



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 06/09/2010

Philippe, BALLON ; Ingénieur de recherche (Cemagref).

Jean-Pierre, HAMARD ; Ingénieur d'étude (Cemagref).

Bernard, AMIAUD ; Maître de conférences (INPL).

Cemagref, Domaine des Barres, 45 290 Nogent-sur-Vernisson.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Jean-Jacques TOLRON, Directeur régional du Cemagref Centre et Bourgogne, pour son accueil dans le centre de Nogent-sur-Vernisson afin que je réalise ce stage de Master 2.

Mes remerciements s'adressent également à Messieurs Philippe BALLON, Chef d'équipe Interactions Forêt Ongulés Activités Humaines et Jean-Pierre HAMARD, Ingénieur d'étude, pour leurs soutiens, leurs conseils et leurs dévouements apportés tout au long de ce stage.

Je souhaite également remercier Monsieur François KLEIN, Responsable du C.N.E.R.A. Cervidés et Sanglier pour son appui.

Je donne aussi toute ma reconnaissance à Monsieur Jean-Michel LETZ (Technicien supérieur) pour son partage de la connaissance historique de la zone sommitale du Donon, ainsi qu'à Monsieur Denis BIRKENSTOCK (Technicien supérieur).

Je tiens aussi à remercier Monsieur Rémy EME, stagiaire BTA Gestion de la Faune Sauvage, pour son soutien dans la réalisation des placettes d'inventaires lors de la phase de terrain.

Enfin, ma reconnaissance s'adresse également à l'ensemble du personnel du Cemagref de Nogent, équipé Interactions Forêt Ongulés Activités Humaines, pour son implication dans les relevés de terrain ainsi qu'aux agents techniques de l'ONF pour leurs renseignements forestiers.

LISTE DES ABREVIATIONS

- A.C.M.** : Analyse des Correspondances Multiples.
- B.T.A.** : Brevet de Technicien Agricole.
- C.E.M.A.G.R.E.F.** : Centre d'Etude du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et Forêts.
- C.N.E.R.A.** : Centre National d'Etudes et de Recherches Appliquées.
- C.N.R.S.** : Centre National de la Recherche Scientifique.
- C.O.P.I.L.** : COmité de PIlotage.
- C.O.T.E.C.H.** : COmité TECHnique.
- D.C.A.** : Detrended Correspondance Analysis
- E.P.S.T.** : Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique.
- E.R.D.F.** : Electricité Réseau Distribution France.
- E.R.T.** : Equipe de Recherche Technologique.
- EurAqua** : réseau européen sur les eaux continentales.
- G.F.S.** : Gestion de la Faune Sauvage.
- G.L.M.** : Modèle Linéaire Généralisé
- I.F.N.** : Inventaire Forestier National.
- I.N.P.L.** : Institut National Polytechnique de Lorraine
- I.N.R.A.** : Institut National de la Recherche Agronomique.
- M.A.P.** : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.
- M.E.S.R.** : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
- M.N.T.** : Modèle Numérique de Terrain
- O.N.C.F.S.** : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.
- O.N.F.** : Office National des Forêts.
- P.C.R.D.** : Programmes Cadres de Recherche et de Développement.
- P.E.E.R.** : Partnership for European Environmental Research.
- P.R.E.S.** : Pôles de Recherche et d'Enseignement Supérieur.
- R.O.C.** : Receiver Operatting Characteristics
- S.I.G.** : Système d'Information Géographique.
- U.M.R.** : Unités Mixtes de Recherche.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

I.	INTRODUCTION.....	1
II.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	2
A.	PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL ET DE SES MISSIONS	2
1.	<i>Statut.....</i>	2
2.	<i>Organisation.....</i>	2
3.	<i>Missions.....</i>	2
4.	<i>Vocations.....</i>	2
B.	CONTEXTE DE L'ETUDE	3
1.	<i>Historique de la zone d'étude.....</i>	3
2.	<i>Mise en place de l'observatoire et situation actuelle.....</i>	3
C.	LES MISSIONS ET LES OBJECTIFS DU STAGE.....	4
III.	MATERIEL ET METHODES.....	5
A.	DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE	5
1.	<i>Situation géographique</i>	5
2.	<i>Les facteurs écologiques</i>	5
a)	Topographie et Hydrographie	5
b)	Géologie et Pédologie	5
c)	Climat	5
3.	<i>Formations végétales et aménagements forestiers.....</i>	5
4.	<i>Populations de cervidés</i>	6
B.	METHODES D'ETUDE	7
1.	<i>Analyse de l'impact des cervidés sur la flore.....</i>	7
2.	<i>Analyse de l'impact des cervidés sur la régénération forestière</i>	7
a)	Identification et inventaire des formations forestières par photo-interprétation	7
b)	Elaboration de la stratégie d'échantillonnage	8
c)	Procédures d'inventaire sur le terrain.....	8
(1)	Le protocole abroustissement	8
(2)	Le protocole écorçage	9
d)	Formulation des diagnostics sylvicoles.....	10
e)	Création d'une base de données	10
C.	ANALYSES STATISTIQUES	10
1.	<i>L'analyse descriptive.....</i>	10
2.	<i>Les analyses explicatives.....</i>	11
a)	Impact des cervidés sur la flore.....	11
b)	Impact des cervidés sur la régénération forestière	11
IV.	RESULTATS	12
A.	L'EVOLUTION DE LA DYNAMIQUE FORESTIERE SUR LES 30 DERNIERES ANNEES	12
B.	IMPACT DES CERVIDES SUR LA FLORE (ETUDE ENCLOS/EXCLOS)	12
1.	<i>Résultats généraux</i>	12
a)	Etude comparative d'indicateurs de la diversité floristique entre enclos et exclos 12	
b)	Analyse descriptive générale.....	13
c)	Liaison entre la richesse spécifique et la surface d'échantillonnage.....	13
2.	<i>Distribution des espèces entre enclos/exclos</i>	14

3.	<i>Incidence de l'abrouissement sur la hauteur de la callune et de la myrtille</i>	15
C.	INVENTAIRE DE DEGAT	16
1.	<i>Diagnostic abrouissement</i>	16
a)	Bilan général	16
b)	La régression logistique	17
c)	Principaux enseignements	19
2.	<i>Diagnostic écorçage</i>	19
a)	Bilan général	19
b)	La régression logistique	20
c)	Principaux enseignements	20
V.	DISCUSSION	21
A.	L'IMPACT DES CERVIDES SUR LA FLORE	21
B.	L'IMPACT DES CERVIDES SUR LA REGENERATION FORESTIERE	21
VI.	PROPOSITIONS DE GESTION	23
VII.	CONCLUSION	24
VIII.	BIBLIOGRAPHIE	25
ANNEXES		

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : TABLEAU RECAPITULATIF DU NOMBRE DE RELEVES PAR PROCEDURE D'INVENTAIRE	10
TABLEAU 2 : LISTE DES ESPECES SIGNIFICATIVEMENT FAVORISEES DANS LES ENCLOS ET DANS LES EXCLOS	14
TABLEAU 3 : REPARTITION DES POINTS D'INVENTAIRES ENTRE LES DIFFERENTES ZONES HOMOGENES	16
TABLEAU 4 : SYNTHESE DES DEGATS RELATIFS A L'ABROUTISSEMENT (NOMBRE DE TIGES)	16
TABLEAU 5 : REPARTITION DU DIAGNOSTIC SYLVICOLE CONCERNANT L'ABROUTISSEMENT PAR REGION ET PAR STATION (EN NOMBRE DE PLACETTES)	16
TABLEAU 6 : RECAPITULATIF DU MODELE ABROUTISSEMENT SANS PROBLEME / INCERTAIN ET COMPROMIS	17
TABLEAU 7 : RECAPITULATIF DU MODELE ABROUTISSEMENT INCERTAIN / COMPROMIS	18
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES DEGATS RELATIFS A L'ECORÇAGE (NOMBRE DE TIGES)	19
TABLEAU 9 : REPARTITION DU DIAGNOSTIC SYLVICOLE CONCERNANT L'ECORÇAGE PAR REGION ET PAR STATION (EN NOMBRE DE PLACETTES)	19
TABLEAU 10 : RECAPITULATIF DU MODELE ECORÇAGE SANS PROBLEME / INCERTAIN ET COMPROMIS	20
TABLEAU 11 : RECAPITULATIF DU MODELE ECORÇAGE INCERTAIN / COMPROMIS	20

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : EVOLUTION DES ZONES OUVERTES	12
FIGURE 2 : DCA PAR DISPOSITIFS	13
FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE MOYENNE A DIFFERENTES SURFACES D'OBSERVATION (ENSEMBLE DES DISPOSITIFS)	13
FIGURE 4 : DISTRIBUTION DES ESPECES VEGETALES EN ENCLOS ET EN EXCLOS	14
FIGURE 5 : REPARTITION EN HAUTEUR DE LA CALLUNE SUR L'ENSEMBLE DES DISPOSITIFS ENCLOS/EXCLOS	15
FIGURE 6 : REPARTITION EN HAUTEUR DE LA MYRTILLE SUR L'ENSEMBLE DES DISPOSITIFS ENCLOS/EXCLOS	15
FIGURE 7 : COURBE DE ROC (SANS PROBLEME / INCERTAIN ET COMPROMIS)	18
FIGURE 8 : COURBE DE L'INCERTITUDE EN FONCTION DU SEUIL (SANS PROBLEME / INCERTAIN ET COMPROMIS) ...	18
FIGURE 9 : COURBE DE ROC (INCERTAIN / COMPROMIS)	18
FIGURE 10 : COURBE DE L'INCERTITUDE EN FONCTION DU SEUIL (INCERTAIN / COMPROMIS)	18

I. INTRODUCTION

En France, depuis ces dernières décennies, les populations de grands animaux (notamment cerf et chevreuil) ne cessent d'augmenter. Ces augmentations sont dues à l'accroissement des surfaces forestières, à l'instauration des plans de chasse et la diminution de la pression des prédateurs. Les impacts associés à la présence de ces ongulés peuvent affecter différents groupes d'espèces végétales (graminées, semis d'essences forestières,...).

Au niveau des régénérations forestières, les dégâts sont de trois types :

- L'abroustissement, impact de type alimentaire sur des stades semis à gaulis a pour effet de limiter la densité de tiges, leur croissance en hauteur et la densité du feuillage. La sélectivité des cervidés vis-à-vis des essences forestières dépend de la nature de l'essence et de la saison (Hoffmann G., 1977 ; Gill R.M.A., Beardall V., 2001).

- L'écorçage des gaulis et des perchis, impact également alimentaire, spécifique à l'espèce cerf, peut-être localement important. Il intervient plutôt l'hiver car le manque de nourriture durant cette période pousse les animaux à consommer l'écorce des arbres (Hoffmann G., 1977).

- Le frottis, dégât de type comportemental intervient essentiellement sur les tiges de faible diamètre. Il consiste au frottement des bois du mâle sur les tiges pour marquer son territoire de manière visuelle et olfactive. (Hoffmann G., 1977 ; Gill R.M.A., 1992).

Plus généralement, l'impact des cervidés s'observe également sur la diversité floristique. En effet, ces herbivores peuvent exercer une pression de sélection sur certaines espèces et diminuer de manière significative la richesse spécifique (Stockton S.A. et al, 2005). De plus, ils ont montré qu'une augmentation de l'abroustissement entraîne une diminution du nombre de taxons observé, ainsi qu'une diminution du taux de recouvrement du couvert végétal. En Europe, des résultats similaires ont été montrés (Gill R.M.A., Beardall V., 2001).

De plus, les cervidés peuvent influencer la végétation basse en l'homogénéisant (Rooney T. P., 2009). La variation de 65 % du couvert entre enclos et exclos s'explique par la présence des cervidés. Au sein de la végétation basse des enclos, on retrouve principalement des arbres, des dicotylédones et des fougères alors que dans les exclos, les carex, les graminées et les joncs constituent les principales espèces présentes. De plus, l'indice de Shannon montre une différence de diversité entre enclos et exclos qui s'élève à 67 %. (Rooney T.P., Waller D.M., 2003 ; Tremblay J-P. et al., 2007).

Enfin, les cervidés peuvent modifier le contenu de la strate arborescente car ils possèdent des préférences d'abroustissement ; ils consomment les espèces les plus appétentes (Tremblay J-P. et al., 2007). La réponse des espèces face à cet abroustissement diffère. Ainsi, la composition de la végétation entre l'étage dominant et le sous-étage diffère également (Zachary T. L., et al., 2007). Le recrutement des futures espèces dans l'étage dominant se fera sur les espèces les plus tolérantes à l'abroustissement en sous-étage.

Sur l'ensemble du massif du Donon (70 000 ha), l'impact des populations de cervidés est important et notamment sur la partie sommitale (900 ha). Ce milieu très pauvre souffre d'une présence excédentaire des cervidés depuis une trentaine d'années (Letz, 2004). Une structure de gestion dénommée Observatoire du Donon, coordonné par l'ONCFS, a été mise en place pour faire un diagnostic de la situation puis résoudre les problèmes. Au niveau de notre zone d'étude, les enjeux sont particulièrement importants eu égard aux divergences de points de vue entre forestiers et chasseurs.

II. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

A. Présentation de l'organisme d'accueil et de ses missions

1. Statut

Le Cemagref est un établissement public à caractère scientifique et technologique (EPST) créé en 1985. Il est placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR) et du ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP).

2. Organisation

Il possède trois départements scientifiques (Eaux, Ecotechnologies et Territoires) qui structurent les 20 unités de recherches propres, 5 unités mixtes de recherches (UMR) et une équipe de recherche technologique (ERT). Chaque unité de recherche est placée sous la responsabilité fonctionnelle de l'un des chefs de département ou de la direction scientifique, et sous la responsabilité hiérarchique du directeur régional du lieu d'implantation. Chacune des unités de recherche est constituée d'équipes bien identifiées qui assurent la mise en œuvre partielle ou totale d'un thème de recherche (Ex. TR SEDYVIN Systèmes écologiques terrestres : dynamiques, vulnérabilités et ingénieries auquel est rattaché mon sujet d'étude).

Le Cemagref se compose de neuf directions régionales métropolitaines, comme celle du centre de Nogent-sur-Vernisson (45), qui m'a accueilli en stage et un centre en Martinique. Le centre de Nogent-sur-Vernisson possède une unité de recherche appelé Ecosystèmes forestiers et 4 équipes composent cette unité : i) Ressources génétiques des arbres forestiers ; ii) Forêts hétérogènes ; iii) Interactions gestion forestière et biodiversité spécifique et iv) Interactions Forêt ONgulés Activités Humaines à laquelle j'ai été intégré lors de mon arrivée.

Son budget annuel pour 2010 s'élève à 110 millions d'euros dont 27 % de ressources propres. Il compte également plus de 1 400 personnes, statutaires et contractuelles, 500 chercheurs, 200 doctorants et 40 post-doctorants. Ces moyens financiers et humains lui permettent annuellement de négocier plus de 300 contrats de recherche, de publier plus de 400 articles et rapports et d'assurer quelques 10 000 heures d'enseignement supérieur.

3. Missions

Le Cemagref conduit une recherche environnementale à l'échelle du territoire, et se focalise sur trois grands défis sociétaux : la gestion durable des eaux et des territoires, les risques naturels et la qualité environnementale.

Les équipes pluridisciplinaires de chercheurs et d'ingénieurs travaillent sur l'adaptation au changement global, associant les sciences expérimentales, les sciences économiques et sociales et la science informatique (modélisation, intégration de données).

4. Vocations

Depuis 2006, le Cemagref est labellisé "Institut Carnot" et lui apporte un gage de qualité dans la recherche partenariale (ErDF, Véolia, ainsi que des petites et moyennes entreprises) et l'innovation. Le Cemagref travaille également avec des organismes de recherches tels que l'I.N.R.A, le C.N.R.S. entre autre, mais aussi avec des universités sur des thématiques communes ou interdisciplinaires. Il s'associe également aux pôles de recherche et d'enseignement supérieur (PRES) proches de ses implantations géographiques.

Il contribue à des missions d'expertises, de conseils et d'appuis à la décision publique, à la demande des administrations déconcentrées et des collectivités territoriales.

En Europe, le Cemagref connaît un taux de succès élevé aux appels à projets des programmes cadres de recherche et de développement (PCRD). Membre français du réseau PEER, le Cemagref préside également le réseau européen sur les eaux continentales (EurAqua).

B. Contexte de l'étude

1. Historique de la zone d'étude

L'origine des Hautes Chaumes est très ancienne car lors de la donation par Childeric (661), elles étaient déjà désignées comme "Summae Campaniae". Puis elles sont rachetées et soumises au régime forestier par les Domaines le 31 mai 1846 et incorporées à la forêt Domaniale du Val de Senones en 1866.

Avant la révolution, ces Hautes Chaumes étaient louées tous les 3 ans à deux fermiers qui demeuraient aux deux marcaireries des Hautes Chaumes et de Barfontaine. L'entretien consistait au brûlage tous les trois ans des bruyères qui ne cessaient d'envahir le pâturage. Après son rachat par les Domaines en 1846 et jusqu'en 1860, elles furent plantées d'épicéa pur car cette essence est plus appropriée à ces stations que le sapin.

Jusqu'en 1970, le réseau routier de la partie sommitale s'avère peu développé ; les pessières croissent quasiment sans aucune intervention humaine et par ailleurs, sous des conditions climatiques difficiles.

A la fin des années 1970, des tentatives de régénérations ont été menées par les forestiers sur la zone sommitale par l'ouverture de micro-trouées, toutefois, l'apparition de nouveaux semis a systématiquement été perturbée par la pression d'abrouissement exercés par les cervidés. Les forestiers ont arrêté les régénérations mais la majeure partie de ces peuplements s'est quand même ouverte suite à des incidences climatiques (tempête de 1990 et 1999). Ces deux tempêtes ont mis énormément de bois au sol ouvrant de grandes surfaces. Suite à la tempête de 1990, des attaques parasitaires de scolytes ont accéléré l'ouverture des peuplements par l'intermédiaire de coupes sanitaires.

C'est donc des peuplements non préparés à être régénérés qui se sont retrouvés ouverts avec une densité de régénération probablement faible et des densités de cervidés importantes. Afin d'assurer la régénération de ces peuplements, les forestiers ont créé des enclos de protection.

Suite à la tempête de 1999, plus aucune intervention sylvicole n'a été faite sur la zone sommitale mis à part, l'entretien des engrillagements.

2. Mise en place de l'observatoire et situation actuelle

Cette étude s'intègre dans le cadre de l'observatoire du Donon (plus de 70 000 ha), mis en place en 1998. C'est l'ONCFS qui depuis 2006 assure l'animation technique de l'observatoire du Donon à la demande de l'ONF, du CRPF et des Fédérations départementales des Chasseurs des 4 départements concernés (54, 57, 67 et 88). Depuis cette période, le Cemagref participe régulièrement aux réunions des comités de pilotage (COFIL) et des comités technique (COTECH) de cet observatoire avec l'ensemble des acteurs concernés.

Au cours de l'année 2010, il est prévu de faire un diagnostic complet de l'état des régénérations forestières du massif du Donon. Une étude plus approfondie y est menée sur les Hautes Chaumes car le renouvellement de la forêt sur cette zone s'avérerait bloqué par les cervidés depuis plus de trois décennies.

Au fil du temps, des tensions entre chasseurs et forestiers se sont formées puis estompées. Mais suite à la réunion du COTECH du 25 février 2010, un réel désaccord est né entre l'ONF et les Chasseurs suite à une demande d'augmentation des plans de chasse par les forestiers. C'est sur cette zone sommitale que les points de vue des différents acteurs divergent le plus : Les forestiers incriminent le cerf dans l'échec de la régénération des peuplements et demandent des plans de chasse de plus en plus élevés. En retour les adjudicataires se plaignent de la difficulté croissante à réaliser les plans de chasse imposés. De plus, les chasseurs sont dans une situation critique car s'ils ne réalisent pas leurs plans de chasse, ils risquent l'exclusion du lot de chasse.

C. Les missions et les objectifs du stage

Le but de cette étude est d'établir un diagnostic précis de la situation passée et actuelle, de l'impact des populations de cervidés sur la régénération forestière et sur la flore.

Tout d'abord, nous réaliserons une synthèse historique de l'évolution des formations végétales de ces 30 dernières années par l'intermédiaire de l'interprétation de photographies aériennes, la consultation des aménagements forestiers et des sommiers associés. Une analyse historique de l'évolution des populations de cervidés est menée parallèlement grâce aux archives, des plans de chasse et des différents suivis réalisés (comptages nocturnes, analyse de tableaux de chasse...).

L'impact actuel (sur ces 30 dernières années) des populations de cerf sur la régénération forestière est évalué par des inventaires de terrain débouchant sur un diagnostic sylvicole objectif. Suivant l'âge des peuplements, nous appliquerons 2 protocoles différents (l'un spécifique à l'abroustissement pour les jeunes peuplements d'une hauteur inférieure à 2 m, l'autre spécifique à l'écorçage pour les peuplements plus âgés).

Concernant l'impact des populations de cervidés sur la flore, il est mené une étude comparative de la végétation entre des couples enclos/exclos. Après un inventaire de l'ensemble des dispositifs, et pour les plus pertinents, nous mesurons l'incidence des cervidés sur les espèces ligneuses, semi-ligneuses et herbacées.

Enfin, dans la mesure du possible, sont proposées des orientations de gestion afin de rétablir un équilibre sylvo-cynégétique.

III. MATERIEL ET METHODES

A. Description du site d'étude

1. Situation géographique

La zone sommitale est assise à cheval sur 2 régions administratives – l'Alsace et la Lorraine – et sur deux départements différents – le Bas-Rhin et les Vosges, ce qui en fait sa particularité. La superficie Alsacienne s'élève à 163,4 ha alors que la superficie Vosgienne est plus vaste et comprend 736,6 ha pour un total de 900 ha. Cette zone d'étude se situe en partie entre le col de Prayé (785 mètres) et le col du Hantz (641 mètres). Cette zone d'étude est relativement allongée car elle atteint une longueur avoisinant les 8,5 kilomètres et une largeur de 3,5 kilomètres. Voir la carte de localisation et celle du parcellaire forestier en annexe A.

2. Les facteurs écologiques

a) Topographie et Hydrographie

L'altitude oscille entre 700 mètres (côté Alsacien) et 938 mètres (coté Lorrain, lieu dit "Les Hautes Relevées"). L'activité hydrologique est peu présente, néanmoins, sa partie basse correspond au début des premiers ruisseaux qui donnent naissance au Rabodeau côté occidental et la Rothaine côté oriental.

b) Géologie et Pédologie

Les Hautes Chaumes sont situées dans la région naturelle des Vosges gréseuses et des collines sous vosgiennes (code IFN : 887). Le sous-sol est constitué par un soubassement de grès rouge du "permien supérieur". Sur ce permien repose le grès vosgien du "trias inférieur" et sa couleur varie du rouge foncé au rosé. Il possède des grains de silices cimentés par des sesquioxides de fer et des cristaux de quartz. C'est une roche filtrante et pauvre en argile.

Sur les Hautes Chaumes, les sols résultants de l'altération et de l'érosion du grès vosgien donnant un substrat superficiel et acide évoluent jusqu'aux podzols. Ces sols possèdent une faible richesse chimique, minérale et une mauvaise rétention en eau.

Ainsi, deux grands types de station sont représentées : les stations de type n°1 (Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol acide d'altitude) et les stations de type n°9 (Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol très acide). Voir la carte des stations forestières en annexe B.

c) Climat

Cette zone est sous l'influence d'un climat montagnard donc difficile et rigoureux. Il se caractérise par de fortes précipitations (1 800 mm à col de Prayé), des épisodes neigeux importants, des vents dominants d'ouest et des températures basses. De plus, les gelées printanières et les brouillards y sont fréquents. Ces conditions drastiques diminuent la saison de végétation. La température moyenne annuelle relevée à Moussey (88) à 380 mètres d'altitude est de 8,3°C.

3. Formations végétales et aménagements forestiers

Dès l'implantation de pessières sur les Hautes Chaumes, les forestiers ont la volonté d'appliquer un traitement en futaie jardinée, mais en 1938, ils décrivent la zone sommitale comme étant "*un haut perchis d'épicéa dense et complet*". De plus, ils se plaignaient du manque de diversité sur cette zone et évoquent leurs craintes sur l'avenir de ces peuplements : "*Des peuplements aussi étendus d'épicéa pur sont sujets à toutes les invasions d'insectes et la*

proie des perturbations atmosphériques. Il est à craindre qu'avant une vingtaine d'années le bostryche ou le vent ne viennent détruire tout le massif. La catastrophe serait d'autant plus fatale que l'épicéa a épuisé le sol déjà pauvre de ces hauts plateaux." Les forestiers souhaitent malgré tout conserver cet état boisé car vu la situation topographie des Hautes Chaumes, les pessières constituent des peuplements de protections. Enfin, ils évoquent des problèmes de régénération du hêtre et du sapin liés à la présence de cervidés très abondants.

Lors de la prorogation de l'aménagement de 1938-1966 pour 5 ans, le problème du gibier devient omniprésent car les pessières vieillissent et la densité de gibier est qualifiée d'excessive, ce qui rend illusoire le succès de la régénération naturelle.

L'aménagement de 1975-1998, relate que la zone sommitale est couverte de pessières bien régulières et équiennes qu'il est indispensable de régénérer vu la durée de survie estimée de ces peuplements (50 ans). De ce fait, l'irrégularisation de ces peuplements ne pourra se faire que partiellement. Ces actions étaient prévues aux aménagements antérieurs mais n'ont pu être réalisées faute d'un réseau de desserte adapté. L'aménagiste espère que "*la multiplication des zones de régénération diluera les effets dévastateurs du gibier sur les semis d'épicéa*" menée conjointement avec la réduction du cheptel. Cet aménagement a été conduit partiellement suite au passage de la tempête de 1990 menant sur une révision d'aménagement.

La tempête de 1999 fit avorter l'aménagement de 1998 et aujourd'hui, celui de 2008-2027 est bloqué suite au classement de la zone sommitale du Donon hors aménagement, sous prétexte que les cervidés empêchent la régénération des peuplements.

4. Populations de cervidés

Cette zone sommitale possède un intérêt patrimonial pour les populations de cervidés car les cerfs du massif Vosgiens seraient entièrement issus d'une population relictuelle implantée sur le Donon avant 1870. Les Allemands considéraient les parties hautes comme réserves à cerfs et coqs qui ne devaient pas être dérangés par des coupes (Jung P. 1984).

Entre les 2 guerres, les cerfs entament une timide expansion. La 2nde guerre mondiale favorisa cette espèce car elle était considérée comme un bien d'Etat et les braconniers risquaient la peine de mort. Toutefois, les Allemands contrôlaient les populations par des tirs de biches. Après guerre, les populations de cervidés ont souffert de prélèvements excessifs.

L'augmentation sérieuse des populations de cerfs s'explique par une politique cynégétique conservatrice pratiquée de 1956 à 1978 par l'Association pour la Conservation et l'Amélioration du Grand Gibier dans les Vosges. 1 100 ha comprenant notre zone sommitale ont été transformés en réserve où aucunes battues n'étaient tolérées.

De plus, l'expansion des cervidés est favorisée par l'obligation du tir à balles, l'instauration de période de fermeture (le cerf est supprimé de la liste des espèces nuisibles en 1949 dans le Haut-Rhin), puis l'instauration du plan de chasse en forêt domaniale dès 1956.

La population de cervidés sur la zone sommitale est estimée probablement à plus de 7,5 têtes aux 100 ha pour un milieu qui potentiellement ne pourrait accueillir qu'une tête aux 100 ha (Letz J.M., 1994).

Actuellement, ce cheptel est favorisé par des modes de chasse avantageant la quiétude des animaux (affût, approche et quelques battues silencieuses) et probablement des plans de chasse trop faibles pour diminuer significativement l'effectif des populations.

B. Méthodes d'étude

1. Analyse de l'impact des cervidés sur la flore

Dans les années 1990, un certain nombre d'enclos ont été installés dans cette zone. Ils avaient pour but de tester l'introduction de nouvelles essences forestières voire de créer des dispositifs de type enclos témoin à but démonstratif de la pression de pâturage des cervidés en forêt. Nous avons sélectionné un ensemble de dix couples enclos/exclos – cinq en Alsace et cinq en Lorraine (voir la carte des enclos en annexe C) – où la végétation était comparable (absence de peuplements fermés) entre l'enclos (partie engrillagée) et l'exclos (partie librement pâturée). Les enclos Alsaciens sont sur station de type n°9 et les enclos Lorrains sont sur station de type n°1.

A l'appui de ces dispositifs existants, sur zone ouverte suffisamment vaste, nous avons placé 4 transects de 50 mètres de préférence perpendiculairement à l'engrillagement et également répartis entre enclos et exclos (2 en enclos et 2 en exclos). Dans ce cas, nous avons réalisé une placette d'inventaire floristique de 1 m² tous les 2 mètres soit au total 50 placettes floristiques en enclos et 50 placettes en exclos. Lorsque la zone ouverte est de faible surface, nous avons défini des transects moins long (24 et 26 mètres) mais en nombre plus importants (4 en enclos et 4 en exclos) afin d'avoir nos 100 placettes également réparties entre enclos et exclos. Au niveau de chacune des placettes, la seule présence des espèces végétales ou groupes d'espèces est notée (voir annexe D). Pour la callune et la myrtille, espèces très sollicitées par les cervidés, leur présence a été pointée par catégorie de classe de hauteur.

Les inventaires se sont déroulés du 15 au 16 juin 2010 à 7 opérateurs.

2. Analyse de l'impact des cervidés sur la régénération forestière

a) Identification et inventaire des formations forestières par photo-interprétation

Le Système d'Information Géographique (SIG) ArcView 9.3, a été utilisé pour caractériser la zone d'étude grâce aux photographies aériennes de 2006 (voir les BD ortho couleur et infrarouge en annexe E). Nous avons déterminé cinq grands types de peuplements homogènes de plus de 1 hectare :

- Les **semis** (301 ha) ayant une hauteur inférieure à 2 m ;
- Les **gaulis** (208 ha) ayant une hauteur comprise entre de 2 et 10 m et dont le diamètre ne dépasse pas les 10 cm à 1,30 m du sol ;
- Les **perchis** (129 ha) ayant une hauteur comprise entre 10 et 20 m et dont le diamètre est compris entre 10 et 17,5 cm ;
- Les **futaies** (143 ha) ayant une hauteur supérieure à 20 m et dont le diamètre dépasse les 17,5 cm ;
- Les **enclos** (119 ha) : dispositifs de protection par engrillagement.

Après vérification et contrôle sur le terrain, ce découpage a permis l'identification, la localisation et la détermination de la superficie des peuplements sensibles – semis, gaulis et perchis – aux dégâts de cervidés qui ont servi de base à l'élaboration de la stratégie d'échantillonnage (voir la carte de la photo-interprétation en annexe F).

b) Elaboration de la stratégie d'échantillonnage

Tout d'abord, nous avons envisagé d'appliquer tel quel le guide dégât (Hamard J.P., Ballon P., 2009) sur la zone d'étude. Il s'applique sur des peuplements forestiers réguliers et il vise à fournir un diagnostic sylvicole de l'état des peuplements en tenant compte de la part respective des différentes atteintes – animales, humaines ou parasitaires – sur le caractère compromis ou non de l'avenir du peuplement étudié. Le diagnostic est formulé en tenant compte de l'essence forestière et de l'objectif du sylviculteur. Il préconise la réalisation de 80 placettes par unité d'inventaire (1 à 10 ha) pour le protocole abrouissement et de 40 placettes sur la même superficie pour le protocole écorçage. Mais à l'issue de la photo-interprétation, la multiplicité des unités d'inventaires a rendu impossible la mise en place de cette démarche dans le temps imparti.

Nous nous sommes orientés sur une adaptation des protocoles existants. Comme nous voulions vérifier l'existence d'un effet spatialisé des dégâts de cervidés, nous sommes partis sur un échantillonnage de type systématique à raison de deux points par hectare. Cette densité impose la réalisation d'un point de sondage tous les 70,71 m. Dans ce cas, le travail de photo-interprétation a été très utile pour connaître le nombre de points à réaliser dans les peuplements sensibles. Les types de peuplements dénommés enclos et futaies n'ont pas été inventoriés en raison d'un couvert trop fermé pour voir apparaître une régénération forestière (Voir carte des points d'inventaire en annexe G).

Afin de caractériser au plus juste la part respective des différents dégâts, nous avons appliqué deux protocoles distincts sur la zone d'étude. Le premier, relatif à l'abrouissement, concerne les semis et le second, consacré à l'écorçage, s'attache aux gaulis et aux perchis.

c) Procédures d'inventaire sur le terrain

(1) Le protocole abrouissement

Les fiches de terrain du modèle joint en annexe I ont été utilisées. Après avoir localisé la placette au GPS, les mesures sont effectuées sur les 10 tiges par essence (sapin et épicéa) les plus proches du centre et situées dans un rayon de 1,40 m. Par essence et sur chaque tige présente, les variables suivantes sont notées (voir annexe H) :

- **La sensibilité des tiges** à l'égard des cervidés suivant 2 classes de hauteur (hauteur < 0,80 m et 0,80 m < hauteur < 2,00 m).
- **Les types d'atteintes infligées** aux semis par les cervidés (abrouissement, frottis).
- **Les autres types d'atteintes.** (rongeurs, lagomorphes, blessures suite aux travaux et entretiens sylvicoles, attaques parasitaires ou autres origines).
- Après l'identification des dégâts, on estime **la viabilité sylvicole** de la tige.

Une tige est classée comme viable, si elle possède une dominance apicale **et** si cette tige est vigoureuse. Dans le cas d'un abrouissement terminal récent, la tige est systématiquement classée non viable, considérant qu'elle ne peut reprendre une forme acceptable. Par contre, lorsque l'abrouissement est plus ancien ou dans le cas d'autres atteintes, on regarde comment le plant réagit. Si une ou des pousses secondaires dépassent la moitié de la pousse terminale tout en formant un angle supérieur à 45° avec l'horizontale, la tige est systématiquement déclassée. Une tige frottée est viable si la surface frottée ainsi que la portion de la circonférence atteinte sont faibles et si la tige possède une bonne réaction de cicatrisation.

Dans le rayon de 1,40 m, on note la présence éventuelle de très jeunes semis (hauteur < 0,20 m) et le nombre de gaulis viables. Pour les gaulis, le critère de viabilité tient compte des réactions connues des tiges à l'écorçage (cf. paragraphe relatif au protocole écorçage).

Ensuite, on passe à l'inventaire floristique. On réalise deux placettes floristiques à une distance de 2,8 m du point de sondage avec une placette au nord et une autre au sud. Au niveau de chacune d'entre elle, on note la présence/absence des espèces végétales ainsi que le pourcentage de sol nu sur la placette (rochers, morceaux de bois...) par classe de 25 %, soit cinq classes en comptant la classe nulle (absence de sol nu). Une attention particulière était portée à la hauteur de la callune et de la myrtille. On relevait la hauteur de ces dernières par classe de 10 cm jusqu'à une hauteur de 40 cm et plus, soit 5 classes.

Le protocole énuméré ci-dessus concerne l'inventaire des peuplements "purs" de semis. On peut aussi se situer à la limite entre un peuplement de type semis et gaulis. Dans ce cas, on regarde si dans un rayon de 2,8 m autour du point de sondage, nous avons la présence de gaulis viables. Si le cas se présente, nous appliquons le protocole écorçage (voir paragraphe suivant) mais avec une légère adaptation. Normalement, au sein d'un tel peuplement, la densité de gaulis est faible, donc on regarde dans un rayon maximum de 10 m, les 10 tiges les plus proches du centre en notant la distance de la tige la plus éloignée.

(2) Le protocole écorçage

Au niveau de chaque placette dans les peuplements de type gaulis ou perchis, les fiches de terrain du modèle joint en annexe J sont renseignées. Les mesures portent sur les 10 tiges les plus proches du centre de la placette jusqu'à une distance maximale de 35 m pour éviter que 2 placettes contigües ne se chevauchent. Une fois ces 10 tiges repérées, les variables suivantes sont renseignées (voir annexe H) :

- **L'identification de l'essence** (épicéa commun, sapin pectiné et mélèze d'Europe).
- **Le type de dégât** (abroutissement, frottis, écorçage). Si plusieurs dégâts affectent une tige, on garde celui qui dévalorise le plus cette dernière.
- **Les autres types d'atteintes** (travaux, entretiens, autres).
- **La viabilité sylvicole de la tige.**

Une tige viable est une tige dominante **et** vigoureuse. Une tige sera considérée comme dominante dès lors que sa hauteur et son diamètre sont proches ou supérieurs à ceux de ses voisins. Parmi les tiges écorcées, on distingue les essences ne cicatrisant jamais de celles susceptibles de cicatriser suite à l'écorçage :

- En ce qui concerne l'**Epicéa commun**, essence pour laquelle les blessures s'altèrent de façon rédhibitoire, toutes les tiges écorcées par les cervidés ou endommagées par une autre cause sont considérées **systématiquement** comme **non viables** ;
- Pour les autres essences, le jugement porte sur la blessure la plus sévère. On considère comme **non viable** , une tige écorcée dès lors que la proportion de circonférence non cicatrisée est **supérieure à 25 %** . Par opposition, toutes les tiges faiblement écorcées (moins de 25 % de la circonférence) **et** dominantes, sont considérées comme viables.

Nous notons ensuite la distance de la dernière tige inventoriée afin de déterminer la densité de tiges au niveau de la placette inventoriée.

Enfin, nous procédons à un inventaire floristique de la même manière que pour le protocole abroutissement sauf pour les peuplements de type perchis car le couvert dense de ces peuplements empêche le développement d'une flore d'accompagnement.

Le protocole écorçage détaillé ci-avant concerne des peuplements "purs" de gaulis (ou perchis) mais certains gaulis peuvent se situer en limite de semis. Si dans un rayon de 1,40 m autour du point de sondage, nous avons une tige inférieure à 2 m, nous mettons en œuvre le protocole relatif à l'abroustissement.

Les différentes procédures d'inventaire peuvent être résumées de la manière suivante :

	Semis	Semis/Gaulis	Gaulis	Gaulis/Semis	Perchis
Relevé abroustissement	471	112		227	
Relevé écorçage		112	181	227	236
Relevé flore	417	112	181	227	

Tableau 1 : Tableau récapitulatif du nombre de relevés par procédure d'inventaire

Les inventaires de dégâts se sont déroulés du 20 avril au 18 juin 2010 et ont nécessité 35 journées d'inventaires à 2 opérateurs.

d) Formulation des diagnostics sylvicoles

Dans le cadre de peuplements de type semis, le guide dégât préconise une densité de tiges viables minimales de 2 500 tiges/ha. Un diagnostic sans problème se traduit par une densité supérieure à 2 500 tiges/ha, un diagnostic incertain donne une densité inférieure à 2 500 tiges/ha et un diagnostic compromis traduit une absence de régénération.

Pour les peuplements de type gaulis et perchis, le guide dégât préconise une densité de tiges viables 2 fois supérieure à la densité finale. Une densité supérieure à 600 tiges/ha donne un diagnostic sans problème, entre 300 et 600 tiges/ha le diagnostic est incertain et en dessous de 300 tiges/ha le diagnostic sylvicole est compromis.

e) Création d'une base de données

Ces données recueillies durant la phase de terrain ont servi à alimenter une base de données regroupant par points de sondage, les informations extraites du SIG – le type de peuplement, la station, le numéro de parcelle et les coordonnées géographiques.

Pour chaque point d'inventaire, le SIG a aussi permis l'extraction de données physiques telle que les expositions, les pentes et les altitudes obtenues par l'intermédiaire d'un modèle numérique de terrain (MNT ASTER GDEM).

De plus, le couplage du SIG à la photo-interprétation a permis de définir les périodes d'ouverture ainsi que les surfaces concernées à chaque point de sondage (voir la carte des zones ouvertes en annexe K). Ceci à été possible en consultant les photographies aériennes de 1979, 1986, 1991, 1995, 2001 et 2006, sélectionnées en fonction de leur échelonnement dans le temps. Toutes ces missions ont été géoréférencées pour faciliter le travail d'interprétation.

C. Analyses statistiques

Les analyses descriptives et explicatives post-terrain ont été réalisées sous Statgraphics Plus 5.1 et R 2.11.1 (R Development Core Team 2010).

1. L'analyse descriptive

Elle a été utilisée pour la partie concernant l'impact des cervidés sur la diversité floristique afin de mettre en évidence une éventuelle structuration des différentes communautés végétales suivant qu'elles soient en enclos ou en exclos. Sous R, nous avons

réalisé une analyse non symétrique des correspondances aussi appelé DCA grâce au package "Vegan" (Oksanen J., Guillaume Blanchet F., R package version 1.17-0.).

Comme des espèces sont absentes de certains dispositifs, nous avons rajouté un individu à chaque espèce car l'analyse descriptive n'accepte pas les valeurs nulles. Pour approcher une distribution normale des fréquences de présence des espèces, les données ont subi une transformation logarithmique.

2. Les analyses explicatives

L'ensemble des résultats issus des analyses explicatives sont jugés significatifs dès lors que α (ou la p-value) est inférieur à 0,05 et équivalent à une probabilité de 0,95 d'être juste.

a) Impact des cervidés sur la flore

Afin d'étudier d'éventuelles différences entre les communautés végétales des enclos et des exclos, nous avons comparé différents indicateurs entre ces 2 entités et pour chaque dispositif. Pour ce faire, nous avons utilisé le "test t de Student pour échantillons appariés" sous Statgraphics Plus 5.1. Ce test est applicable à des données quantitatives dont nous avons vérifié la normalité des variables (test de Shapiro-Wilks) ainsi que l'homosédasticité (test F).

Ensuite, pour comparer la distribution des différentes espèces entre enclos/exclos, nous avons utilisé le modèle linéaire généralisé (GLM) sous R. Nous retirons de l'analyse les espèces les moins fréquentes (apparaissant moins de cinq fois sur l'ensemble des 10 couples enclos/exclos : airelle des marais, l'alisier blanc, le bouleau verruqueux, les lycopodes, le maïanthème et les sphaignes). Nous avons comparé pour chaque espèce la fréquence de présence entre enclos et exclos et par dispositif. Comme, nous sommes dans le cadre de données issues de dénombrement, nous utiliserons la loi de poisson pour le GLM. Suivant les espèces et lorsque la déviance du modèle est 4 fois plus forte ou 4 fois plus faible que le nombre de degré de liberté, nous appliquons la loi de quasi-poisson. Le modèle nous indique que le nombre d'espèces dépend de la situation dans laquelle on se trouve (enclos ou exclos).

Enfin, pour tester si les fréquences d'apparitions de la callune et de myrtille entre enclos/exclos différent, nous allons appliquer un GLM sous R avec une loi de quasi-poisson pour les mêmes raisons invoquées au paragraphe ci-dessus. Ainsi, nous allons tester le modèle suivant : Fréquence d'apparition = Situation (enclos/exclos)*Hauteur.

b) Impact des cervidés sur la régénération forestière

Afin d'expliquer le diagnostic sylvicole (Sans problème, Incertain et Compromis) obtenu sur chaque point de sondage, nous avons créé un modèle statistique en utilisant la régression logistique sous Statgraphics Plus 5.1. Ensuite, les variables semblant expliquer le diagnostic sylvicole ont été isolées puis nous avons utilisé une procédure pas à pas descendante (backward elimination) pour retirer progressivement les variables non significatives. Pour chaque protocole, nous avons effectué 2 régressions logistiques. La première consistait à opposer les placettes sans problème aux placettes à l'avenir incertain ou compromis. La seconde consiste à opposer les placettes à l'avenir incertain aux placettes à l'avenir compromis pour affiner le modèle.

Au préalable, nous avons isolé de manière aléatoire et sur l'ensemble du jeu de données relatif à chaque protocole, 30 % des placettes qui ont ensuite servi à la vérification du modèle. La vérification est réalisée grâce à la création de la courbe de ROC sous R par l'intermédiaire du package "ROCR" (Tobias Sing, Oliver Sander; 2009).

IV. RESULTATS

A. L'évolution de la dynamique forestière sur les 30 dernières années

La zone sommitale du Donon a été intégralement plantée en Epicéa commun entre 1850 et 1860, puis ces peuplements ont évolué avec peu d'intervention humaine. 120 à 130 ans après leurs plantations, la zone sommitale est totalement fermée car seulement 5 % des peuplements sont ouverts avant 1979, comme le montre la figure n°1.

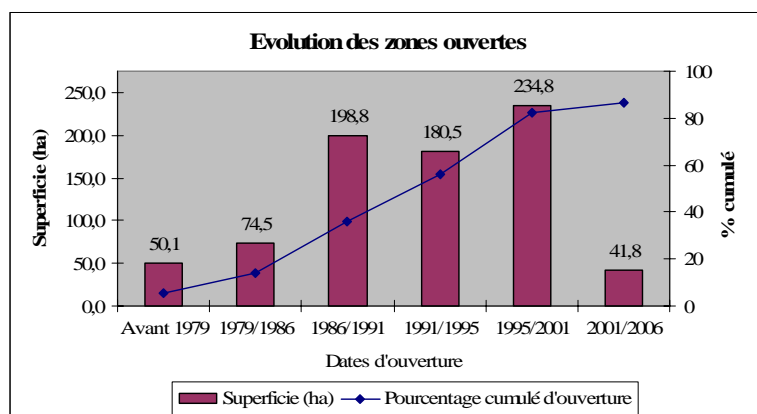


Figure 1 : Evolution des zones ouvertes

Cette ouverture n'a pas été progressive dans le temps. En effet, les tempêtes de 1990 et 1999, ont provoqué une augmentation conséquente des surfaces ouvertes. De plus, la présence de scolytes après la tempête de 1990 a nécessité de faire des coupes sanitaires dans les peuplements atteints augmentant d'autant plus l'ouverture des peuplements. Aujourd'hui, la zone sommitale est ouverte à plus de 85 %.

Pour résumer, 70 % des zones ouvertes l'ont été de manière rapide et brutale, suite au passage de 2 tempêtes rapprochées dans le temps et par l'attaque de scolytes entre ces 2 tempêtes. C'est donc des peuplements non préparés à la régénération qui se sont trouvés ouverts et on peut supposer qu'un déficit de régénération naturelle était présent juste après l'ouverture de ces peuplements.

B. Impact des cervidés sur la flore (étude enclos/exclos)

Pour l'ensemble des résultats présentés ci-dessous, les espèces ayant été introduites artificiellement dans les seuls enclos ont systématiquement été retirées de l'analyse des résultats. Ces espèces sont le douglas, les érables, le mélèze d'Europe, le merisier et le pin sylvestre, espèces qui naturellement ne seraient jamais apparues.

1. Résultats généraux

a) Etude comparative d'indicateurs de la diversité floristique entre enclos et exclos

Divers indicateurs généralement utilisés pour exprimer la diversité floristique ont été utilisés : la richesse spécifique (S), l'indice de diversité de Shannon (H'), l'indice de similitude de Jaccard et l'indice d'équitabilité de Pielou (D). Pour H' et D, la proportion de chaque espèce par enclos/exclos a été approchée par le nombre de présence d'une espèce sur le nombre de présence totale de l'ensemble des espèces.

H' et D par dispositif ne varient pas de manière significative entre enclos et exclos (respectivement une p-value de 0,82 et 0,68) et traduit une certaine homogénéité floristique. S est aussi non significative (p-value = 0,26) bien que biologiquement, il semble y avoir une

variation. De plus, l'indice de similitude de Jaccard, donne des indices compris entre 0,59 et 0,77 donc une légère variation du cortège floristique.

b) Analyse descriptive générale

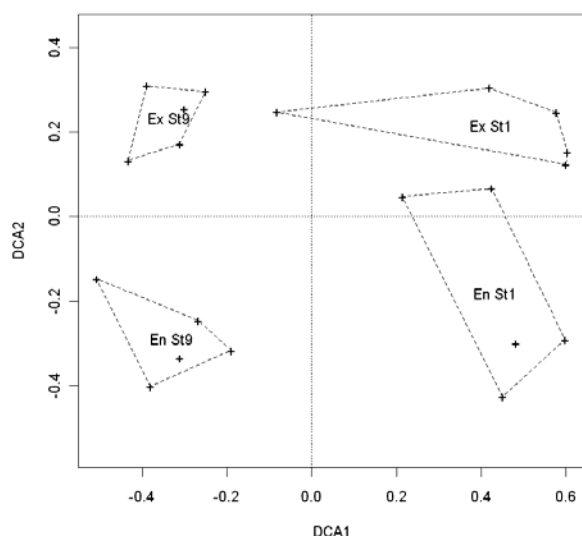


Figure 2 : DCA par dispositifs

L'analyse des correspondances (DCA) montre une différence entre la composition floristique des couples enclos/exclos suivant la station (1 ou 9). Les centres de gravité de chaque enclos et exclos ont été définis par leur cortège floristique, ils ont été reliés entre eux suivant leur station (voir figure n°2, ci-dessous).

Nous observons également une différence de cortège floristique entre enclos et exclos due à la pression de l'herbivorie.

Cette analyse met clairement en évidence les effets du type de station et la pression d'herbivorie sur la composition floristique. Toutefois cette représentation, nous indique un positionnement proche du centre (croisement des axes 1 et 2) d'où là non significativité de la richesse spécifique entre enclos et exclos.

c) Liaison entre la richesse spécifique et la surface d'échantillonnage

Au niveau de chaque dispositif, les inventaires de richesse ont porté sur 50 placettes d'1 m². La représentativité de la surface échantillonnée pour exprimer la richesse spécifique se pose puisque habituellement les inventaires portent sur des surfaces plus importantes. Aussi avons-nous regardé l'évolution de la richesse spécifique moyenne à différentes échelles de mesures (de 1 m² à 50 m²) sur l'ensemble des dispositifs, voir figure n°3.

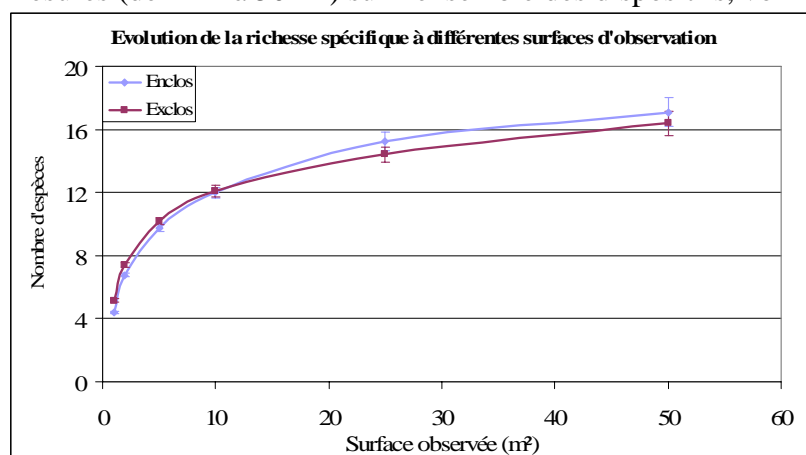


Figure 3 : Evolution de la richesse spécifique moyenne à différentes surfaces d'observation (ensemble des dispositifs)

Pour résumer, on peut dire que la richesse spécifique est semblable entre enclos et exclos pour une surface inventoriée comprise entre 1 et 50 m² mais il ne faut pas exclure qu'une différence pourrait être mise en évidence avec une augmentation des surfaces inventoriées.

D'un point de vue global, la richesse spécifique augmente de manière logarithmique sans marquer de palier suivant que nous sommes en enclos ou en exclos. Pour des surfaces

d'inventaires inférieures à 10 m², la richesse spécifique est légèrement supérieure en exclos et cette tendance s'inverse au dessus de 10 m².

Pour conclure sur le volet des résultats généraux, nous avons montré que la richesse spécifique entre enclos/exclos était similaire malgré des indices de similitudes moyens. Néanmoins, à notre échelle de mesure, les cortèges floristiques commencent à se dissocier sous la pression des grands herbivores sans être significatifs. Aussi est-il intéressant de voir quelles sont les espèces qui réagissent à la pression d'herbivorie.

2. Distribution des espèces entre enclos/exclos

Afin d'étudier les différences entre espèces suivant la situation dans laquelle on se trouve (enclos/exclos), nous avons utilisé le modèle linéaire généralisé (GLM).

Les résultats issus du GLM sont présentés dans la figure n°5, où les astérisques au dessus des espèces indiquent une différence significative (p<0,05) entre les distributions.

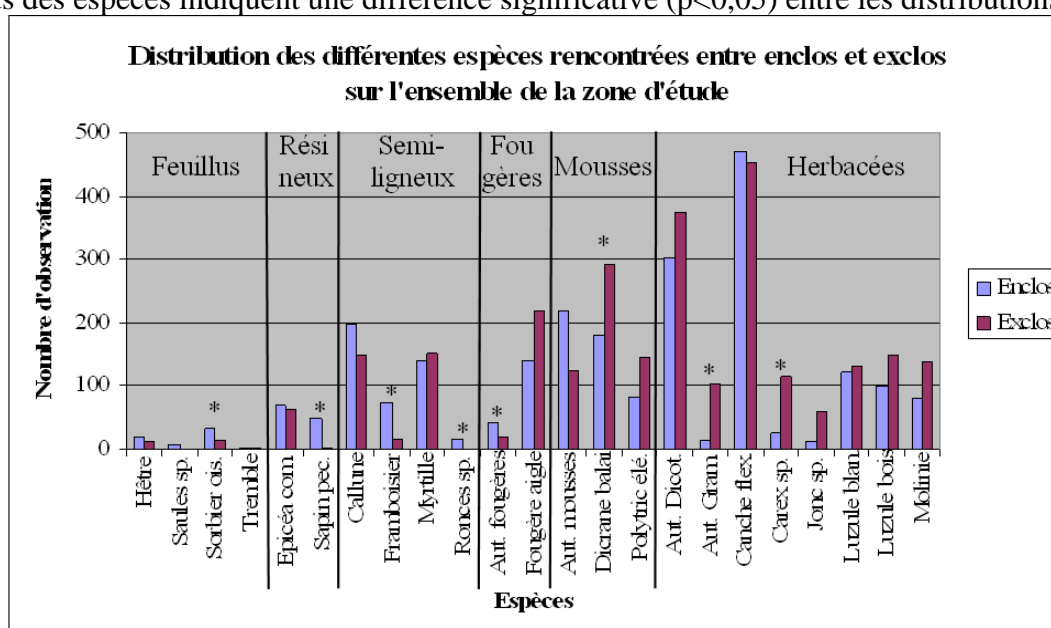


Figure 4 : Distribution des espèces végétales en enclos et en exclos

Nous remarquons que pour chaque catégorie végétale, nous avons au moins une espèce qui réagit après la mise en place de clôtures. Certaines espèces vont accroître leur fréquence d'apparition car elles sont très appétantes. D'autres espèces profiteront de la pression d'herbivorie pour se développer grâce à l'espace laissé vacant (voir le tableau n°2).

	Enclos	Exclos
Espèces significativement favorisées	Le sorbier des oiseleurs, le sapin pectiné, le framboisier, les ronces et les autres fougères.	Le dicrane en balai, les carex et les autres graminées.

Tableau 2 : Liste des espèces significativement favorisées dans les enclos et dans les exclos

Pour conclure, on peut dire qu'il existe plus d'espèces qui seront favorisées par la pose d'une clôture, néanmoins, comme nous l'avons démontré précédemment, cette différence de richesse spécifique entre enclos/exclos n'est pas significative. Mais d'un point de vue sylvicole, cette différence est importante car les cervidés font régresser une espèce économiquement intéressante pour le sylviculteur qui est le sapin pectiné. De plus, les cervidés sont à l'origine d'une forte diminution des feuillus à l'origine d'une diversité attendue par les sylviculteurs dans la constitution des futurs peuplements.

3. Incidence de l'abrutissement sur la hauteur de la callune et de la myrtille

La callune et la myrtille sont 2 espèces particulièrement bien représentées dans cette zone. Dans nos relevés de flore, la callune et la myrtille apparaissent respectivement dans 35 % et 29 % des cas.

Cas particulier de la callune

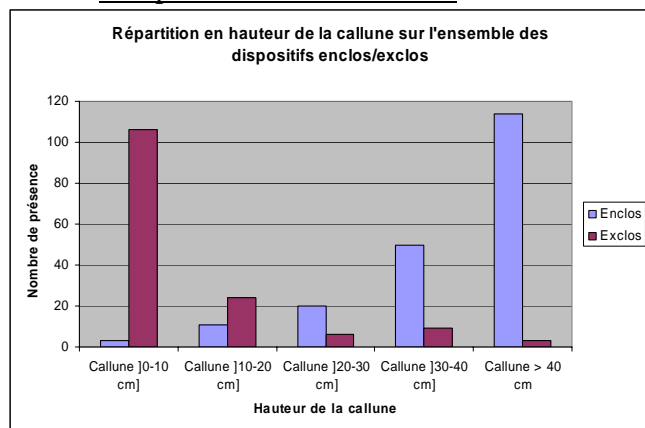


Figure 5 : Répartition en hauteur de la callune sur l'ensemble des dispositifs enclos/exclos

La figure n°5 présente les effectifs par classe de hauteur de la callune sur l'ensemble des dispositifs étudiés. De manière générale, nous remarquons une forte différence de la distribution des classes de hauteur de la callune en enclos et en exclos. Dans les enclos, la callune croît sans contrainte atteignant des hauteurs maximales tandis que dans les zones pâturées (exclos) sa hauteur est fortement réduite.

Les résultats du GLM indiquent une différence significative sur l'interaction entre la situation (enclos/exclos) et la hauteur sauf pour la classe de hauteur [10 ; 20 cm[(p-value = 0,14031). De plus, ce modèle est différent du modèle nul car l'analyse de déviance donne une p-value de $1,123 \cdot 10^{-8}$.

Cas particulier de la myrtille

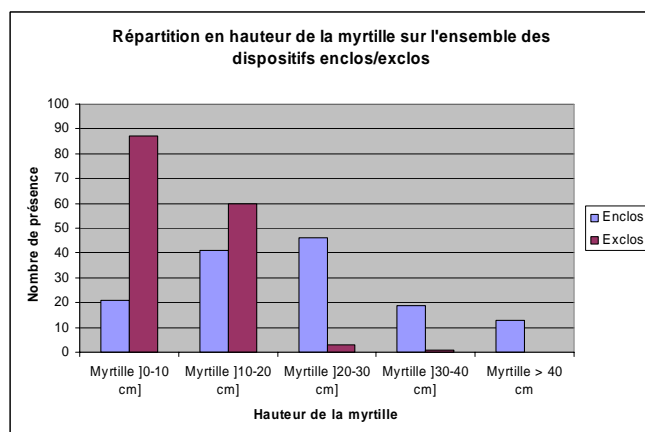


Figure 6 : Répartition en hauteur de la myrtille sur l'ensemble des dispositifs enclos/exclos

La figure n°6 présente les effectifs par classe de hauteur de la myrtille. De manière générale, nous pouvons faire la même observation que pour le cas de la callune.

Les résultats du GLM indiquent également une interaction significative entre la situation (enclos/exclos) et la hauteur sauf pour la classe de hauteur > 40 cm car dans cette classe, les fréquences de présence sont relativement faibles. Ce modèle diffère bien du modèle nul, car l'analyse de déviance donne une p-value = $2,2 \cdot 10^{-16}$.

Pour conclure, l'absence d'abrutissement des cervidés sur la callune et la myrtille favorise leurs croissances en hauteur de manière relativement nette.

Ces deux espèces semblent être de bons indicateurs de la pression des cervidés sur le milieu, ce qui nous a permis de définir un indice de pression d'herbivorie utilisé pour le diagnostic dégât en tant qu'indicateur.

C. Inventaire de dégât

Afin de réaliser les inventaires de dégâts, nous nous sommes appuyés sur la photo-interprétation et une grille d'inventaire systématique (cf. paragraphe III.B.2.). Le tableau n°3 ci-dessous détaille la répartition du nombre de points d'inventaires par type de peuplement.

Zones homogènes	Superficie (ha)	Nombre de points théoriques	Nombre de points réalisés
Semis	301	611	583
Gaulis	208	407	408
Perchis	129	256	236
Total	638	1274	1227

Tableau 3 : Répartition des points d'inventaires entre les différentes zones homogènes

La différence entre le nombre de placettes théoriques et le nombre de placettes effectivement réalisées provient de la localisation de certaines placettes centrées sur des zones non représentatives (chemins, enclos,...). Ces dernières ont été exclues de l'inventaire. De plus, certains semis et perchis ont été reclassés en gaulis durant la phase de terrain d'où un nombre de placettes théoriques inférieur au nombre de placettes réalisées.

1. Diagnostic abroutissement

a) Bilan général

Le tableau n°4 indique un nombre de semis inventorié de 824 tiges sur les 810 points de sondage. La densité moyenne de semis est de l'ordre de 1 650 tiges/ha bien en deçà du minimum admis (2 500 tiges/ha). De plus, cette densité moyenne n'a pas grande signification puisque 61 % des placettes sont vides de semis.

Tiges	Tce	Tab	Tfr	TV	TNV	TceV	TauV	TceNV	TauNV	Total
N (effectif)	415	358	57	447	377	105	342	310	67	824
%	50,4	86,3	13,7	54,2	45,8	23,5	76,5	82,2	17,8	100,0

Tableau 4 : Synthèse des dégâts relatifs à l'abroutissement (nombre de tiges)

Plus de 50 % des tiges subissent des dégâts de cervidés (Tce). Sur les tiges endommagées, 86,3 % d'entre elles ont été abrouties (Tab) et 13,7 % ont été frottées (Tfr).

De plus, près de la moitié des semis inventoriés sont non viables (TNV). Parmi les tiges viables (TV), il apparaît que 23,5 % d'entre elles ont subi des atteintes de cervidés non préjudiciables à leur avenir (TceV). Pour ce qui concerne les tiges non viables, 82,2 % d'entre elles le sont en raison des conséquences des dégâts de cervidés (TceNV) alors que seulement 17,8 % le sont en raison d'autres causes (TauNV).

Pour l'ensemble des placettes de la zone d'étude, la régénération est considérée acquise sur seulement 10,5 % d'entre elles (tableau n°5) :

Diagnostic sylvicole	Alsace		Lorraine		Total
	Station 9	Station 1	Station 7	Station 9	
SP	17	31	12	26	86
I	20	86	5	46	157
C	45	392	8	122	567

Tableau 5 : Répartition du diagnostic sylvicole concernant l'abroutissement par région et par station (en nombre de placettes)

Il existe un sérieux problème pour le protocole abroutissement car seulement 10,5 % des points de sondage sont sans problème, 19,5 % ont un avenir sylvicole incertain et 70 % ont un avenir sylvicole compromis.

Enfin, il serait intéressant de regarder la distribution spatiale du diagnostic sylvicole pour le protocole abrouissement (voir carte en annexe L). Cette carte montre un effet spatial net des abrouissements. Plus on s'éloigne de la zone centrale, plus les placettes avec un diagnostic incertain et sans problème augmentent.

Pour conclure, la régénération des pessières de la zone sommitale se caractérise par une insuffisance de semis et une pression des cervidés très importante annihilant toute possibilité de renouvellement de ces peuplements. 70 % de la surface en régénération est actuellement sans aucun avenir sylvicole.

Pour détecter les variables influençant les diagnostics sylvicoles émis, la régression logistique a été utilisée.

b) La régression logistique

Nous avons créé un modèle explicatif basé sur la présence/absence de problèmes sylvicoles en opposant les placettes sans problème à l'ensemble des autres placettes. Nous incorporons dans le modèle l'ensemble des variables supposées jouer un rôle sur le diagnostic sylvicole. Elles sont aux nombres de 16 (voir annexe M) : des variables de localisation (4), des variables écologiques (4), des variables sylvicoles (3), des variables sur l'impact des cervidés (2), des variables sur les autres dégâts (2) et l'indice d'herbivorie. Ce dernier s'appuie sur la hauteur de la callune et de la myrtille. Pour s'affranchir des différences de hauteur entre les placettes nord et sud par point de sondage du diagnostic dégât, nous affectons par classe de hauteur un indice croissant partant de 1 pour la première classe de hauteur [0 ; 10 cm [et allant jusqu'à 5 pour la classe 40 cm et plus. Notre indice d'herbivorie sera égal à la moyenne des indices sans tenir compte des valeurs nulles lorsque l'espèce est absente.

A la suite d'une procédure pas à pas descendante, il reste 9 variables significatives expliquant le modèle et elles peuvent être résumées dans le tableau n°6 ci-dessous.

Variabes	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés	Variabes	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés
Constante	39,5396	X	Surface d'ouverture	0,0157443	-0,00141858
Exposition	0,00635502	0,000319464	Nombre total de tiges	-6,59708	-6,7365
Pente	0,0252492	0,0190518	Ouverture depuis 7 ans	-6,37881	0,179662
Altitude	-0,0251375	0,0202245	Ouverture depuis 12 ans	-4,6478	-0,1318
TauV	-0,112781	-0,0898683	Ouverture depuis 17 ans	4,09106	-0,158761
TauNV	5,98095	6,7365	Ouverture depuis 22 ans	-2,89597	-0,44186
TceNV	6,79353	7,01455	Ouverture depuis 28 ans	-3,23549	-1,20587

Tableau 6 : Récapitulatif du modèle abrouissement sans problème / incertain et compromis

Les coefficients conventionnels servent à prédire le diagnostic alors que les coefficients standardisés permettent de connaître l'importance de chaque variable. Plus ce dernier augmente en valeur absolue, plus il contribue au diagnostic.

Nous pouvons en conclure que ce sont les tiges non viables à cause des cervidés qui pondèrent le plus le modèle. Ensuite arrive les tiges non viables à cause des autres dégâts et le nombre total de tiges. Les autres dégâts sont essentiellement d'anciens dégâts de cervidés dont nous ne pouvons plus déterminer leur origine au moment des relevés. Néanmoins, les autres variables interviennent de manière significative dans le modèle et ne sont pas à exclure.

Nous devons par la suite vérifier notre modèle sur les 30 % de placettes écartées de la construction du modèle grâce à la courbe de ROC :

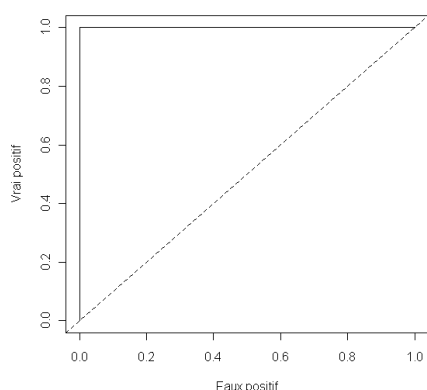


Figure 7 : Courbe de ROC (sans problème / incertain et compromis)

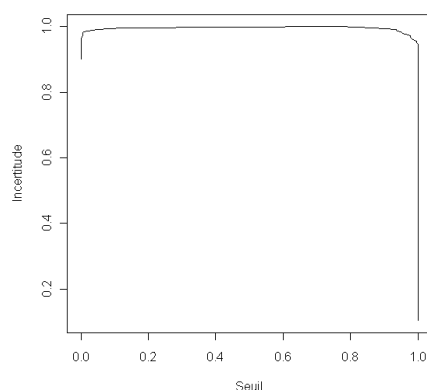


Figure 8 : Courbe de l'incertitude en fonction du seuil (sans problème / incertain et compromis)

L'aire sous la courbe de ROC (figure n°7) est égale à 1 et traduit un modèle en parfaite adéquation avec les données recueillies. De plus, la figure n°8 montre que pour une valeur seuil égale à 0,76, on explique 100 % du diagnostic.

Pour affiner le modèle, nous étudions maintenant les placettes présentant un problème sylvicole en opposant les placettes au diagnostic incertain aux placettes avec un diagnostic compromis. Pour cela, nous procédons à une régression logistique en ne prenant en compte que les variables significatives du modèle précédent. La procédure pas à pas descendante, nous a permis d'isoler 3 variables significatives (Voir le tableau n°7 ci-dessous)

Variables	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés	Variables	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés
Constante	-6,86728	X	Ouverture depuis 12 ans	0,124397	-0,566977
TauV	-18,1835	-18,2199	Ouverture depuis 17 ans	-0,248927	-0,827572
Altitude	0,0105159	0,0031292	Ouverture depuis 22 ans	-0,0196928	-0,568646
Ouverture depuis 7 ans	0,449365	-0,517227	Ouverture depuis 28 ans	-1,43113	-2,02091

Tableau 7 : Récapitulatif du modèle abrouissement incertain / compromis

Parmi ces variables significatives, c'est le nombre de tiges viables avec d'autres dégâts qui contribue le plus au diagnostic. Nous remarquons aussi que plus l'ouverture du peuplement est ancienne, plus elle contribue au diagnostic (sauf pour les peuplements ouverts depuis 22 ans). Nous vérifions maintenant notre modèle grâce à la courbe de ROC.

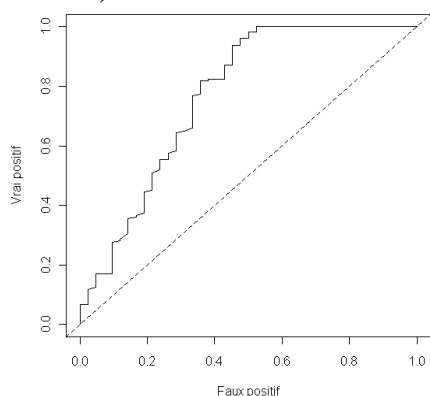


Figure 9 : Courbe de ROC (incertain / compromis)

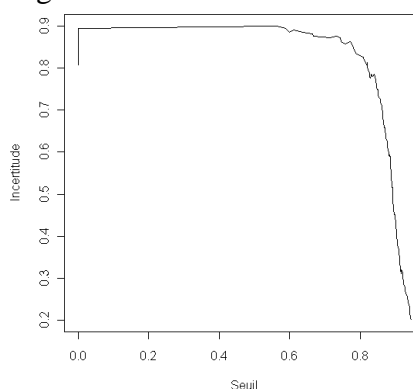


Figure 10 : Courbe de l'incertitude en fonction du seuil (incertain / compromis)

L'aire sous la courbe de ROC (figure n°9) indique une valeur de 0,77 donc le modèle discrimine assez bien le diagnostic sylvicole entre les placettes incertaines et compromises. La figure n°10, nous indique qu'une valeur seuil égale à 0,56 explique 89,95 % du diagnostic.

c) Principaux enseignements

Le modèle évaluant le diagnostic sylvicole sans problème / incertain et compromis permet de très bien différencier ces 2 cas de figure avec une valeur seuil de 0,76. En dessous de cette valeur, notre point de sondage sera sans problème et au dessus de cette dernière, notre point de sondage aura un diagnostic incertain ou compromis. Nous avons mis en évidence la part importante des cervidés dans l'expression du diagnostic, mais ils ne sont pas les seuls responsables car les dates et les superficies d'ouvertures, ainsi que les conditions écologiques influencent le diagnostic sylvicole.

Pour le diagnostic sylvicole incertain / compromis, le modèle différencie bien ces 2 cas de figure lorsque l'on prend comme valeur seuil 0,56. En dessous de cette valeur, nous aurons une placette à l'avenir sylvicole incertain et au dessus de cette valeur, nous aurons une placette à l'avenir sylvicole compromis. C'est plutôt les dates d'ouvertures et l'altitude qui différencient une placette incertaine d'une placette compromise.

2. Diagnostic écorçage

a) Bilan général

Le tableau n°8 indique que sur les 7 455 tiges inventoriées, 64,6 % des tiges ont subi une attaque des cervidés (Tce). Sur ces tiges endommagées, 52,8 % d'entre elles ont subi des abrouissements, 7,2 % ont été frottées (Tfr) et 40 % ont été écorcées (Tec).

Tiges	Tce	Tab	Tfr	Tec	TV	TNV	TceV	TauV	TceNV	TauNV	TT
n	4 819	2 544	347	1 928	3 079	4 376	1 176	1 903	3 643	733	7 455
%	64,6	52,8	7,2	40,0	41,3	58,7	38,2	61,8	83,2	16,8	100,0

Tableau 8 : Synthèse des dégâts relatifs à l'écorçage (nombre de tiges)

Près de 60 % des tiges inventoriées sont non viables (TNV). Puis, la part des cervidés attaquant une tige sans affecter sa viabilité est de 38,2 %, alors que 61,8 % des tiges viables ont subi d'autres dégâts (TauV). En ce qui concerne les tiges non viables, 83,2 % des tiges sont sans avenir en raison des dégâts de cervidés (TceNV) alors que 16,8 % d'entre elles le sont à cause des autres dégâts (TauNV).

Pour l'ensemble des placettes de la zone d'étude, seules 17 % sont considérées comme sans problème. A contrario, les gaulis/perchis ont un avenir compromis sur 60,8 % des placettes (tableau n°9 ci-dessous).

Diagnostic sylvicole	Alsace		Lorraine		Total
	Station 9	Station 1	Station 7	Station 9	
SP	21	63	4	41	129
I	23	51	3	51	128
C	74	266	5	154	499

Tableau 9 : Répartition du diagnostic sylvicole concernant l'écorçage par région et par station (en nombre de placettes)

La carte des écorçages (voir annexe N) ne permet pas de mettre en évidence un effet spatialisé des dégâts car l'ensemble des 3 diagnostics semble uniformément réparti sur toute la zone d'étude.

Pour les peuplements sensibles à l'écorçage (gaulis/perchis) d'une surface approximative de 337 ha, on peut estimer la surface compromise à 200 ha. Les surfaces restantes doivent être surveillées de près car elles sont encore sensibles à l'écorçage et devraient être protégées pour prévenir d'éventuelles attaques.

Pour identifier les variables influençant les diagnostics sylvicoles émis, la régression logistique a été utilisée.

b) La régression logistique

Pour construire le modèle relatif à l'écorçage, nous utilisons la même méthode et les mêmes variables que pour le GLM abrutissement. Une variable supplémentaire est ajoutée : le rayon de la placette car il fluctue dans le cas de l'écorçage (cf. paragraphe III.B.2.c.2.).

Les variables significatives de la régression logistiques pour les points de sondage du diagnostic sans problème / incertain et compromis sont synthétisées dans le tableau suivant :

Variables	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés	Variables	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés
Constante	-8,61775	X	TceNV	0,788105	0,101014
Rayon d'inventaire	1,46349	0,353855	TauNV	0,669268	-0,199383

Tableau 10 : Récapitulatif du modèle écorçage sans problème / incertain et compromis

Nous voyons que les 3 variables du modèle relatif à l'écorçage agissent sensiblement de la même manière. Là encore, les tiges non viables avec d'autres dégâts sont principalement des tiges ayant subi des atteintes dues aux cervidés par le passé dont aujourd'hui, nous ne pouvons plus déterminer le type d'atteinte.

Quand on teste le modèle, la courbe de ROC donne une aire sous la courbe égale à 0,99 donc le modèle s'applique bien au jeu de données relatif à l'écorçage. De plus, si on fixe un seuil à 0,52, le modèle explique 98,23 % du diagnostic.

Enfin, pour affiner nos prédictions sur le diagnostic incertain et compromis, nous appliquons la même démarche que précédemment et nous arrivons aux résultats ci-dessous :

Variables	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés	Variables	Coefficients conventionnels	Coefficients standardisés
Constante	-8,9598	X	TceNV	0,694507	0,0625099
Rayon d'inventaire	1,31531	0,217869			

Tableau 11 : Récapitulatif du modèle écorçage incertain / compromis

Les tiges non viables à cause des cervidés expliquent bien le diagnostic sylvicole mis conjointement avec le rayon de la placette (voir tableau n°11) car la courbe de ROC donne une aire sous la courbe égale à 0,95. De plus, en fixant un seuil à 0,69, le modèle explique 90,27 % du diagnostic sylvicole.

c) Principaux enseignements

Le modèle évaluant le diagnostic sylvicole sans problème / incertain et compromis permet de bien différencier ces 2 cas de figure en prenant comme valeur seuil 0,52. En dessous de cette valeur, nous serons dans le cas d'un point de sondage sans problème alors qu'au dessus de cette valeur, nous serons en présence d'un point de sondage avec un diagnostic sylvicole incertain ou compromis. Au sein de ce diagnostic, nous avons pu mettre en évidence la part importante des cervidés dans l'expression du diagnostic.

Pour le diagnostic sylvicole incertain / compromis, le modèle permet de bien distinguer ces 2 cas de figure lorsque l'on prend comme valeur seuil 0,69. En dessous de cette valeur, nous serons dans une placette à l'avenir sylvicole incertain et au dessus de cette valeur, nous serons dans une placette avec un avenir sylvicole compromis. Pour ce diagnostic, c'est encore les attaques des cervidés qui prédisent bien le diagnostic.

V. DISCUSSION

A. L'impact des cervidés sur la flore

L'impact des ongulés sauvages sur la flore dépend de nombreux facteurs (nature des espèces végétales, densités de populations d'ongulés, historique de la pression des herbivores, facteurs globaux, ...). En présence de très fortes populations de cervidés, de nombreux travaux ont montré une diminution significative du nombre de taxons liée à l'herbivorie (Gill R.M.A., Beardall V. en 2001 ; Stockton S.A. et al, 2005). D'autres études ont montré au contraire que la pression d'herbivorie favorisait la richesse spécifique (Marell A., Boulanger V., 2010). Le contexte particulier de notre étude (flore de type acidiphile est très pauvre) ne permet sans doute pas la mise en évidence d'effets notoires des cervidés sur la richesse spécifique. De plus, nous avons montré que nos inventaires n'étaient pas exhaustifs compte tenu d'une surface inventoriée insuffisante. Si notre étude avait inventorié des surfaces plus importantes (400 m² habituellement inventoriés en forêt), nous aurions peut-être trouvé des résultats mettant en évidence une diminution de la diversité dans les zones pâturées.

Sur les sites les plus acidiphiles, l'augmentation de la richesse spécifique en exclos pourrait être dû à l'existence d'un cycle entre la callune, la canche flexueuse et le pâturage (Bokdam J., 2001). La callune domine plus ou moins en présence ou en absence d'herbivores et se développe jusqu'à dégénérer au bout de quelques années. L'apport de lumière et de nutriment vont favoriser l'invasion de la canche qui va ensuite être régulée par les herbivores. Là encore, la lumière arrivant au sol augmentera avec une diminution des apports en nutriments (rétention par les herbivores) et ceci permettra la réapparition de la callune.

Parmi les autres facteurs relevés lors de la phase de prise de données, nous avons noté l'intégrité des placettes. Il semble que plus la placette d'inventaire est perturbée, plus le nombre d'espèces dans cette dernière augmente (valable pour des placettes où au moins la moitié de l'intégrité est conservée). De plus, nous avons plus de placettes perturbées en exclos qu'en enclos, et ceci est peut-être dû à 2 modes de sylvicultures différents. Donc nos sites de comparaison ne sont peut-être pas aussi légitimes qu'on le présumait. L'intégrité de la placette pourrait expliquer une richesse spécifique en exclos supérieure à celle de l'enclos. Pour aller encore plus loin, cette différence de distribution d'intégrité de placettes entre enclos/exclos pourrait traduire une différence des espèces végétales observées.

Néanmoins, nous avons déjà pu mettre en évidence un début de différenciation des communautés végétales entre enclos/exclos (voir analyse DCA) et ceci traduit des dynamiques naturelles différentes. Notre étude nous a permis de confirmer les résultats de Rooney T. P. (2009), car en exclos, les feuillus, les fougères, le sapin pectiné, le framboisier et la ronce disparaissent alors que les carex et les graminées dominent. La dynamique végétale en enclos résulte d'une absence de consommation par les cervidés mais aussi de la dynamique de certaines espèces végétales comme la callune qui bloquent le développement d'autres espèces – excrétion racinaire toxiques et développement aérien important. Ceci pourrait aussi expliquer une différence de richesse spécifique non significative pour de faibles superficies d'études entre enclos et exclos.

B. L'impact des cervidés sur la régénération forestière

Le premier constat à faire est que seulement 88 ha de la régénération forestière semble acquise ou des peuplements au stade gaulis/perchis viables (soit 14 % de la surface sensible).

Le second point important à préciser concerne l'aspect cumulatif des dégâts de cervidés. Plus l'âge des peuplements avance, plus les impacts compromettent l'avenir du

peuplement en attaquant les tiges viables restantes. Tout d'abord, dans les peuplements de type semis, les tiges seront sensibles aux abrouissements puis aux frottis et lorsqu'ils passeront au stade gaulis, les abrouissements seront moins présents (au moins pour la pousse apicale) comme les frottis mais nous verrons apparaître les écorçages qui s'avèrent rédhibitoires sur les épicéas communs (peuplement majoritaire de la zone sommitale).

A la suite de ces deux constats, nous avons créé des modèles explicatifs mettant en évidence le rôle très important des cervidés. Ils interviennent dans les dégâts actuellement visibles mais aussi dans les autres dégâts qui regroupent également des dégâts de cervidés assez anciens mais dont on ne peut plus déterminer avec certitude l'origine. Néanmoins, il est important de souligner que pour les points de sondage relatifs à l'abrouissement, 61 % de ces derniers sont sans régénération donc nous n'avons pas d'informations sur les dégâts. De plus, les cervidés ne sont pas les seuls responsables du diagnostic, les facteurs climatiques et humains combinés (surface d'ouverture et la date d'ouverture) et les facteurs écologiques (exposition, pente, altitude) interviennent dans le diagnostic. On suppose que les facteurs climatiques, humains et écologiques n'ont pas été favorables à l'installation d'une régénération forestière conséquente puis à cela s'ajoute l'effet cumulatif et important des dégâts de cervidés pour arriver au constat actuel.

Pour essayer de construire un indice reflétant la pression des cervidés sur le milieu, nous avons créé un indice d'herbivorie à partir des hauteurs constatées de la callune et de la myrtille. Baines D. et al (1994) montre une diminution par deux de la hauteur de la myrtille lorsqu'elle se situe en exclos ainsi qu'une réduction du couvert de la callune. L'impact des cervidés étant assez important et l'absence de prise en compte de cette variable dans les modèles explicatifs nous pose question.

Lorsque l'on regarde les courbes de réponses de la callune et de la myrtille, on s'aperçoit que le découpage en classes est plus pertinent pour la callune, car au dessus de 30 cm, la myrtille se fait rare. En effet, la Flore Forestière Française (Rameau J.C., 1989) indique une taille naturelle plus faible pour la myrtille que pour la callune. Cette différence de taille est encore plus prononcée sur les substrats acides et pauvres (allant jusqu'au podzol) de la zone sommitale. De plus, Parlane S. (2006) établit que la myrtille préfère des environnements ombragés contrairement à la callune qui est très héliophile. Notre zone d'étude possède un ombrage réduit (déficit de tiges), de plus nous avons inventorié des zones ouvertes en exclos donc la croissance en hauteur de la myrtille n'est pas favorisée mais convient très bien à la callune. Pour revenir à notre indice d'herbivorie, il aurait fallu revoir son calcul en ajustant des classes de hauteur pour la myrtille. Par exemple, Parlane S. et al (2006) détermine un indice d'herbivorie en examinant la proportion de tiges de myrtille abrouis.

L'hypothèse d'un indice mal construit n'explique pas complètement l'absence de signification de cette variable dans les modèles explicatifs. En effet, les hauteurs de la callune et de la myrtille en 2010 sont censées refléter l'importance de la pression instantanée des cervidés, or nos observations sur les essences forestières tiennent compte des atteintes récentes et cumulées.

Lors de la construction des modèles, les variables explicatives de distance n'ont pas été retenues malgré un effet spatial net des diagnostics sylvicoles concernant le protocole abrouissement (voir annexe K). Le faible taux de peuplements ayant un avenir sylvicole certain ne permet peut-être pas de faire ressortir cet effet spatial. De plus, dans la zone centrale des Hautes Chaumes, le réseau de desserte forestière et de chemins de randonnée sont moins importants que sur les crêtes et favorisent alors la quiétude des herbivores.

VI. PROPOSITIONS DE GESTION

Tout d'abord, avant de faire des propositions de gestion ayant une chance d'aboutir, il est impératif de renouer le dialogue entre les forestiers et les chasseurs. Sans ce dialogue, les efforts consentis par les uns seront ruinés par les efforts antagonistes des autres. Il faut que ces deux acteurs s'entendent sur un objectif commun à atteindre à court et moyen terme.

Le suivi temporel de l'acquisition de la régénération est important sur l'ensemble de cette zone sommitale, notamment dans les parcelles 1, 193, 194 (partie Nord), 196, 197 et 213 où localement certaines placettes possèdent un avenir sylvicole. Dans ces peuplements où les gaulis et perchis sont encore indemnes, ou lorsque les semis passeront au stade gaulis, il serait utile de mettre en place des protections contre l'écorçage grâce au rabot. L'utilisation d'un tel outil ne se fait pas en plein mais sur une densité de tiges égale à 2 fois la densité finale, soit 600 tiges/ha. La mise en œuvre de cette intervention est de l'ordre de 3 €/tige, soit un coût total avoisinant les 80 000 €. Sur le reste de cette zone, la situation n'est pas du tout favorable à l'installation d'une régénération naturelle en raison de la disparition des semenciers, mais il est possible que sur les parcelles actuellement ouvertes, des semis puissent s'installer naturellement à partir de peuplements porte graines mitoyens. Ces phénomènes d'acquisition naturelle de la régénération prendront sans doute du temps mais ils restent envisageables.

Cette éventualité est malgré tout largement dépendante d'une réduction effective des populations de cervidés. Rappelons que sur cette zone, les indicateurs mis en place dans le cadre de l'observatoire du Donon montrent que la population de cerf est excédentaire par rapport à la capacité d'accueil du milieu. L'abondance de la population est stable dans le temps et ne semble pas diminuer au cours de ces dernières années. La masse corporelle des faons est faible ce qui est un signe de saturation du milieu (Morellet et al. 2007).

Aussi, un effort de réduction des populations de cerf est indispensable, dans ce cas figure les chasseurs jouent un rôle primordial. Ils doivent dans un premier temps accepter une augmentation des prélèvements. Dans un second temps, ils doivent peut être adaptés leurs modes de chasse. Actuellement, l'essentiel des prélèvements est assuré par la chasse à l'affût et à l'approche, jugées non perturbante et dont l'efficacité laisse parfois à désirer lorsque les chasseurs s'imposent des contraintes trop fortes (chasse sélective). Après le brame, le recours à des battues serait souhaitable pour respecter les quotas de prélèvements définis par le plan de chasse. Rappelons que les prélèvements de mâles sont toujours assurés alors que le prélèvement de femelles et de jeunes sont souvent en deçà de ceux prescrits par les plans de chasse. De plus, les chasseurs et les forestiers sont d'accord pour dire que les cerfs ne restent pas durant la période hivernale sur les crêtes, donc l'augmentation des plans de chasse en plaine serait aussi un bon compromis pour diminuer globalement la population de cerfs.

Il est impératif que les forestiers maintiennent leur réseau d'enclos hermétique car pour certains d'entre eux, la présence d'animaux dans ces enclos est indiscutable. Or, ces entités protégées permettent à la végétation naturelle de se reconstituer et pourraient devenir des zones sources pour une recolonisation naturelle de la végétation spontanée plus rapide.

Pour conclure, dans un passé lointain, ces Hautes Chaumes n'avaient pas de vocation forestière donc d'un point de vue écologique, la forêt n'a peut-être pas sa place sur ce territoire. De plus, vu les revenus consentis par la chasse (33 €/ha) par rapport au potentiel de production actuel et du fait de la présence de chemins de randonnées sur cette zone, l'Office National des Forêts aurait peut-être plus intérêt à constituer une série à vocation paysagère afin de ne pas fermer le paysage et conserver une vue imprenable sur le massif Vosgien.

VII. CONCLUSION

Cette étude de type diagnostic s'intègre dans les objectifs de l'observatoire du Donon créé en 1998 afin de trouver des solutions entre forestiers et chasseurs pour concilier gestion forestière et gestion cynégétique. Les différents acteurs forestiers et chasseurs, sous l'égide de l'ONFCS qui dirige cet observatoire, ont décidé en 2008 de mener une étude sur les 70 000 ha de l'observatoire dans le but de faire un diagnostic sylvicole de l'état des peuplements. La zone sommitale (900 ha) étant connue pour être un secteur particulièrement sollicité par les cervidés fait l'objet d'un diagnostic plus approfondi.

La dernière réunion de concertation (février 2010) entre forestiers et chasseurs s'est conclue sur un désaccord total entre les 2 parties car l'ONF veut imposer une augmentation du plan de chasse avant d'avoir les résultats de l'étude 2010. Les forestiers mettent en cause une population de cervidés trop importante pour régénérer les peuplements forestiers et les chasseurs contestent les niveaux de prélèvements demandés et évoquent une difficulté croissante à réaliser les plans de chasse qui sont de plus en plus importants d'années en années. Néanmoins, tous les acteurs sont d'accord pour reconnaître une forte pression de cervidés sur cette zone depuis 30 ans.

Les travaux relatifs à l'impact des cervidés sur la zone sommitale revêtent deux aspects : une étude sur la diversité végétale et une étude sur la régénération forestière.

L'étude de la diversité végétale s'est faite par comparaison de cortège floristique entre enclos et exclos. Les résultats indiquent que la richesse spécifique est globalement similaire entre enclos et exclos. Toutefois, on constate une disparition des feuillus et du sapin pectiné en exclos, essences recherchées par les forestiers. Plusieurs raisons peuvent expliquer l'absence de différence de richesse spécifique entre enclos et exclos (insuffisance de surface prospectée, cortège floristique globalement pauvre,...). Néanmoins, nous observons un début de différenciation des communautés végétales entre enclos/exclos et donc des dynamiques de végétations différentes en raison de l'abrutissement des cervidés.

L'étude relative à la régénération forestière a été réalisée par un inventaire systématique des peuplements sensibles aux dégâts de cervidés sur les Hautes Chaumes. Elle nous indique que le diagnostic sylvicole sur cette zone sommitale est désastreux. Seulement 88 ha de la surface totale où la régénération est attendue peut-être considérée régénérée. Les cervidés ont une part de responsabilité indéniable dans ce diagnostic mais il ne faut pas négliger les facteurs abiotiques (tempêtes, conditions climatiques), biotiques (sols pauvres et acides) ainsi que des facteurs humains. Ensuite, les cervidés n'ont fait qu'aggraver le problème.

Pour les peuplements qui peuvent encore être sauvés, des mesures de protection devront être prises conjointement avec une réduction des populations de cerfs pour pérenniser ces peuplements. Mais ces mesures ne seront efficaces que si le dialogue entre les forestiers et les chasseurs est renoué.

Les résultats issus de cette étude ne sont valables que pour une forêt datant du milieu du 19^{ème} siècle. De plus, la venue d'évènements climatiques majeurs telle que les tempêtes de plus en plus fréquentes remet en cause la légitimité de la forêt dans certaines zones. Vu les conditions actuelles observées sur la zone sommitale du Donon, une question reste en suspens : doit-on poursuivre un objectif de production ou faire de cette zone sommitale une série à vocation paysagère en conservant un revenu chasse non négligeable ?

VIII. BIBLIOGRAPHIE

- ASTER GDEM (Modèle Numérique de terrain) : <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>
- Baines D., Sage R.B., Baines M.M., 1994. The implications of red deer grazing to ground vegetation on invertebrate communities of Scottish native pinewoods. *British Ecological Society*. 31. 776-783.
- Bokdam J., 2001. Effects of browsing and grazing on cyclic succession in nutrient-limited ecosystems. *Journal of Vegetation Science*. 12. 875-886.
- Gill R.M.A., 1992. A review of damage by mammals in North temperate forest : 1. Deer. *Forestry*. 65. 145-169.
- Gill R.M.A., Beardall V., 2001. The impact of deer on woodlands : the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. *Forestry*. 74. 209-218.
- Oksanen J., Blanchet G.F., Kindt R., Legendre P., O'Hara R.G., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Wagner H. (2010). vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Jung Patrick, *L'histoire de l'implantation du cerf sur le massif des Vosges*, Mars 1984.
- Hamard J.-P., Ballon P., *Guide pratique d'évaluation des dégâts en milieu forestier*, Octobre 2009.
- Hoffmann G., 1977. Les dégâts causés aux peuplements par les cervidés. *Revue Forestière Française*. 29. 131-135.
- Lacombe E., Madesclaire A., Rameau J.-C., *Les milieux forestiers dans les Vosges Gréseuses Lorraines*, 1989, 19p.
- *Les aménagements de la forêt domaniale du Val de Senones*, 1938-1975, 1975-1998.
- Letz J.-M., *Le problème forêt-gibier en forêt domaniale du Val de Senones (Massif du Donon) : acuité, tentatives d'approche de la population cerf et de sa gestion*, Janvier 1994.
- Morellet N., Gaillard J. M., Hewison A.J.M., Ballon P., Boscardin Y., Duncan P., Klein F., Maillard D., 2007. Indicators of ecological change : new tools for managing populations of large herbivores. *Journal of applied ecology*. 44. 634-643.
- Parlane S., Summers R.W., Cowie N.R., Van Gardingen P.R., 2006. Management proposals for bilberry in Scots pine woodland. *Forest Ecology and Management*. 222. 272-278.
- R Development Core Team, 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.)
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., *Flore Forestière Française*, 1989, 1785p
- Rooney T.P., Waller D.M., 2003. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*. 181. 165-176.
- Rooney T. P., 2009. High white-tailed deer densities benefit graminoids and contribute to biotic homogenization or forest ground-layer vegetation. *Plant Ecol*. 202. 103-111.
- Stockton S.A., Allombert S., Gaston A.J., Martin J-L., 2005. A natural experiment on the effects of high deer densities on the native flora of coastal temperate rain forests. *Biological conservation*. 126. 118-128.
- Sing T., Sander O., Beerenwinkel N., Lengauer T., 2009. ROCR: Visualizing the performance of scoring classifiers. R package version 1.0-4. <http://CRAN.R-project.org/package=ROCR>
- Tremblay J-P., Huot J., Potvin F. Côté S.D., 2007. Relations entre l'abondance du Cerf de Virginie et la dynamique de régénération des forêts de l'île d'Anticosti. *Le naturaliste Canadien*. 131. 26-32.
- Zachary T. L., Thomas H., Pendergast IV, Walter P.C., 2007. The impact of deer on relationships between tree growth and mortality in an old-growth beech-maple forest. *Forest Ecology and Management*. 252. 230-238.

ANNEXES

Annexe A : Carte de localisation et du parcellaire forestier

Annexe B : Carte des stations forestières

Annexe C : Carte des enclos

Annexe D : Fiche de relevés pour l'étude entre enclos et exclos

Annexe E : BD ortho couleur et infrarouge de 2006

Annexe F : Carte de la photo-interprétation

Annexe G : Carte des points d'inventaire

Annexe H : Modalités des variables pour les protocoles abrouissement et écorçage

Annexe I : Fiches de relevés pour le protocole abrouissement

Annexe J : Fiches de relevés pour le protocole écorçage

Annexe K : Carte des zones ouvertes

Annexe L : Carte du diagnostic sylvicole pour le protocole abrouissement

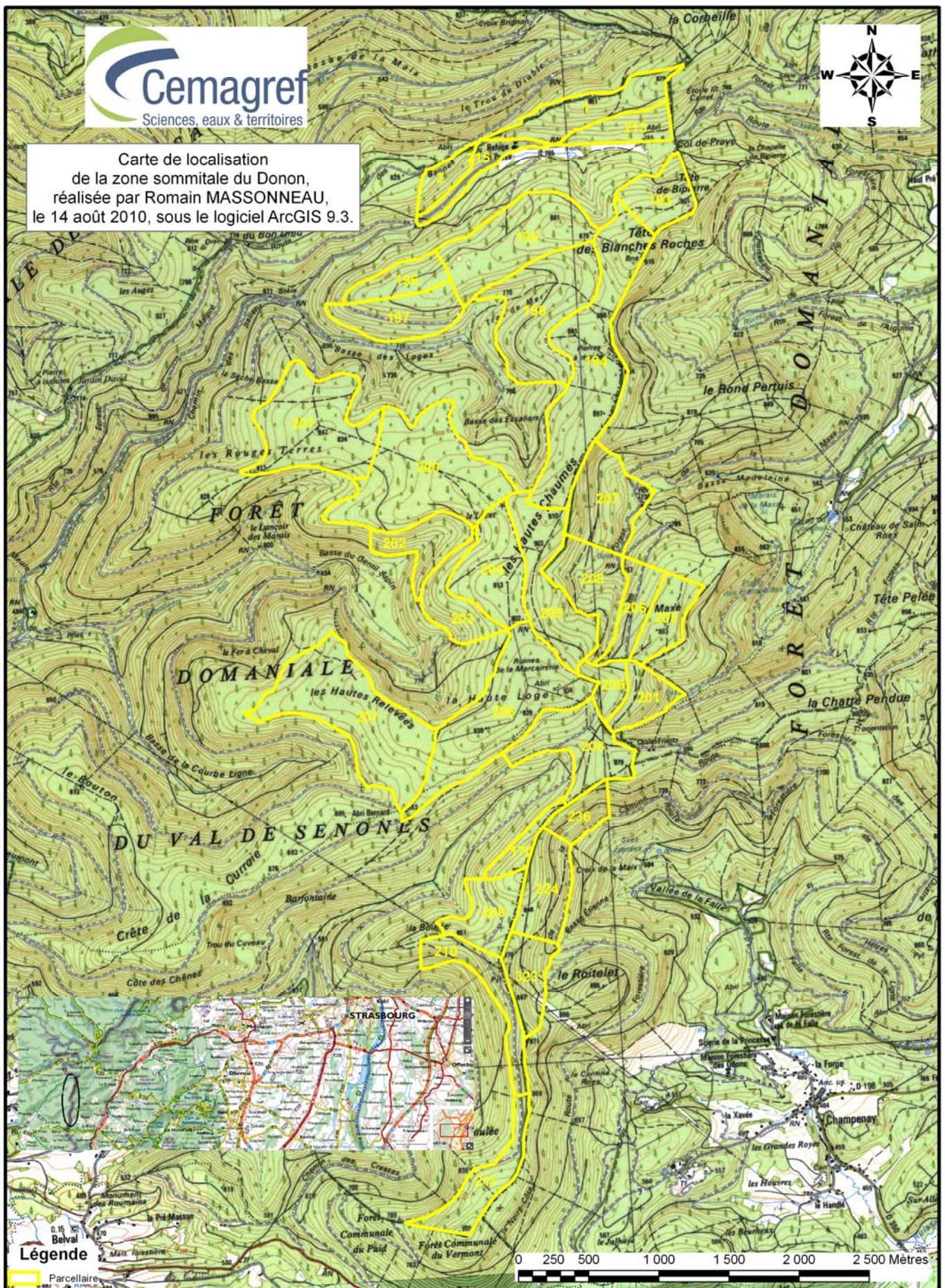
Annexe M : Variables utilisées pour les régressions logistiques relatives à l'abrouissement et l'écorçage

Annexe N : Carte du diagnostic sylvicole pour le protocole écorçage

Annexe A :

Carte de localisation et du parcellaire forestier

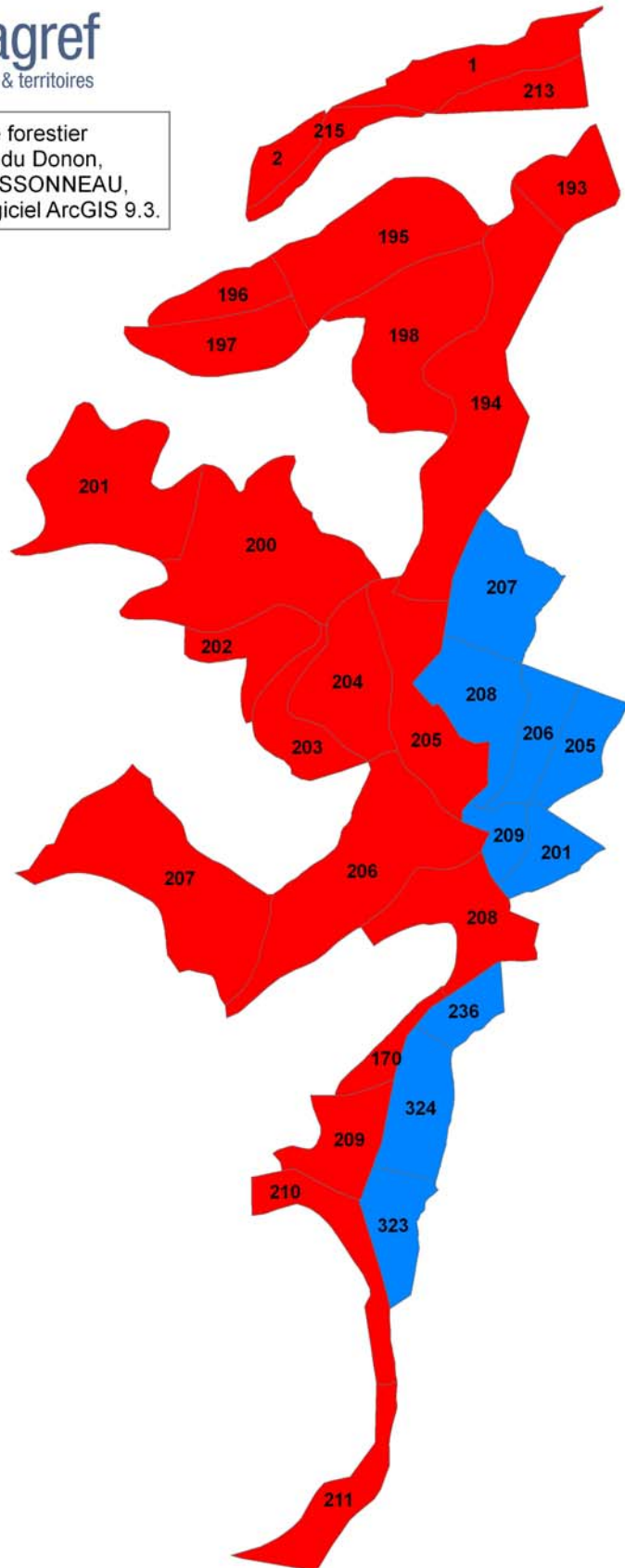
Carte de localisation de la zone sommitale du Donon



Carte du parcellaire forestier de la zone sommitale du Donon



Carte du parcellaire forestier de la zone sommitale du Donon, réalisée par Romain MASSONNEAU, le 11 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

- Parcellaire
- Alsace
 - Vosges



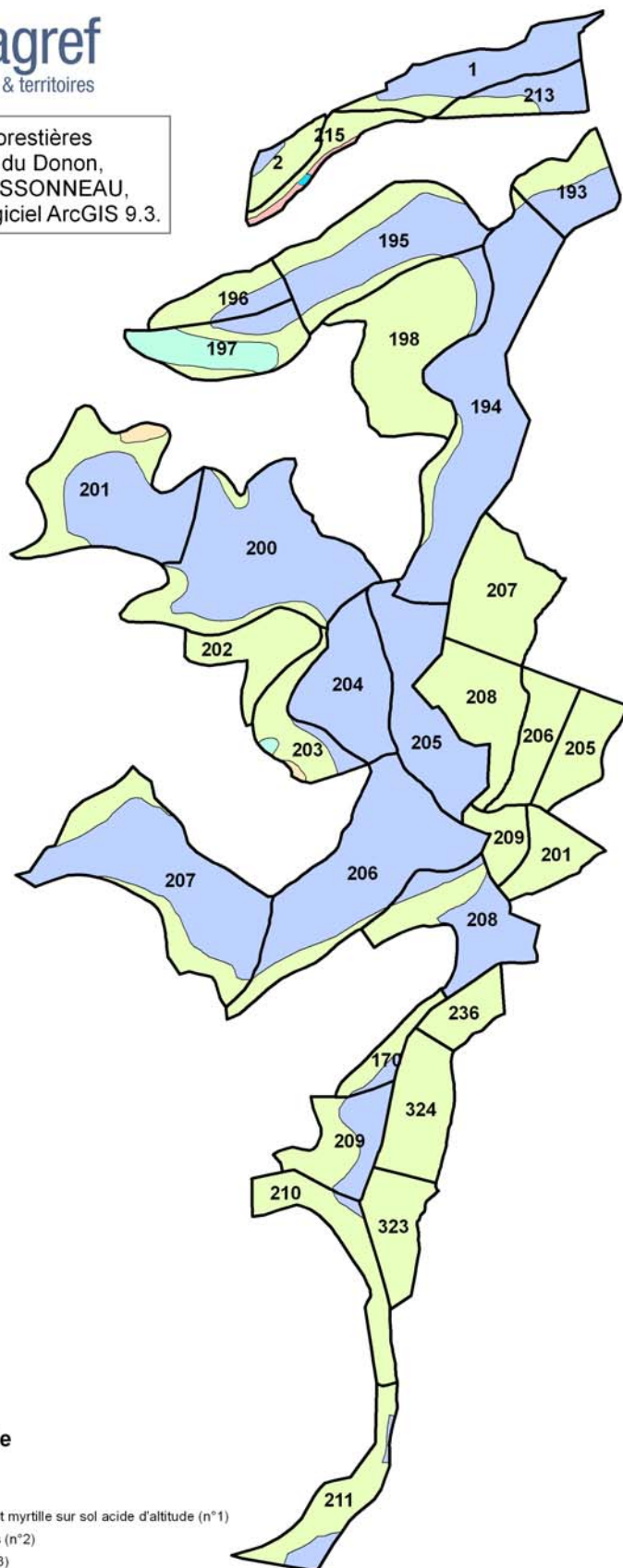
Annexe B :

Carte des stations forestières

Carte des stations forestières de la zone sommitale du Donon



Carte des stations forestières de la zone sommitale du Donon, réalisée par Romain MASSONNEAU, le 11 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

- Parcelle
- Stations
 - Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol acide d'altitude (n°1)
 - Pessière-Sapinière sur éboulis de blocs (n°2)
 - Pessière-sapinière sur sol tourbeux (n°3)
 - Sapinière-Pineraie à callune et leucobryum sur sol très acide (n°7)
 - Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol très acide (n°9)
 - Non déterminée



Stations forestières – Vosges gréseuses	Surface (ha)	%	Peuplement et végétation
Sapinière – Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol acide d'altitude (n°1)	446,3	49,59	<ul style="list-style-type: none"> - Essences spontanées : sapin pectiné, hêtre, bouleau verruqueux, sorbier des oiseleurs, alisier blanc - Essence introduite : épicéa commun - Présence, voire abondance, de canche flexueuse et de molinie - Présence de myrtille non en tapis, de callune, luzule des bois, dicrane en balai
Pessière – Sapinière sur éboulis de blocs (n°2)	2,5	0,3	<ul style="list-style-type: none"> - Essences spontanées : épicéa commun, sapin pectiné, hêtre, sorbier des oiseleurs, bouleau verruqueux - Essence introduite : épicéa commun - Présence, voire abondance, de la myrtille et des "mousses" : bazzanie, sphaignes, polytric élégant, dicrane en balai
Pessière – Sapinière sur sol tourbeux (n°3)	2,3	0,3	<ul style="list-style-type: none"> - Essences spontanées : épicéa commun, bouleau verruqueux, sorbier des oiseleurs, aulne glutineux - Abondance de sphaignes, molinie, parfois d'airelle des marais, blechne en épis
Sapinière – Pineraie à callune et leucobryum sur sol très acide (n°7)	13,0	1,38	<ul style="list-style-type: none"> - Essences spontanées : pin sylvestre, sapin pectiné, bouleau verruqueux, alisier blanc - Essence introduite : épicéa commun, douglas - Présence, voire abondance, de myrtille, canche flexueuse - Présence possible de callune, molinie, leucobryum glauque, fougère aigle
Sapinière – Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol très acide (n°9)	435,9	48,43	<ul style="list-style-type: none"> - Essences spontanées : sapin pectiné, hêtre, sorbier des oiseleurs, bouleau verruqueux, alisier blanc - Essence introduite : épicéa commun, pin sylvestre, douglas, mélèze d'Europe - Présence, voire abondance, de canche flexueuse, luzule des bois, dicrane en balai et myrtille - Présence possible de luzule blanchâtre
	900	100	-

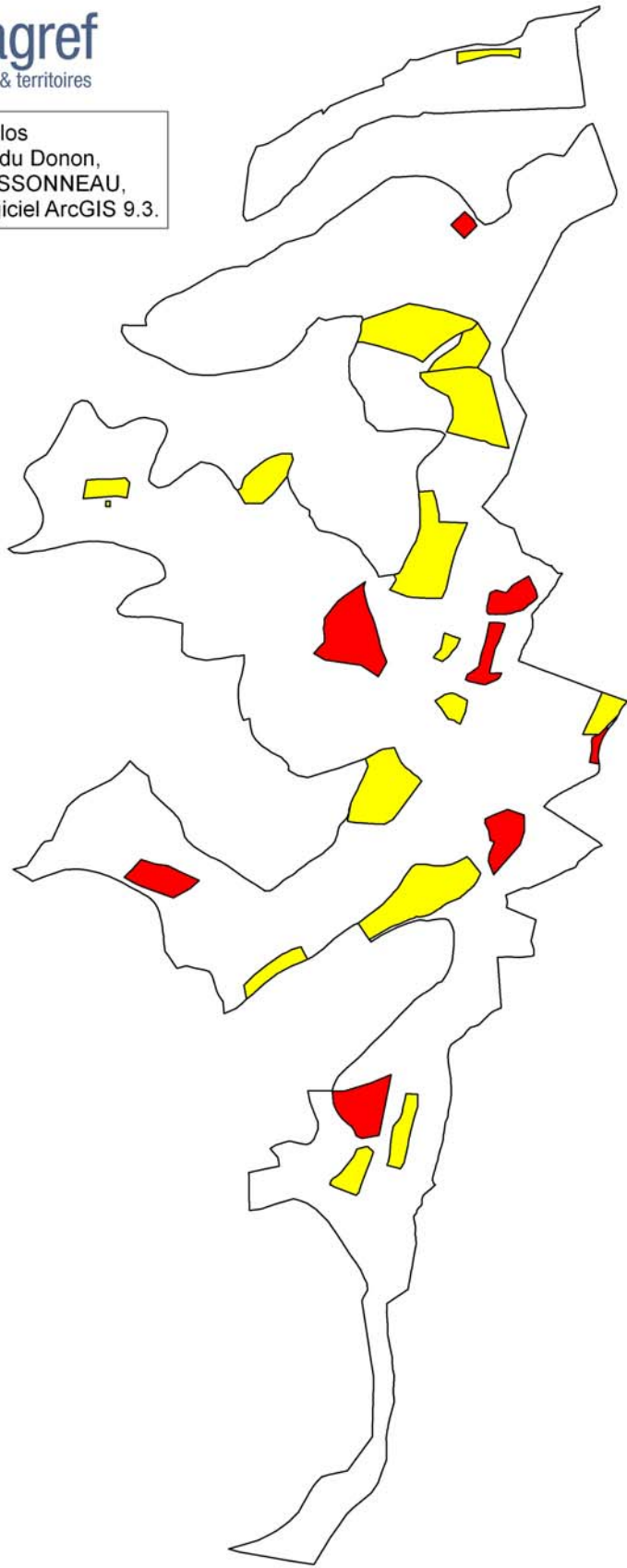
Annexe C :

Carte des enclos

Carte des enclos de la zone sommitale du Donon



Carte des enclos
de la zone sommitale du Donon,
réalisée par Romain MASSONNEAU,
le 14 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

- Enclos
- Inventaire**
- Enclos inventorié
 - Enclos non inventorié
 - Exclos



Annexe D :

Fiche de relevés pour l'étude entre enclos et exclos

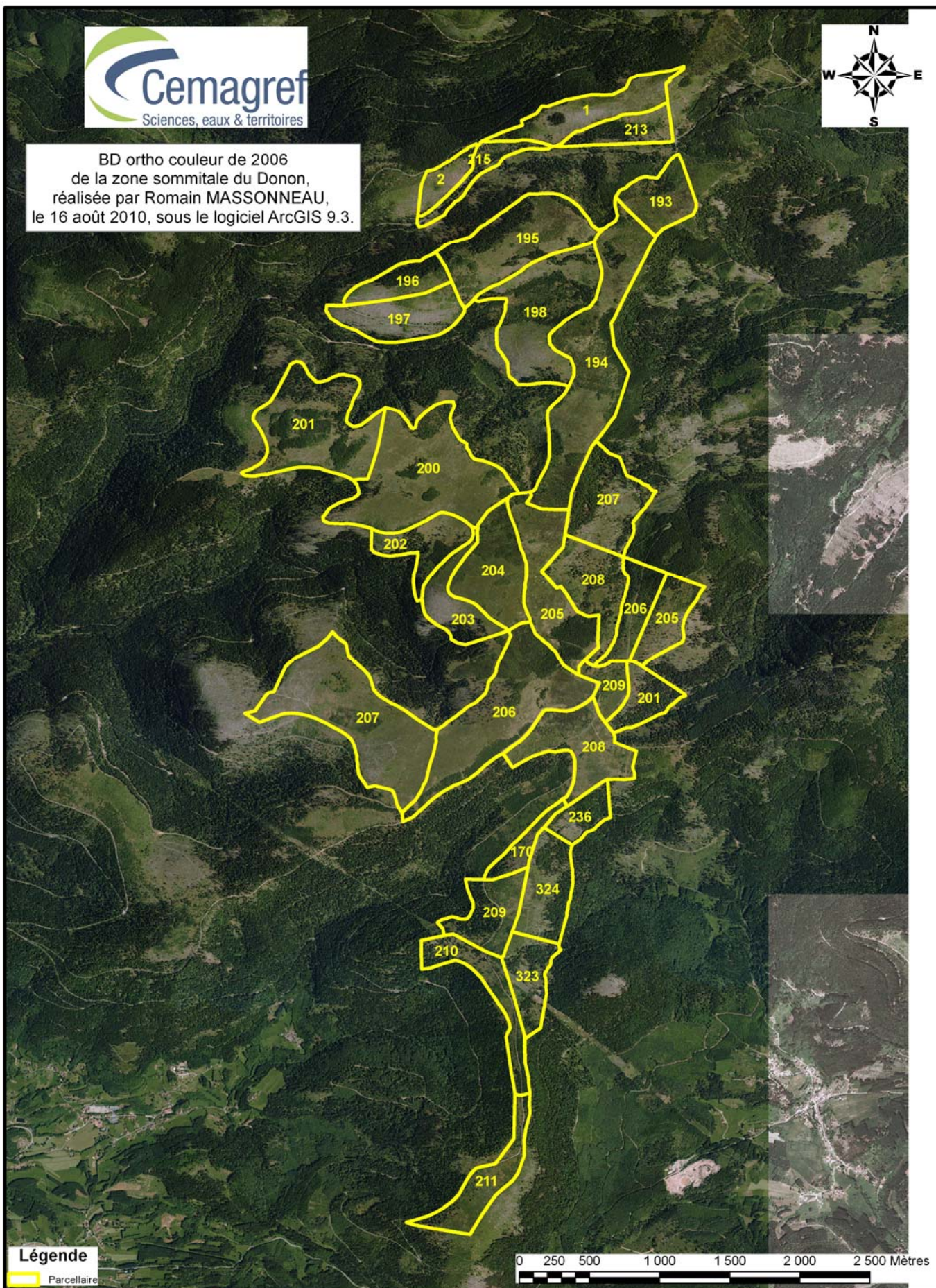
Annexe E :

BD ortho couleur et infrarouge de 2006

BD ortho couleur de 2006 de la zone sommitale du Donon



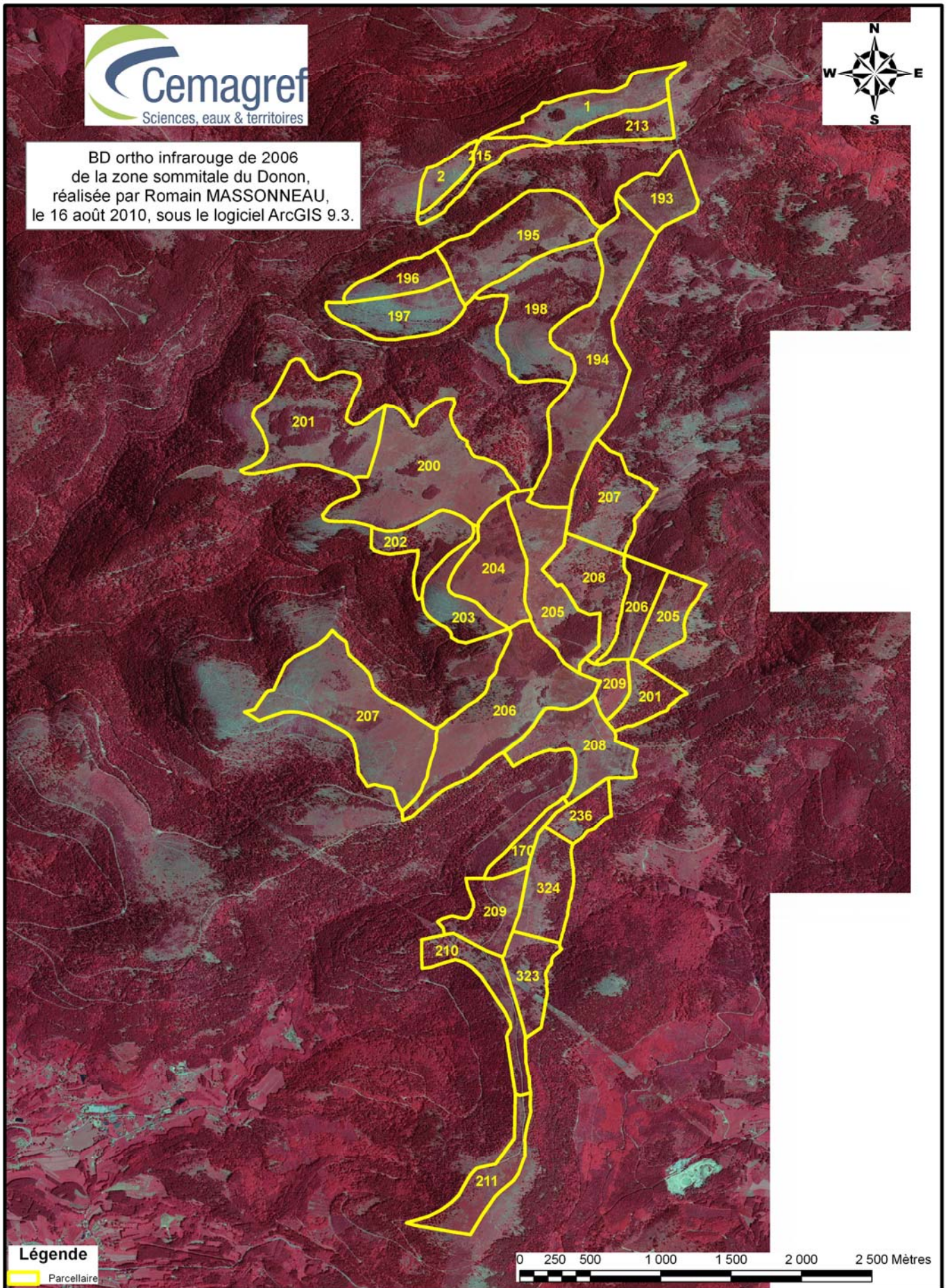
BD ortho couleur de 2006
de la zone sommitale du Donon,
réalisée par Romain MASSONNEAU,
le 16 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende
Parcelles

0 250 500 1 000 1 500 2 000 2 500 Mètres

BD ortho infrarouge de 2006 de la zone sommitale du Donon



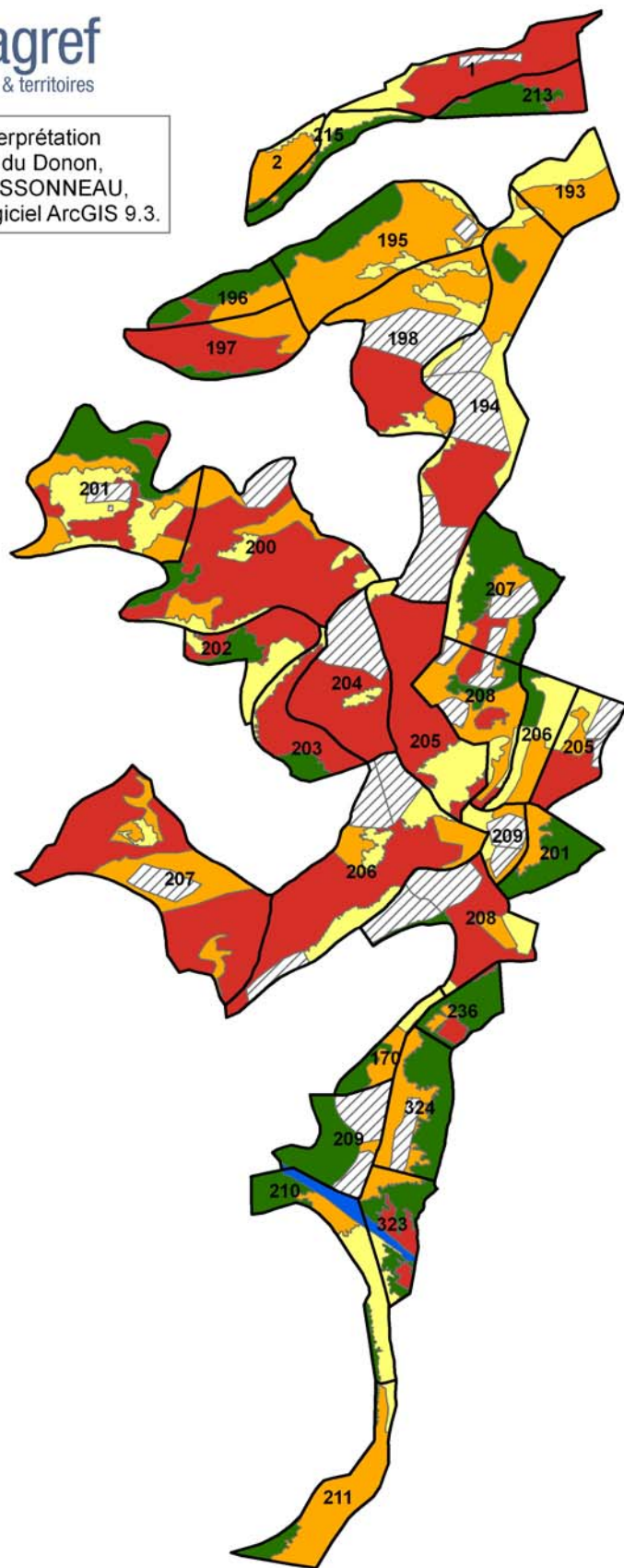
Annexe F :

Carte de la photo-interprétation








Carte de la photo-interprétation de la zone sommitale du Donon



Carte de la photo-interprétation de la zone sommitale du Donon, réalisée par Romain MASSONNEAU, le 11 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

-  Parcellaire
- Zonage Photo-Interprétation**
-  Enclos
-  Semis
-  Gaulis
-  Perchis
-  Futaie
-  Ligne électrique

0 250 500 1 000 1 500 2 000 2 500 Mètres

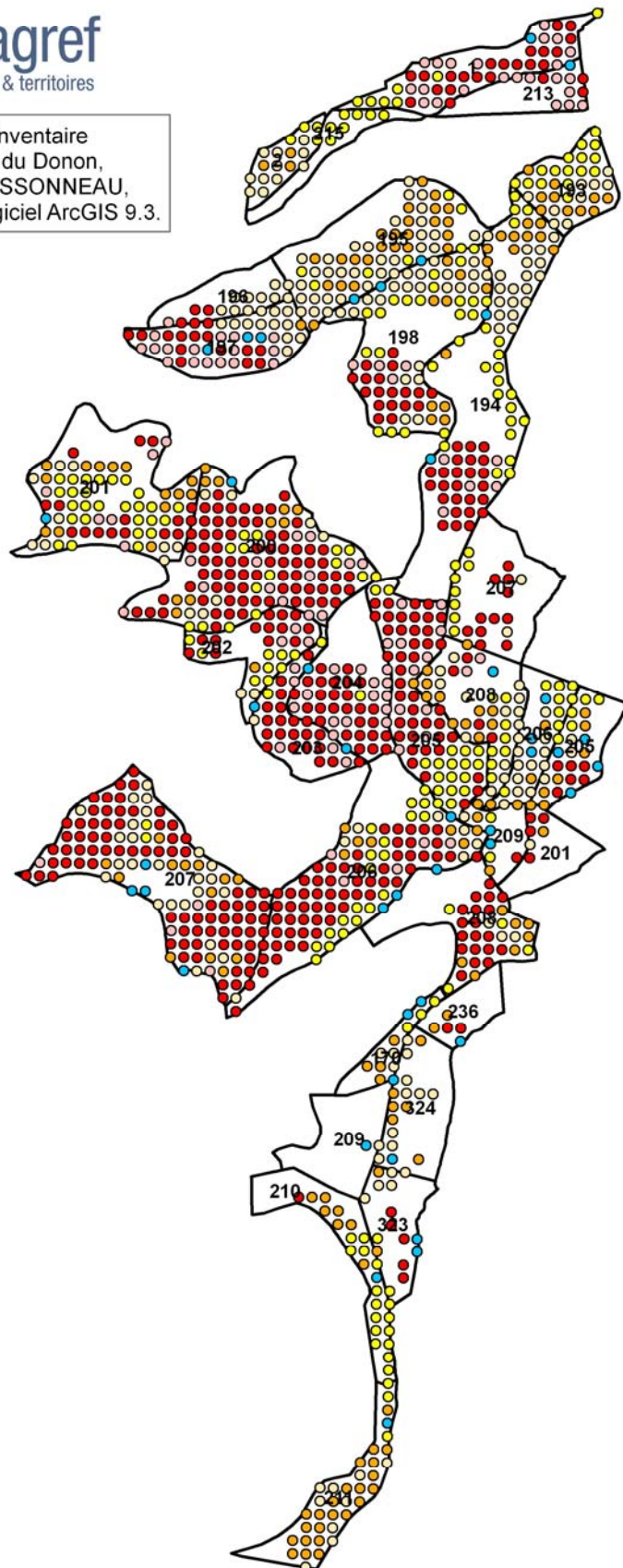
Annexe G :

Carte des points d'inventaire

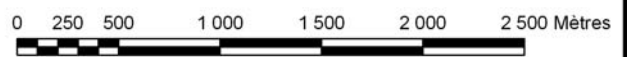
Carte des points d'inventaire



Carte des points d'inventaire de la zone sommitale du Donon, réalisée par Romain MASSONNEAU, le 11 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



- Légende**
- Points d'inventaire
- Semis
 - Semis-Gaulis
 - Gaulis
 - Gaulis-Semis
 - Perchis
 - Supprimés
- ▭ Parcelle



Annexe H :

Modalités des variables pour les protocoles abrouissement et écorçage

Liste des variables "ABROUTISSEMENT"

ECO : Relevé Écorçage	
Modalité	Code
Absence de relevé "écorçage"	0
Réalisation d'1 relevé "écorçage"	1

SEN : Sensibilité à l'égard des cervidés	
Modalité	Code
0,8 m ≤ Hauteur < 2,0 m	1
Hauteur < 0,8 m	2

DEG : Atteinte infligée par les cervidés	
Modalité	Code
Absence de dommage	0
Abrouitissement	1
Frottis	2

AUT : Autres types d'atteinte	
Modalité	Code
Absence de dommage	0
Rongeur	1
Lapin-Lièvre	2
Travaux et entretien	3
Parasites	4
Autre(s) origine(s)	5

VIA : Qualité sylvicole des individus	
Modalité	Code
Non viable	0
Viable	1

Définition des "Gaulis" : Tiges de diamètre ≤ 10 cm (niveau 1,30 m) et de 2 m ≤ hauteur ≤ 10 m

Variables complémentaires :

X : Abscisse de la placette sur la grille [1;49]

Y : Ordonnée de la placette sur la grille [1;121]

GPS : Identifiant "GPS" de la placette

DAT : Date de relevé de la placette

DA : Date du relevé (1 à n)

EC : Réalisation d'une placette "Ecorçage" (0 = Non réalisée ; 1 = réalisée)

P : Note d'intégrité de la placette d'inventaire

Si peuplement = "Semis", faire systématiquement une placette "ABROUTISSEMENT"

Si peuplement = "Semis" et si présence de "Gaulis" dans un rayon de 2,8 m centré sur la placette "ABROUTISSEMENT" ouverture d'une placette "ECORCAGE".

Dans ce cas, le rayon maxi de la placette "ÉCORCAGE" est fixé à 10 m.

Liste des variables "ÉCORCAGE"

ABR : Relevé ABROUUISSEMENT	
Modalité	Code
Absence de relevé "abrouit."	0
Réalisation d'1 relevé "abrouit."	1

ESS : identification des essences	
Modalité	Code
Essence "objectif" 1 : Sapin pectiné	1
Essence "objectif" 2 : Epicéa commun	2
Essence "objectif" 3 : Mélèze d'Europe	3

DEG : Atteinte infligée par les cervidés	
Modalité	Code
Absence de dommage	0
Écorçage	1
Frottis	2
Abrouissement	3

AUT : Autres types d'atteinte	
Modalité	Code
Absence de dommage	0
Travaux et entretien	1
Parasites	2
Autre(s) origine(s)	3

VIA : Qualité sylvicole de la tige	
Modalité	Code
Non viable	0
Viable	1

Variables complémentaires :

X : Abscisse de la placette sur la grille [1;49]

Y : Ordonnée de la placette sur la grille [1;121]

GPS : Identifiant "GPS" de la placette

DAT : Date de relevé de la placette

RAY : Rayon de la placette (m)

DA : Date du relevé (1 à n)

EC : Réalisation d'une placette "Ecorçage" (0 = Non réalisée ; 1 = réalisée)

P : Note d'intégrité de la placette d'inventaire

 Si peuplement = "**Gaulis**", faire systématiquement une placette "**ÉCORCAGE**"
 (rayon maxi de la placette : 35 m)

Si peuplement = "**Gaulis**" et si présence de semis, de tiges "objectif" ou de gaulis d'Épicéa ou de Sapin dans un rayon de **1,4 m** centré sur la placette "**ÉCORCAGE**" ouverture d'une placette "**ABROUUISSEMENT**".

 Si peuplement = "PERCHIS" pas de relevé "**ABROUUISSEMENT**".

Annexe I :

Fiches de relevés pour le protocole abrutissement

Annexe J :

Fiches de relevés pour le protocole écorçage

Exemple d'une fiche de relevés abroutissement pour les peuplements de type gaulis

Coordonnées des placettes		Variables		N° d'ordre des tiges de l'essence "objectif" inventoriées										Essence "objectif"		
				11	12	13	14	15	16	17	18	19	110			
1	X	Y	EPICEA	SEN											Semis	
	6	85		DEG											Gaulis V.	
	GPS			SAPIN											AUT	Semis
	4122														VIA	Gaulis V.
2	X	Y	EPICEA	SEN											Semis	
	17	83		DEG											0	
	GPS			SAPIN											AUT	Gaulis V.
	4035														VIA	1
3	X	Y	EPICEA	SEN	2	2									Semis	
	15	83		DEG	0	0									Gaulis V.	
	GPS			SAPIN	AUT	0									0	0
	4033				VIA	1									1	0
4	X	Y	EPICEA	SEN											Semis	
	14	83		DEG											Gaulis V.	
	GPS			SAPIN											AUT	Semis
	4032														VIA	Gaulis V.
5	X	Y	EPICEA	SEN											Semis	
	24	80		DEG											0	
	GPS			SAPIN											AUT	Gaulis V.
	3895														VIA	1
6	X	Y	EPICEA	SEN											Semis	
	28	57		DEG											Gaulis V.	
	GPS			SAPIN											AUT	Semis
	2772														VIA	Gaulis V.

Exemple d'une fiche de relevés flore pour les peuplements de type gaulis

N	DA	GPS	COR	AB	P	Callune					Canche flexueuse	Dicrane en balai	Épicéa	Fougère aigle	Luzule des bois	Molinie	Myrtille					Polytrich élégant	Sapin pectiné	Sorbier des oiseaux	Airelle des marais	Alisier blanc	Aulne glutineux	Autres bruyères	Autres dicotylédones	Autres fougères	Autres graminées	Autres mousses	Bazzanie à 3 lobes	Blechnes en épis	Bouleau verruqueux	Carex sp.	Douglas	Érables sp.	Frêne	Genêt à balai	Hêtre	Jonc sp.	Leucobrium glauque	Luzule blanchâtre	Lycopodes sp.	Mélèze d'Europe	Merisier	Pin sylvestre	Ronces sp.	Saulces sp.	Spaignes sp.	Tremble	Nombre d'espèces
						[0-10]	[10-20]	[20-30]	[30-40]	> 40							[0-10]	[10-20]	[20-30]	[30-40]	> 40																																
1	20	4122	X 6	0	1						1	1					1																																1	7			
			Y 85	1	1										1	1																																			1	4	
2	20	4035	X 17	1	3								1																1																							1	6
			Y 83	2	2	1						1	1	1	1			1																																1	9		
3	20	4033	X 15	1	2						1	1	1															1																							1	6	
			Y 83	3	3	1						1	1																																					1	9		
4	20	4032	X 14	0	1						1	1		1																																			1	7			
			Y 83	2	2		1					1	1																																					1	7		
5	20	3895	X 24	1	1						1	1	1																																				1	6			
			Y 80	2	2		1					1		1																																			1	4			
6	29	2772	X 28	0	2						1		1																																				1	4			
			Y 57	1	1		1					1		1																																				1	4		

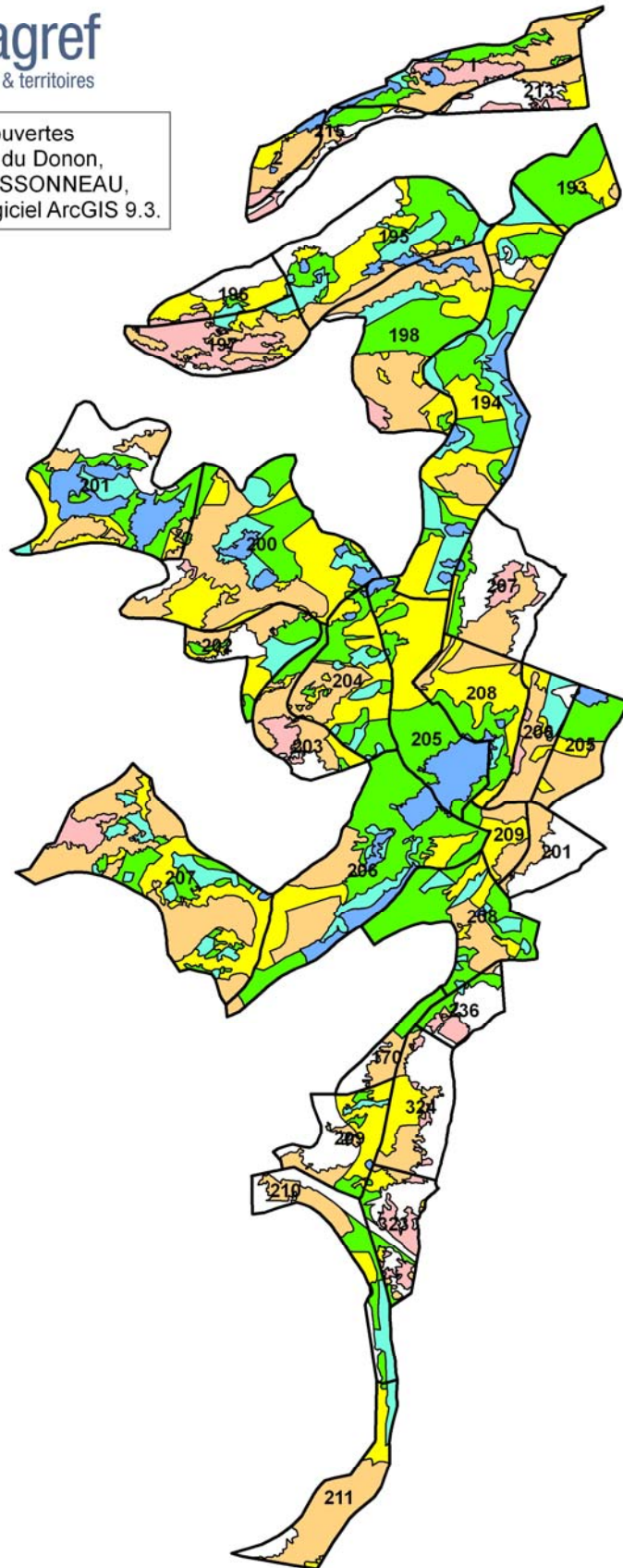
Annexe K :

Carte des zones ouvertes

Carte des zones ouvertes de la zone sommitale du Donon

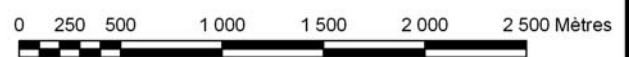


Carte des zones ouvertes
de la zone sommitale du Donon,
réalisée par Romain MASSONNEAU,
le 11 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

-  Parcelle
- Zones ouvertes**
-  Ouverture 1979
-  Ouverture 1979/1986
-  Ouverture 1986/1991
-  Ouverture 1991/1995
-  Ouverture 1995/2001
-  Ouverture 2001/2006



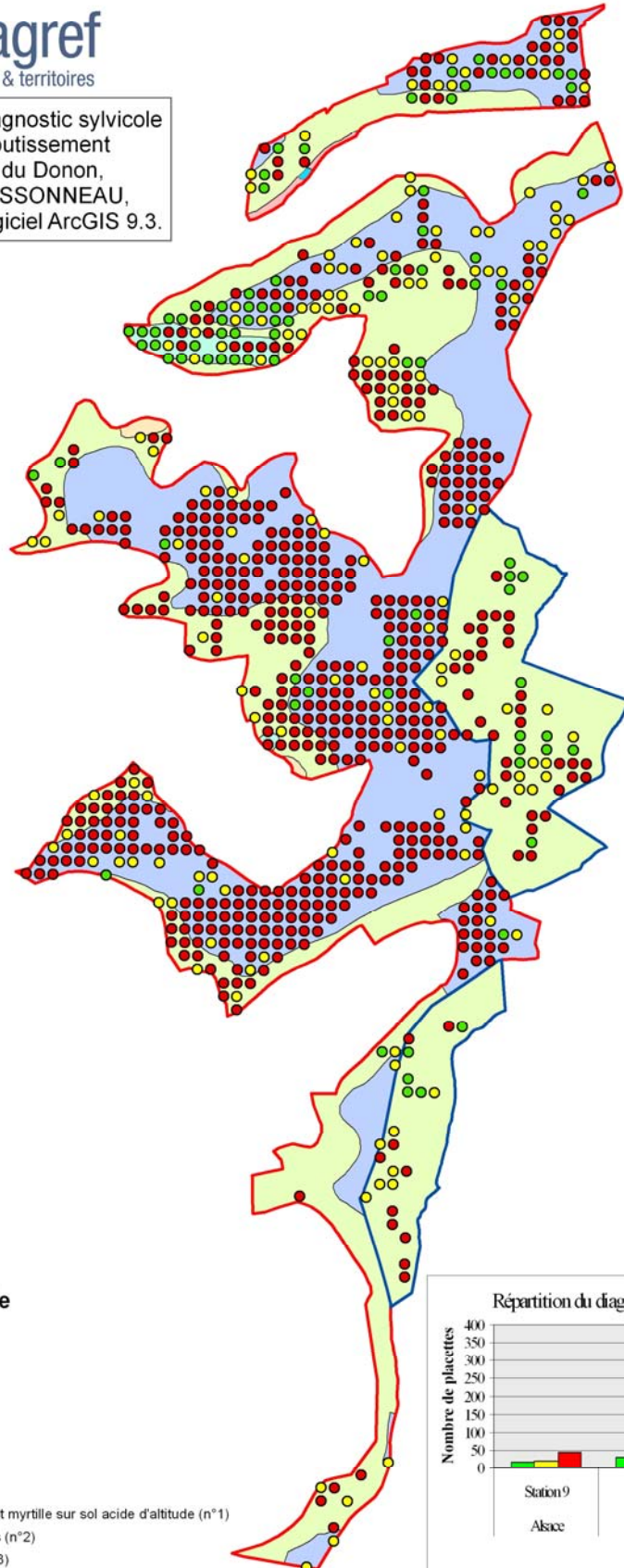
Annexe L :

Carte du diagnostic sylvicole pour le protocole abroutissement

Localisation du diagnostic sylvicole pour le protocole abroustissement



Carte de localisation du diagnostic sylvicole pour le protocole abroustissement de la zone sommitale du Donon, réalisée par Romain MASSONNEAU, le 10 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

Bilan abroustissement

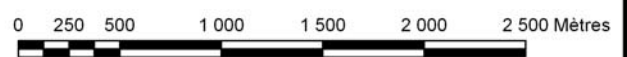
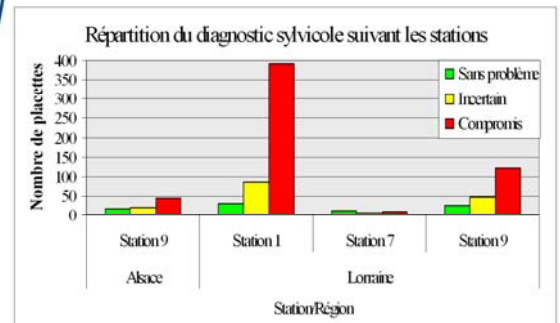
- Compromis
- Incertain
- Sans Problème

Régions

- Alsace
- Lorraine

Stations

- Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol acide d'altitude (n°1)
- Pessière-Sapinière sur éboulis de blocs (n°2)
- Pessière-sapinière sur sol tourbeux (n°3)
- Sapinière-Pineraie à callune et leucobryum sur sol très acide (n°7)
- Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol très acide (n°9)
- Non déterminée



Annexe M :

Variables utilisées pour les régressions logistiques relatives à l'abrutissement et l'écorçage

Variables utilisées pour le protocole abrouissement

Variables de localisation :

- **D₀** : Distance (m) au point (X=1, Y=61) - Ouest de la zone d'étude
- **D_n** : Distance (m) au point (X=25, Y=121) - Nord de la zone d'étude
- **D_c** : Distance (m) au point (X=25, Y=61) - Centre de la zone d'étude
- **DEP** : Département (67, 88)

Variables écologiques :

- **EXP** : Exposition géographique (degrés)
- **PEN** : Pente (degrés)
- **ALT** : Altitude (m)
- **STA** : Type de station forestière (C-VG_1 ; C-VG_7 ; C-VG_9)

Variables sylvicoles :

- **DAT** : Nombre d'années écoulées depuis l'ouverture du peuplement (6 périodes)
- **SOU** : Surface (ha) de peuplement ouverte à DAT
- **TT** : Toutes essences - Nombre total de tiges

Variables relatives à l'impact des cervidés :

- **TceV** : Toutes essences - Nombre de tiges "objectif" endommagées par les cervidés viables
- **TceNV** : Toutes essences - Nombre de tiges "objectif" endommagées par les cervidés non viables

Variables relatives aux autres dégâts :

- **TauV** : Toutes essences - Nombre de tiges "objectif" endommagées par 1 autre cause viables
- **TauNV** : Toutes essences - Nombre de tiges "objectif" endommagées par 1 autre cause non viables

L'indice d'herbivorie :

- **IH** : L'indice d'herbivorie

Variables utilisées pour le protocole écorçage

Nous prenons les mêmes variables que pour le protocole abrouissement sauf que l'on rajoute en plus une variable :

Le rayon de la placette :

- **RAY** : Rayon de la placette d'inventaire (m)

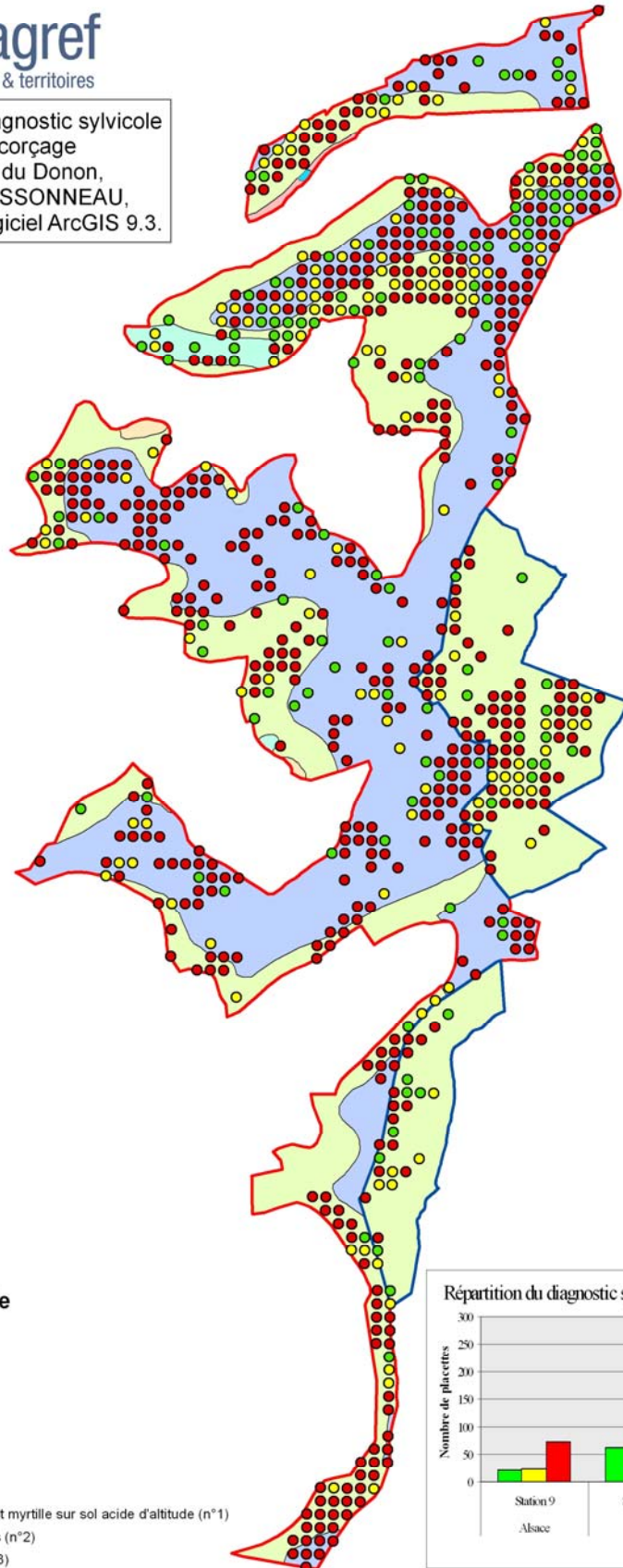
Annexe N :

**Carte du diagnostic sylvicole pour le
protocole écorçage**

Localisation du diagnostic sylvicole pour le protocole écorçage



Carte de localisation du diagnostic sylvicole pour le protocole écorçage de la zone sommitale du Donon, réalisée par Romain MASSONNEAU, le 10 août 2010, sous le logiciel ArcGIS 9.3.



Légende

Bilan écorçage

- Compromis
- Incertain
- Sans Problème

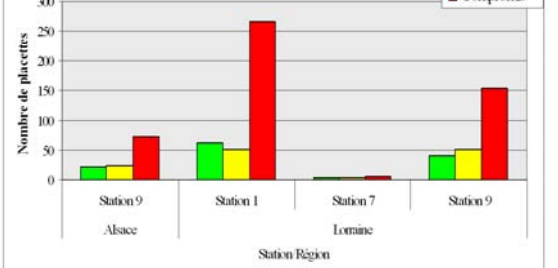
Régions

- Alsace
- Lorraine

Stations

- Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol acide d'altitude (n°1)
- Pessière-Sapinière sur éboulis de blocs (n°2)
- Pessière-sapinière sur sol tourbeux (n°3)
- Sapinière-Pineraie à callune et leucobryum sur sol très acide (n°7)
- Sapinière-Hêtraie à canche flexueuse et myrtille sur sol très acide (n°9)
- Non déterminée

Répartition du diagnostic sylvicole suivant les stations



RESUME

Dans le cadre de l'observatoire du Donon (Vosges du Nord), une étude a été menée sur la zone sommitale de ce massif pour évaluer l'impact des populations de cervidés sur la diversité floristique et la régénération forestière.

En dépit d'une richesse spécifique similaire entre enclos et exclos, nous avons mis en évidence des communautés végétales différentes. Ainsi, des essences d'intérêt sylvicole (feuillus et sapin) ne sont plus rencontrées que dans les enclos.

De plus, l'étude relative au diagnostic dégâts révèle une situation inquiétante puisque 86 % de la surface sensible s'avère fortement impactée. Seuls 88 ha des 638 ha sensibles aux dommages ont encore un avenir sylvicole. Les cervidés ne sont pas les seuls responsables de ce diagnostic car les conditions écologiques, les accidents climatiques et les interventions humaines jouent également un rôle déterminant.

Les peuplements possédant encore un avenir sylvicole devront faire l'objet d'un suivi régulier mené conjointement avec une diminution des populations de cerfs. L'avenir de cette zone sommitale reste donc à déterminer et ceci passe par une renaissance du dialogue entre les sylviculteurs et les chasseurs.