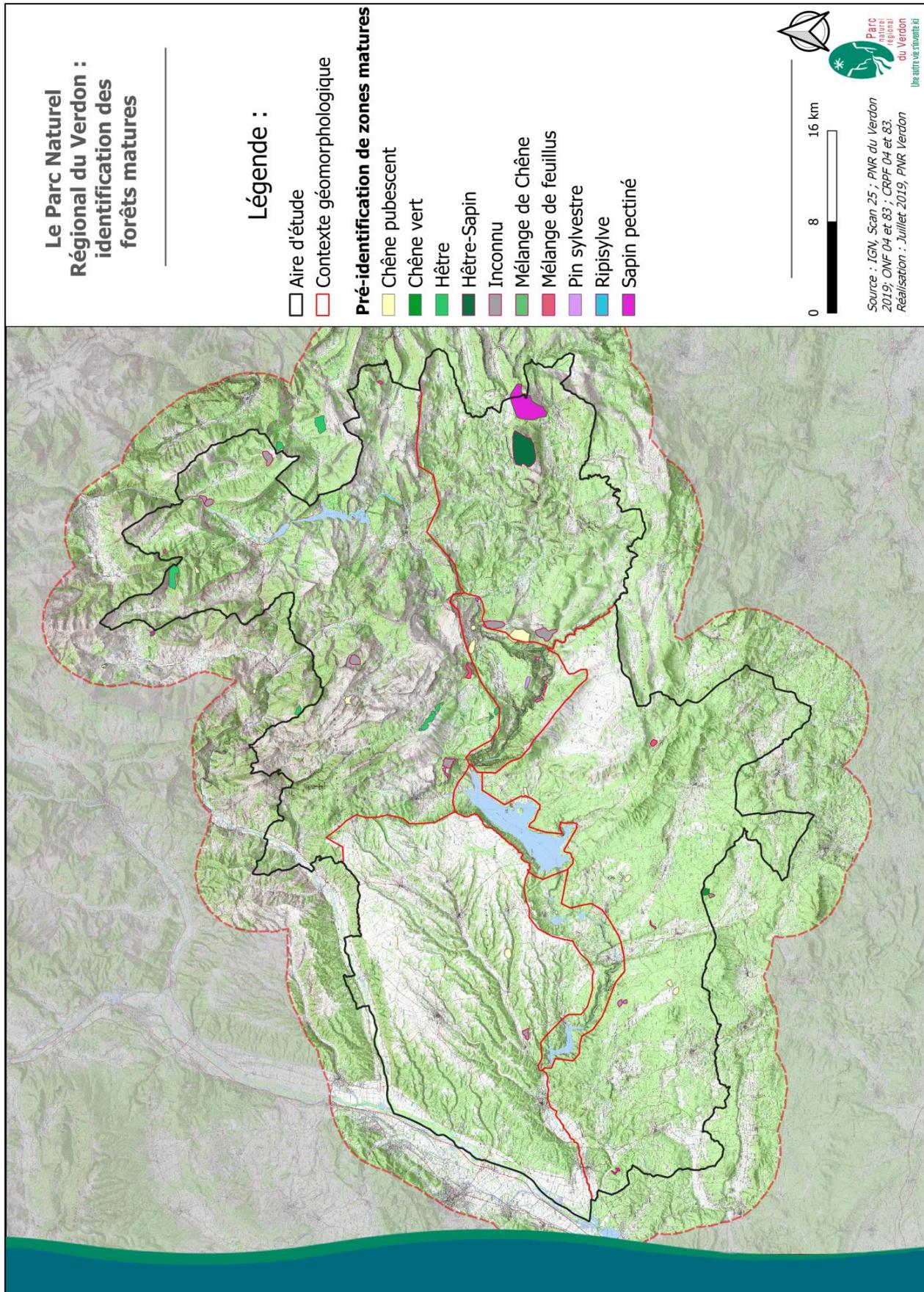
14. Les forêts présumées anciennes sur le territoire du PNR du Verdon.



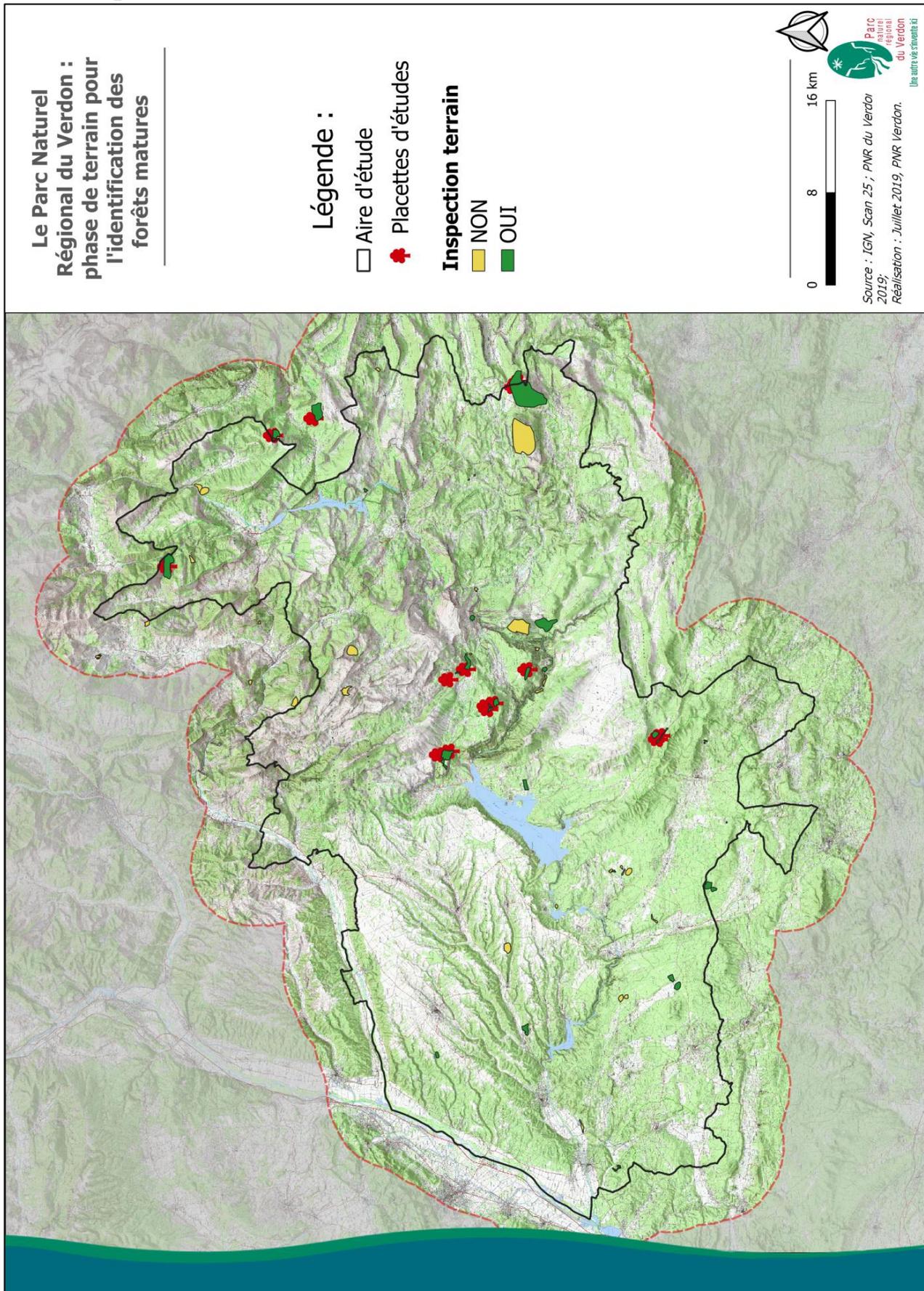
15. Les peuplements forestiers présumés anciens sur le territoire du PNR du Verdon.



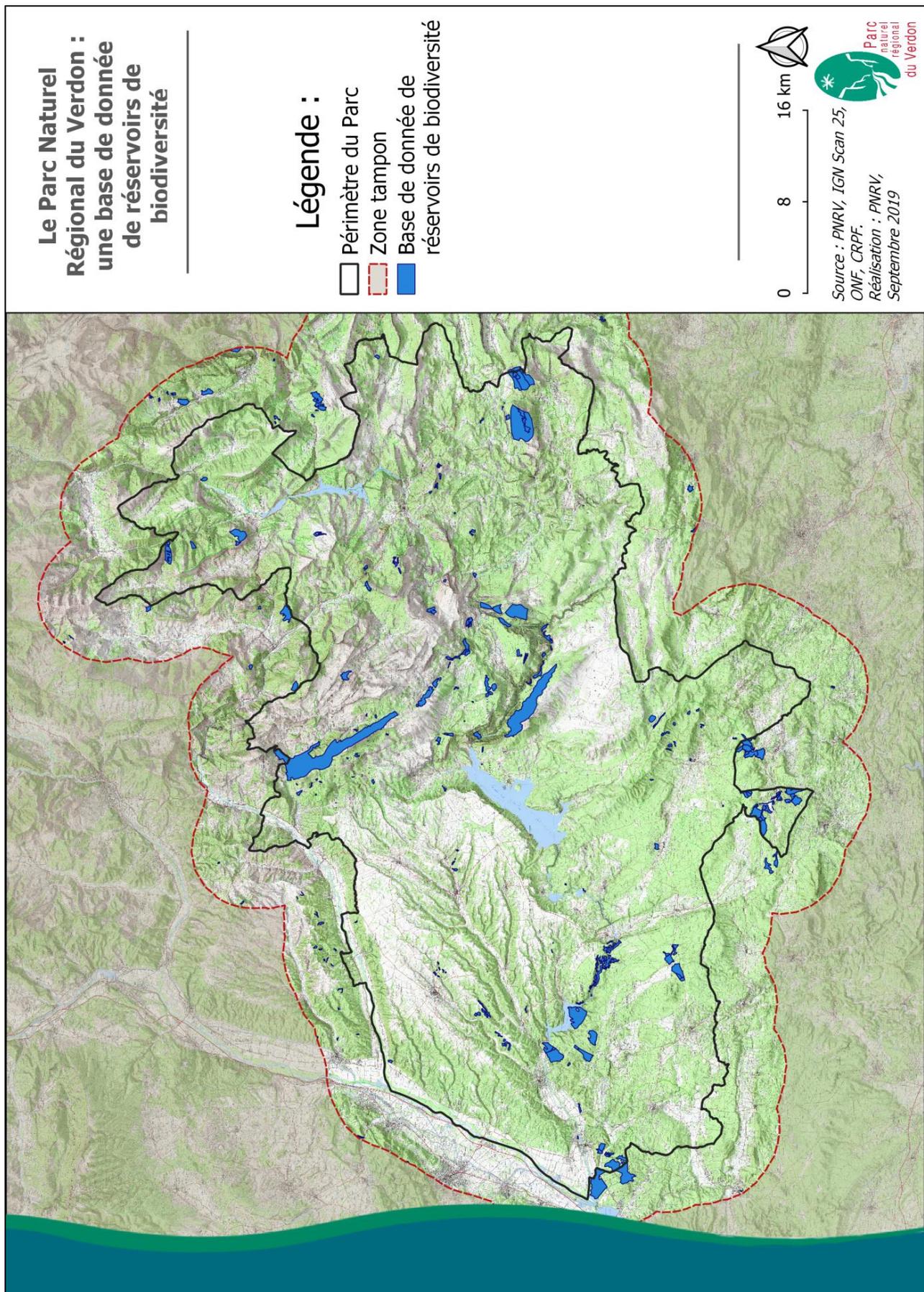
16. Les zones potentielles de maturité forestière issues de l'identification avec les acteurs forestiers.



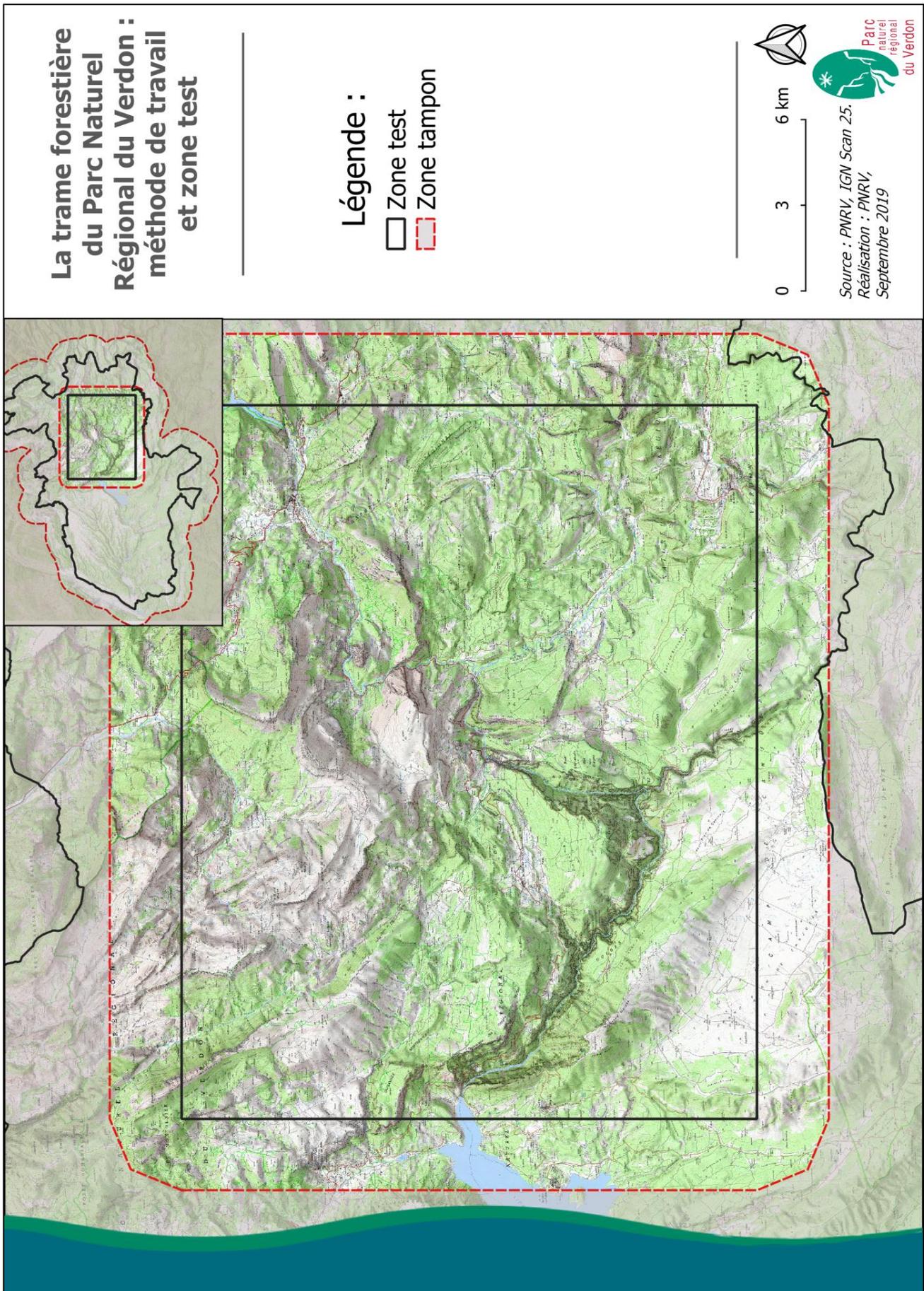
17. Les zones potentielles de maturité forestière inspectées à l'issue de la phase de terrain.



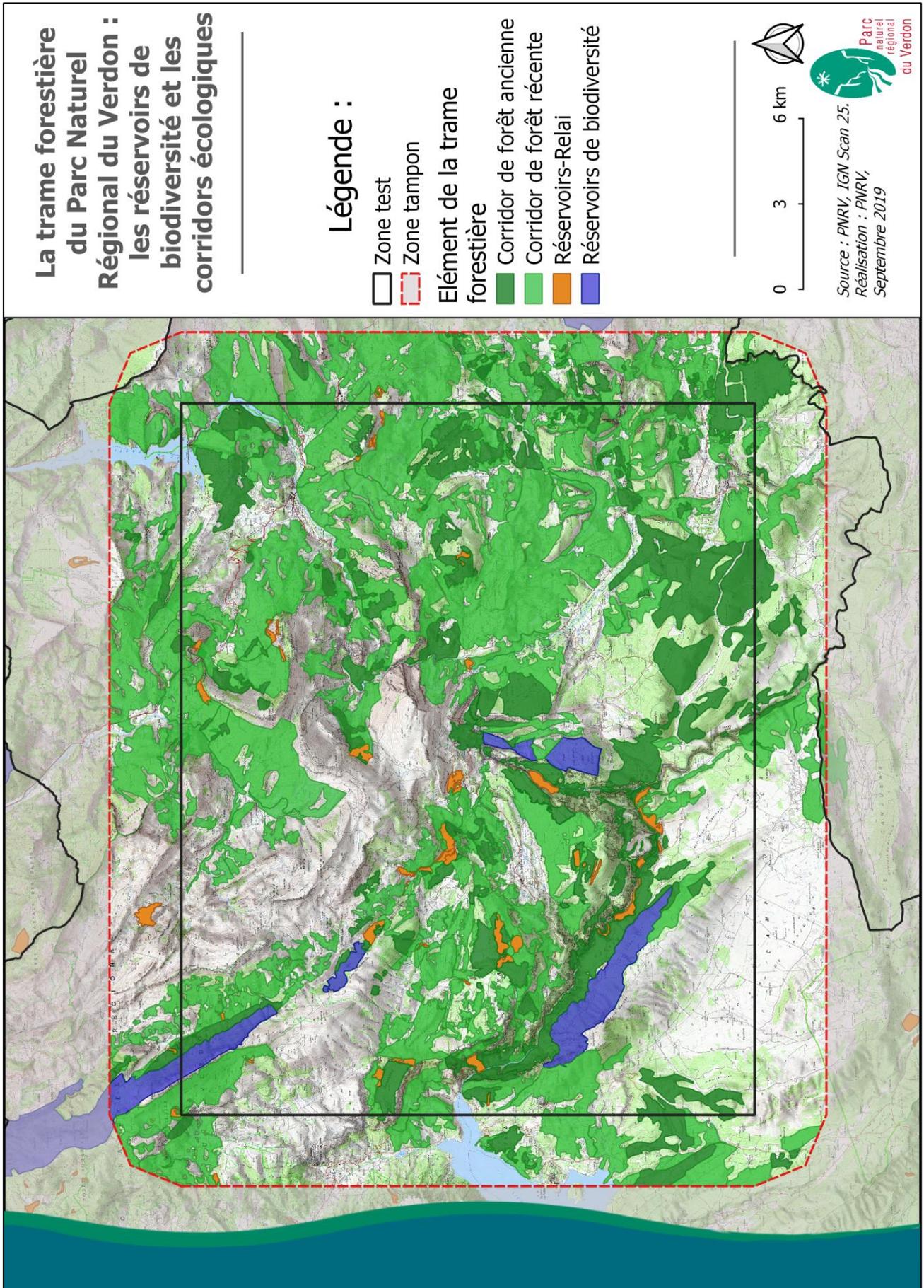
18. La base de données de réservoirs de biodiversité.



19. La zone test pour la mise en place de la trame forestière.



20. La préfiguration de la trame forestière du PNR du Verdon.



21. La trame forestière et l'état des corridors écologiques.

