



IUT d'Aix Marseille Université
Site de Digne les Bains
Département Génie Biologique



MISE EN PLACE DU PROTOCOLE DE SUIVI DENDROMETRIQUE DES RESERVES FORESTIERES ET DE L'ETAT DE CONSERVATION DES MILIEUX FORESTIERS

Rapport présenté dans le cadre du stage de deuxième année du DUT Génie Biologique
option Génie de l'Environnement réalisé pour le réseau Natura 2000 et l'Office National des
Forêts des Hautes Alpes



Fermaut Jordan

Sous la direction de :

Patrice Reynaud, ingénieur écologue et professeur d'écologie à l'IUT
Agnès Vivat, responsable de l'animation départementale Natura 2000 des
Hautes-Alpes
Laurent Blanchard, chargé de mission environnement de l'agence ONF des
Hautes-Alpes
Jean Christophe Gattus naturaliste au Bureau d'Etude Territorial de l'ONF
des Hautes-Alpes

Promotion 2012-2014

REMERCIEMENTS

Je voudrais en tout premier lieu remercier Agnès Vivat, responsable de l'animation Natura 2000 des Hautes-Alpes, pour m'avoir fait confiance dans la réalisation de ce stage. Ainsi que Laurent Blanchard, chargé de mission environnement de l'agence ONF des Hautes-Alpes, qui m'a accueilli dans son bureau pendant toute la durée du stage. Je les remercie également pour leur grande implication dans la réalisation du présent rapport, leur participation au protocole et pour toutes les informations qu'ils m'ont transmis.

Je remercie chaleureusement tous ceux qui ont participé aux différents protocoles. Les animateurs Natura 2000 : Gaëlle Péningue qui m'a sauvé des guêpes !, Emilie Genelot, Julie Tournadre, Jean-Éric Berthouze et Eric Hustache. Le personnel ONF : Catherine Biache, Jean-Christophe Gattus, également les agents forestiers Denis Ganguet et Emmanuel Gruit. Les stagiaires ONF : Jeannette Lartigue, Ugo Schumpp, Axel Dieux et Miguel Lamalfa Díaz. Merci à eux, pour les nombreuses heures passées sur le terrain durant cet été humide et frais, et pour les savoirs variés qu'ils m'ont apporté.

J'adresse un très grand merci à Nicolas Debaive de Reserve Naturelle de France pour son traitement très rapide des données. Sans cela, l'analyse n'aurait pu être finie dans les temps.

J'adresse ma reconnaissance à Olivier Vinet de l'ONF, pour son explication grandeur nature du PSDRF. L'étude aurait été bien plus difficile sans ses éclaircissements. Ainsi qu'aux agences ONF d'Avignon et de Nîmes pour le prêt des Vertex.

Enfin merci à tout le personnel de l'agence ONF de Gap et notamment Aurélie Poujol du BET, pour leur accueil chaleureux et sympathique !

INDEX DES SIGLES

CRPF : Centres Régional de la Propriété Forestière

ENGREF : École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts

GNB : Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

ONF : Office National des Forêts

RNF : Réserves Naturelles de France

INDEX DES ESSENCES

EPC : Epicéa commun (*Picea abies*)

ERS : Erable Sycomore (*Acer pseudoplatanus*)

FRC : Frêne commun (*Fraxinus excelsior*)

HET : Hêtre (*Fagus sylvatica*)

MEE : Mélèze d'Europe (*Larix decidua*)

P.C : Pin cembro (*Pinus cembra*)

S.P : Sapin pectiné (*Abies alba*)

SOR : Sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*)

SOMMAIRE

I.	Introduction	1
II.	Présentation des structures.....	2
1.	Office National des Forêts (ONF)	2
2.	Réseau Natura 2000.....	3
III.	Matériels et Méthodes	4
1.	Les sites inventoriés.....	4
1.	Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF).....	6
2.	Protocole de suivi de l'état de conservation.....	12
IV.	Résultats	12
1.	PSDRF.....	13
2.	Etat de conservation	24
V.	Discussions.....	27
1.	PSDRF.....	27
2.	Etat de conservation	32
VI.	Conclusion.....	32

I. Introduction

Depuis une vingtaine d'années maintenant, la préoccupation de l'homme pour l'environnement ne cesse de grandir. Des initiatives au niveau mondial sont prises avec notamment la mise en place en 1992 du Sommet de la Terre à Rio. Ce troisième Sommet est à l'origine du Protocole de Kyoto qui a permis l'essor de nombreux programmes mondiaux contre le changement climatique et la baisse de la biodiversité.

Les forêts sont des écosystèmes fragiles et indispensables à la vie sur Terre (Marton-Lefèvre, 2011) et de nombreuses études ont montré que le compartiment forestier est celui qui contient le nombre d'espèces le plus important (Rameau *et al.*, 2000). Or, les enjeux économiques liés à la production de bois peuvent avoir localement des effets importants sur la biodiversité forestière. En effet, une exploitation intensive et irraisonnée menace directement cette diversité d'espèces, indispensable à la dynamique de renouvellement du milieu. Si elles devaient disparaître un jour, il en irait de même pour la forêt (Cramp *et al.*, 1989). Il s'avère que bon nombre de ces espèces sont saproxyliques (Lassauce, Paillet *et al.*, 2011), c'est-à-dire qu'elles sont impliquées dans le processus de décomposition fongique du bois, ou des produits de cette décomposition. Elles sont associées à des arbres morts (Alexander, 2008) et dépendent donc de la nécromasse pour assurer leur cycle de vie. L'abondance et la diversité de ces espèces sont ainsi étroitement liées au volume de bois mort, qui constitue donc un bon indicateur de la qualité écologique et de l'état de conservation de ces milieux.

Le stage va donc s'articuler autour de ce constat et l'objectif principal sera de définir la quantité de bois mort présente sous la forme d'un **Indice Bois Morts**, au sein d'îlots de sénescence ou à proximité d'arbres sénescents isolés. Pour cela, le Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF) et la Méthode d'Evaluation de l'Etat de Conservation des Habitats Forestiers (MEECAF) seront appliqués aux différents sites. Le PSDRF permet d'estimer les volumes de bois morts, d'évaluer la capacité de régénération des peuplements en place et de recenser les micro-habitats présents au sein des arbres. Ce recensement donne une estimation des potentialités d'accueil de la forêt pour les différents taxons qui lui sont inféodés. Dans cette logique, douze pièges entomologiques ont été posés dans les sites retenus afin de dresser un inventaire des coléoptères saproxyliques présents. De plus, un inventaire des chiroptères sur chaque site est en cours, sachant que les chauves-souris sont de très bons marqueurs de la qualité écologique des milieux. Néanmoins, les résultats de ces deux dernières études ne seront pas connus avant la fin 2014. Des analyses mycologiques, ornithologiques et des bryophytes sont également prévues et viendront compléter la présente étude.

L'étude menée pendant ces quatre mois vise à établir un « état Zéro » de la biodiversité dans les six zones forestières en sites Natura 2000. Elles sont toutes gérées par l'Office national des forêts des Hautes-Alpes et ont fait l'objet de mesures devant favoriser le bois mort. L'« état Zéro » va permettre de mettre en évidence les évolutions possibles en termes de diversité et d'état de conservation de ces milieux sur le long terme.

II. Présentation des structures

La spécificité de ce stage est qu'il repose sur la participation de différentes structures, à savoir l'Office National des Forêts et le réseau Natura 2000 (initiative de l'Union Européenne). En voici une rapide présentation

1. Office National des Forêts (ONF)

L'ONF est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC). Comme son nom l'indique, il s'agit d'une structure publique qui dépend directement de l'Etat et dont les statuts sont définis dans le Code Forestier. Il est placé sous la tutelle conjointe du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Il doit répondre à des missions d'intérêt général :

- Production en conjuguant les exigences économiques, écologiques et sociales ;
- Police de la nature : la plupart des agents techniques sont habilités à verbaliser les contrevenants au titre du code forestier et du code de l'environnement, au code pénal (infractions de droit commun commises dans les forêts), au code de la santé publique (protection des captages d'eau potable) et au code de la route (infractions commises sur les voies forestières ouvertes à la circulation publique) ;
- Accueil du public par des aménagements, et information et sensibilisation à l'environnement. L'ONF est gestionnaire ou animateur d'espaces naturels protégés (comme des Réserves Naturelles Nationales ou des sites Natura 2000).
- Défense des forêts contre l'incendie, dunes littorales et érosion des terrains de montagne ;

L'ONF emploie environ 10 000 salariés en France et gère pour le compte de l'Etat et des collectivités locales plus de 12 millions d'hectares de forêts ainsi que d'espaces naturels.

- 4,4 millions d'hectares de forêts tempérées en métropole



- 7,6 millions d'hectares de forêts tropicales dans les DOM dont 7.5 millions rien qu'en Guyane.

De ce fait, l'ONF gère beaucoup d'écosystèmes forestiers différents, de la forêt tropicale à la forêt de montagne, en passant par les forêts de plaines et méditerranéennes. Cette diversité d'écosystèmes induit la présence d'habitats particuliers et parfois rares, tels que les tourbières ou les pelouses alpines. Ces espaces, d'une grande diversité biologique,



représentent environ 12% des surfaces gérées par l'ONF. L'organisme n'a donc pas uniquement vocation à produire du bois et une partie de son travail réside dans la préservation de certains milieux notamment par le biais de son réseau des réserves biologiques.

Enfin l'ONF a souscrit à un Système de Management Environnemental puisqu'il satisfait aux normes ISO 9001 et 14001.

2. Réseau Natura 2000

Le Réseau Natura 2000 n'est pas une organisation à proprement parler. Il découle d'une initiative de l'Union Européenne (UE) consécutive au Sommet de Rio de 1992 et instaurée par la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, aussi connue sous le nom de Directive Habitats Faune Flore ou plus simplement « Directives Habitats » et par la directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 dite « Directive Oiseaux ». Le Réseau Natura 2000 est un ensemble de sites naturels sélectionnés pour la rareté ou la fragilité des espèces présentes mais aussi de leurs habitats. L'objectif est le maintien de la diversité biologique au sein de ces sites. Aujourd'hui, pas moins de 27 221 sites constituent ce réseau européen, dont 1 754 en France. C'est le plus grand réseau mondial de préservation de la biodiversité.

La France a opté pour une gestion de ces sites basée sur la concertation et le volontariat. Ainsi la mise en place des mesures de conservation définies dans le plan de gestion du site (le Document d'objectifs = DOCOB) se fait via des « contrats Natura 2000 » signés entre un propriétaire (ou un gestionnaire) et l'Etat. Ils visent à préserver voir rétablir l'état de conservation favorable des habitats et des espèces qui ont justifié la création du site. Ce stage s'inscrit dans le cadre de la réalisation de plusieurs contrats Natura 2000 forestiers dits « Bois sénescents ».

On distingue deux catégories de contrats « Bois sénescents » :

- Les contrats dits « Arbres isolés » : les arbres sélectionnés individuellement répondent aux critères de sénescences mentionnés dans l'arrêté préfectoral n°2013079-0006 du 20 mars 2013. Ces arbres ne seront pas exploités pendant la durée du contrat, c'est-à-dire 30 ans, mais la parcelle forestière concernée pourra faire l'objet d'exploitation. Dans ce cas précis, les placettes du protocole retenues en priorité seront celles situées à proximité de ces arbres sélectionnés ;
- Les contrats dits « Ilot de Sénescence » dont les conditions d'éligibilité sont mentionnées dans le même arrêté. Dans ce cas précis, la zone comprenant les arbres sélectionnés est sanctuarisée, interdisant l'exploitation pendant 30 ans. Ici les placettes seront placées dans le périmètre défini par l'ilot.

L'objectif commun de ces deux contrats est de favoriser le vieillissement naturel des peuplements et l'apparition de signes de sénescence qui sont propices aux espèces forestières. Le PSDRF va donc permettre de caractériser l'état de sénescence à t0 par toute une série de paramètres définis ci-après, et il sera reproduit régulièrement pendant la durée des contrats pour tenter d'en démontrer les effets (mesures intermédiaires à 10 ans). De plus l'argent des contrats, permet de dédommager l'ONF du manque à gagner causé par le maintien de gros arbres.

III. Matériels et Méthodes

La mise en place du Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF) est la phase la plus longue et la plus importante de l'étude. Comme pour toutes les campagnes de terrain, un important travail de préparation en amont a été fourni pendant le premier mois du stage. Outre le PSDRF, le protocole d'Evaluation de l'Etat de Conservation a également été appliqué afin d'obtenir des résultats sur la « viabilité écologique » des différents sites. Les deux protocoles sont détaillés ci-après.

1. Les sites inventoriés

Les six sites inventoriés sont situés dans le département des Hautes-Alpes en région Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA) en zone Natura 2000 et sont des forêts exploitées.

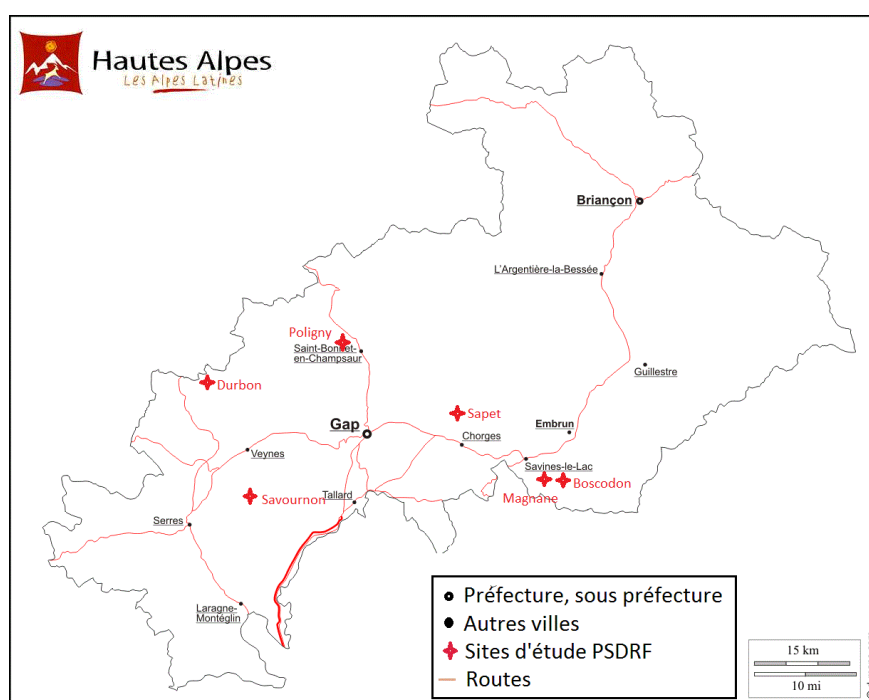


Figure 1 Carte simplifiée de situation des sites

Les six forêts sont toutes en zones de montagne ce qui signifie une exploitation moins importante qu'en forêt de plaine en raison des spécificités propres à la montagne : topographie (fortes pentes), difficultés d'accès, climat rigoureux. Ces difficultés d'exploitation auront leur importance pour l'analyse ultérieure des résultats.

Il faut souligner quelques différences notables entre les sites. Tout d'abord les dernières exploitations sont plus ou moins lointaines dans le temps. Par exemple pour la Forêt Communale de La Bâtie Neuve (Sapet) et la Forêt Communale de Savournon, les zones d'échantillonnages sont non exploitées depuis respectivement 50 ans et 64 ans ; ces forêts peuvent donc être considérées comme subnaturelles. On entend par forêt subnaturelle une forêt où il n'y a pas eu d'intervention humaine modifiant récemment, directement ou indirectement, la composition ou la structure des peuplements. La forêt a été peu influencée par l'homme ou abandonnée par lui depuis longtemps (plusieurs dizaines d'années) (Greslier, 1993, Greslier *et al.*, 1995). En revanche, les autres sites ont été exploités dans les 20 dernières années.

En outre, il faut aborder la question de la structure des peuplements. Elle dépend type de sylviculture appliquée donc du mode de régénération mais aussi du type de répartition des arbres en fonction de leur âge. En conséquence, on va parler de futaie si les arbres sont issus de graines, et à l'inverse un taillis est formé d'arbres provenant des rejets d'une souche (les cépées). De plus, la structure peut être régulière, c'est-à-dire que tous les arbres ont approximativement le même âge et par conséquent le même diamètre ; ils seront donc coupés en même temps (coupe à blanc et mise à nu du sol). Inversement, la structure peut être irrégulière et regrouper plusieurs classes d'âge au sein du peuplement. Enfin, les futaies irrégulières peuvent être « jardinées », dans ce cas toutes les classes d'âges sont présentes et mélangées dans le peuplement, des perches (arbres jeunes, petits diamètres) aux arbres sénescents (vieux arbres et diamètres importants). Elles peuvent être aussi « par paquets » et dans ce cas les classes d'âges sont toutes présentes mais peu mélangées (voir schémas ci-dessous).

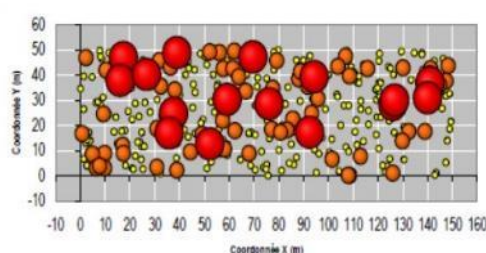


Figure 2 Futaie jardinée

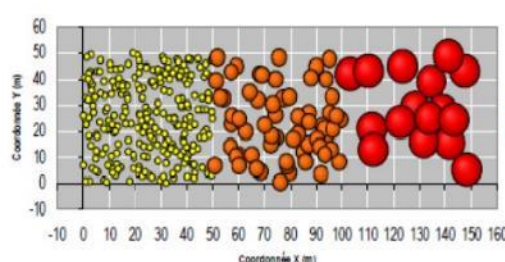


Figure 3 Futaie irrégulière par paquets

Le tableau ci-dessous dresse une présentation rapide des principales caractéristiques des six sites étudiés.

	1	2	3	4	5	6
Site N2000	PIOLIT – PIC DE CHABRIÈRES	BOIS DE MORGON – FORET DE BOSCODON – BRAGOUSSE	CEUSE – MONTAGNE D'AUJOUR – PIC DE GRIGNE – MONTAGNE DE SAINT GENIS	DEVOLUY – DURBON – CHARANCE – CHAMPSAUR	BOIS DE MORGON – FORET DE BOSCODON – BRAGOUSSE	DEVOLUY – DURBON – CHARANCE – CHAMPSAUR
Code	FR9301509	FR9301523	FR9301514	FR9301511	FR9301523	FR9301511
Forêt	Forêt Communale du Sapet (la Bâtie Neuve)	Forêt Indivise de la Magnane	Forêt Communale de Savournon	Forêt Domaniale de Durbon	Forêt Domaniale de Boscodon	Forêt Communale de Poligny
Altitude (m)	1740	1370	1100 à 1300	1550	1680	1200 à 1500
Exposition	Nord	Ouest	Nord	Nord	Nord-est	Nord
Habitat	Sapinière hygrocline	Sapinière sèche	Hêtraie mésophile	Sapinière hygrocline	Sapinière / mélèzin	Sapinière mésophile
Code CORINE						
Structure	Futaie irrégulière jardinée	Futaie irrégulière par paquet	Taillis vieilli	Futaie irrégulière jardinée	Futaie irrégulière par paquet	Futaie irrégulière jardinée
Essences principales	Sapin, mélèze, sorbier	Sapin	Hêtre	Sapin, hêtre, érable sycomore	Sapin, mélèze	Sapin
Contrat	Ilôt	Arbres isolés	Ilôt	Arbres isolés	Arbres isolés	Arbres isolés
Surface (ha)	11,7	18	15,5	22	8	15
Nombre	116	122	213	479	101	32

d'arbres						
Nombre de placettes	11	20	13	20	10	10
Espacement (m)	90X90	70X70	70X70	90X90	80X80	100X100
Date de dernière exploitation	1964	2002 à 2012	1950	2011-2012	2000	2007 à 2012

La disposition des placettes est visible sur les cartes en Annexe 1.

1. Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF)

a) Qu'est-ce que la dendrométrie ?

Il convient en premier lieu de définir cette notion essentielle. La dendrométrie est la caractérisation et la mesure des arbres : essence, diamètre, hauteur, volume de bois, âge, etc. Ces mesures permettent la description des peuplements via le calcul de valeurs moyennes (diamètre, hauteur, accroissement,...) au sein d'entités homogènes. La dendrométrie permet de quantifier le volume de bois et le potentiel de productivité de la forêt : c'est donc traditionnellement un indicateur économique.

b) Que sont les micro-habitats ?

Les micro-habitats sont des supports de vie permettant la présence d'une biodiversité spécifique. Ils sont souvent présents sur les arbres sénescents et sur le bois mort. Ces arbres peuvent fournir un gîte (cavité, loge,...), être sources de nourriture (bois mort, champignons) ou servir de lieu dédié à la reproduction pour certaines espèces (Vallauri, 2003). Un cortège faunistique spécifique est donc associé à ces micro-habitats, mais leurs relations ne sont pas encore toutes connues.

Par exemple, tout ce qui est décollement d'écorce et fente sera très utile comme gîte pour les chiroptères ou comme lieu de nidification pour certains oiseaux. Les cavités, selon leur position dans l'arbre et leur taille, sont utilisées par de multiples espèces : pour les cavités de pied, il sera question de gîte pour de nombreux mammifères terrestres, celles situées plus haut concerneront davantage les chiroptères ou les oiseaux nicheurs comme les pics ou les chouettes forestières. Enfin, si elles sont pourvues de terreau, elles feront office de refuges pour de nombreux invertébrés saproxyliques, pour des champignons et pour toute la faune qui s'en nourrit. Les relations existantes entre la biodiversité et les micro-habitats sont résumées dans un tableau d'Aurélié Vuidot en Annexe 2.



Figure 4 dendrotelme sur un hêtre, Jordan FERMAT

c) Intérêt du protocole

Le PSDRF a été développé conjointement entre l'ONF, Réserves Naturelles de France, l'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF) et l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA). Il

permet d'obtenir l'Indice Bois Mort, mais aussi un inventaire des micro-habitats importants pour de nombreuses espèces forestières et enfin il permet un suivi dynamique dans le temps et dans l'espace grâce à la pose de placettes permanentes destinées à être étudiées pendant plusieurs décennies.

A l'origine, ce protocole a été mis au point pour application dans les Réserves Naturelles et les Réserves Biologiques Forestières (RBF). Les RBF se répartissent selon deux modes de gestion :

- **Réserves Biologiques Dirigées (RBD)** : la gestion permet de conserver ou restaurer le milieu pour répondre aux objectifs de conservation des habitats ou espèces ayant justifié la mise en réserve à l'origine. L'exploitation forestière n'est donc pas prohibée dans les RBD.
- **Réserves Biologiques Intégrales (RBI)** : dans ce cas, la zone définie par la RBI est sanctuarisée. Toutes les activités sylvicoles et humaines sont interdites, l'objectif étant de laisser aux milieux leur dynamique naturelle, à des fins de conservation et de développement de la biodiversité dans un état le plus proche possible de la naturalité. Les RBI doivent permettre de comprendre les mécanismes de ces dynamiques naturelles.

d) *Mise en place du protocole*

Positionnement des placettes

Le nombre de placettes va dépendre de la taille des sites à échantillonner et de la précision d'échantillonnage souhaitée. Ainsi, les placettes seront distantes de 70 à 100 m selon les sites, sachant que le protocole autorise un écart minimum de 60 m.

Les placettes ont été positionnées virtuellement par SIG (Système d'Information Géographique) grâce au logiciel QGIS en prenant en compte différents paramètres : le nombre de placettes prévues par le calendrier prévisionnel, la topographie des sites et le type de contrat (arbres isolés vs îlots). Pour rappel, en cas d'arbres isolés, les placettes retenues en priorités seront celles situées à proximité de ces arbres dont la position était connue grâce à des relevés GPS. En cas d'îlot de sénescence, les placettes seront placées dans le périmètre défini par l'îlot.

Matériel

- Vertex IV : permet de mesurer les distances au centre de la placette en tenant compte de la pente ;
- GPS Garmin : utilisé afin de localiser les placettes définies sur SIG ;
- Compas forestier : permet la mesure des diamètres ;
- 3 décamètres : permettent la délimitation des 3 transects de 20 m ;
- Boussole de précision Suunto en grade : utilisée pour mesurer les azimuts ;
- Fers à béton courbés : permettent la matérialisation du centre de la placette ;
- Mètre ruban forestier : pour la mesure des gros diamètres ;
- Plaquettes et griffe : pour marquer les arbres repères
- TDS (Terminal De Saisie) Motorola MC 65 équipé du logiciel DENDRO/ONF© pour la prise de notes.

L'inventaire est réalisé pour chaque essence présente, et on note l'abroustissement et s'il s'agit ou non d'un taillis.

- **Arbres Vivants (diamètre supérieur à 7,5 cm) :** inventaire dans les 10 mètres du centre de la placette (en **bleu clair** dans le schéma). On mentionne l'essence et le code écologique (*voir ci-après § codification écologique*).
- **Arbres Vivants (diamètre supérieur à 30 cm et angle de 3 %) :** inventaire au-delà des 10 m du centre de la placette (en **vert clair** sur le schéma). Ne sont inventoriés que les arbres qui respectent l'angle des 3 %, c'est-à-dire qu'ils ne seront comptés que si leur diamètre est supérieur à trois fois la distance en mètre au centre de la placette. Par exemple à 20 m du centre de la placette, un arbre sera comptabilisé si son diamètre est supérieur à $20 \text{ m} \times 3 = 60 \text{ cm}$. On note également l'essence et le code écologique.

Les Arbres Morts sur Pied

- **Arbres Morts sur Pied (diamètre supérieur à 7,5 cm) :** inventaire dans les 10 mètres du centre de la placette (en **bleu clair** dans le schéma). En plus de cela, on mesure la hauteur, le code écologique et l'état de conservation du bois (*voir ci-après § état de conservation du bois*).
- **Arbres Morts sur Pied (diamètre supérieur à 30 cm) :** inventaire au-delà des 10 mètres mais dans les 20 m du centre de la placette (en **orange** dans le schéma). On mesure également la hauteur, le code écologique et l'état de conservation du bois.

Les Bois Morts au Sol

- **Bois Morts (diamètre compris en 5 et 30 cm) :** inventaire sur les transects (en **rouge** sur le schéma), on prend **uniquement** les bois entre 5 et 30 cm de diamètre **si le transect passe au-dessus**. En plus du diamètre sont notés l'état de conservation du bois ainsi que le contact et l'angle avec le sol.
- **Bois Morts au Sol de plus de 30 cm de diamètre :** ils sont inventoriés sur toute la placette, donc dans le rayon des 20 m autour du centre (cercles **orange** et **bleu clair** dans le schéma). On mentionne également leur longueur, leur pourcentage de contact avec le sol, ainsi que l'état de conservation du bois.

Codification écologique

La codification écologique est utilisée lors de l'inventaire des arbres vivants à partir de 7,5 de diamètre ainsi que pour les arbres morts sur pied. Il existe plusieurs codifications. La classification de l'ENGREF a été retenue car elle est jugée plus simple à utiliser (cf. Annexe 3). Elle permet de décrire l'état écologique des arbres et les micro-habitats propices à la présence de différents groupes d'espèces. Une lettre est attribuée à chaque caractère, par exemple B pour la mousse (bryophyte), L pour le lichen ou encore G pour cavité (gap). On ajoute un numéro pour définir la localisation du code : 1 pour le pied (hauteur inférieure à 1,30m), 2 pour le tronc et 3 pour le houppier (les branches).

Pour les arbres vivants les branches mortes éventuelles sont comptabilisées, classées en fonction de leur taille : S (diamètre 5 à 10 cm), X (diamètre 10 à 30 cm) et Y (diamètre supérieur à 30 cm).

Par exemple pour un mélèze qui possède une **cavité sur le tronc**, du **lichen au pied** et sur le **tronc** ainsi que de la **mousse au pied** et **3 branches mortes de 7 cm**, le code sera : **G2L1L2B1S3**.

Le code écologique revêt donc une importance fondamentale pour caractériser le potentiel d'accueil de la biodiversité de la forêt. En effet, les micros-habitats peuvent accueillir des espèces dites d'intérêt communautaire, listées dans l'annexe II de la Directive Habitats, ayant justifié la désignation des sites Natura 2000 et pouvant motiver la réalisation de contrats Natura 2000. Parmi elles, on peut citer la Barbastelle d'Europe, la Rosalie des Alpes ou le Pique-Prune. Ces micros-habitats peuvent également servir de gîte à des espèces listées dans l'annexe IV nécessitant une protection stricte (cf. d) Les Micro-Habitats page 6).

Etat de conservation du bois

L'état de conservation du bois est utilisé lors de l'inventaire des bois morts au sol et des arbres morts sur pied. Il est composé de deux indices :

- L'indice écorce noté sur 4
 1. Présente sur tout le billon
 2. Présente sur plus de 50% de la surface
 3. Présente sur moins de 50% de la surface
 4. Absente du billon
- L'indice « pourriture » noté sur 5 :
 1. Dur ou non altéré
 2. Pourriture <1/4 du diamètre
 3. Pourriture entre 1/4 et 1/2 du diamètre
 4. Pourriture entre 1/2 et 3/4 du diamètre
 5. Pourriture supérieure à 3/4.

e) Déroulement de l'inventaire

Le déroulement de l'inventaire, qui, pour des raisons pratiques et de sécurité s'effectue toujours à deux, se passe ainsi :

	Opérateur 1	Opérateur 2
Phase 1 : mise en place	- Planter le fer à béton - Création d'une nouvelle placette sur le logiciel DENDRO/ONF© - Mesure de la pente + azimuth	- Marquage et griffe de 3 arbres repères autour du centre de la placette qui serviront à la retrouver plus aisément.
	- Installation des 3 transects	
Phase 2 : inventaire transects	- Transects : mesure des bois morts au sol entre 5 et 30 cm - Régénération : mesure à 10 m sur les transects	- Prise de note avec le logiciel DENDRO
Phase 3 : inventaire	- Tourner sur la placette pour l'inventaire des arbres Vivants (7,5 cm à 30 cm et >30 cm), des morts sur pied et des morts au sol (>30 cm) : mesure des diamètres, hauteurs, codes écologiques	- Prise de note avec le logiciel DENDRO et prise des azimuths des arbres
Phase 4 : vérifications	- Dernier tour rapide afin de vérifier que rien n'est oublié	- Validation de la prise de note avec le logiciel DENDRO
Phase 5	- Rangement du matériel	

f) Traitement des données

Les données brutes contenues dans le TDS ont été envoyées à Nicolas DEBAIVE (Réserves Naturelles de France) qui coordonne le traitement des données PSDRF à l'échelle nationale. Ce traitement est effectué par une macro sur tableur qui va permettre de dégager toutes les données dendrométriques, la richesse en bois mort et en micro-habitats.

2. Protocole de suivi de l'état de conservation

Depuis la création de Natura 2000 en 1992 et l'introduction de la notion d'« état de conservation des milieux », les états membres de l'Union Européenne œuvrent à la conservation voire la restauration des habitats naturels et des espèces qui y sont présentes pour tendre vers « l'état optimum de conservation » afin de permettre le maintien de la biodiversité sur les sites Natura 2000.

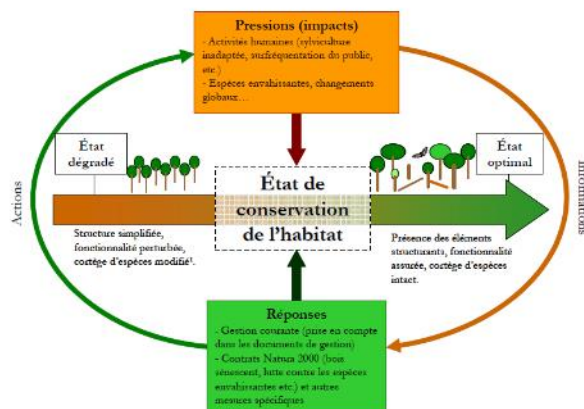


Figure 6 Relations dynamiques entre l'état de conservation et les facteurs qui l'influencent

Pour évaluer cet état de conservation, le Muséum National d'Histoire Naturelle et l'ONF se sont associés dans le but de développer une méthode pour les milieux forestiers (Carnino, 2009). Le principe de cette méthode est de se référer à différents indicateurs (cf. Annexe 4) permettant de définir l'état de conservation de chaque habitat. A chaque indicateur est associée une valeur qui peut enlever ou ajouter des points au capital initial de 100 points. La note finale est reportée sur l'axe ci-dessous afin d'obtenir l'état de conservation du milieu.

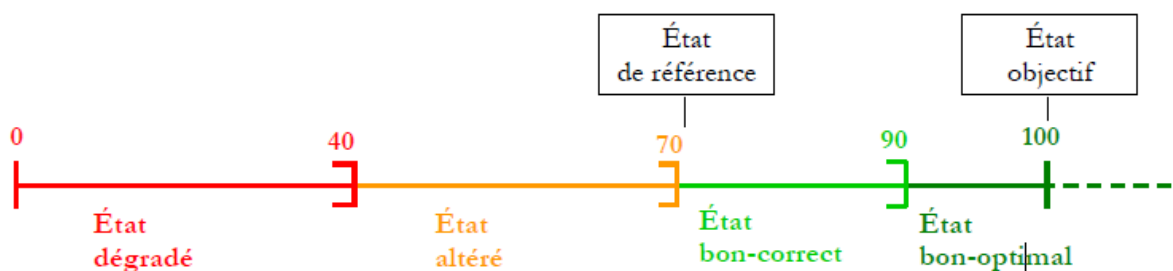


Figure 7 Axe de correspondance note / état de conservation

a) Mise en place du protocole et échantillonnage

Ce protocole nécessite la mise en place de placettes similaires au PSDRF. Cela a permis de les associer et nous a donné la possibilité d'appliquer les 2 protocoles en même temps. Ce protocole est constitué de Critères (Annexe 4) eux même subdivisés en Indicateurs qui sont inventoriés sur les placettes.

Les critères « **très gros arbres vivants** », « **bois morts** » et « **dynamique de renouvellement** » ont pu être déduit des données du PSDRF. Le critère « **atteintes diffuses** » a été échantillonné à l'échelle du site. Enfin, les critères « **intégrité de la composition dendrologique** » et « **atteintes lourdes** » n'ont pas été traités « à la placette » comme exigé par le protocole. Nous avons plutôt effectué un inventaire à l'échelle du site car les milieux concernés ne sont menacés par l'objet de ces critères.

IV. Résultats

Les résultats d'une telle étude sont à la fois conséquents et très riches en informations. Il y a un tableur par site constitué lui-même de 10 onglets. Les graphiques présentés ci-après se veulent le plus synthétiques et explicites possibles, étant donnée la masse de données disponible.

1. PSDRF

a) La phase terrain : temps passés, difficultés rencontrées.

Pendant ces trois mois de relevés terrain, 83 placettes ont été posées sur les 6 sites. Cela ne représente pas moins de 2 545 arbres vivants inventoriés ainsi que 1 527 arbres morts sur pied et 1 391 bois morts au sol de plus de 5 cm soit un total de 5 463 relevés !

Cela constitue une trentaine de jours de terrain, soit 2,8 placettes/jour. Objectivement, ce chiffre pouvait varier de 2 à 4 selon les sites pour plusieurs raisons. Les zones de montagne imposent un certain nombre de contraintes. La pente peut atteindre 100 % dans certaines zones très raides ce qui allonge la distance des 20 m (distance corrigée selon la pente) et rend les déplacements dans et entre les placettes beaucoup plus longs et fatigants. La quantité d'arbres ou de bois mort est très variable d'une placette à l'autre ce qui modifie aussi le temps d'échantillonnage.

Il faut également mentionner les dangers indissociables au milieu montagnard et forestier comme les chutes de pierres dans zones d'éboulis, les glissades, les risques de chutes de branches ou d'arbres. Les attaques d'insectes, surtout les guêpes sont à prendre en compte mais également les moustiques très présents et désagréables. Ces risques étant présents dans des zones éloignées et peu accessibles, la formation d'un binôme s'est avérée indispensable, non seulement en cas de problèmes mais également pour les besoins du protocole.

Au total 12 personnes ont participé à la campagne de terrain, les animateurs Natura 2000 de chaque site, des agents forestiers de l'ONF, des stagiaires ONF/Natura 2000,... Cela s'est avéré très fructueux du fait de la diversité des échanges et des informations reçues et a permis d'éviter la lassitude due à la mise en place de ce lourd protocole. Néanmoins, cela a nécessité une grande organisation pour la préparation du planning des sorties.

Il est important de traiter l'aspect de la prise de note qui a été grandement facilitée par l'utilisation du TDS (Terminal De Saisie) et du logiciel DENDRO/ONF®. La très bonne conception du logiciel a permis de gagner énormément de temps lors de la saisie des données puisque celles-ci ont pu directement être envoyées pour leur traitement informatisé. Cela aurait été beaucoup plus long et fastidieux en cas de prise de note sur feuille.

Enfin, certains problèmes techniques ont imposé l'utilisation de matériel spécifique. La prise de la distance entre les arbres et le centre de la placette n'a été possible que grâce à l'utilisation d'un télémètre Vertex. Cet appareil mesure les distances par ultrasons ce qui rend la prise de mesure possible même en cas de peuplement dense. En outre, le Vertex permet de corriger la pente pour avoir les distances réelles. Autre problème, la situation géographique des sites a fortement affecté la précision du GPS et augmenté les risques d'erreur lors de la localisation de certaines placettes. Cela va les rendre moins aisées à retrouver pendant la prochaine campagne de terrain, d'autant plus qu'aucun cheminement n'a pu être fait. En effet, la densité du peuplement ainsi que le relief n'ont pas permis la description d'un cheminement,

pourtant imposée dans le protocole. Les placettes ne pourront être retrouvées qu'avec l'aide du GPS, d'un détecteur de métaux pour localiser le centre et les trois arbres repères.

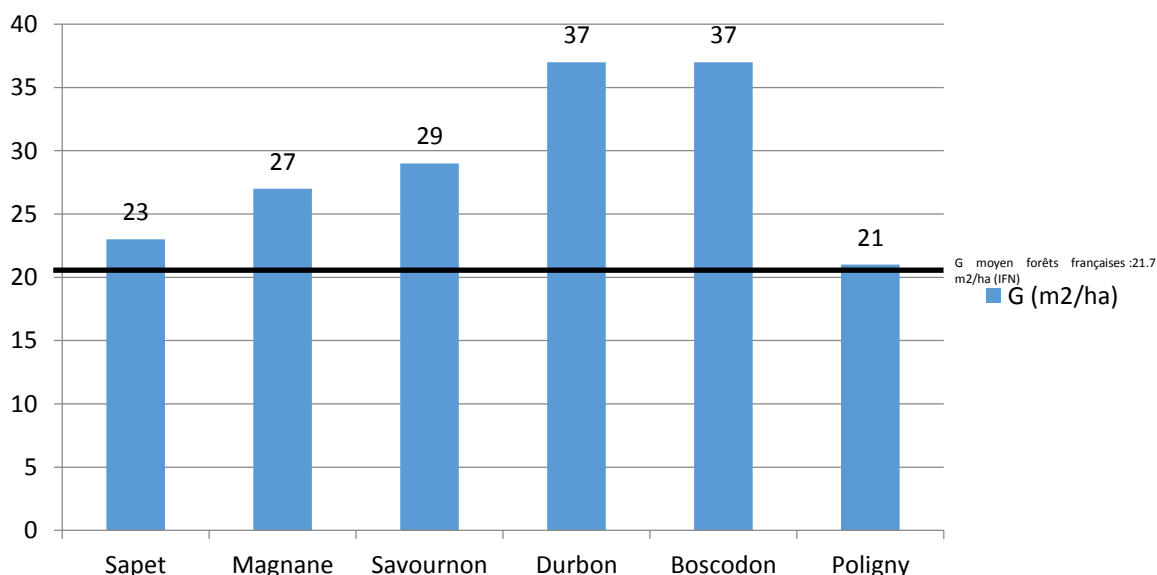
b) Données dendrométriques

Les données sont représentées en surface terrière (« G ») en m²/ha. Cet indice correspond à la somme des sections d'arbres prises à 1.30 m du sol. La surface terrière d'un peuplement est proportionnelle à la densité et au diamètre des arbres. Plus le peuplement est dense ou plus les diamètres sont gros, plus G augmente. G est directement proportionnel au volume de bois à l'hectare.

$$\text{Formule de la surface terrière : } G = \frac{(\pi * D^2)}{4}$$

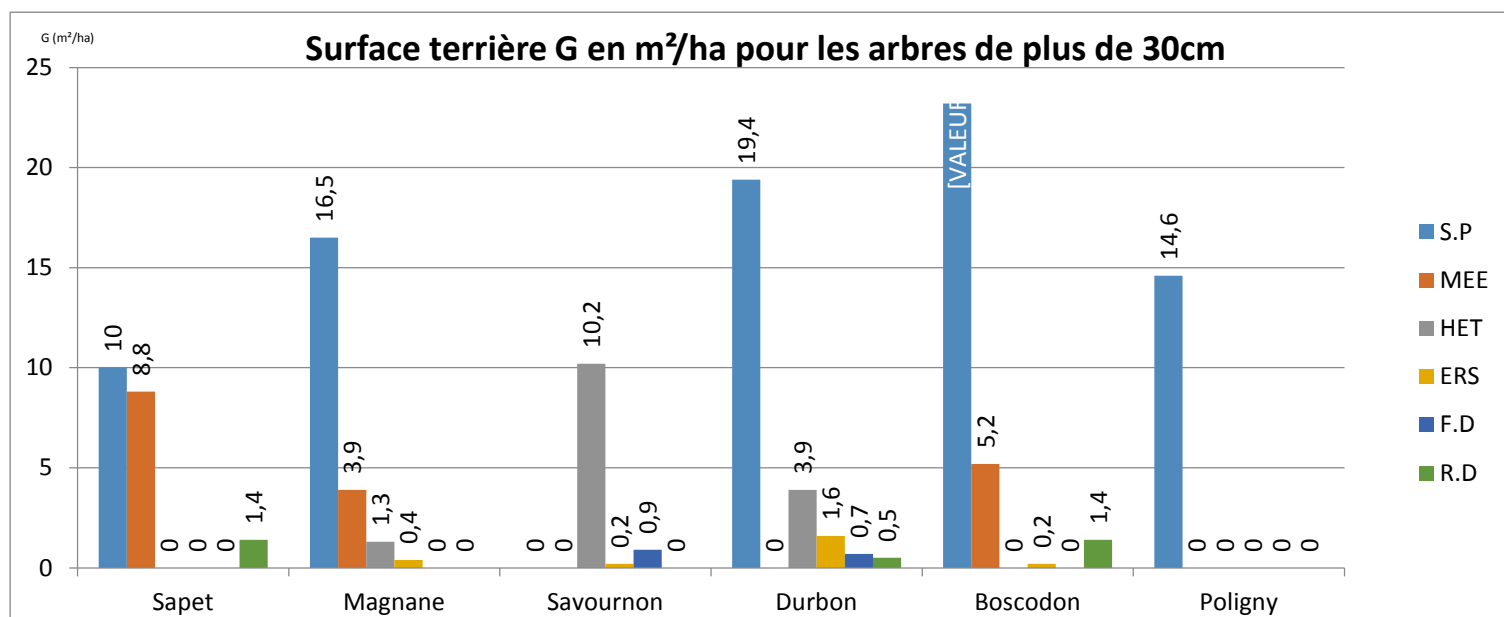
Surface terrière totale par site

Surface terrière totale par site (m²/ha)



On remarque de forts contrastes entre les forêts : Durbon et Boscodon ont la surface terrière la plus élevée avec un G=37 m²/ha. Les autres sites sont plus faibles, en particulier Poligny et le Sapet qui avoisinent les 22 m²/ha. On considère que le peuplement est riche si G > 20 m²/ha (CRPF).

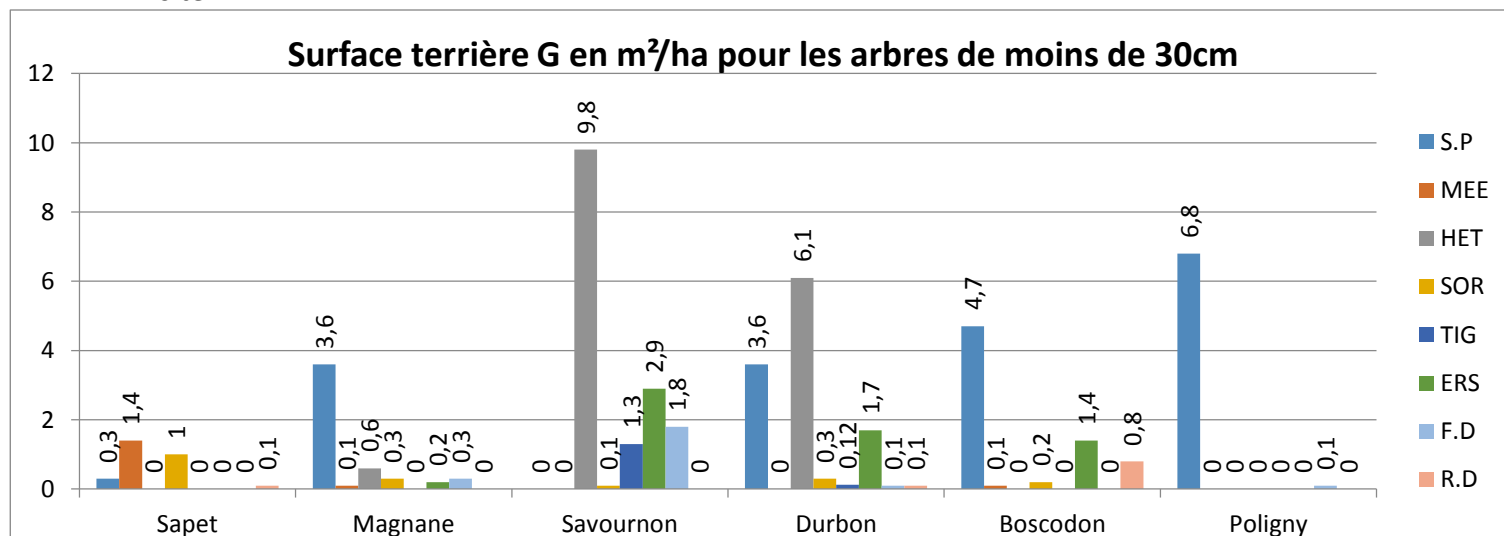
Arbres vivants de diamètre supérieur à 30 cm



Le graphique ci-dessus donne la surface terrière G en m²/ha par essences des arbres de plus de 30 cm de diamètre et donc considérés comme matures. Il fournit donc un aperçu de la densité de chaque espèce au sein du peuplement pour les différents sites. On se rend compte que les essences dominantes sont parfaitement en adéquation avec la situation géographique des sites (cf. tableau p.5). Par exemple pour le site du Sapet, on observe une densité de sapin pectiné S.P (*Abies alba*) et de mélèze d'Europe MEE (*Larix decidua*) importante mais aussi des pins cembro (*Pinus cembra*) (majoritaires dans les résineux divers). Cela est parfaitement adapté à un ubac entre 1500 et 2000 m d'altitude comme c'est le cas au Sapet. On peut donc dire que les peuplements montré ici, sont harmonisés avec le milieu ce qui est une bonne nouvelle pour la dynamique future de la forêt.

Arbres Vivants de diamètres inférieurs à 30cm

Le graphique ci-dessus montre la densité d'arbres par essences pour les diamètres de moins de 30 cm. L'importance du Hêtre et des feuillus en général est très visible. Le tableau suivant résume de façon synthétique les deux graphiques, en montrant la part en pourcent (densité) de chaque essence (pour tous les diamètres) constitutive du peuplement de chaque site.



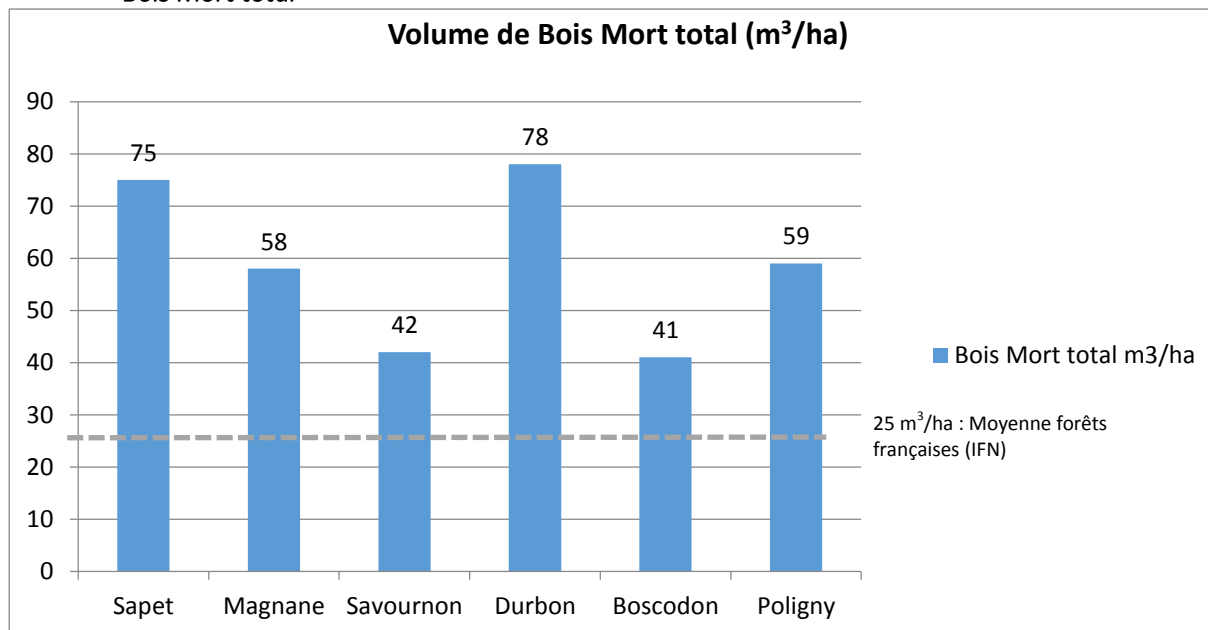
	S.P		MEE		HET		ERS		F.D		R.D		Total peuplement	
	D>30	D<30	D>30	D<30	D>30	D<30	D>30	D<30	D>30	D<30	D>30	D<30	D>30	D<30
Sapet	44%	1%	38%	7%	-	-	-	-	-	4%	-	-	88%	12%
Magnane	61%	13%	15%	<1%	5%	2%	1%	1%	-	1%	-	-	82%	18%
Savournon	-	-	-	-	36%	34%	1%	11%	4%	14%	-	-	41%	59%
Durbon	51%	10%	-	-	10%	16%	4%	5%	2%	1%	1%	-	68%	32%
Boscodon	63%	13%	14%	<1%	-	-	<1%	4%	-	<1%	4%	2%	81%	19%
Poligny	70%	29%	-	-	-	-	-	-	-	<1%	-	-	70%	30%

On remarque très bien que lorsque l'on est dans une forêt de résineux (Sapinière, Mélèzin), la densité du peuplement de plus de 30 cm est importante et oscille entre 70% et 90%. C'est le cas du Sapet, Magnane, Boscodon et Poligny. Mais lorsque la forêt contient une forte densité de feuillus (hêtres notamment) comme à Durbon (Hêtraie-sapinière) et Savournon (Hêtraie), la densité du peuplement des moins de 30 cm s'accroît fortement et elle devient même supérieure au peuplement de diamètre supérieur à 30 cm à Savournon.

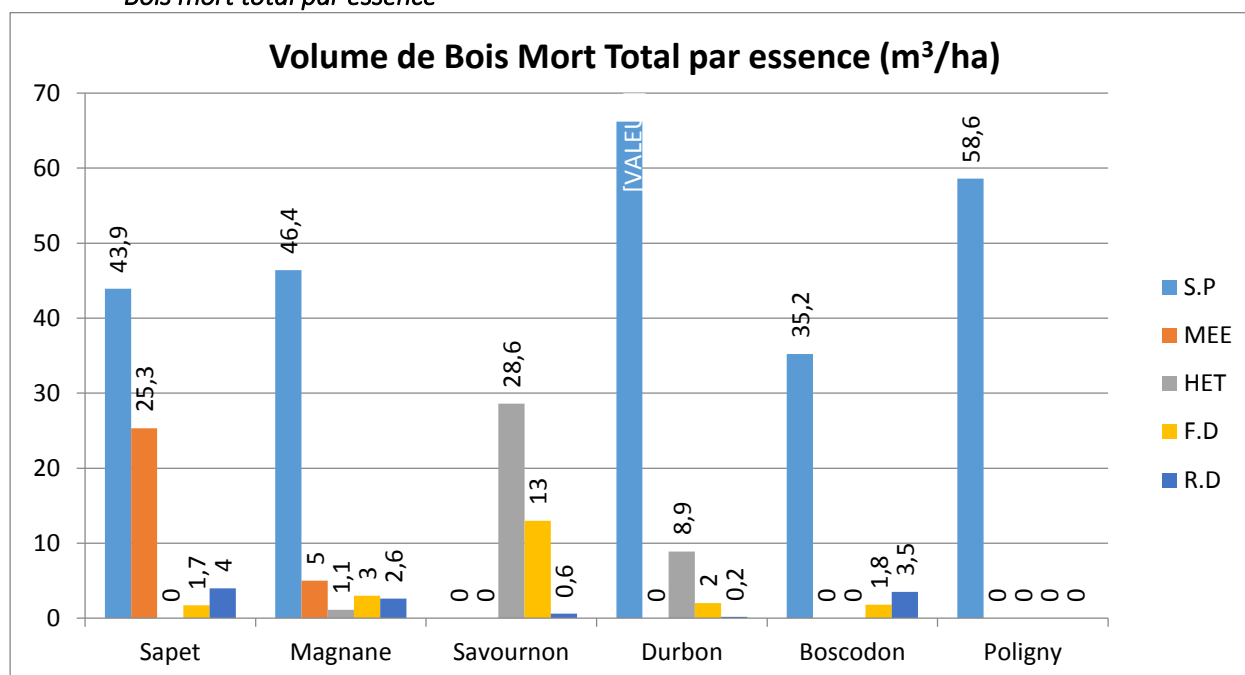
c) Richesse en bois mort

Le bois mort peut revêtir différentes formes qui n'ont pas la même utilité notamment en termes de micro-habitats ; c'est pour cela qu'une distinction est faite entre bois mort au sol et bois mort sur pied.

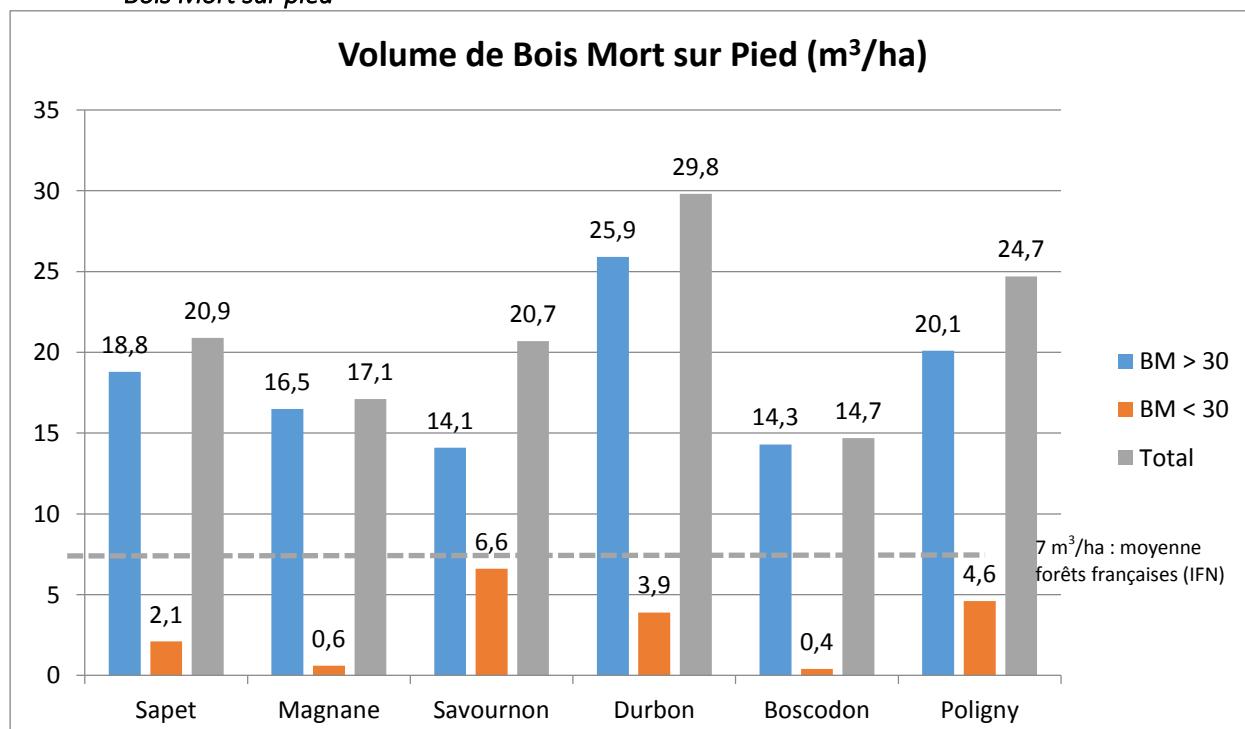
Bois Mort total



Sur ce graphique, on a un aperçu du volume de bois mort total en m³ à l'hectare pour chacun des sites. On constate que 2 sites se dégagent du lot, le Sapet et Durbon, avec respectivement 75 et 78 m³/ha. Ils concentrent 2 fois plus de bois mort que Savournon (42m³/ha) et Boscodon (41m³/ha). Enfin, les sites de la Magnane et Poligny sont dans la moyenne des 6 sites (59 m³/ha) avec respectivement 58 et 59 m³/ha, la moyenne pour les forêts françaises étant selon l'IFN de 25m³/ha.

Bois mort total par essence

Ce graphique indique la quantité de bois mort totale en m³/ha pour les essences principales de chacun des six sites. On peut d'ores et déjà établir une corrélation logique entre ce graphique-ci et le graphique de la surface terrière par essences de plus de 30 cm en p.11. On voit clairement que les bois morts proviennent des peuplements dont la surface terrière est la plus importante.

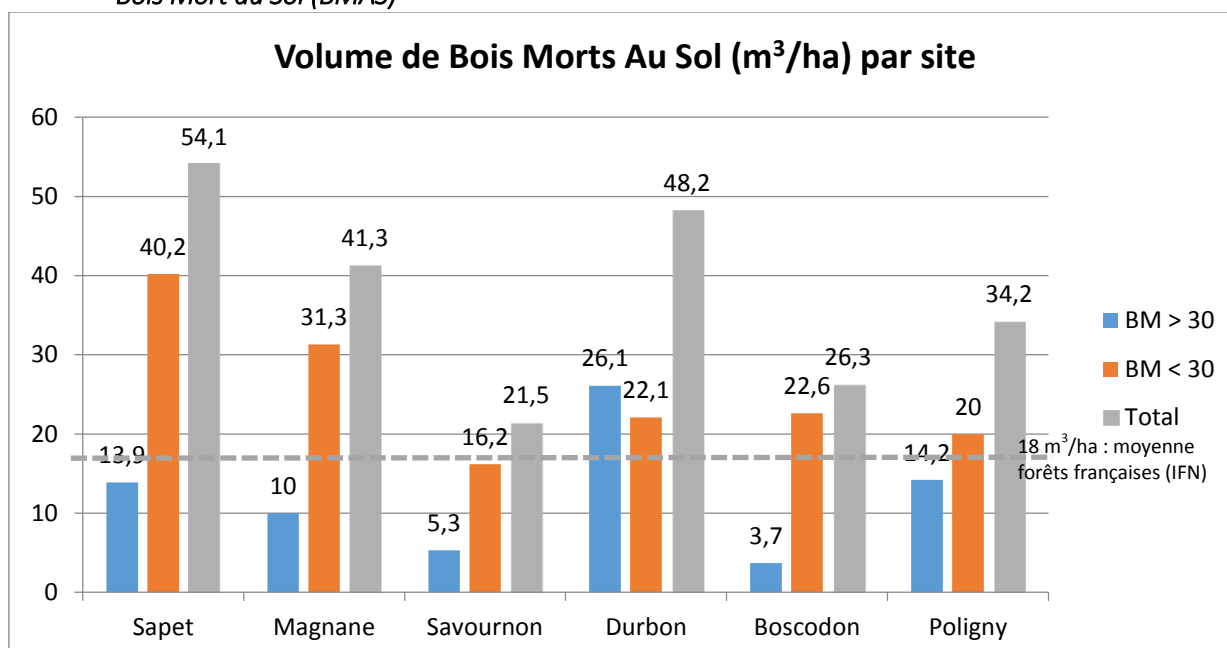
Bois Mort sur pied

Ici on considère uniquement le Bois Mort Sur Pied (BMSP), à savoir les souches, les chandelles et les arbres morts sur pied. On remarque que les proportions de BMSP>30 et BMSP<30 sont similaires dans tous les sites (en moyenne 15 fois moins de BMSP<30 que de

BMSP>30), sauf à Savournon où pour 14,1 m³/ha de BMSP>30 il y a 6,6 m³/ha de BMSP<30 soit environ 2 fois moins. Proportionnellement on peut dire que Savournon est le site le plus riche en BMSP<30 et que la Magnane et Boscodon sont les plus pauvres. En résumé, il y a globalement une quantité beaucoup moins importante de petits bois morts sur pied par rapport aux gros bois morts sur pied.

Pour la quantité totale de BMSP deux sites se dégagent des autres : Durbon avec 28,9 m³/ha soit 23% et Poligny avec 24,7 m³/ha soit 19%. Les autres sites se situent entre 17 et 20 m³/ha et le site le moins riche est Boscodon avec 14,7 m³/ha soit 11 %, la moyenne pour les six sites étant de 21,3 m³/ha.

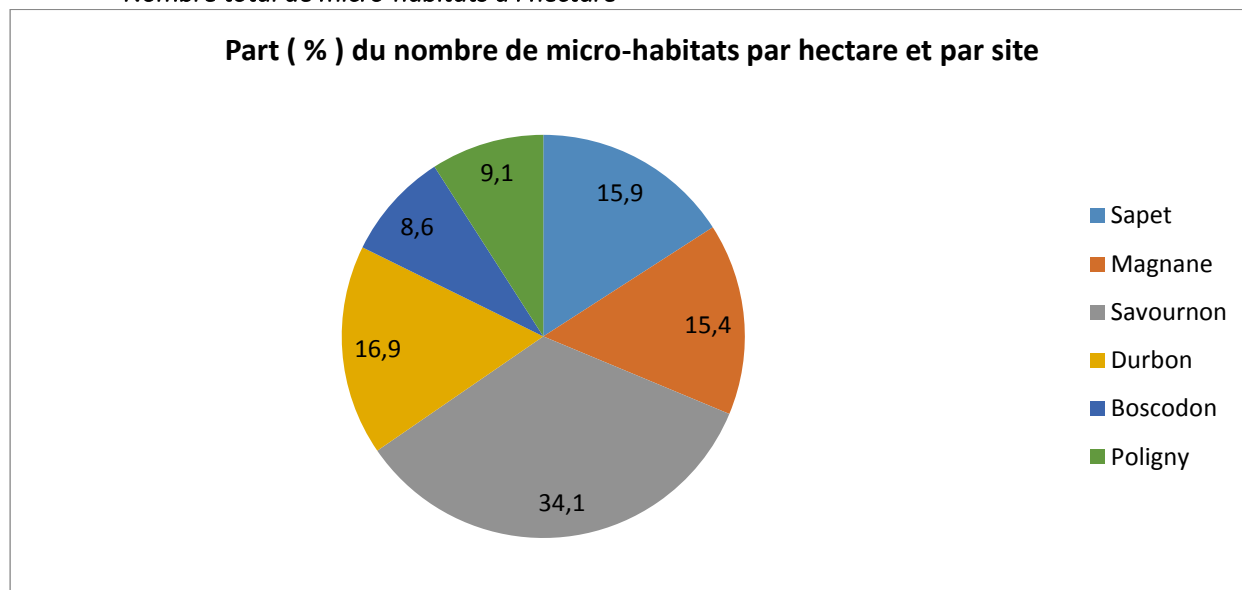
Bois Mort au Sol (BMAS)



Enfin, pour terminer avec la description du bois mort, il faut aborder le volume de Bois Mort Au Sol (BMAS) qui est présenté sur le graphique ci-dessus. Ici on voit qu'il y a toujours plus de BMAS<30 que de BMAS>30, avec environ 3 fois plus de BMAS<30 hormis à Poligny où la proportion est plus faible. Par contre à Durbon, la tendance est inversée : il y a plus de gros bois mort au sol.

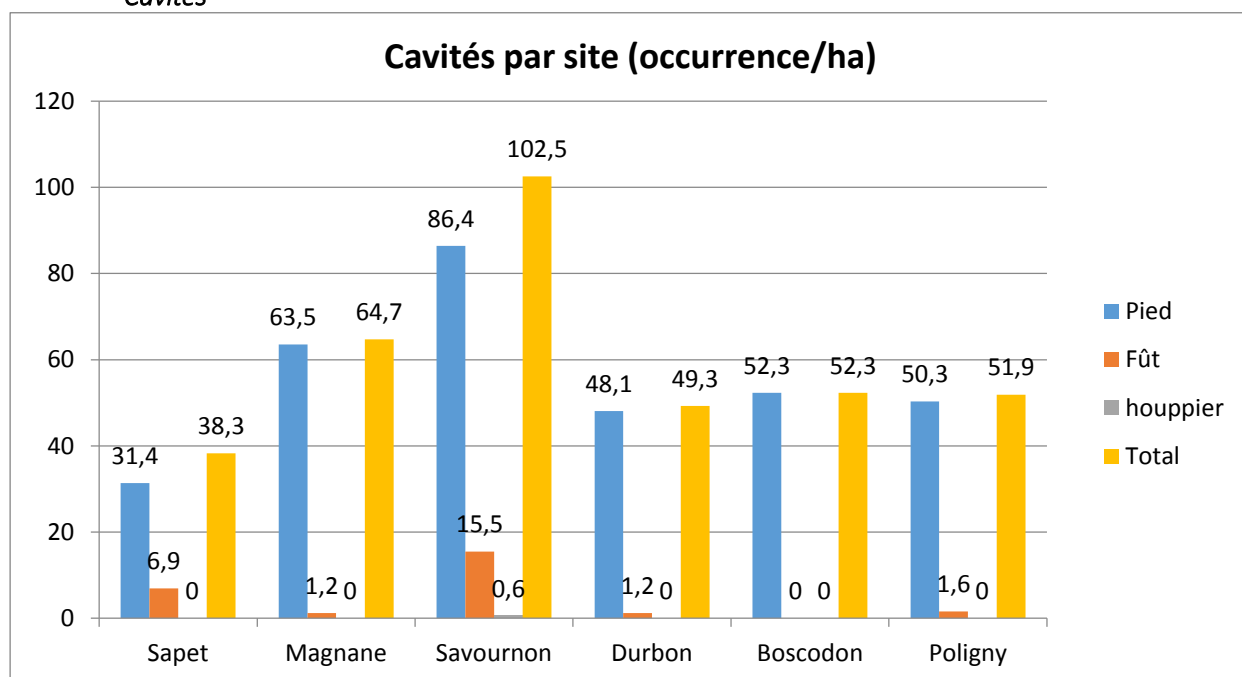
Pour le BMAS total, ce sont les sites du Sapet et de Durbon qui sont les plus riches en BMAS avec respectivement 54,1 m³/ha soit 24% et 48,2 m³/ha soit 21%. Les sites les plus pauvres en BMAS sont Savournon avec 21,5 m³/ha soit 10% et Boscodon avec 26,3 m³/ha soit 12%. La moyenne pour les six sites est de 37.6 m³/ha.

Par analogie avec le graphique précédent (BMSP), on remarque qu'il y a beaucoup plus de BMAS que de BMSP, de deux à trois fois plus selon les sites sauf pour Savournon où le volume est presque le même, aux alentours de 21 m³/ha.

d) *Richesse en micro-habitats**Nombre total de micro-habitats à l'hectare*

Ce diagramme regroupe la totalité de micro-habitats (ci-après détaillés) par site sauf les critères « mousse », « pourriture » et « lichen » qui ne sont pas de véritables micro-habitats mais des critères écologiques. On voit que les sites les plus riches en MH sont Savournon avec 34,1 % et Durbon 16,9 %.

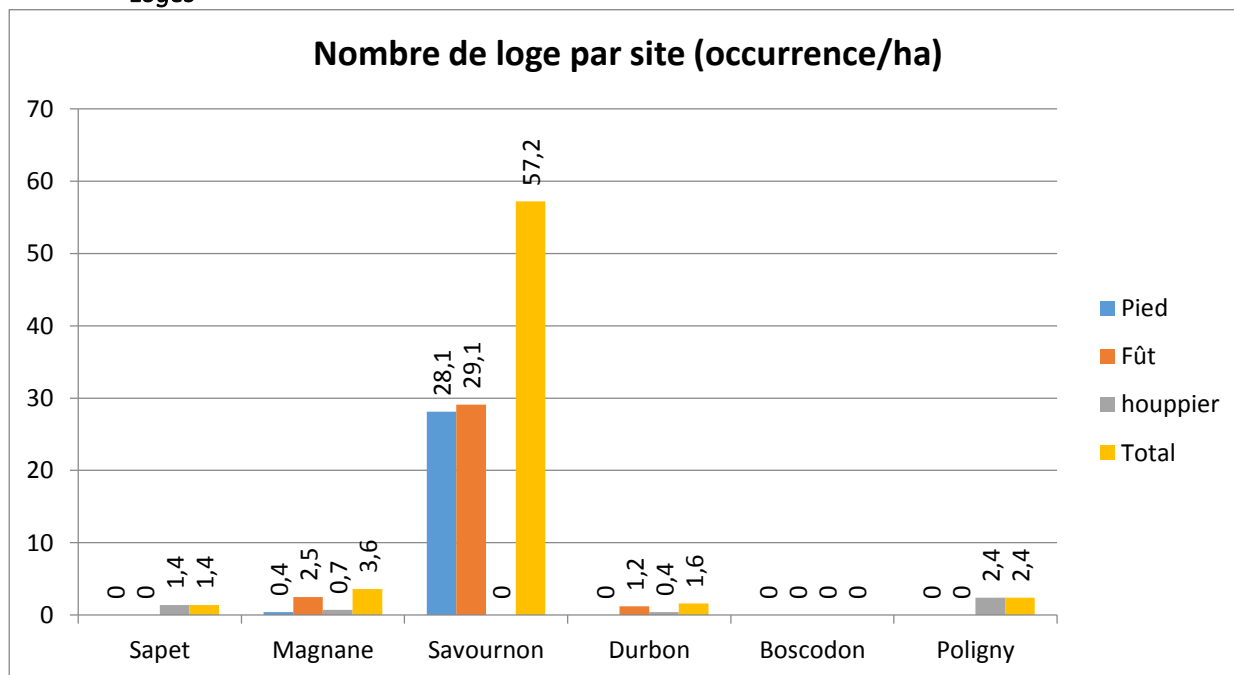
Les graphiques suivants présentent le nombre total de micro-habitats/ha en jaune puis leurs positions dans les arbres. Chaque graphique présente un type de micro-habitat particulier. Il est important de rappeler que les micro-habitats ont été relevés sur les arbres vivants et les bois morts sur pied (souches, chandelles, chablis, arbres morts debout).

Cavités

Ce graphique présente les cavités par hectare. La première chose que l'on remarque ici, c'est la présence de très nombreuses cavités dans le site de Savournon avec 102,5 cavités par hectare ; les autres sites en ont nettement moins et notamment le Sapet avec seulement

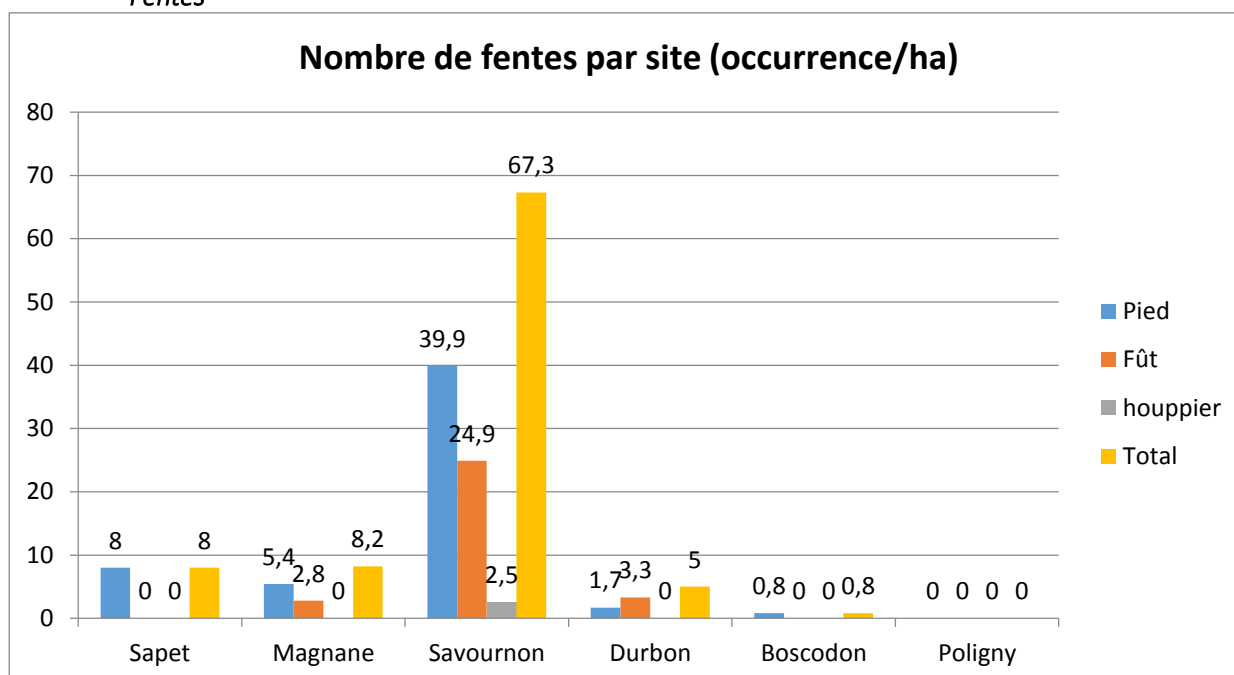
31,4 cavités à l'hectare. On remarque également qu'il n'y a que peu voire pas du tout de cavités en hauteur sauf à Savournon avec 15,5 cavités/ha et au Sapet, où malgré le peu de cavités totales, on retrouve tout de même 7 cavités en hauteur. Il faut néanmoins souligner le possible biais d'observation pour les cavités hautes (fût et houppier) que l'on ne voit pas forcément lorsque l'on est au sol.

Loges



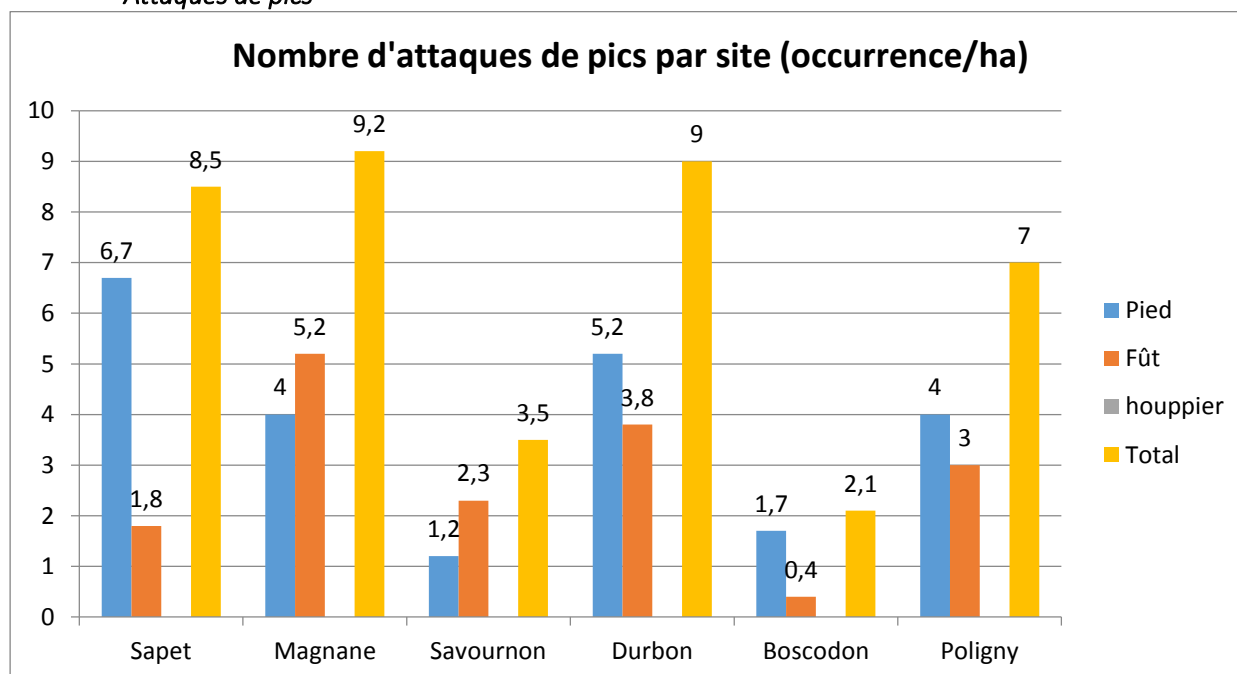
On peut voir ci-dessus le nombre de loges à l'hectare. Pour ce critère, seul le site de Savournon présente un intérêt puisqu'il totalise à lui seul 86 % des occurrences, avec 57,2 loges/ha. Les autres sites n'en ont très peu voire pas du tout. On remarque aussi qu'il n'y a presque jamais de loges dans le houppier, celles-ci sont surtout présentes sur le haut du pied et le fût. Il y a là aussi un biais d'observation possible pour les loges hautes.

Fentes



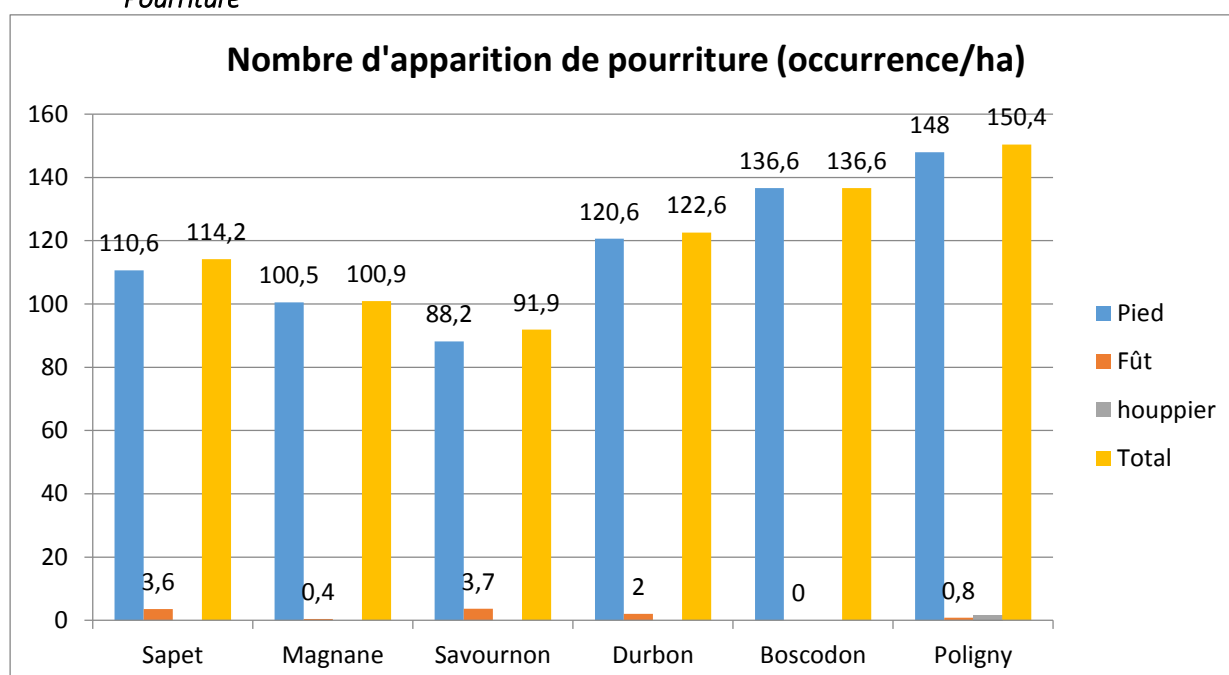
Sur ce graphique montrant le nombre de fentes par hectare, on peut dire également que seul Savournon se différencie des autres avec 67,3 fentes à l'hectare soit 75 % de la présence totale. Trois autres sites ont entre 8 et 5 fentes/ha et les sites Boscodon et Poligny n'en possèdent pas. Comme pour les loges, les fentes se cantonnent aux pieds et aux troncs.

Attaques de pics



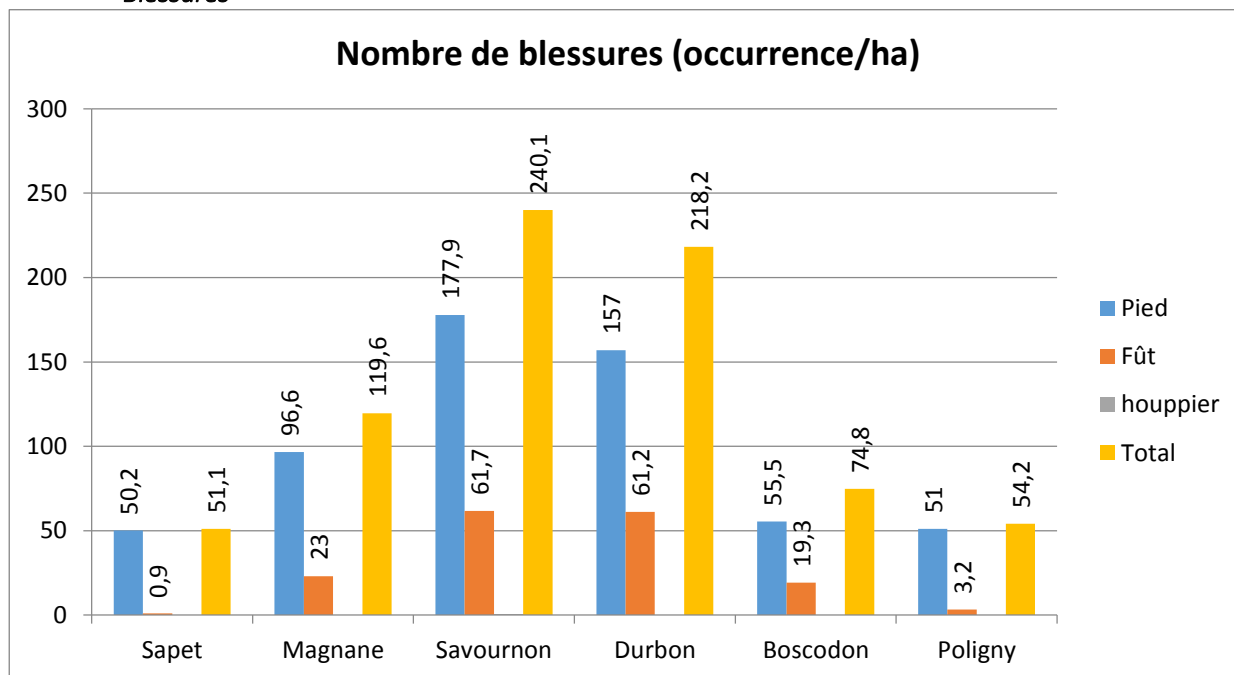
On voit nettement que Savournon et Boscodon sont nettement en retrait par rapport aux autres avec respectivement 3,5 et 2,1 occurrences/ha, les autres sites se situent dans une moyenne de 8 occurrences/ha. On observe également des différences de positionnement entre les sites, notamment au Sapet où il y a beaucoup plus d'attaques en dessous de 1,30 m, cette tendance se retrouve également à Durbon, Boscodon et Poligny. Pour les 2 autres sites c'est l'inverse avec davantage d'occurrences sur le fût.

Pourriture



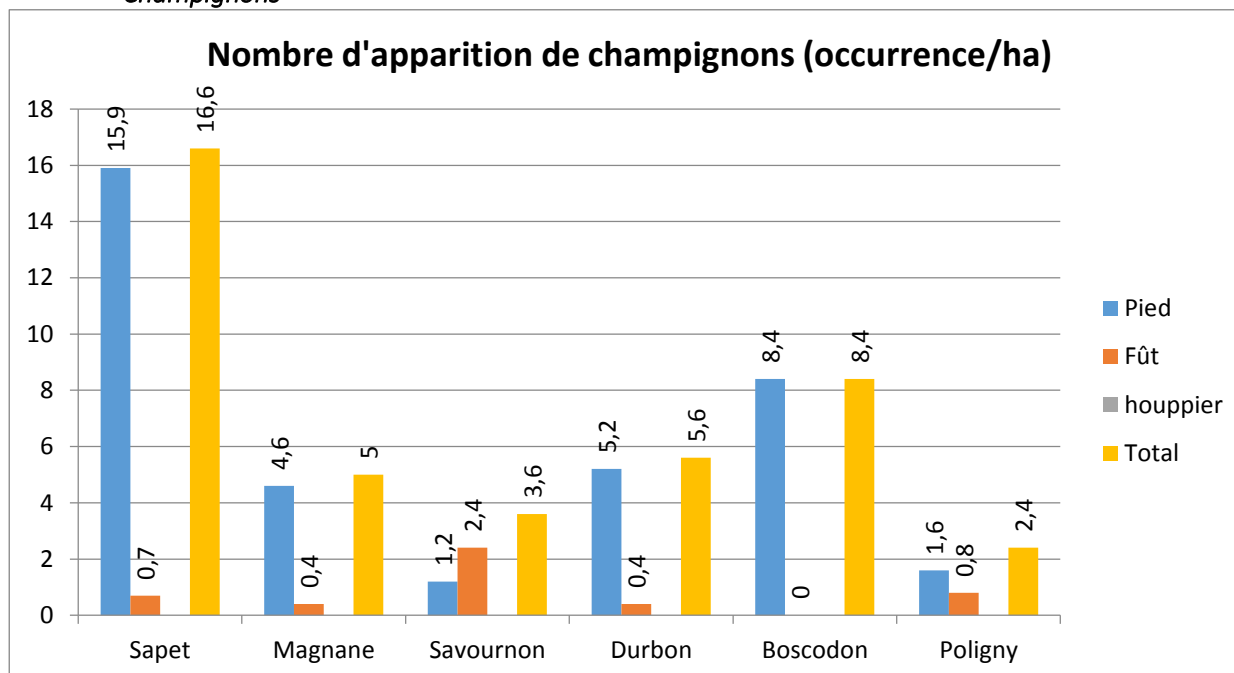
On peut voir la fréquence d'occurrence de la pourriture pour un hectare. On remarque en premier lieu que la pourriture n'est que très occasionnellement présente de au-delà de 1,30 m. En effet, la quasi-totalité, soit plus de 98 %, se concentre au pied des arbres et sur les souches. Poligny est le site qui en a la quantité la plus importante avec 150,4 occurrences/ha et Savournon est le plus pauvre en pourriture avec 91,9 occurrences/ha.

Blessures



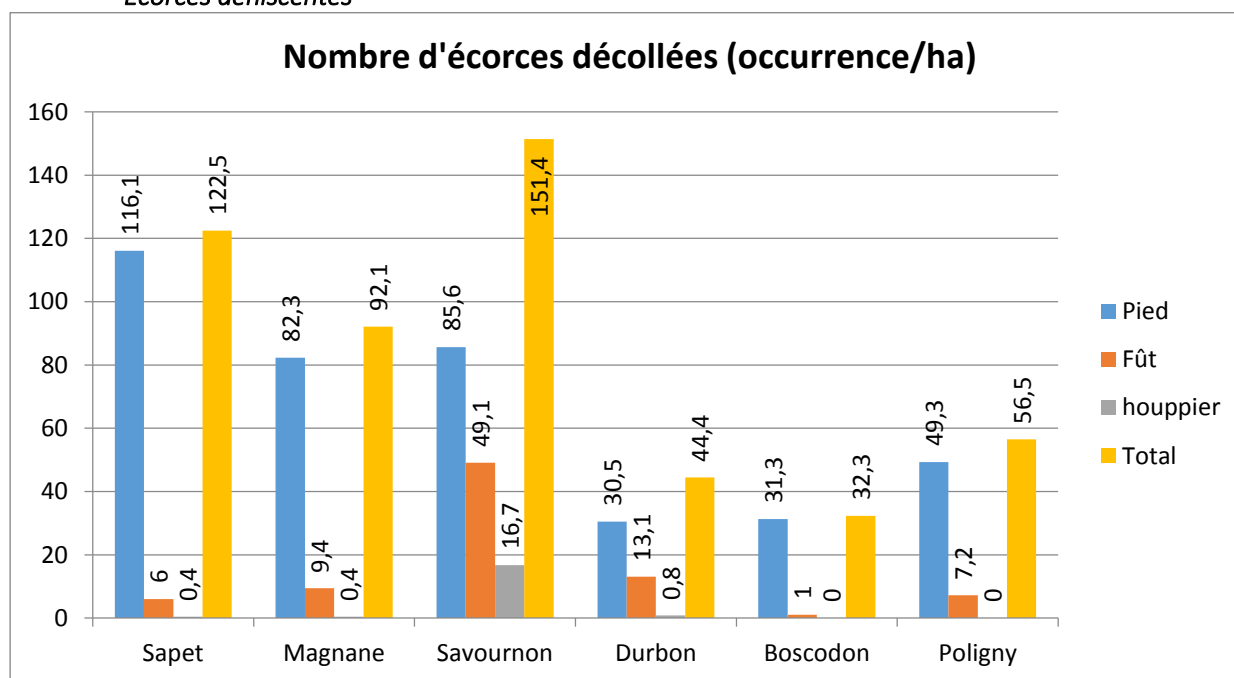
Le nombre de blessures est majoritaire pour les forêts de Savournon et Durbon (240,1 et 218,2 occurrences/ha), les autres sites en ont beaucoup moins. On remarque également que leur répartition est homogène : globalement elles sont la plupart du temps localisées sur le pied et dans une moindre mesure sur le tronc.

Champignons



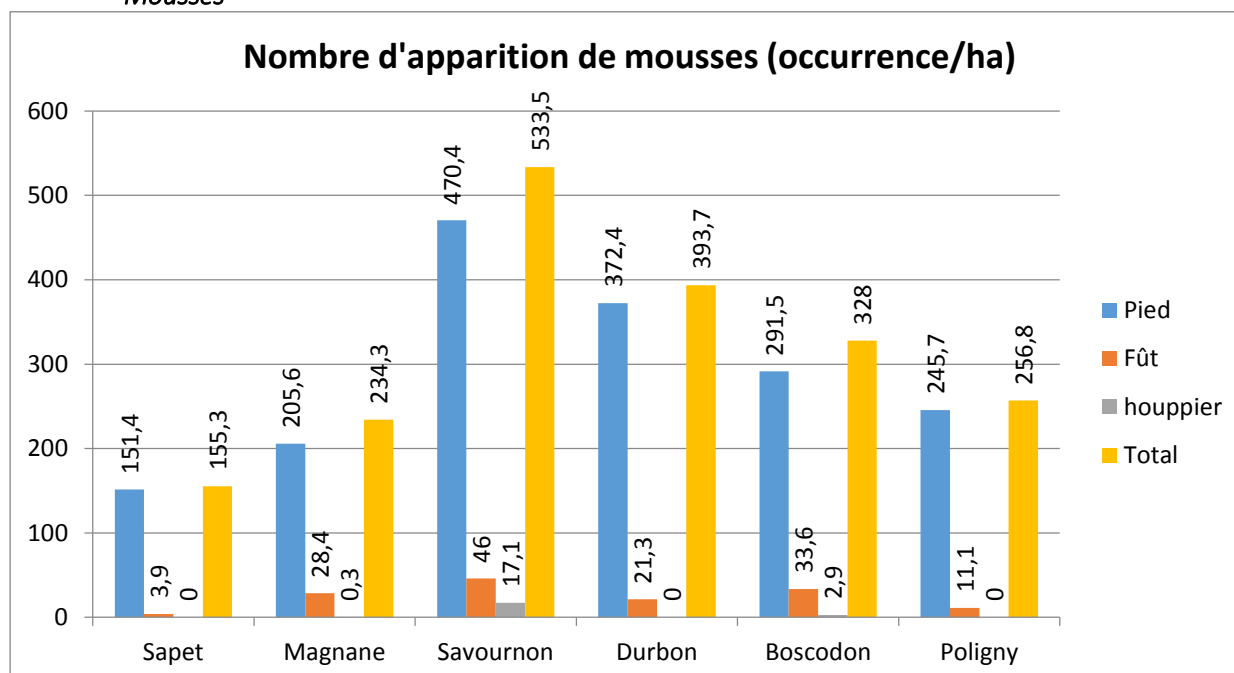
Pour la quantité de champignons présents sur le bois par hectare, on se rend compte de leur importance (comparativement aux autres sites) dans la forêt du Sapet avec 16,6 occurrences/ha soit 40 % des occurrences totales. Le site le moins pourvu est Poligny avec 6 % des occurrences. On remarque également que la presque totalité des champignons, soit 89 % des occurrences, apparaissent en dessous de 1,30 m donc à proximité du sol.

Ecorces déhiscents



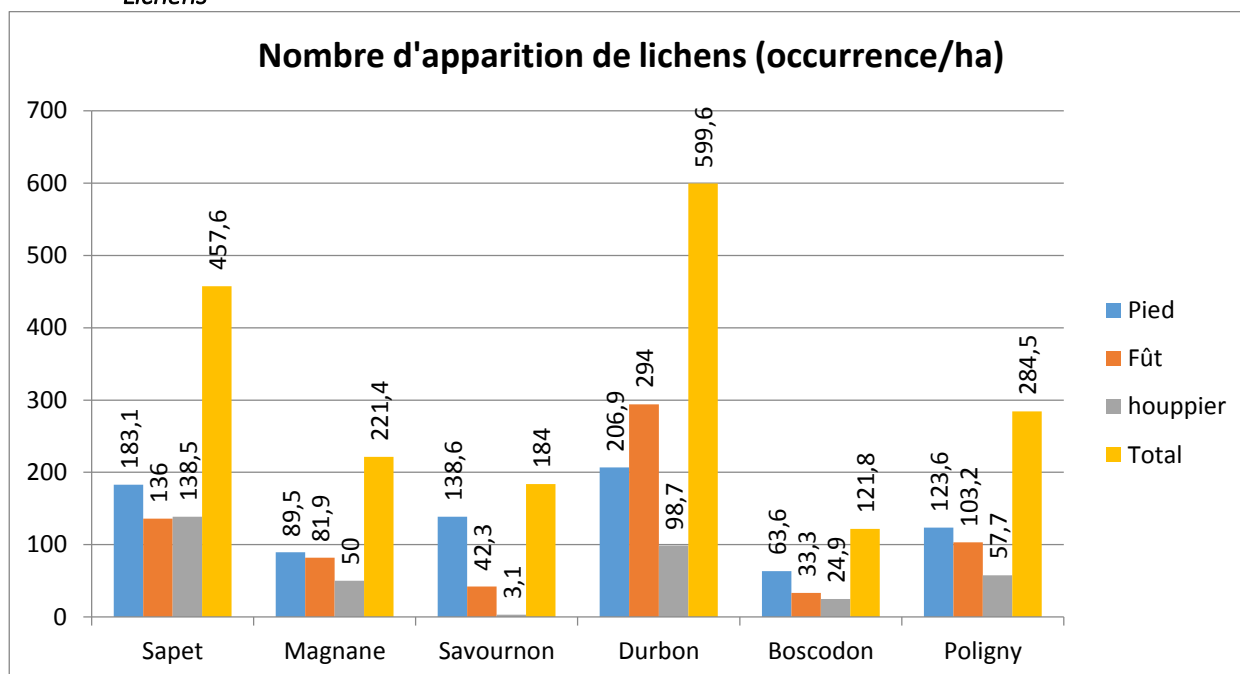
Le nombre d'écorces décollées est maximal à Savournon avec 151,4 écorces déhiscents/ha, puis vient le Sapet avec 122,5 occurrences pour un ha, le site le moins riche est Boscodon avec 32,3 occurrences/ha. On peut voir que 79 % des occurrences se situent aux pieds dans tous les sites sauf à Savournon où une part non négligeable se trouve sur le fût.

Mousses



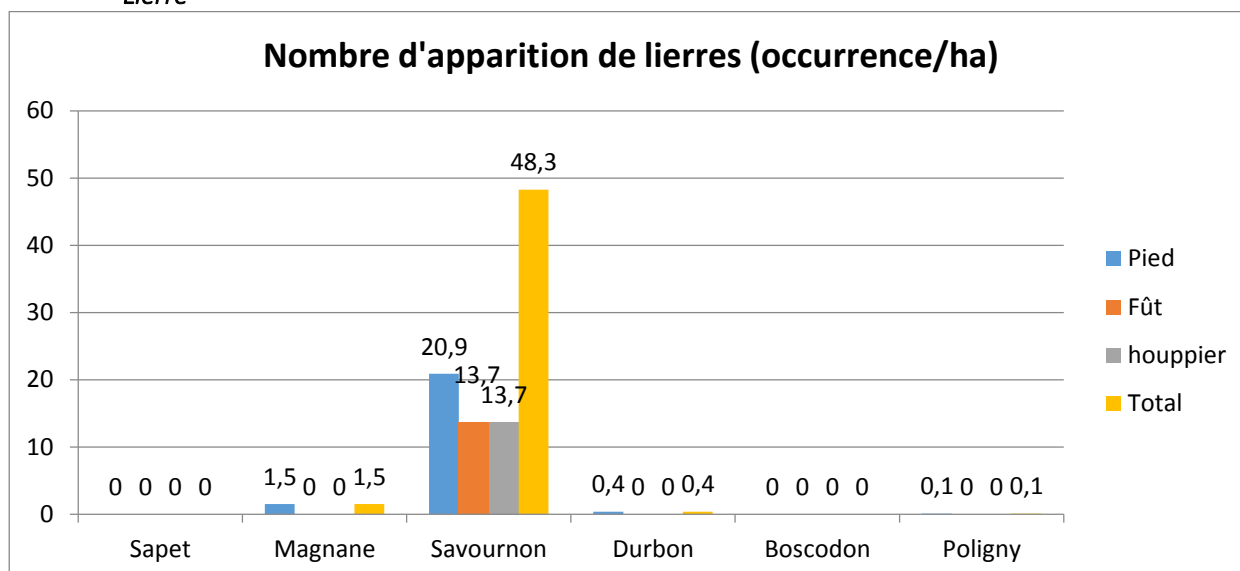
On peut voir ici que la mousse est présente sur l'ensemble des sites mais dans des proportions différentes. Savournon et Durbon sont les sites les plus pourvus avec respectivement 533,5 et 393,7 occurrences/ha. Le Sapet en a le moins avec 155,3 occurrences/ha.

Lichens



Ce graphique indique que les lichens se sont développés majoritairement au Sapet et à Durbon globalement sur le pied et le tronc des arbres.

Lierre



Ce graphique montre l'affinité du lierre pour les feuillus car on le retrouve quasi uniquement sur le site de Savournon.

2. Etat de conservation

Les résultats de l'état de conservation sont présentés sous forme d'un tableau pour chaque site, les critères ainsi que les indicateurs sont expliqués en Annexe 4. Pour les très gros

arbres vivants, le diamètre sélectionné est le **diamètre optimal d'exploitabilité** qui varie selon l'essence, l'altitude et les conditions stationnelles (fertilité des sols). Ces diamètres seuils sont donnés dans les « tableaux maitres des critères d'exploitabilité des essences objectives » fournies par les Directives Régionales d'Aménagement (cf. Annexe 5).

La qualité de la donnée est modérée : l'inventaire dendrométrique a été effectué dans de bonnes conditions et bénéficie d'une précision « à la placette », par conséquent excellente. Les autres données sont stationnelles et n'ont pas été prises pour chaque placette, ce qui diminue la qualité de la donnée et nous empêche d'atteindre la qualité « bonne ». Les résultats concernant le pourcentage de recouvrement des atteintes ont donc une légère marge d'incertitude.

Note pour le tableau : *NC = Non Concerné

a) Sapet

Diamètre optimal d'exploitabilité :

- MEE, S.P : 55
- P.C : 45

Critère	Intégrité de la composition dendrologique	Atteintes « lourdes »	Très gros arbres vivants	Dynamique de renouvellement	Bois mort		Atteintes « diffuses »	
Indicateur	0% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	0% de recouvrement d'atteinte	Nb/ha de TGB : 2.2	Pas de problème de régénération	GBM>35/ha : 12	Présence d'insectes saproxyliques exigeants	Abrouissement, sur-fréquentation humaine, incendies : NC*	NOTE
Valeur	0	0	-10	0	0	0	0	90

Avec une note de 90, l'état de conservation est considéré comme « Bon-Optimal ». La note est abaissée par un nombre de Très Gros Bois Vivants (TGBV) à l'hectare trop faible. La note est abaissée par un nombre de Très Gros Bois Vivants (TGBV) à l'hectare trop faible (2,2 arbres/ha).

b) Magnane

Diamètre optimal d'exploitabilité :

- MEE, S.P : 55 cm
- HET : 45 cm

Critère	Intégrité de la composition dendrologique	Atteintes « lourdes »	Très gros arbres vivants	Dynamique de renouvellement	Bois mort		Atteintes « diffuses »	
Indicateur	0% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	0% de recouvrement d'atteinte	Nb/ha de TGB : 5.1	Pas de problème de régénération	GBM>35/ha : 11	Présence d'insectes saproxyliques exigeants	Abrouissement, sur-fréquentation humaine, incendies : NC*	NOTE
Valeur	0	0	0	0	0	0	0	100

Avec une note de 100, l'état de conservation est considéré comme « Optimal ». Le nombre de TGBV de 5,1/ha est supérieur au seuil, de même que nombre de Gros Bois Morts par hectare.

c) *Boscodon*

Diamètre optimal d'exploitabilité :

- MEE, S.P, EPC : 55 cm

Critère	Intégrité de la composition dendrologique	Atteintes « lourdes »	Très gros arbres vivants	Dynamique de renouvellement	Bois mort		Atteintes « diffuses »	
Indicateur	0% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	0% de recouvrement d'atteinte	Nb/ha de TGB : 12.9	Pas de problème de régénération	GBM>35/ha : 22	Présence d'insectes saproxyliques exigeants	Abrouissement, sur-fréquentation humaine, incendies : NC*	NOTE
Valeur	0	0	0	0	0	0	0	100

Avec une note de 100, l'état de conservation est considéré comme « Optimal ». Le nombre de TGBV de 12,9/ha est supérieur au seuil, de même que nombre de Gros Bois Morts par hectare.

d) *Poligny*

Diamètre optimal d'exploitabilité :

- S.P : 35 cm

Critère	Intégrité de la composition dendrologique	Atteintes « lourdes »	Très gros arbres vivants	Dynamique de renouvellement	Bois mort		Atteintes « diffuses »	
Indicateur	0% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	0% de recouvrement d'atteinte	Nb/ha de TGB : 2.3	Pas de problème de régénération	GBM>35/ha : 11	Présence d'insectes saproxyliques exigeants	Abrouissement, sur-fréquentation humaine, incendies : NC*	NOTE
Valeur	0	0	-10	0	0	0	0	90

Avec une note de 90, l'état de conservation est considéré comme « Bon-Optimal ». La note est abaissée par un nombre de Très Gros Bois Vivants (TGBV) à l'hectare trop faible 2,3 a/ha.

e) *Savournon*

Diamètre optimal d'exploitabilité :

- HET : 45 cm

Critère	Intégrité de la composition dendrologique	Atteintes « lourdes »	Très gros arbres vivants	Dynamique de renouvellement	Bois mort		Atteintes « diffuses »	
Indicateur	0% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	0% de recouvrement d'atteinte	Nb/ha de TGB : 2.8	Surface en JP en 5 et 30 %	GBM>35/ha : 7	Présence d'insectes saproxyliques exigeants	Abrouissement, sur-fréquentation humaine, incendies : NC*	NOTE
Valeur	0	0	-10	0	0	0	0	90

Avec une note de 90, l'état de conservation est considéré comme « Bon-Optimal ». La note est abaissée par un nombre de Très Gros Bois Vivants (TGBV) à l'hectare trop faible 2,8 a/ha.

f) *Durbon*

Diamètre optimal d'exploitabilité :

- S.P : 55
- HET : 45

Critère	Intégrité de la composition dendrologique	Atteintes « lourdes »	Très gros arbres vivants	Dynamique de renouvellement	Bois mort		Atteintes « diffuses »	
Indicateur	0% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	0% de recouvrement d'atteinte	Nb/ha de TGB : 2.5	Pas de problème de régénération	GBM>35/ha : 15	Présence d'insectes saproxyliques exigeants	Impact ongulées sur les jeunes sapins	NOTE
Valeur	0	0	-10	0	0	0	-10	80

Avec une note de 80, l'état de conservation est considéré comme « Bon-Correct ». La note est abaissée par un nombre de Très Gros Bois Vivants (TGBV) à l'hectare trop faible (2,5 arbres/ha) malgré la présence de très gros diamètres. De plus, l'abroustissement des jeunes sapins par le cerf met à mal la dynamique de renouvellement du sapin et abaisse encore la note finale.

V. Discussion

1. PSDRF

Nous allons essayer de comprendre pourquoi de tels résultats sont obtenus, pourquoi de telles différences apparaissent entre les sites en nous aidant de l'étude « Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité » (GNB) menée à grande échelle en France par l'IRSTEA, RNF, l'INRA et l'ONF. Ce projet mené entre 2008 et 2012 va être prolongé jusqu'en 2016 afin d'en tirer plus de conclusions. Le GNB a mis en place un réseau de 213 placettes selon le PSDRF, sur 15 massifs forestiers français. L'objectif de cette étude est de montrer les liens entre biodiversité, gestion et naturalité en comparant des parcelles exploitées à des parcelles non-exploitées. Il nous est apparu intéressant de comparer nos chiffres avec ceux de cette étude, qui est l'une des plus complètes à ce jour.

Auparavant, il semble important d'apporter quelques précisions. Le PSDRF devait initialement être mis en place dans les contrats mais également hors des contrats Natura 2000 afin de comparer. Néanmoins cette idée a été rapidement écartée pour des raisons très simples : les contrats sont très récents, la différence dans et hors de ces contrats est donc très minime pour le moment. De plus, les contrats se situent justement dans des secteurs très particuliers, avec des gros arbres à micro-habitats, du bois morts... Il est donc difficile de trouver des zones « témoin-hors contrat » à proximité avec des caractéristiques similaires. Enfin le manque de temps est également un argument à prendre en compte.

a) Données dendrométriques

En France métropolitaine, la surface terrière moyenne est estimée à 21,7 m²/ha (IFN, 2008). Nos inventaires ont montré que la surface terrière moyenne pour les six sites échantillonnés est de 29 m²/ha. Si l'on se penche sur les données GNB, on s'aperçoit que la surface terrière obtenue pour les forêts de montagne est de 28,2 m²/ha dans les forêts exploitées et 33,5 m²/ha dans les forêts non exploitées. Les résultats de notre étude sont dans la moyenne des résultats du GNB et supérieurs à la moyenne nationale. L'explication se trouve dans la différence d'exploitation entre les forêts de plaine et les forêts de montagne. Les forêts de montagne sont souvent sous exploitées pour de multiples raisons : la forêt est mal desservie et donc les coûts d'exploitations sont supérieurs aux recettes, la coupe est reportée et les arbres grossissent, augmentant le capital sur pied.

L'analyse de la surface terrière a mis en évidence des différences notables entre la part de peuplements de plus de 30 cm et celle des peuplements de moins de 30 cm selon les sites. Cela est dû à la concurrence entre les essences. On a vu qu'une sapinière comme la Magnane a une part de gros peuplement importante (82 %), contre 18 % pour les petits peuplements. En effet, les sapins vont concurrencer les autres essences dont la croissance va être ralentie. Dans le cas de la hêtraie de Savournon, la part de gros et petits diamètres est singulièrement égale : cela est dû au mode de gestion en taillis (concurrence pour la lumière, ressources limitées par la souche) qui va entraver la croissance des hêtres ; il y a donc moins de gros et plus de petits.

b) Richesse en Bois Mort

Un volume de bois mort total conséquent

Comme cela a été dit à de multiples reprises, la quantité de bois mort en forêt revêt une importance capitale pour la survie de tout un cortège d'espèces qui sont un maillon essentiel au bon fonctionnement de l'écosystème forestier. Les Bois Morts au Sol par exemple, sont indispensables car ils jouent un rôle actif dans le maintien et le renouvellement de la litière, et notamment les petits bois qui sont directement en contact avec le sol. Les gros bois servent plutôt de niches écologiques pour de nombreuses espèces : (fourmilière pour les fourmis par exemple) car ils mettront très longtemps à se décomposer.

En France, ces espèces représentent 25 % de la diversité forestière (Bouget, 2007). Selon l'IFN, la moyenne nationale du volume de bois mort est de 25 m³/ha. Notre étude a mis en évidence une moyenne de 59 m³/ha soit 2,3 fois plus.

Par comparaison, le projet GNB a montré une moyenne de 51 m³/ha de BM, néanmoins ces résultats sont à nuancer car sur les 213 placettes étudiées, la part de forêts de plaine est importante. Or, nous savons que le volume de bois mort est supérieur en montagne (Christensen et Hahn, 2005). Cela peut être dû à une dynamique de décomposition plus lente en montagne notamment à cause de températures plus froides et sur des périodes beaucoup plus longues entraînant un ralentissement de l'activité des organismes décomposeurs. On peut également souligner l'existence de surfaces inexploitées plus importantes ainsi que l'abandon et la non exploitation du bois si sa valeur commerciale ne couvre pas les coûts d'exploitation (supérieurs en montagne). En outre, les forêts de montagne étant moins « visitées », le bois mort n'est pas



Figure 8 : chandelle à Savournon, Fermat Jordan

systématiquement enlevé pour des raisons de sécurité du public contrairement aux forêts de plaine.

Un capital de Bois Mort sur Pied très important surtout en gros bois de plus de 30 cm de diamètre

La littérature a démontré à plusieurs reprises l'importance des gros bois morts. Ils sont en effet indispensables à la survie de nombreuses espèces saproxyliques (champignons, invertébrés) inféodées directement aux gros bois (Gilg, 2004). De plus, les gros arbres morts ou les chandelles sont porteurs de nombreuses de catégories de diamètres (branches de différentes tailles) et de micro-habitats, ce qui contribue à la diversité du bois mort et donc des espèces en forêt (Stokland *et al.*, 2012). Notre étude a mis en évidence une quantité importante de BMSP>30 pour tous les sites (sauf Savournon) ; il y a en moyenne 15 fois plus de Gros Bois (GB) que de Petit Bois (PB), Savournon faisant figure d'exception avec deux fois plus de GB que de PB. Le cas de Savournon peut s'expliquer par la nature du peuplement, le hêtre étant une essence ayant un diamètre moyen plus faible (24 cm à Savournon) que le sapin ou le mélèze (47 cm au Sapet), la quantité de PB est donc plus importante. Néanmoins, sur le volume de BMSP total, Savournon est largement dans la moyenne des autres sites. En outre, les forêts françaises ont en moyenne un volume de BMSP de 7 m³/ha selon l'IFN, alors que pour nos sites d'étude le volume moyen pour atteint 21,3 m³/ha !

L'étude du GNB montre un volume de BMSP en zone exploitée de 5 m³/ha et de 21 m³/ha en zone non exploitée. Or les sites de notre étude, qui sont en zone de sylviculture, se situent à 21,3m³/ha ce qui les place au niveau des sites non exploités inventoriés par le GNB.

Ces comparaisons mettent en évidence un volume de BMSP important pour nos sites ; néanmoins la majorité du BMSP est issue des souches qui proviennent des exploitations antérieures, ce qui expliquerait la grande proportion BMSP>30 surtout dans les sites exploités depuis moins de 20 ans. Ces BM vont avant tout profiter aux espèces saproxyliques et xylophages car ils sont porteurs de peu de micro-habitats, contrairement aux arbres morts et aux chandelles qui, bien que minoritaires, vont être de véritables « HLM » à biodiversité.

Des volumes de Bois Morts au Sol (BMAS) contrastés selon les sites et dominés par le Petits Bois

(PB)



Figure 9 BMAS à Savournon sur transect, Jordan Feraut

Notre étude a mis en avant des contrastes importants en BMAS selon les sites. Si la moyenne de 37,6 m³/ha est supérieure à la moyenne nationale de l'IFN de 18m³/ha, il y a de grandes disparités. Par exemple Savournon avec 21,5 m³/ha est très proche de la moyenne nationale et largement en dessous de la moyenne obtenue par le GNB de 30 m³/ha. Cela peut s'expliquer par le peuplement : l'essence dominante étant le hêtre, il produit majoritairement du Petit Bois (PB) de moins de 5 cm car le peuplement est constitué surtout de petits diamètres. Or, le PB n'est pas comptabilisé par le protocole. En outre, des pratiques culturelles comme l'affouage, qui caractérise le droit pour les habitants d'une commune à ramasser le bois dans les forêts communales, expliquerait une moyenne plus faible dans certains sites accessibles comme Savournon. De plus on peut voir que le site de Durbon est le seul à avoir une quantité importante de Gros Bois Mort au Sol ; cela peut s'expliquer par les difficultés de l'exploitation

forestière zone de montagne, les gros bois pourris au cœur n'étant pas récupérés car les coûts d'exploitation seraient plus importants que les recettes des ventes. Les difficultés d'accès expliquent également pourquoi les sites de Durbon et du Sapet sont très riches en BMAS. De plus le site du Sapet est une forêt qui n'est plus exploitée depuis longtemps, il y a donc de nombreux chablis et petits bois qui s'accumulent.

Régénération

Nous avons pu mettre en évidence des problèmes de régénération du Sapin pectiné sur le site de Durbon (Hêtraie –Sapinière) au profit du Hêtre ; c'est une conséquence directe de la sur fréquentation des grands ongulés comme le cerf, très friand des jeunes sapins. De plus, la dynamique naturelle d'une telle forêt tend vers la hêtraie simple.

Sur le graphique de la surface terrière des arbres de moins de 30 cm, on remarque très clairement l'absence de sapins entre 7,5 cm et 30 cm au Sapet. Cela sous-entend que toute une génération est absente. En outre, les graphiques (cf. Annexe 6), nous montrent une régénération quasi nulle du mélèze. Or on sait que le mélèze est une essence de lumière qui ne se régénère que sous des peuplements très clairs, et qui sera peu à peu remplacée par le sapin s'il n'est pas favorisé par la sylviculture. Le déficit de jeunes sapins pourrait donc provenir d'un choix délibéré lors de la dernière exploitation, dans les années 70, où le sapin aurait été coupé au profit du mélèze dont la valeur économique est plus importante.



Figure 10 Régénération de SP, EPC et MEE ,
J.FERMAUT

La richesse en micro-habitats

Les micro-habitats sont indispensables car ils hébergent une part importante de la biodiversité forestière. On a pu voir une grande hétérogénéité en termes de densité de micro-habitats à l'hectare selon les sites. Savournon regroupe à lui seul 34 % de la densité totale de micro-habitats, avec significativement plus de lieux de refuges (cavités, loges, fentes, etc...) que les autres sites. Potentiellement, on peut préjuger de la présence d'invertébrés (Rosalie des Alpes), de chiroptères (Barbastelle d'Europe), d'oiseaux (pics, chouettes forestières) qui sont des espèces rares. Selon les travaux de Loren KUBAREK, l'essence aurait une influence importante sur l'abondance des micro-habitats. Le hêtre, en vieillissant, a tendance à développer beaucoup plus de micro-habitats que le sapin pectiné, et il fournit la quasi-intégralité des dendrotelmes et des cavités à terreau (Larrieu, 2011). Dans la plupart des cas le hêtre produit des branches plus grosses que les résineux, et lorsqu'elles tombent cela forme des cavités sur le fût. Cette tendance est confirmée également par l'étude du GNB (cf. Annexe 7) où l'on peut voir plus d'occurrences dans le hêtre que dans le sapin.

De plus, les hêtraies étudiées (Savournon et Durbon) se situent sur des terrains raides avec des chutes de pierres et de blocs. En tombant, elles provoquent des blessures, cassent des branches sur les arbres. Et sont donc à l'origine de nouvelles cavités et micro-habitats.

On a également pu établir des liens entre la quantité de micro-habitats et la maturité des arbres, dont le diamètre augmente avec l'âge. L'étude a montré que les sites les plus riches en micro-habitats sont également ceux qui ont un important volume de gros arbres supérieurs à 60 cm voire supérieurs à 100 cm. D'autres études viennent appuyer cette conclusion (Vuidot, 2009), ainsi que le projet GNB (cf. Annexe 7).

Les directives ONF imposent 2 arbres vivants pour biodiversité par hectare, autrement dit, ce sont des arbres porteurs de micro-habitats ou des vieux arbres de gros diamètres ; or nos résultats ont montré la présence de 91,9 arbres vivants à micro-habitats par hectare, donc bien au-delà du seuil imposé.

Lierre, mousse et lichen

Les résultats de l'étude ont montré l'affinité du lierre pour les feuillus. De plus l'altitude relativement basse du site de Savournon pourrait également expliquer la présence du lierre uniquement dans ce site. Le lierre se développe surtout dans les bois mésophiles aux étages collinéen et montagnard thermophile. Absent du nord du département, et quasi absent au-dessus de 1500 m.



Figure 11 Buxbaumie verte, Jordan Feraut

Concernant la mousse, tous les sites en possèdent en quantité. Néanmoins on a pu observer des disparités, notamment à Savournon qui en présente significativement plus que les autres sites. A l'heure actuelle, les informations manquent pour expliquer ces différences, mais une étude des mousses est prévue sur ces sites pour préciser les espèces présentes. Il faut quand même souligner la présence récurrente de la Buxbaumie verte (*Buxbaumia viridis*) sur les sites de Durbon et de la Magnane. Cette espèce de mousse est inscrite l'annexe II de la Directive Habitats et à la liste des espèces

protégées en France (Article 1).

Enfin les lichens se développent dans des sites plutôt confinés, froids et humides (Sapet et Durbon) et majoritairement sur des peuplements de sapins pectinés de gros diamètres, ce qui correspond tout à fait à leurs affinités écologiques. Soulignons la présence de lichen pulmonaire (*Lobaria pulmonaria*, voir photo) à Durbon et Poligny, qui est une espèce rare dans les Hautes-Alpes.



Figure 12 Lobaria pulmonaria, Bernd Haynold

La pourriture : un indicateur du bon état écologique de la forêt

Les résultats de l'étude ont mis en évidence des occurrences de pourriture sur souches importantes pour presque tous les sites (91,9 occurrences/ha) et dans une moindre mesure pour Savournon.

Les graphiques de l'état de conservation du bois (annexe 8) nous indiquent des différences de stades de décomposition entre les sites. Par exemple, les sites non exploités depuis longtemps sont à des stades de pourriture très avancés (Sapet). A contrario, parmi d'autres sites dont la dernière exploitation est ancienne, nous avons noté la présence de nombreuses souches totalement décomposées et impossibles à mesurer (Savournon) d'où le peu de stades 5.

La quantité de pourriture en forêt est un bon indicateur de la dynamique de la faune saproxylique, qui par sa diversité contribue à la décomposition du bois ainsi qu'au renouvellement de la litière et de l'humus. On peut donc considérer que plus il y a de

pourriture et plus la faune saproxylique est abondante. Nos sites ont donc des conditions d'accueil de la faune saproxylique très favorables.

Des forêts très anciennes

A la vue des résultats obtenus, il nous a semblé intéressant de comparer les forêts des sites actuels, avec les forêts présentes sur le territoire au XVIIIème Siècle. Pour cela, il a été possible d'utiliser les cartes des frères Cassini, qui ont cartographié la France à partir de 1747. Il faut savoir qu'à cette période, le couvert forestier était beaucoup moins important qu'actuellement en région PACA : 13,3 % contre 46,3 % aujourd'hui. Ces cartes permettent donc d'apprécier la continuité du couvert forestier à travers les siècles. Les cartes présentées en Annexe 10, montrent que les forêts étudiées étaient déjà présentes au XVIIIème siècle. Ce sont donc des peuplements très anciens. Ce principe de continuité est essentiel pour expliquer la biodiversité actuelle car les processus biologiques des écosystèmes forestiers (surtout au niveau du sol) s'étalent sur des centaines d'années (Vallauri et *al.*, 2012). Ainsi ces forêts anciennes vont héberger des cortèges d'espèces spécifiques, notamment pour certains groupes (champignons, coléoptères saproxyliques, lichens, plantes à bulbes...) dont certaines espèces rares inféodées à ce type de boisement, d'où leur intérêt écologique. Les forêts anciennes ont une biodiversité souvent très diversifiée, notamment grâce à l'ancienneté du couvert boisé.

2. Etat de conservation

Pour rappel, le bon état de conservation des habitats est l'objectif final mentionné dans la directive « Habitats-Faune-Flore ». En outre l'« état de conservation favorable » est l'objectif à atteindre mais surtout à maintenir pour tous les habitats naturels (Carnino, 2009).

Les résultats ont clairement montré un très bon état de conservation des habitats forestiers étudiés, la note la moins élevée étant 80. Il faut néanmoins nuancer ces résultats qui sont peut-être surévalués (les « atteintes lourdes » n'ont pas été observés à l'échelle de la placette mais à l'échelle du site par manque de temps). Les notes globales sont particulièrement impactées par le manque, dans quelques sites, de Très Gros Bios Vivants (TGBV) qui sont propices aux micro-habitats. Néanmoins, on peut considérer que ce manque tendra à se réduire dans l'avenir, grâce à la mise en œuvre des contrats Natura2000 qui imposent la préservation de gros et vieux arbres.

Enfin, Durbon est le seul site impacté par la présence des grands ongulés. On a pu voir que les cerfs sont directement à l'origine d'un problème de renouvellement de la sapinière car ils se nourrissent notamment des jeunes sapins. Un réseau de placettes important a été mis en place sur le site depuis 2004 (environ 200 placettes) selon un protocole de l'ONCFS. Cette étude a mis en évidence l'impact du cerf élaphe (*Cervus elaphus*) sur la dynamique naturelle du sapin pectiné au sein du site. Des mesures de régulation ont été entreprises et depuis 2007 on peut remarquer sur le graphique (Annexe 9) une baisse sensible des indices de consommation et d'abrutissement. On peut donc penser que dans les années futures, l'état de conservation de la forêt va s'améliorer.

VI. Conclusion

Les forêts constituent un bien commun sur lesquelles reposent de multiples enjeux. Les enjeux économiques sont forts et la production de bois est nécessaire, surtout à l'heure de l'épuisement des sources d'énergie fossiles. Néanmoins la conciliation d'une sylviculture productive avec les enjeux environnementaux est nécessaire, notamment dans les forêts de montagne.

Notre étude a montré que la mise en œuvre d'une gestion durable et relativement extensive des forêts, comme c'est souvent le cas en zone de montagne, permet de conserver une importante capacité d'accueil de la biodiversité. En effet, on a mis en évidence des quantités très significatives de bois mort, bien supérieures aux moyennes des forêts françaises, mais également des arbres très riches en micro-habitats dans un contexte de gestion forestière parfois intensive (Boscodon, Magnane, Durbon, forêts les plus productives des Hautes-Alpes). Il est donc tout à fait envisageable de mettre en place des mesures favorisant la sénescence dans des forêts exploitées, soit par des directives nationales, soit par la contractualisation volontaire (grâce à la compensation financière du manque à gagner).

Nous avons vu que le bois mort ainsi que les gros arbres favorisent l'augmentation de la biodiversité forestière et contribuent à l'amélioration des processus écologiques. Pour que cela soit possible, il faut une vraie continuité structurelle du bois mort : cela passe par la présence sur une même parcelle de diamètres, de stades de décomposition et de types de bois différents (Christensen & Hahn, 2005 ; Lassauce *et al.*, 2011). La continuité spatio-temporelle des gros bois et du bois mort est également essentielle : à moyen terme il est nécessaire d'envisager la constitution d'une trame d'îlots de sénescence, d'îlots de vieillissement et d'arbres à micro-habitats.

Cette étude visait à mettre en évidence la pertinence des contrats Natura 2000 « Bois sénescents » pour la préservation de la biodiversité forestière. Si ce stage a permis d'établir l'état initial de ces forêts, ce n'est que dans quelques décennies que nous pourrions mettre en évidence l'effet bénéfique de ces contrats. De plus, la quantité de bois mort est déjà très importante dans certaines forêts, et on peut donc se demander si elle pourrait encore augmenter dans les années à venir. En revanche, le nombre d'arbres morts et de chandelles est encore faible, et il sera donc intéressant d'observer leur évolution lors de la prochaine campagne d'inventaire.

La multiplication des études semblables à l'échelle nationale (GNB, ...), montre une prise de conscience générale sur l'utilité des arbres réservoirs de biodiversité et du bois mort en forêt. De plus, les gestionnaires des forêts (l'ONF et le CRPF pour la France) imposent des directives rendant obligatoires le maintien de gros arbres et du bois mort. L'Allemagne a aussi mis en œuvre de telles mesures (Winter, 2008). Tout ceci est très encourageant pour l'avenir, et l'on peut penser qu'avec de telles initiatives, la protection de la biodiversité forestière devrait connaître une nette avancée dans les prochaines décennies.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
I. Présentation des structures	2
1. Office National des Forêts (ONF)	2
2. Réseau Natura 2000	3
II. Matériels et Méthodes	4
1. Les sites inventoriés	4
1. Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF)	6
a) Qu'est-ce que la dendrométrie ?	6
b) Que sont les micro-Habitats ?	6
c) Intérêt du protocole	6
d) Mise en place du protocole	7
Positionnement des placettes	7
Matériel	7
Mise en place et déroulement de l'inventaire	8
Les arbres vivants	8
Les Arbres Morts sur Pied	9
Les Bois Morts au Sol	9
Codification écologique	9
Etat de conservation du bois	11
e) Déroulement de l'inventaire	11
2. Protocole de suivi de l'état de conservation	11
3. Traitement des données	11
III. Résultats	12
1. PSDRF	13
a) La phase terrain : temps passés, difficultés rencontrés.	13
b) Données dendrométrique	13
Surface terrière totale par site	14
Arbres vivants de diamètre supérieur à 30cm	15
Arbres Vivants de diamètres inférieurs à 30cm	15
c) Richesse en bois mort	16
Bois Mort total	16
Bois mort total par essence	17
Bois Mort sur pied	17
Bois Mort au Sol (BMAS)	18
d) Richesse en micro-habitats	19
Nombre total de micro-habitats à l'hectare	19
Cavités	19
Loges	19
Fentes	20
Attaques de pics	21
Pourriture	21
Blessures	22
Champignons	22
Ecorces déhiscentes	23
Mousses	23
Lichens	24
Lierre	24
2. Etat de conservation	24
a) Sapet	25
b) Magnane	25
c) Boscodon	26
d) Poligny	26
e) Savournon	26
f) Durbon	27
IV. Discussions	27
1. PSDRF	27
a) Données dendrométriques	27
b) Richesse en Bois Mort	28
Un volume de bois mort total conséquent	28
Un capital de Bois Mort sur Pied très important surtout en gros bois de plus de 30cm de diamètre	29
Des volumes de Bois Morts au Sol (BMAS) contrastés selon les sites et dominés par le Petits Bois (PB)	29
Régénération	30

	<i>La richesse en micro-habitats.....</i>	<i>30</i>
	<i>Mousse et lichen</i>	<i>31</i>
	<i>La pourriture : un indicateur du bon état écologique de la forêt.....</i>	<i>31</i>
2.	Etat de conservation	32
V.	Conclusion.....	32

INDEX DES TABLES ET DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 Carte simplifiée de situation des sites	4
Figure 2 Futaie jardinée Figure 3 Futaie irrégulière par paquets.....	5
Figure 4 dendrotelme sur un hêtre, Jordan Fermaut	6
Figure 5 Matériels utilisés	8
Figure 6 Relations dynamiques entre l'état de conservation et les facteurs qui l'influencent	12
Figure 7 Axe de correspondance note / état de conservation	12
Figure 8 : chandelle à Savournon, Fermaut Jordan	28
Figure 9 BMAS à Savournon sur transect, Jordan Fermaut	29
Figure 10 Régénération de SP, EPC et MEE , J.FERMAUT	30
Figure 11 Buxbaumie verte, Jordan Fermaut.....	31
Figure 12 Lobaria pulmonaria, Bernd Haynold	31

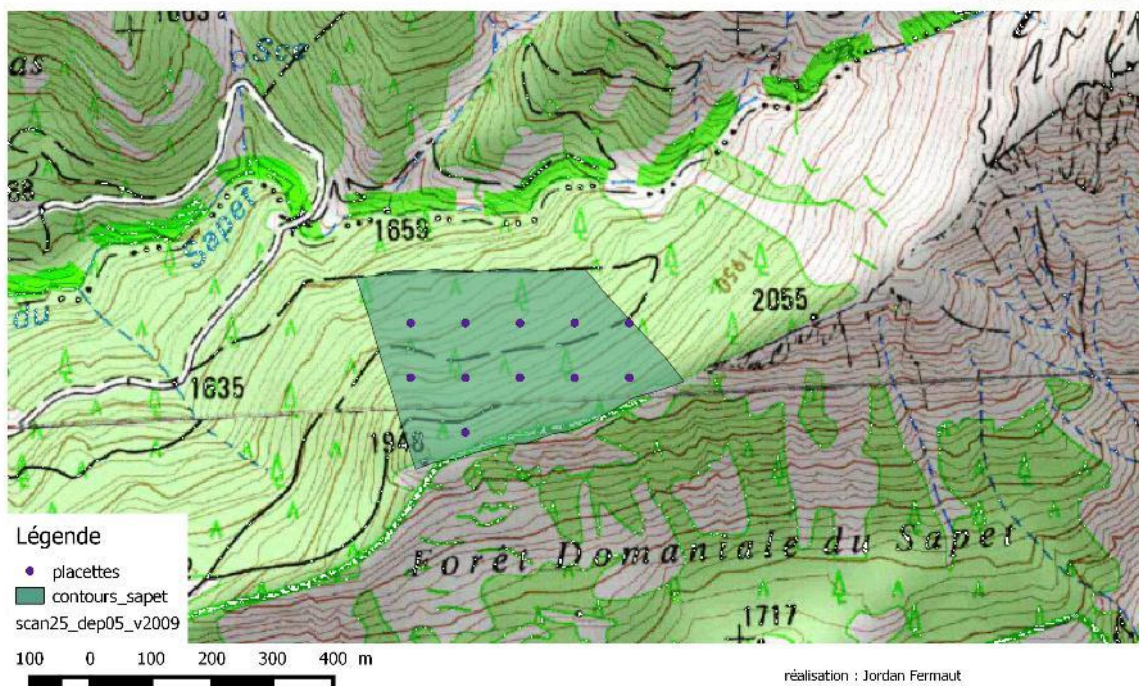
INDEX DES ANNEXES

Annexe 1 : Disposition des placettes	1
Annexe 2 : Tableau des relations biodiversité-micro-habitats (A. VUIDOT, 2009)	4
Annexe 3 : Classification écologique de l'ENGREF	5
Annexe 4 : Tableau d'analyse de l'état de conservation (Carnino, 2009)	6
Annexe 5 : tableaux maitres des critères d'exploitabilité des essences objectives	7
Annexe 6 : Régénération site du Sapet	9
Annexe 7 : Nombre de MH selon la gestion, l'essence et la vitalité de l'arbre (GNB, 2012)	9
Annexe 8 : Etat de conservation du bois et volume de bois morts par classe de diamètre	10
Annexe 9 : Pression du Cerf élaphe sur le sapin pectiné (ONCFS, 2012)	11
Annexe 10 : Cartes de Cassini des sites.....	11

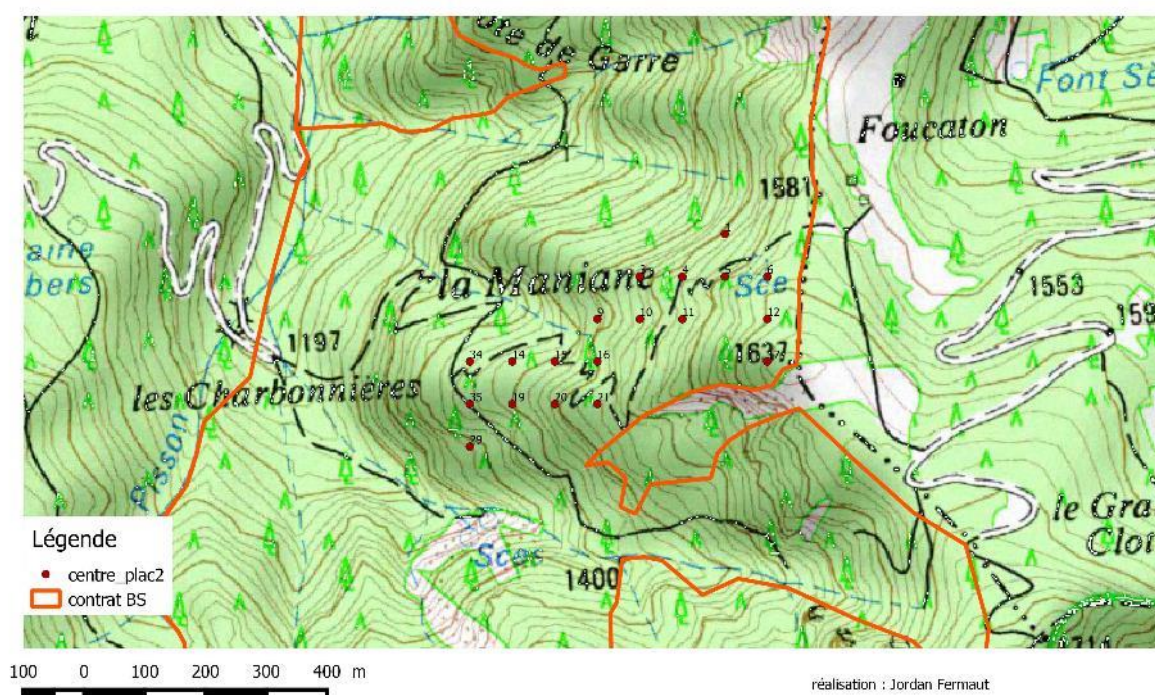
Annexe 1 : Disposition des placettes



Placettes PSDRF - Sapet

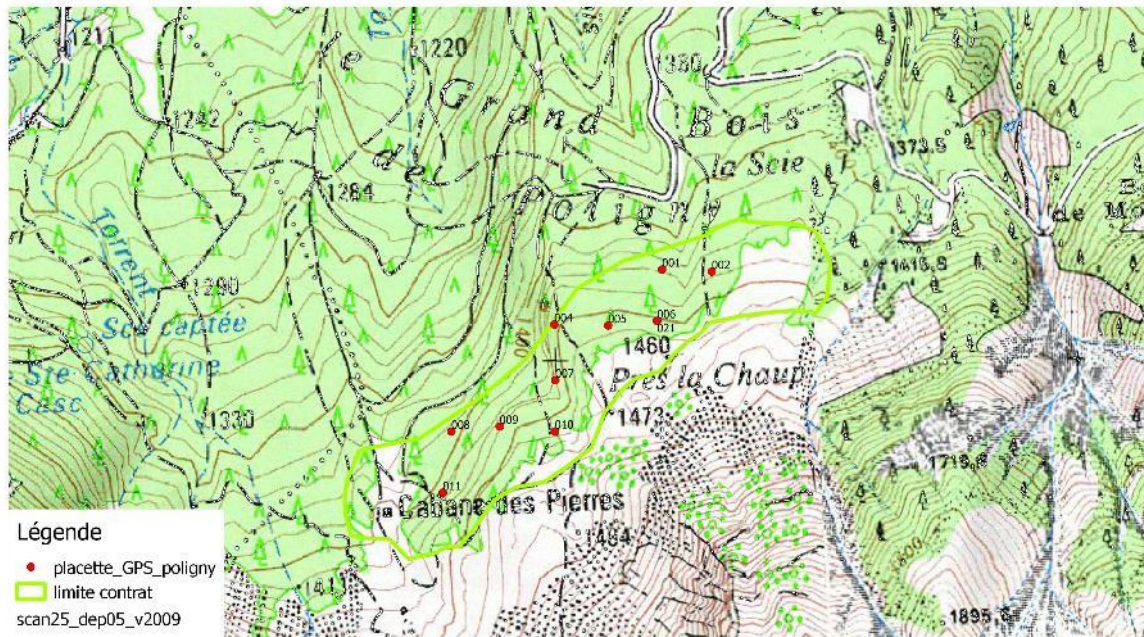


Placettes PSDRF - Magnane





Placettes PSDRF - Poligny

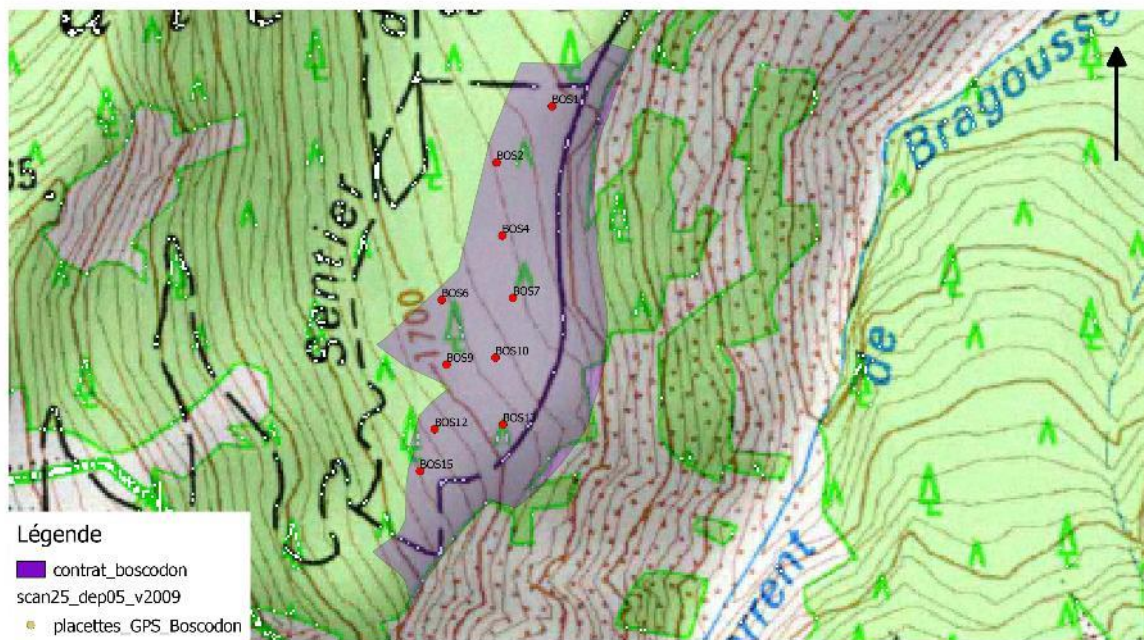


100 0 100 200 300 400 m

réalisation : Jordan Fernaut



Placettes PSDRF - Boscodon

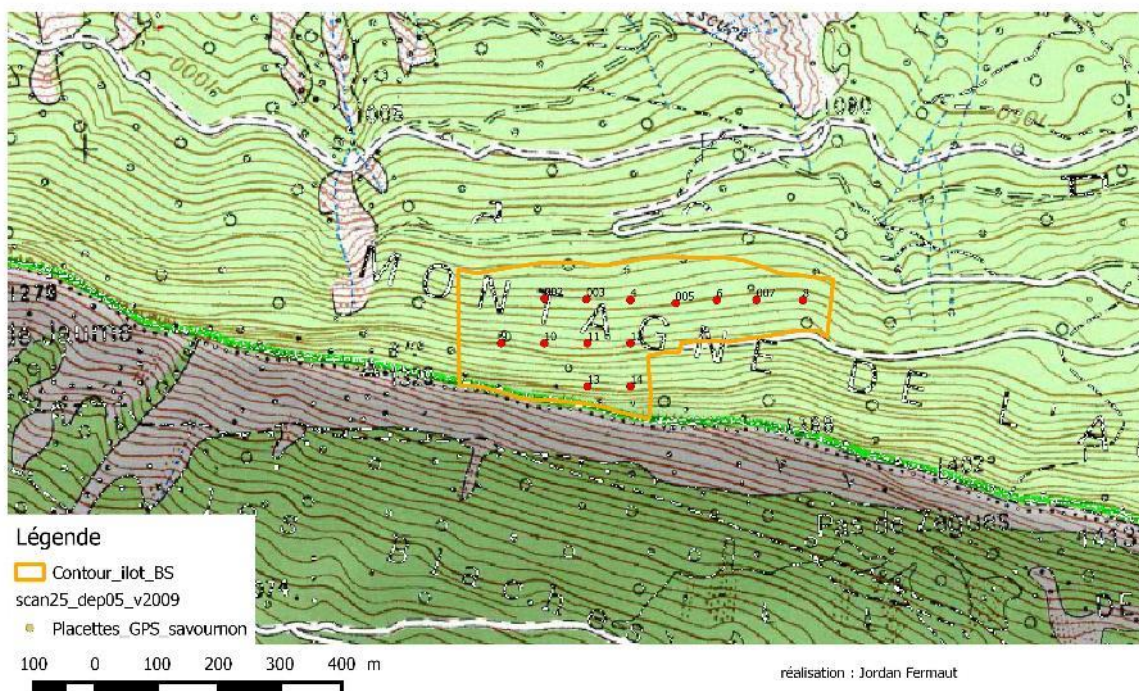


100 0 100 200 300 400 m

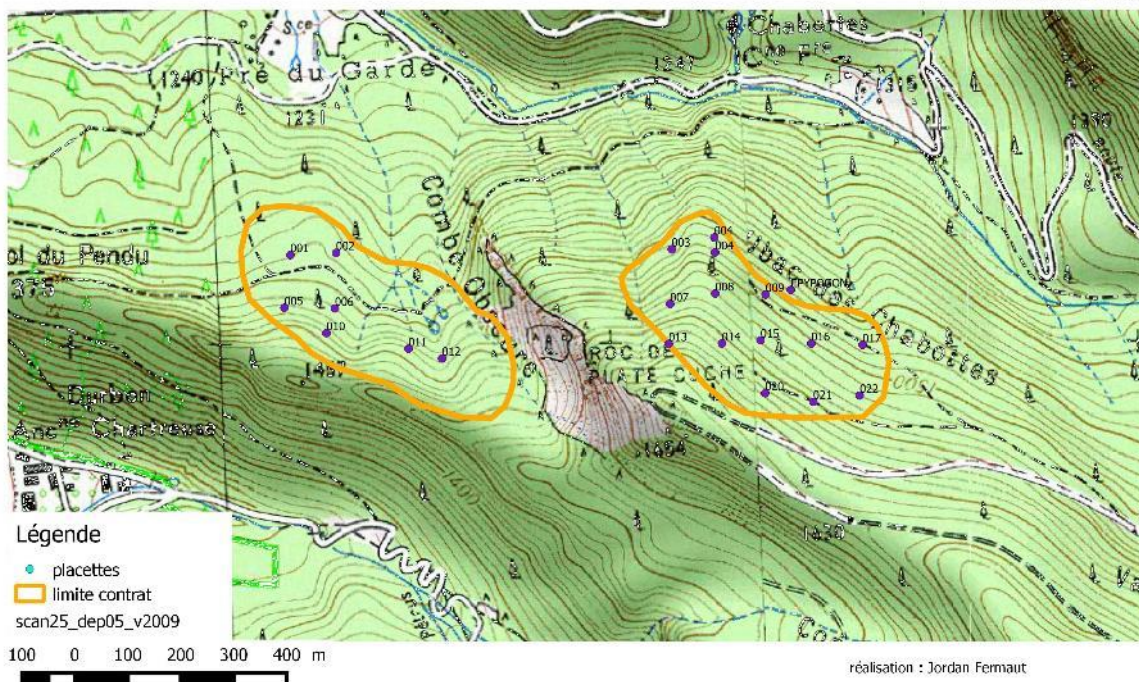
Réalisation : Jordan Fernaut



Placettes PSDRF - Savournon



Placettes PSDRF - Durbon



Annexe 2 : Tableau des relations biodiversité-micro-habitats (A. VUIDOT, 2009)

Relations entre biodiversité et les principaux microhabitats des arbres. Type de microhabitats et exemple d'organismes associés.

Microhabitats	Exemple d'organismes associés	Références bibliographiques
Arbres sénescents ou récemment morts de gros diamètres présentant un volume de bois mort (branches) important	-Nombreuses espèces de vertébrés (amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifère) - Invertébrés - Bryophytes - Lichens - Champignons lignicoles	Parks et <i>al.</i> , 1997 ; Blaustein et <i>al.</i> , 1995 ; Harmon et <i>al.</i> , 1986, Bruce et <i>al.</i> , 1985b Maser et <i>al.</i> , 1979
Arbres mort avec houppier et tronc intacts	Lichens et mousses spécifiques	Dudley et Vallauri, 2004
Tête de houppier brisée	Insectes spécialisés	Möller, 2005
Grosses branches servant comme perchoir et lieu de nidification	Nombreux oiseaux, écureuils	Dudley et Vallauri, 2004
Champignon : Fructification de polypore	-Invertébrés -interaction positive avec les Pics	Belmain et <i>al.</i> , 2002 Johansson et <i>al.</i> , 2006 Jackson et Jackson, 2004 Bull et <i>al.</i> , 1997 McClelland et <i>al.</i> , 1979.
Cavités de souche ou de pied	-Petits et gros mammifères - Chiroptères - Invertébrés -Oiseaux - Champignons	Parks et <i>al.</i> , 1997 Noble et <i>al.</i> , 1990 Winter and Möller, 2008 Martin et <i>al.</i> , 2004 Möller, 2005.
Cavités de tronc	- Oiseaux - Chiroptères - Autres Petits mammifères - Insectes	Boonman, 2000 Bobiec et <i>al.</i> , 2005 Scherzinger and Schumacher, 2004 Carlson et <i>al.</i> , 1998
Décollement d'écorce	-Chiroptères -Oiseaux -Invertébrés	Sondenaa, 1991 Vanhof et Gwilliam, 2007 Parks et <i>al.</i> , 1997 Winter et Möller, 2008
Fentes	Chiroptères, Arthropodes, Oiseaux	Grindal, 1999 Psyllakis and Brigham, 2006
Balais de sorcière	Oiseaux, Invertébrés	Bull et <i>al.</i> , 1997 Parks et <i>al.</i> , 1997

Annexe 3 : Classification écologique de l'ENGREF

codification ENGREF

Codes écologiques

Critères par localisation (*en présence absence*)

G	Cavité (gap)	Localisation : 1 Pied (<1m) 2 Fût 3 Houppier
H	Loge (house) (mettre autant de H que de loges)	
F	Fente (>1cm)	
A	Attaques de pics (pour consommation)	
P	Pourriture	
I	Blessure (injury)	
C	Champignon	
E	Ecorce déhiscente	>1/2 surface développée
B	Mouse (bryophyte)	
L	Lichen	
R	Lierre	

Branches mortes (en nombre)

- S Petites (small) - Diam = 5-10 cm
- X Moyennes - Diam = 10-30 cm
- Y Grandes - Diam >30 cm
- Z Ensemble du squelette (dans ce cas il n'est pas nécessaire de préciser le nombre)
(dès que S+X+Y > 10)

Autres codes :

- K Fourche (fork) (*uniquement si présomption de terreau*)
- T Tête cassée ou sèche
- D Individu dépérissant
- U Individu bas branchu, sinueux, tortueux
- J Individu en lisière, en bordure d'un chemin, d'un cloisonnement
- Q Individu situé à proximité de bois mort au sol (rôle de couvert)
- M1 Individu mort - Diam < 30 cm
- M2 Individu mort - Diam > 30 cm
- V Diversité en espèce autochtone
- W Diversité en structure verticale

Exemple

Arbre possédant un champignon au pied, une loge dans le houppier, dont l'écorce est déhiscente au pied et dans le houppier, avec 4 branches de petites tailles et une de taille moyenne

Code : c1h3e1e3s4yl

Annexe 4 : Tableau d'analyse de l'état de conservation (Carnino, 2009)

Critère	Indicateur	Modalité	Valeur
Intégrité de la composition dendrologique	% de recouvrement d'essences non typiques de l'habitat	Aucune essence non typique de l'habitat et aucune atteinte « lourde »	0
		1 à 5 % d'essences non typiques et aucune atteinte	-5
		5 à 15% d'essences non typiques ou moins de 15% d'atteinte(s)	-10
		15 à 30% d'essences non typiques ou 15 à 30% d'atteinte(s)	-30
Atteintes « lourdes » : espèces exotiques envahissantes, dégâts au sol, perturbations hydrologiques,...	% de recouvrement de l'atteinte	Plus de 30% d'essences non typiques ou plus de 30% d'atteinte(s)	-60
		5 TGB / ha et plus	0
		3 à 5 TGB / ha	-2
		1 à 3 TGB / ha	-10
Très gros arbres vivants	Quantité à l'hectare de très gros bois (TGB)	Moins de 1 TGB / ha	-20
		Forêts en futaie régulière ou taillis	0
		Plus de 30% de JP ou moins de 5% de JP	-10
		Pas de problème de régénération	0
Dynamique de renouvellement	Surface en jeune peuplement (futaie régulière et taillis) ou problème de régénération (autres cas)	Problème de régénération	-10
		Plus de 6 arbres de 35 cm (ou autre échelle si très gros diamètres soit environ 21 à 200 m ² /ha de bois mort en moyenne)	0
		3 à 6 arbres de plus de 35 cm / ha (soit environ 10 à 20 m ² /ha)	-2
		1 à 3 arbres de plus de 35 cm/ha (soit 5 à 10 m ² /ha)	-10
Bois mort	Présence d'insectes saproxyliques exigeants (Brustel 2004)	Moins d'1 arbre mort de plus de 35cm/ha (soit 0 à 5 m ² /ha)	-20
		Plus de 5 espèces très exigeantes (indice fonctionnel + indice patrimonial >= 5)	+2
		Présence d'espèces exigeantes : 1 à 4 espèces à Ip+If >= 5 et plus de 5 espèces à Ip+If >= 4	0
		Des prospections poussées n'ont pas permis de trouver d'espèces exigeantes : 0 espèces Ip+If >= 5 et moins de 5 espèces Ip+If >= 4	-2
Atteintes « diffuses dans le site » : Impact des grands ongulés de la surfréquentation, des incendies...	Dégâts sur la végétation dus à l'abandonnement, dommages dus à une surfréquentation humaine, impact des incendies...	Atteintes négligeables ou nulles	0
		Atteintes moyennes (ponctuelles, maîtrisées)	-10
		Atteinte(s) importante(s), dynamique de l'habitat remise en cause	-20

Tableau : Grille d'analyse des données

Légende : les seuils en rouge nécessitent d'être précisés par davantage d'expérimentations et d'analyses bibliographiques

N. CARNINO (MNHEN/ONF) - version 1.0, août 2009

Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers à l'échelle d'un site

Annexe 5 : tableaux maitres des critères d'exploitabilité des essences objectives

Tableau maître des critères d'exploitabilité pour la fonction déterminante de protection-production

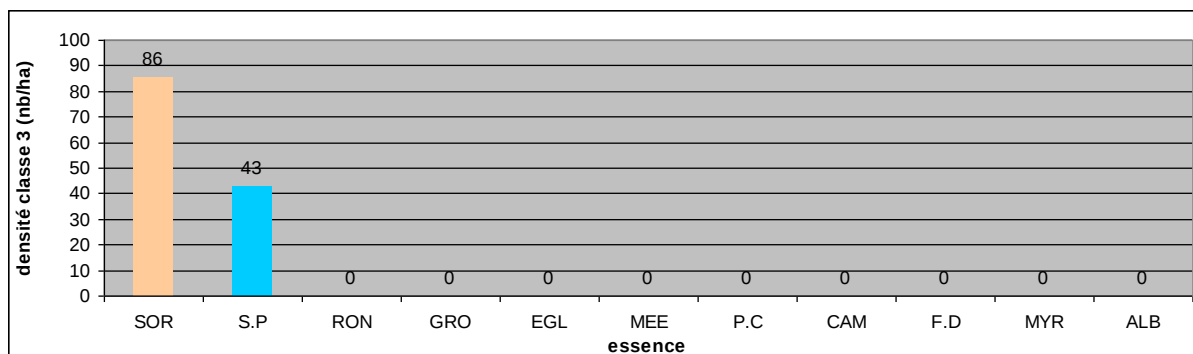
OBJECTIF DETERMINANT : Protection/Production									
Etage	Expo	Niveau de potential.	Essence objectif	Critères d'exploitabilité					
				Diamètre* optimum	Age indicatif	Diamètre* minimum	Age indicatif	Diamètre* maximum	Age indicatif
Subalpin	Adret	Fort	Mélèze	50-55	120-160	45-50	100-140	65	180
			Pin cembro	45-50	140-180	40	120-160	65	220
			Pin à crochets	35-40	120-160	30	100-140	45-50	200
		Moyen	Mélèze	50-55	140-200	40-45	120-160	65	240
			Pin à crochets	25-35	160-200	25	140-180	45	220
			Pin cembro	40-45	160-200	35	120-160	55	240
		Faible	Pin à crochets	20-30	160-200	15	120-160	40	240
			Mélèze	35-40	180-220	30	120-160	50	260
	Ubac	Fort	Mélèze	50-55	120-160	45-50	100-140	70	180
			Pin cembro	45	140-180	40	120-160	65	210
			Epicéa	40-50	120-160	40	80-100	60	180
		Moyen	Mélèze	50-55	140-200	40-45	120-160	65	240
			Pin à crochets	25-35	160-200	25	140-180	40	220
			Pin cembro	40-50	160-220	35	120-160	55	220
		Faible	Pin à crochets	20-35	160-200	15	120-140	40-45	240
			Mélèze	35-45	180-220	30	120-160	50-55	260
Montagn. moyen ou supérieur	Adret	Fort	Mélèze	50-55	100-140	45-50	80-120	65	180
			Pin sylvestre	35-45	120-140	35	100-120	55	180
			Hêtre	40-45	100-140	30	80-100	60	180
			Pins noirs	35-45	80-100	30	60-80	50	130
		Moyen	Mélèze	50-55	140-200	45	120-160	65	220
			Pin sylvestre	40-45	120-160	35	100-140	50	160
			Hêtre	35-40	120-140	30	80-120	55-60	180
			Pins noirs	35-40	100-120	25	80-100	45	140
		Faible	Pin sylvestre	25-35	120-160	20	80-120	40	180
			Mélèze	35-40	140-220	30	100-140	50	250
			Hêtre	25-35	120-160	25	100-120	45	180
			Pin à crochets	20-35	120-140	15	80-100	35-40	160
	Ubac	Fort	Mélèze	50-55	100-140	45-50	80-120	65	160
			Sapin pectiné	45-50	100-140	40	80-100	60	180
			Epicéa	45-50	80-120	40	60-80	55	160
			Pin sylvestre	40-45	120-140	35	100-120	55	180
			Hêtre	40-45	100-140	35	80-100	60	160
			Pin cembro	40-50	160-220	40	140-160	55	220
		Moyen	Mélèze	50-55	140-200	45	120-160	65	240
			Sapin pectiné	45-50	120-160	35-40	80-120	55	180
			Epicéa	40-45	100-140	35-40	80-100	50	160
	Faible		Pin sylvestre	40-45	120-160	35	80-120	50	180
			Hêtre	30-40	120-140	25-30	80-120	45	160
			Pin sylvestre	20-35	120-150	15-20	80-120	40	180
			Hêtre	30-35	120-160	25	80-120	40	180
			Pins noirs	25-35	100-120	20	80-100	40	140
			Pin à crochets	25-35	120-160	20	80-120	40	180

* NS : Diamètre non significatif (taillis)

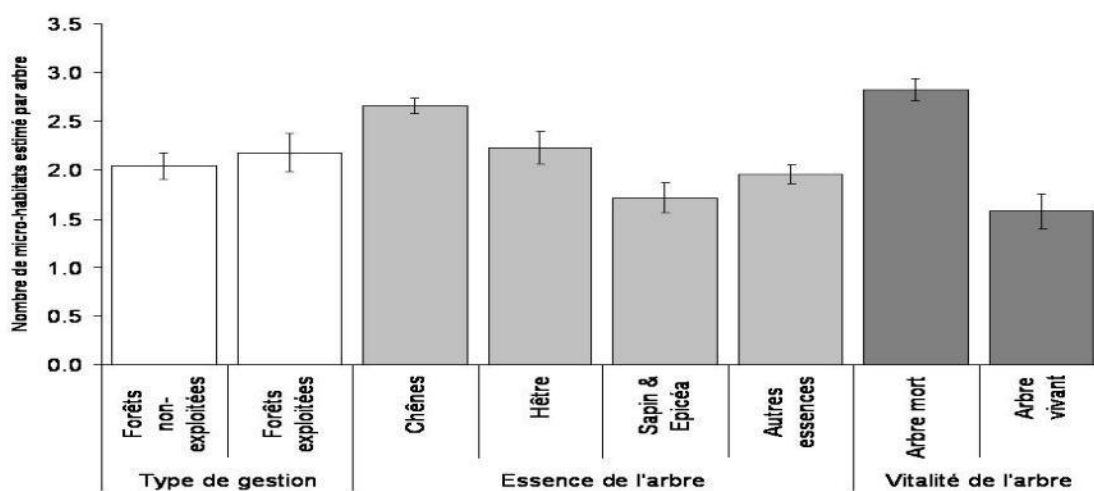
OBJECTIF DETERMINANT : Protection/Production									
Etagé	Expo	Niveau de potential.	Essence objectif	Critères d'exploitabilité					
				Diamètre* optimum	Age indicatif	Diamètre* minimum	Age indicatif	Diamètre* maximum	Age indicatif
Mont. Inf	Adret	Fort	Pin sylvestre	40-45	100-140	35	80-100	55	180
			Hêtre	40-45	100-140	25-30	80-100	55	180
			Pins noirs	40-45	80-100	35	80	55	140
			Cèdre	40-50	100-120	40	100	60	140
		Moyen	Pin sylvestre	35-40	120-140	30	80-100	45-50	160
			Hêtre	35-40	120-140	25	80-100	45	160
			Pins noirs	35-40	100-120	25-30	80-100	45-50	140
		Faible	Pin sylvestre	20-35	120-140	15	80-100	40	180
			Hêtre	25-35	140-160	20	100-120	40	180
			Pin noir d'Autr.	25-35	100-120	20	80	40-45	140
	Ubac	Fort	Sapin pectiné	45-55	100-140	40-45	80	60	160
			Mélèze	50-55	100-140	45	80	65	160
			Hêtre	40-45	100-140	35	80-100	55	160
			Pin sylvestre	45-50	100-140	35	80-100	55	160
			Pins noirs	40-45	80-100	35	70-80	55	120
		Moyen	Sapin pectiné	40-45	100-120	35	70-80	55	160
			Mélèze	50-55	140-160	45	100-120	60	180
			Hêtre	35-40	120-140	30	100-120	45	160
			Pin sylvestre	40-45	120-140	30	100	50	160
			Pins noirs	40	100-120	35	80	45	140
		Faible	Hêtre	30-40	140-160	20	100-120	45	180
			Pin sylvestre	25-35	120-140	20	80-100	40	160
Supra- méditerr.	Adret	Fort	Cèdre	45-50	100-130	40	100	65	150
			Pins noirs	40-45	80-100	30	70-80	55	140
			Pin sylvestre	40-45	80-120	30	70-80	50	140
			Sapins méditer.	45-50	120	40	100	55	150
			Douglas	45-50	80	40	60	55	100
			Noyer	45-50	80	40	60	55	100
			Feuillus divers	40-45	80-100	30	70-80	50	120
		Moyen	Pins noirs	35-40	100-120	30	80	45	140
			Pin sylvestre	30-40	100-140	25	80-100	45-50	160
			Cèdre	35-45	110-130	35	110	50-55	150
		Faible	Chêne (taillis) pubescent	NS	80	NS	NS	NS	100
			Pin sylvestre	25-30	100-120	20	80	35	140
			Pin noir d'Autr.	25-35	100-120	20	80	35-40	140
	Ubac	Fort	Cèdre	45-50	100-120	40	100	55-60	150
			Pins noirs	40-45	80-100	35	70-80	50-55	140
			Sapins méditer.	45-50	120-130	40	100	55	150
			Douglas	50-55	80	45	60	55-60	100
			Noyer	45-50	80	40	60	55	100
		Moyen	Pins noirs	35-40	100-120	30	80	45-50	140
			Pin sylvestre	30-45	120	25	80-100	50	140
			Cèdre	35-45	100-130	35	100	50-55	150
		Faible	Chêne (taillis) pubescent	NS	60	NS	NS	NS	80
			Pin sylvestre	25-30	100-120	20	80	35-40	140
			Pin noir d'Autr.	25-30	100-120	20	80	35-40	140

* NS : Diamètre non significatif (taillis)

Annexe 6 : Régénération site du Sapet



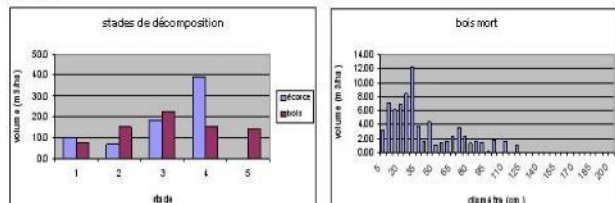
Annexe 7 : Nombre de MH selon la gestion, l'essence et la vitalité de l'arbre (GNB, 2012)



Annexe 8 : Etat de conservation du bois et volume de bois morts par classe de diamètre

Les graphiques suivants indiquent l'état de conservation du bois mort selon 2 critères : l'écorce (notée sur 4) bois (noté sur 5), plus les stades sont élevés et plus le bois est décomposé, l'état de décomposition est donné en m³/ha (graphiques de gauche). Les graphiques de droites indiquent les volumes de bois morts en m³/ha pour chaque classe de diamètre en cm.

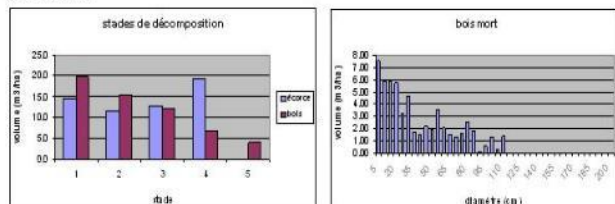
SAPET



La majorité du bois est décomposé à plus de la moitié de sa surface car beaucoup de stades 3, 4 et 5.

Les bois morts sont majoritairement de diamètre 40 cm donc relativement gros, de plus il y a quelques très gros diamètres : 125 cm.

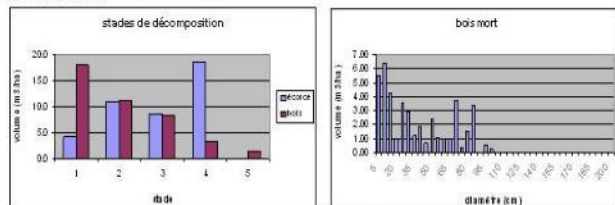
MAGNANE



Ici, les bois sont globalement moins décomposés avec plus de stades 1 et 2.

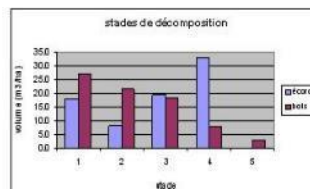
Les BM sont plutôt petits : beaucoup de 5 à 35 cm mais quelques très gros diamètres : 115 cm de maximum.

SAVOURNON

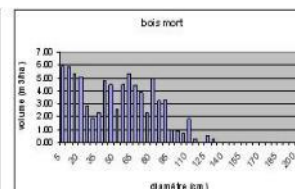


Ici, les bois sont globalement moins décomposés avec plus de stades 1 et 2.

Les BM sont plutôt petits : beaucoup de 5 à 35 cm mais quelques très gros diamètres : 100 cm de maximum et une grosse quantité de BM de 75 à 90 cm.

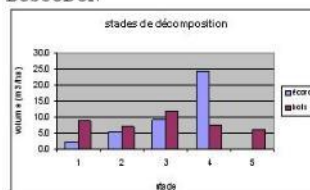


Ici, les bois sont moyennement décomposés avec plus de stades 2 et 3.

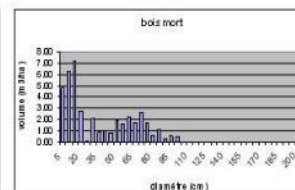


Grandes variations : Beaucoup de petits bois : 5 à 25 cm mais également quelques très gros diamètres : 100 cm de maximum et une grosse quantité de gros BM de 45 à 95 cm.

BOSCODON

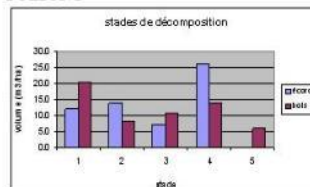


Ici, c'est assez homogène avec globalement le même volume pour tous les stades.

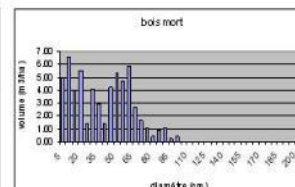


Les BM sont plutôt très petits : beaucoup de 5 à 20 cm mais quelques très gros diamètres : 100 cm de maximum.

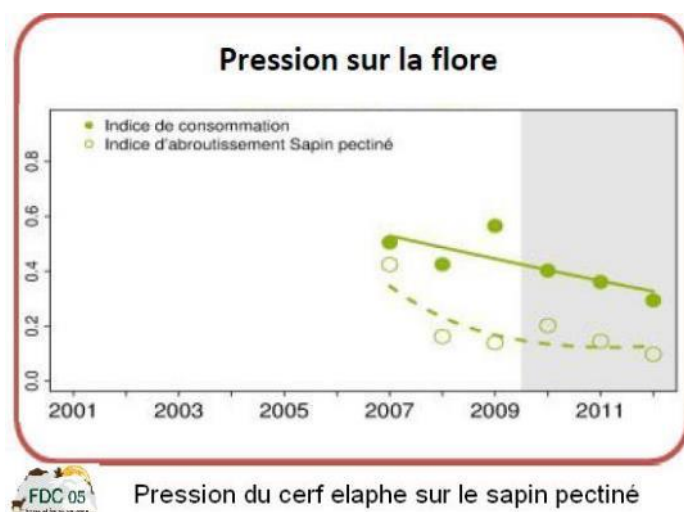
POLIGNY



On retrouve beaucoup de stade 1 et 4, donc l'état de décomposition est assez hétérogène.



Annexe 9 : Pression du Cerf élaphe sur le sapin pectiné (ONCFS, 2012)



Annexe 10 : Cartes de Cassini des sites





Carte de Cassini - Sites de la Magnane et Boscodon



Carte de Cassini - site de Savournon



Carte de Cassini - site de Durbon



Carte de Cassini - site de Poligny

Résumé

Le bois morts en forêt ainsi que les gros arbres sont indispensables à la biodiversité forestière. A partir de ce constat, des contrats de protection ont été mis en place afin de promouvoir les gros bois et les bois morts. Le but de l'étude présenté ici, est de mettre en application différents protocoles afin d'établir un « état zéro » de la biodiversité. Le Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestière a été mis œuvre sur six sites Natura 2000 dans les Hautes-Alpes pour obtenir les volumes de bois morts et de bois vivant, la régénération du peuplement et surtout de faire un inventaire des micro-habitats susceptibles d'abriter cette faune si importante. Dans un même temps, la Méthode d'Evaluation de l'Etat de Conservation des Habitats Forestiers a également été appliquée afin de mettre en évidence l'état de conservation écologique de ces milieux.

Les résultats ont montré une quantité importante de bois morts et beaucoup de gros arbres porteurs de micro-habitats. Néanmoins un déficit d'arbres morts sur pied est à souligner. Il sera donc important de voir l'impact des mesures de protections lors de la prochaine phase de terrain.

Mots-clefs : bois mort, sénescence, micro-habitats, biodiversité, conservation des milieux, dendrométrie, gestion forestière.

Abstract

The dead wood in forest and large trees are essential for forest biodiversity. Suddenly, protection contracts were put in place to promote the large wood and dead wood. The aim of the study, is to implement different protocols to establish a "zero state" of biodiversity. Protocol Monitoring of Forest Reserves dendrometric has been implemented in six Natura 2000 sites in the Hautes-Alpes for get the volumes of dead wood and live wood, stand regeneration and especially to make an inventory of microhabitats, important for wildlife. At the same time, the Method Evaluation of the State of Conservation of Habitats Forest has also been applied to demonstrate the state of ecological conservation of these environments.

The results showed a significant amount of dead wood and many large trees with microhabitats. Nevertheless, a deficit of dead trees standing is noteworthy. It will be important to see the impact of protective measures for the next field phase.

Key words : deadwood, senescence, micro-habitats, biodiversity, conservation areas, mensuration, forest management.