



Impact des ongulés sauvages sur la régénération et sur la biodiversité d'une sapinière sèche du Beauchêne (Hautes-Alpes)

*Comparaison enclos-exclos
après trois saisons de pousse*

Rédigé par Louis AMANDIER,
ingénieur forêt & environnement du CRPF-PACA

avec la collaboration
des techniciens CRPF-05
et de divers stagiaires

Octobre 2013

Sommaire

pages

Introduction : pourquoi un tel dispositif ?	3
Un protocole rigoureux est proposé	3
<i>Objectifs</i>	3
<i>Durée de l'essai</i>	3
<i>Formulaires et bordereaux d'observation, stockage des informations</i>	3
<i>Schéma du dispositif</i>	5
<i>Localisation de la placette</i>	5
Partie 1 : rapport d'installation de la placette et observations initiales	9
<i>Relevé de l'état initial le 3 juin 2011</i>	10
<i>Description du peuplement forestier</i>	10
<i>Etude de la régénération forestière</i>	11
<i>Une première critique méthodologique</i>	11
<i>La hauteur des régénérations</i>	14
<i>Corrélations entre régénération et facteurs locaux de l'environnement</i>	15
<i>Influence de la végétation d'accompagnement</i>	15
<i>Influence de la couverture de la surface du sol</i>	15
<i>Etude de la végétation</i>	16
Partie 2 : synthèse des observations réalisés au bout de trois années de mise en défens	19
<i>Interprétation des comptages et des mesures effectuées sur les carrés</i>	22
<i>Influence de la mise en défens sur la régénération forestière</i>	23
<i>Influence de l'environnement immédiat de chaque carré</i>	24
<i>Représentation graphique des lignes de carrés</i>	24
<i>Analyse des interactions avec l'éclaircissement du sol.</i>	29
<i>Analyse fine de la répartition des semis sur les lignes de carrés</i>	29
<i>Examen direct des marques d'abrouissement</i>	32
<i>Conclusion provisoire sur la régénération forestière</i>	33
<i>Examen de l'impact des cervidés sur la végétation et la biodiversité végétale</i>	35
<i>Comparaison entre enclos et exclos</i>	35
<i>Evolution des placeaux dans le temps</i>	38
<i>Calcul des distances de Hamming (DH)</i>	40
<i>Variation des indices de biodiversité</i>	43
<i>Relevé phytosociologique synthétique</i>	46
Conclusion provisoire	47
Annexes	49

Introduction : pourquoi un tel dispositif ?

Lors d'une enquête conduite par le CRPF en 2006 auprès de propriétaires forestiers de la région PACA sur leur perception des dégâts de gibier, il est apparu que la région PACA comportait plusieurs "points-chauds" de l'équilibre sylvo-cynégétique : populations de cervidés, Chevreuil mais surtout Cerf élaphe en effectifs excédentaires.

La petite région du Beauchêne, au pied du Col de Luz-La-Croix-Haute est l'un de ces territoires très concernés. Des visites de terrain en compagnie de l'ONF (FD de Durbon) et de M. BALLON, ingénieur spécialiste du Cemagref, avaient montré des vastes étendues de hêtraie-sapinière d'où la régénération forestière était complètement éradiquée — ce qui contrarie les objectifs de gestion durable des forestiers pour ces territoires.

Par ailleurs, une controverse s'est instaurée entre les chasseurs représentés par leur Fédération départementale et les propriétaires forestiers et leur syndicat, au sujet des lâchers de gibier dans un tel contexte où les plans de chasse ne semblaient pas assez efficaces pour contrôler les excédents de populations. Aux dires des personnes intéressées, depuis ces années là, l'arrivée d'un superprédateur, le Loup pourrait influencer cette dynamique démographique, mais l'on ne peut encore affirmer la réussite d'une telle régulation.

Dans ce contexte souvent un peu passionnel, le CRPF a proposé d'installer — indépendamment du protocole OGFH d'évaluation de l'impact des ongulés sur la végétation, prévu pour donner des vues d'ensemble à échelle relative petite — un dispositif lourd de comparaison d'un enclos soustrait aux herbivores et d'un témoin situé à proximité immédiate. Cette approche à très grande échelle est donc complémentaire aux observations actuellement effectuées par les spécialistes. Le CRPF a obtenu une petite subvention du Conseil Général des Hautes-Alpes, principalement pour financer la forte clôture indispensable pour empêcher l'accès des cervidés (enclos grillagé).

Un protocole rigoureux est proposé

Objectifs

Il s'agit d'étudier l'**impact des cervidés**, à l'aide d'un dispositif relativement simple d'enclos-exclos (placette), sur :

- l'évolution des peuplements forestiers et notamment la régénération naturelle,
- l'évolution de la végétation dans sa structure verticale et horizontale ainsi que dans sa composition floristique (biodiversité).

La **modalité expérimentale** principale est ici : *présence ou absence de grands herbivores*, obtenue par une solide clôture de deux mètres de hauteur.

Les mesures et observations comparatives se réfèrent à un **protocole scientifique** rigoureux pour garantir la production de résultats incontestables. Ce protocole a été exposé par le CRPF lors d'une réunion de l'ensemble des partenaires concernés à Saint-Julien-en-Beauchêne, le 1/06/11 ; il a été ensuite légèrement modifié pour l'harmoniser avec celui proposé par l'ONF.

Durée de l'essai

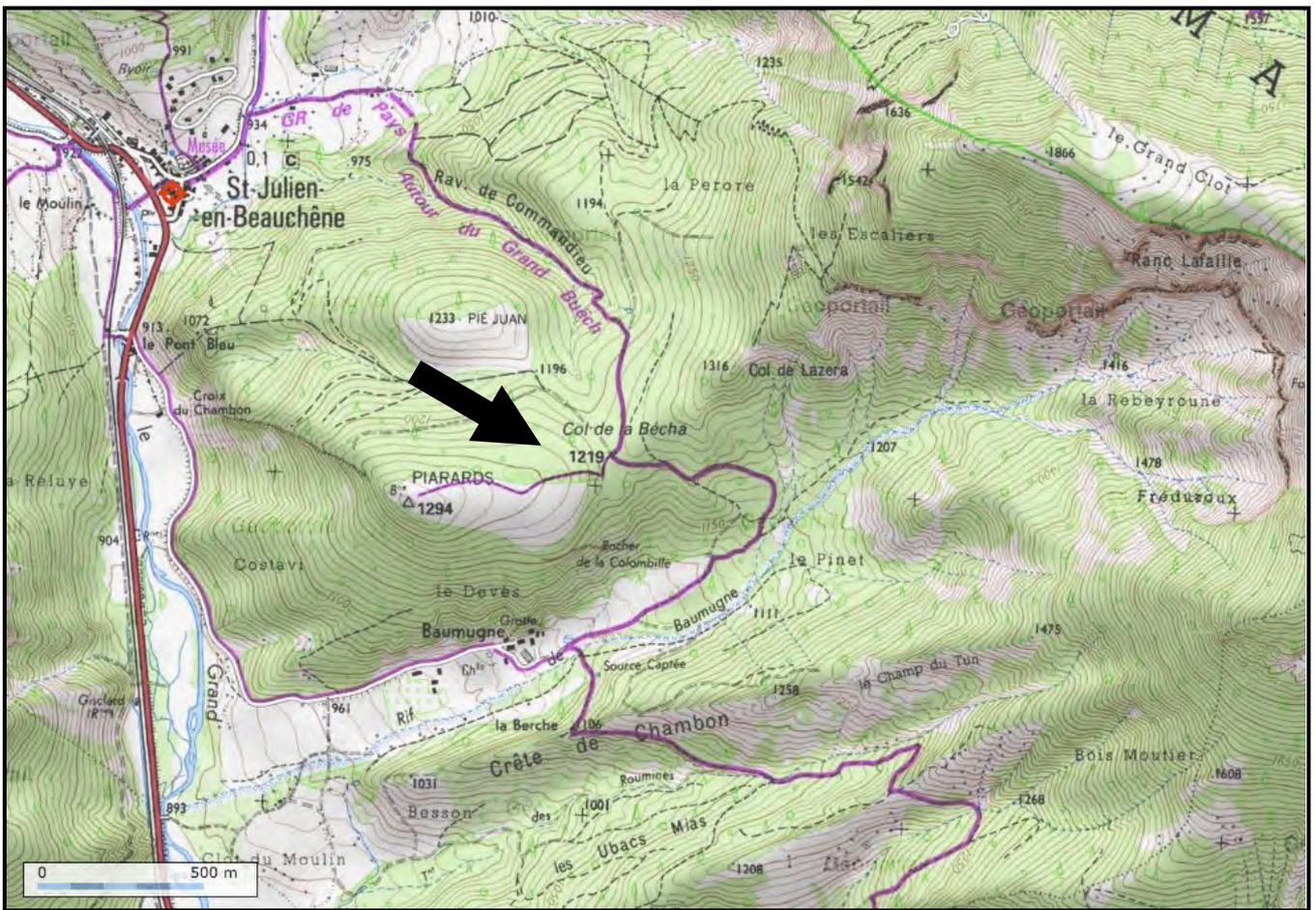
L'installation de la clôture a été effectuée durant l'hiver 2010-11 par l'Agence Travaux Méditerranée, une filiale de l'ONF (mieux disant lors d'un appel d'offre restreint) .

Les mesures de l'état initial ont eu lieu au début juillet 2011.

Un suivi annuel est prévu, en juin-juillet si possible, pendant cinq ans ; à prolonger éventuellement, au vu des bilans réalisés et selon les souhaits des intéressés.

Formulaires et bordereaux d'observation, stockage des informations

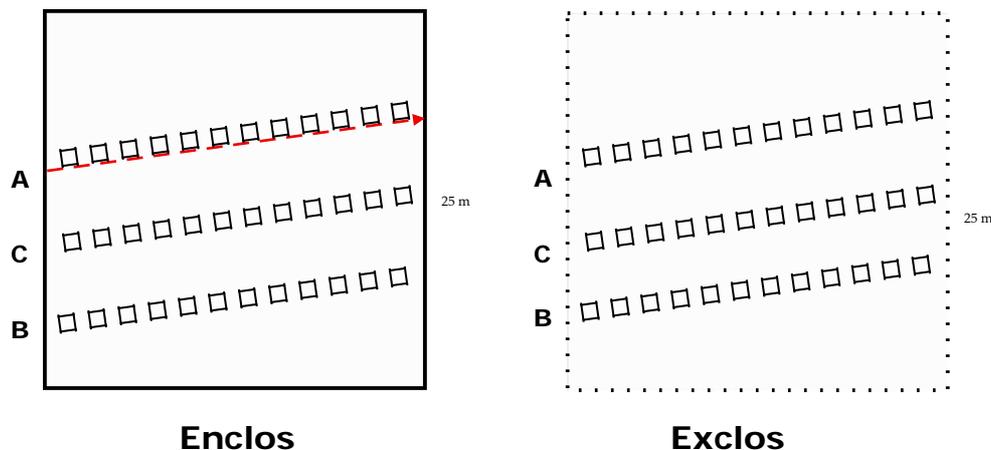
Des formulaires ad hoc sont proposés pour relever sans oublis et sans erreurs, les observations et mesures réalisées sur le terrain. Ces formulaires donnés en annexes ci-après sont élaborés en fonction de l'expérience acquise par le CRPF ; ils sont perfectibles et peuvent être améliorés en fonction du retour du terrain.



Coordonnées GPS du centre de la placette : Longitude Est = 5,7234° Latitude Nord = 44,6092°

Les données sont ensuite saisies dans une **base de donnée relationnelle** du CRPF sécurisant les informations (logiciel 4D™) et permettant certains traitements, des synthèses ainsi que des exportations dans des logiciels spécialisés.

Schéma du dispositif



NB. Les transects de 25 m sont installés légèrement "en travers" pour éviter les zones perturbées situées à proximité immédiate de la clôture.

Il eut été préférable, bien que cela n'ait pas une grande importance, que l'enclos mesure 23 m x 27 m, ce qui aurait permis d'installer plus "confortablement" les transects de 25 m.

Localisation de la placette

La placette : placeau enclos + témoin (= exclos) est installée sur une zone **homogène** sur le plan de la station écologique et du peuplement végétal. Un emplacement favorable a été trouvé par le technicien local du CRPF, Gilles BOSSUET sur la commune de Saint Julien en Beauchêne, sur la propriété de Beaumugne appartenant au groupement forestier des Pierrards. Voir cartes de localisation. Il s'agit d'une sapinière sèche de l'étage montagnard inférieur. Louis AMANDIER ingénieur du CRPF a étudié la faisabilité technique du projet et produit un rapport préliminaire en juin 2010. Le choix a été ensuite validé par les partenaires intéressés : propriétaire du lieu et comité de pilotage de cette opération : OGFH (observatoire de la grande faune et de ses habitats) + invités.



Sur les deux placeaux, les pins sylvestres ont été éclaircis pour créer des conditions d'éclaircement du sol plus favorables à la régénération. Hiver 2010-11. Photo Gilles BOSSUET.



Petit semis de Sapin pectiné. Deviendra-t-il grand ? La suite des observations durant les années futures, devrait permettre de répondre.. Photo Gilles BOSSUET.



Chantier de pose de la clôture, haute de 2 m pour empêcher la pénétration des cerfs dans l'enclos. Hiver 2010-11. Photo Gilles BOSSUET.



Vue de la chicane étroite qui permet aux observateurs (non obèses) de pénétrer sur le plateau clôturé. Photo Gilles BOSSUET.

Partie 1

Rapport d'installation de la placette et observations initiales

Relevé de l'état initial le 3 juin 2011

L'enclos est délimités par sa clôture. L'exclos librement pâturé est situé à proximité. Il est matérialisé par de forts piquets d'angles. La placette est localisée au GPS et le dispositif est repéré sur une carte comprenant tout élément facilitant son repérage et son accès.

Chaque dispositif ou placette est décrit de façon globale à l'aide de deux pages de formulaires données en annexe : formation végétale et espèces dominantes, **peuplement forestier** décrit par un inventaire en plein, surfaces terrières, hauteurs dominantes, etc.

Les principaux **caractères écologiques stationnels** sont relevés : pente, exposition, altitude, situation topographique, géologie, formes de terrain, étage de végétation...

Une **fosse pédologique** est ouverte à proximité pour décrire le sol et définir sommairement les caractères édaphiques de la station.

Un **relevé phytosociologique** classique inventoriant le maximum d'espèces végétales présentes est aussi effectué sur chaque placeau.

Cette description est réalisée lors de l'installation du dispositif ; elle pourra être renouvelée au bout de quelques années en cas d'évolution importante.

L'installation des transects et l'observation de l'état initial de chaque placeau ont réclamé deux petites journées (compte tenu des déplacements) à trois personnes : une stagiaire Aurélie BRESSON, Gilles BOSSUET et Louis AMANDIER. Le suivi périodique d'une telle placette devrait nécessiter **une journée de travail** (déplacements compris) pour **deux personnes**, dont l'une au moins est familiarisée avec la flore locale.

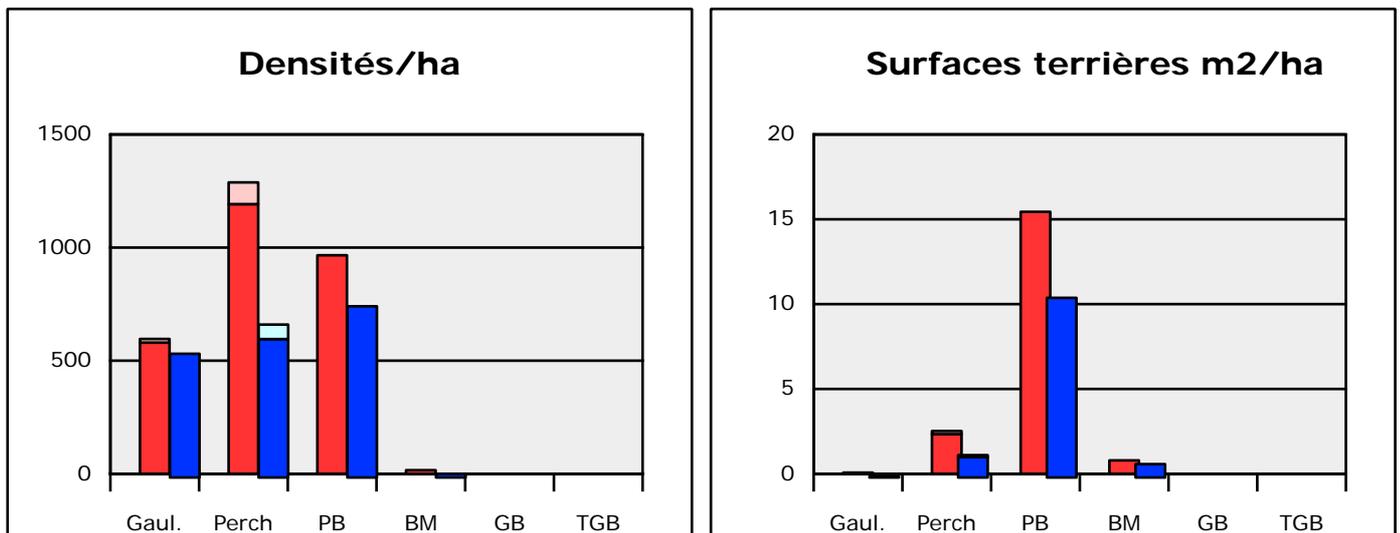
Description du peuplement forestier

L'inventaire en plein de tous les brins précomptables a été limité à l'emprise des placeaux : enclos et exclos. Ces surfaces unitaires de 625 m² sont trop petites pour bien caractériser la parcelle forestière. Il faudrait au moins doubler leur dimension. Toutefois l'objectif étant ici de caractériser chaque site expérimental, cette restriction devient caduque. Une certaine hétérogénéité apparaît bien au vu des histogrammes mais elle ne devrait pas être trop gênante. Globalement, les conditions de couvert arboré sont assez semblables, ce qui est l'une des conditions qui avait prévalu pour le choix du site. Cette micro-hétérogénéité est quasiment inévitable, elle augmente quand la taille du dispositif diminue. On la retrouvera au niveau des analyses fines de la végétation.

Extrapolation par hectare = données placeaux x 16.

EXCLOS <i>(en rouge)</i>	<i>diam</i>	<i>densité/ha</i>		<i>G m²/ha</i>	
		<i>vivants</i>	<i>morts</i>	<i>vivants</i>	<i>morts</i>
Gaules	< 5	580	16	0,07	0
perches	< 10	1192	96	2,34	0,18
Petits bois	< 25	966		15,44	
Bois moyens	< 50	16		0,79	
Gros bois	< 70				
Très gros bois	> 70				
Σ		2754	112	18,64	0,18

ENCLOS <i>(en bleu)</i>	<i>diam</i>	<i>densité/ha</i>		<i>G m²/ha</i>	
		<i>vivants</i>	<i>morts</i>	<i>vivants</i>	<i>morts</i>
Gaules	< 5	547	0	0,06	0
perches	< 10	612	64	1,2	0,12
Petits bois	< 25	757		10,59	
Bois moyens	< 50	16		0,79	
Gros bois	< 70				
Très gros bois	> 70				
Σ		1932	64	12,64	0,12



Le peuplement choisi pour cet essai est largement dominé par les petits bois. Par rapport à une structure jardinée qui pourrait être considérée comme un état idéal dans les sapinières, il manque beaucoup de perches et de gaules. Le déficit en plus gros bois s'explique vraisemblablement par des facteurs historiques, par la relative jeunesse du peuplement. Le déficit en jeunes arbres est manifeste, ce qui justifie bien, a posteriori, le choix d'un tel site pour étudier la régénération.

Etude de la régénération forestière

La régénération forestière : semis, rejets ou drageons, est suivie finement à l'aide d'un **échantillonnage statistique systématique**. Trois lignes de carrés de 1 m x 1 m, espacés entre eux de 1 m, sont alignées sur les rubans de chantier, soit $3 \times 12 = 36$ carrés.

Sur chaque carré-échantillon sont relevés :

- Le couvert local en ligneux hauts, ligneux bas et herbacés ainsi que la couverture du sol (protection contre l'érosion, sites de germination, etc.).
- Le nombre de semis, de drageons, de touffes, de brins par touffes avec les essences correspondantes classées dans leurs strates de hauteur.
- S'ils sont présents, trois plus grands brins et/ou trois plus grands semis sont mesurés en hauteur, et en circonférence lorsqu'ils atteignent 1,30 m.
- L'impact des herbivores est noté pour les régénérations forestières + éventuellement certaines autres espèces intéressantes, en *entourant* l'item (croix dans une cellule du formulaire) en cas d'abroustissement de l'apex et en *soulevant* l'item en cas de frottis.

Une attention particulière sera portée aux éventuels dégâts "en hauteur", lorsque durant l'hiver, les animaux (cervidés mais aussi rongeurs) peuvent accéder aux arbres en marchant sur de grandes épaisseurs de neige durcie.

Une première critique méthodologique

Elle concerne les lignes de carrés (régénération).

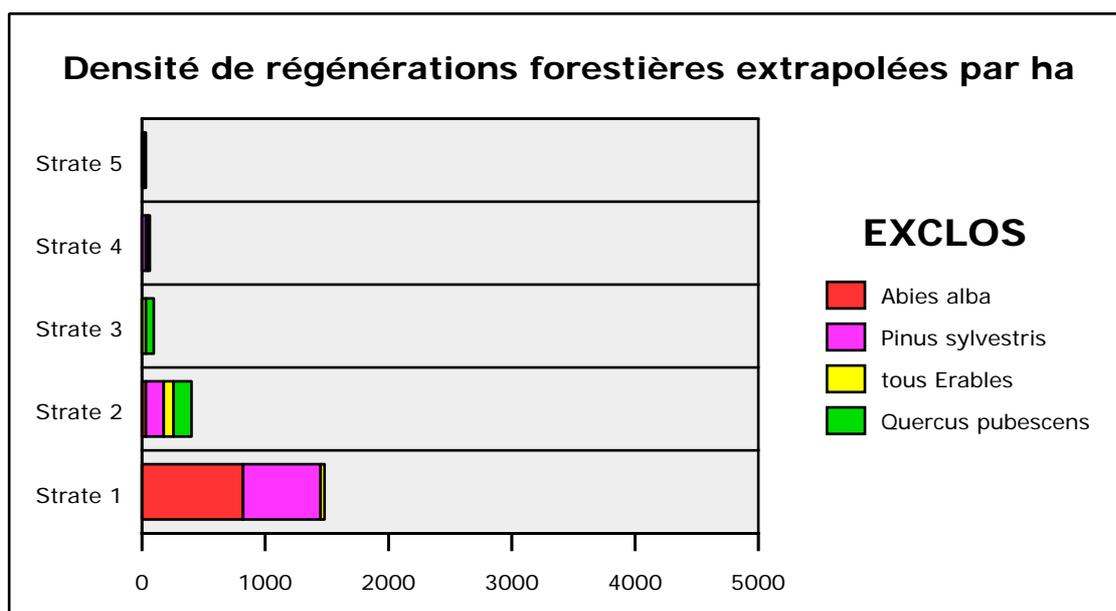
Le couvert forestier des strates supérieures est estimé à l'aplomb de chaque mètre carré mais, à l'usage, il s'avère que cette observation n'est guère pertinente. Certes, l'éclairement est un facteur essentiel pour la régénération forestière et il est impératif de le prendre en compte. Cependant, dans ce type de peuplement assez clair, la lumière peut parvenir au sol selon un angle solide bien plus grand que via le seul prisme qui surplombe chaque carré. Une mesure directe d'éclairement à l'aide d'un instrument de mesure adéquat sera réalisée (en 2013) lorsque le CRPF pourra en emprunter auprès d'organismes de recherche.

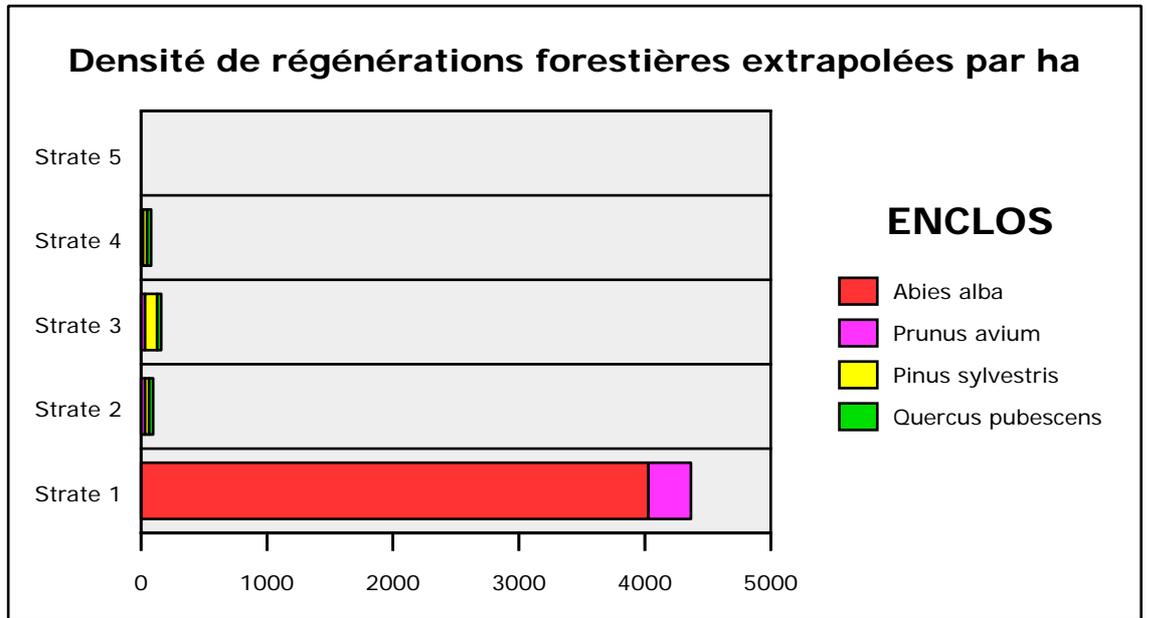
Codification des strates pour la régé.

Strate	code	Strate	code
0 à 12,5 cm	1	2 à 4 m	6
12,5 à 25 cm	2	4 à 8 m	7
25 à 50 cm	3	8 à 16 m	8
50 cm à 1 m	4	16 à 32 m	9
1 à 2 m	5	plus de 32 m	

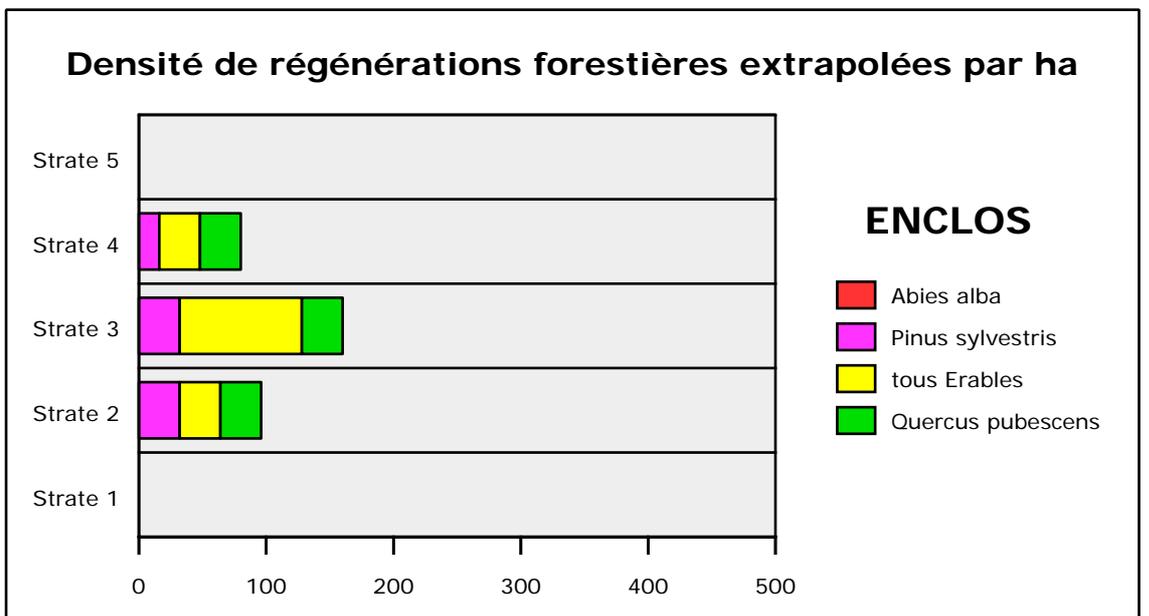
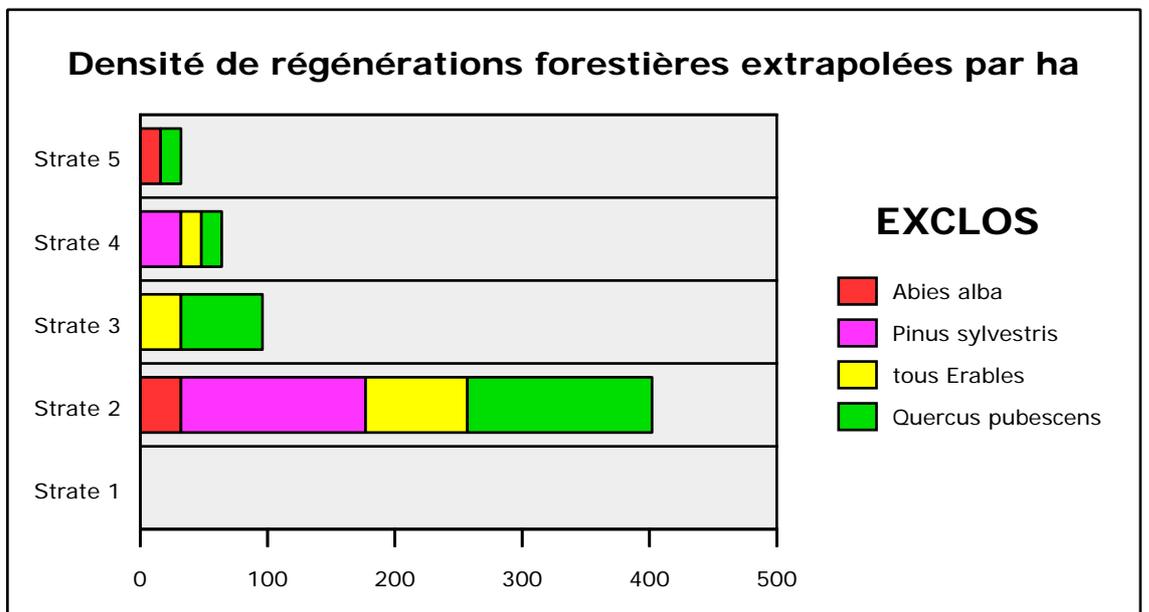
EXCLOS	Strate 1	Strate 2	Strate 3	Strate 4	Strate 5	Total
Abies alba	821	32	0	0	16	869
Acer campestre	0	0	16	0	0	16
Acer monspessulanum	0	0	16	0	0	16
Acer opalus	32	16	0	16	0	64
Acer pseudoplatanus	0	64	0	0	0	64
tous Erables	32	80	32	16	0	160
Pinus sylvestris	628	145	0	32	0	805
Quercus pubescens	0	145	64	16	16	241
Toutes essences	1481	402	96	64	32	2075

ENCLOS	Strate 1	Strate 2	Strate 3	Strate 4	Strate 5	Total
Abies alba	4028	0	0	0	0	4028
Acer campestre	0	32	32	16	0	80
Acer monspessulanum	0	0	16	0	0	16
Acer opalus	0	0	48	16	0	64
tous Erables	0	32	96	32	0	160
Pinus sylvestris	338	32	32	16	0	418
Prunus avium	0	16	0	0	0	16
Quercus pubescens	0	32	32	32	0	96
Toutes essences	4366	112	160	80	0	4718





Graphiques obtenus en supprimant la strate I



L'examen des graphes montre que les régénérations de Sapin sont quasiment absentes en dehors de la strate 1 (< 12,5 cm) qui correspond à des semis récents (à l'exception d'un seul individu recensé en strate 2 dans l'exclos). Cette observation nous amène à émettre l'hypothèse suivante : *l'absence du Sapin pourrait s'expliquer par les conséquences de l'abroustissement par les herbivores* (antérieurement à l'installation du dispositif). Mais il se peut aussi que le déficit de régénération constaté trouve une explication dans des événements climatiques tels que les *sécheresses* qui ont affecté la région de 2003 à 2007. Les suivis diachroniques comparant l'enclos et l'exclos devraient apporter une réponse.

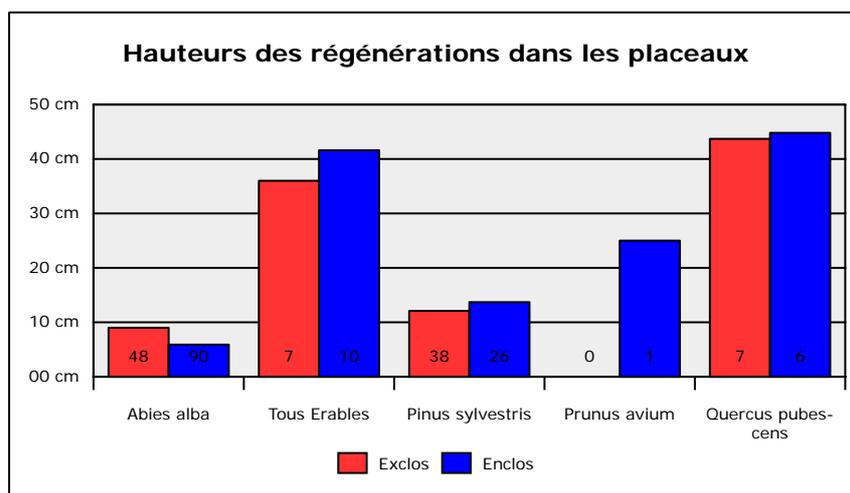
Les essences autres que le Sapin seraient moins sensibles à ces facteurs mais elles sont ici en très faible densité. Ce sont des espèces de lumière telles que le Pin sylvestre ou de demi-ombre telles que les Erables ou le Chêne pubescent. Il est relativement normal d'en trouver assez peu sous un peuplement constitué, même si ce dernier n'est pas très dense. Il conviendrait d'ouvrir assez fortement le peuplement si l'on voulait les favoriser. Toutefois, la problématique posée ici est bien celle du Sapin pectiné et c'est lui qui sera suivi avec le plus d'attention.

La plus forte densité de ces essences observée dans le plateau Exclos s'explique par la densité originellement plus faible du peuplement forestier et par un plus grand éclaircissement du sol. L'éclaircie des pins réalisée lors de l'installation devrait rapprocher les conditions de lumière des deux plateaux.

La hauteur des régénérations

Sur chaque carré sont notées les hauteurs de trois plus grands brins. La base de données permet de calculer une hauteur moyenne pour les brins de chaque espèce.

Régé/ EXCLOS	mesurés	Hauteur moy	Régé/ ENCLOS	mesurés	Hauteur moy
Abies alba	48	9	Abies alba	90	5,9
Acer campestre	1	43	Acer campestre	5	32,6
Acer monspessulanum	1	50	Acer monspessulanum	1	43
Acer opalus	4	31,8	Acer opalus	4	52,5
Acer pseudoplatanus	1	25	Acer pseudoplatanus	0	0
Tous Erables	7	36	Tous Erables	10	41,6
Pinus sylvestris	38	12,1	Pinus sylvestris	26	13,7
Prunus avium	0	0	Prunus avium	1	25
Quercus pubescens	7	43,7	Quercus pubescens	6	44,8



Au temps zéro de l'observation, en 2011, les hauteurs des plus grands brins de régénération sont quasiment identiques dans les deux plateaux. Attention cependant aux faibles effectifs.

Corrélations entre régénération et facteurs locaux de l'environnement

Sur chaque carré ont été observés certains paramètres environnementaux caractérisant la végétation d'accompagnement ou encore la couverture de la surface du sol. A partir de ces données ont été calculés des **coefficients de corrélation** en attendant un traitement statistique plus performant quand suffisamment de données seront accumulées. En dehors du Sapin et du Pin sylvestre, les effectifs comptés sont trop faibles pour que ces coefficients soient valables, cependant il est intéressant d'observer le signe positif ou négatif de la corrélation.

Influence de la végétation d'accompagnement

Essences	Carrés	Effectif	Lig hauts	Lign bas	Herbacés	Rémanets	Végét. basse
Abies alba	52	304	27,7%	-19,6%	-16,8%	0,7%	-6,1%
Pinus sylvestris	32	76	4,2%	5,9%	6,6%	-10,9%	33,4%
Quercus pubescens	9	21	-33,3%	50,4%	62,7%	-18,2%	60,1%

Ainsi, il apparaît que le Sapin est favorisé par les couverts les plus élevés de ligneux hauts (dans le contexte des deux placeaux où ce dernier demeure assez clair). Les autres corrélations sont plus faibles.

La régénération du Pin sylvestre, est quant à elle, légèrement favorisée par le couvert des strates basses.

Le Chêne pubescent s'oppose au Sapin. Il serait favorisé un fort couvert des strates basses, mais défavorisé par un couvert arboré important.

Attention toutefois à ne pas tirer trop de conclusions à partir de cet échantillonnage qui est trop particulier pour renseigner complètement l'autoécologie de ces essences. Des mesures directes de l'éclairement du sol apporteraient cependant des données de meilleure précision que les simples estimations en grandes classes effectuées sur le terrain.

Influence de la couverture de la surface du sol

Essences	Vég hors mousses	Mousses	Litière	Blocs	Sol nu
Abies alba	-16,9%	18,4%	-8,1%	-11,3%	DIV / 0!
Pinus sylvestris	27,0%	-27,4%	7,5%	17,3%	DIV / 0!
Quercus pubescens	75,8%	-62,4%	6,8%	DIV / 0!	DIV / 0!

La couverture du sol est décrite par les proportions (total = 100 %) de divers composants : végétation (en distinguant les mousses), litière, blocs et pierres, sol nu. Ce facteur "surface du sol" est intéressant dans sa relation avec des sites de germination pour des graines d'essences forestières ou encore avec l'érosion (mais pas dans le cas de ces placeaux).

Le Sapin semble favorisé par le couvert des mousses et défavorisé par le reste des végétaux, à l'opposé des deux autres essences.

Le Chêne pubescent pourrait apprécier la présence d'une végétation rase hors mousses (plantes rases ou en rosettes...).

Etude de la végétation

Les espèces végétales présentes, avec leur hauteur (strates définies en annexe) sont notées à l'aplomb de **segments de droite linéaires successifs** de 50 cm, sans épaisseur. Ces segments sont alignés selon des **transects** de 25 m, dûment repérés sur le terrain. A cet effet, un ruban de chantier est tendu entre deux piquets en fer à béton de Ø 12 mm, bien enfoncés dans le sol et peints en bleu vif, afin de pouvoir répéter les observations diachroniques rigoureusement aux mêmes emplacements. Voir position des transects sur le schéma du dispositif. Ainsi sont mesurées finement les fréquences de toutes les espèces, ce qui permet de calculer finement divers indices de biodiversité.

Cette méthode proposée par le Pr Michel GODRON, a été récemment employée par le CRPF pour comparer la biodiversité floristique entre des placeaux témoins et des placeaux traités en sylviculture, dans le cadre du réseau de placettes Sylvipaca.¹ Les données récoltées sont ainsi traitées par **analyse fréquentielle**, un ensemble de méthodes non paramétriques et non inférentielles permettant de réaliser des tests statistiques et des comparaisons rigoureuses adaptés à ce type d'échantillonnage.

Tout comme le peuplement, la végétation reflète aussi une certaine hétérogénéité quand on l'analyse finement. Ceci apparaît assez mal en comparant globalement les relevés phytosociologiques réalisés sur chaque placeau. En effet les classes d'abondance dominante ont une amplitude trop grande pour bien traduire de telles différences.

Année 2011	Enclos	Exclos	Calcul information Brillouin (sha)	"Intensité" des différences de fréquences observées
Richesses	58	58		
Abondances pour 100 segments	Fréq	Fréq		
<i>Pinus sylvestris</i>	4	48	-43,3	très hautement sign.
<i>Solidago virgaurea</i>	39	15	13,6	
<i>Acer campestre</i>	12	0	12,5	
<i>Hieracium murorum</i>	23	47	-12,2	
<i>Thymus serpyllum</i>	4	19	-10,7	
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	10	0	10,3	
<i>Rosa canina</i>	0	9	-9,3	hautement significative
<i>Rubus saxatilis</i>	4	15	-7,5	
<i>Abies alba semis</i>	15	4	7,5	
<i>Festuca ovina</i>	0	7	-7,2	
<i>Galium verum</i>	24	11	7	
<i>Poa nemoralis</i>	9	1	6,9	
<i>Cotoneaster juranus</i>	6	0	6,1	significative
Mousse	65	78	-6	
<i>Lotus corniculatus</i>	26	15	5,5	
<i>Quercus pubescens</i>	9	2	5,4	
<i>Ranunculus aduncus</i>	32	21	5,2	
<i>Carex halleriana</i>	0	5	-5,1	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	9	18	-5,1	
<i>Ononis spinosa</i>	5	0	5,1	
<i>Hieracium pilosella</i>	10	18	-4,5	non significative proba 95 %
<i>Calamagrostis varia</i>	31	22	4,5	
<i>Galium mollugo</i>	1	6	-4,3	
<i>Acer opalus</i>	24	16	4,3	
<i>Epilobium angustifolium</i>	4	0	4	
<i>Plantago major</i>	0	4	-4	
<i>Hippocrepis emerus</i>	0	4	-4	
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	7	2	3,9	
<i>Leontodon hispidus</i>	11	17	-3,7	
<i>Genista pilosa</i>	26	32	-3,6	
<i>Gentiana lutea</i>	20	26	-3,6	
<i>Vicia cracca</i>	5	1	3,5	
<i>Brachypodium pinnatum</i>	41	38	3,3	

La comparaison des fréquences obtenues par l'analyse fréquentielle montre bien en revanche que dans le placeau enclos, le *Pin sylvestre* est moins fréquent que dans l'exclos et qu'inversement, les semis de *Sapin pectiné* sont plus fréquents dans ce dernier...

¹ Voir article publié : WOLFF A. et AMANDIER L. 2009. **Biodiversité et sylviculture : les leçons des placettes sylvipaca**. "Forêt méditerranéenne" T. XXX n°3. pp. 199-208.

L'analyse fréquentielle permet d'aller plus loin que cette simple comparaison entre deux colonnes de chiffres. Un calcul de probabilités permet de mettre en évidence les espèces dont les fréquences mesurées sont significativement plus grandes dans l'un ou l'autre plateau. Le signe + ou - donne le sens de la différence $1 > 2$ ou $2 > 1$. Le calcul est effectué en shannon (sha) mais des équivalences permettent de retrouver les seuils classiques de probabilité.

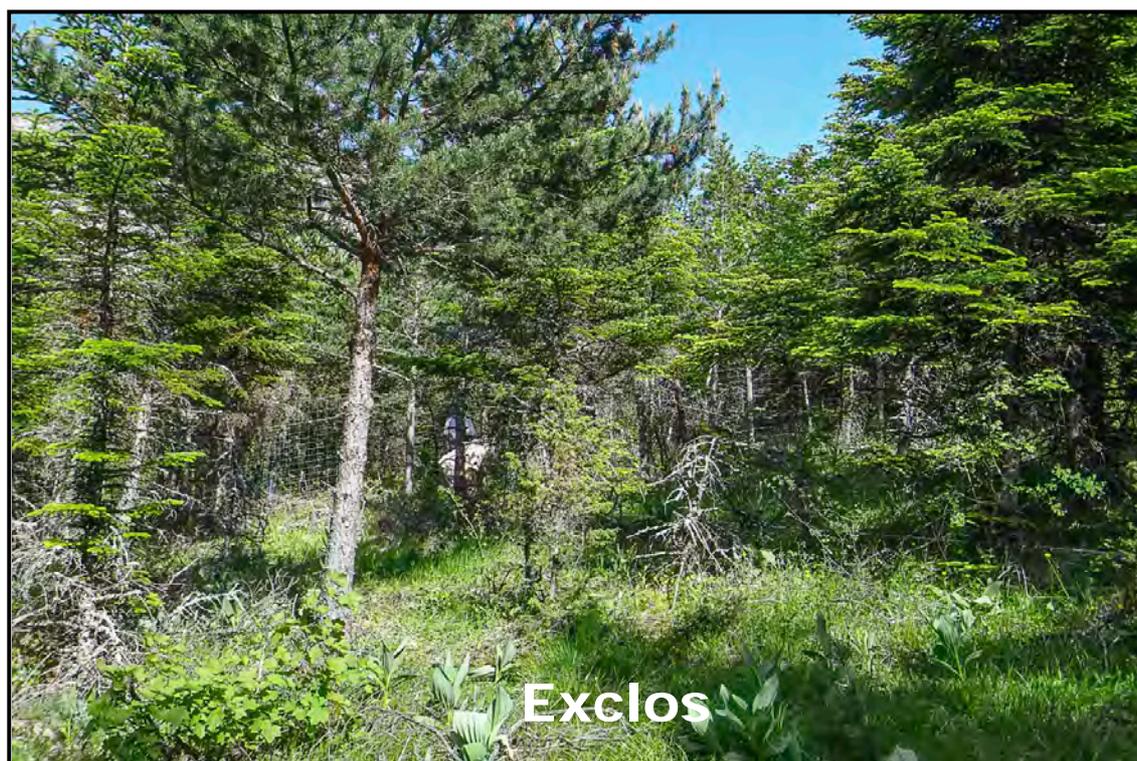
L'interprétation des différences fait appel à la connaissance des traits de vie et des exigences autoécologiques des différentes espèces. Ainsi, l'on peut supposer que le plateau exclos comporte des plages plus sèches et/ou plus ensoleillées que le plateau enclos car comportant davantage d'espèces xérophiles tels que le *Serpolet* ou la *Fétuque ovine* par exemple.

Remarque

Cette hétérogénéité constatée est bien réelle mais elle est quasiment inévitable, nos forêts étant presque toujours micro-hétérogènes. Cette "imperfection" est néanmoins assez peu gênante car, à l'avenir la comparaison sera davantage axée sur les différences entre le point zéro actuel et les observations qui seront réalisées n années plus tard sur chaque plateau. On se retrouvera alors dans le cas de relevés strictement appariés qui pourront alors être comparés de façon très rigoureuse.

Partie 2

Synthèse des observations réalisés au bout de trois années de mise en défens



Photos prises au printemps 2013 à l'intérieur et à l'extérieur de l'enclos mis en place en 2010 pour étudier l'impact des cervidés. Peu de différences visibles a priori, pour un œil non averti ... Une méthodologie scientifique performante est donc indispensable pour mettre en évidence un effet sur la régénération forestière et sur la biodiversité et ainsi répondre à la problématique majeure de ce site forestier. Photo L. AMANDIER.



Sur chaque carré-échantillon, de un mètre carré, aligné sur le transect et matérialisé par un double mètre de maçon plié en deux, les régénérations des arbres forestiers sont comptées et mesurées ; certains paramètres de l'environnement immédiat sont aussi relevés. Photo L. AMANDIER.

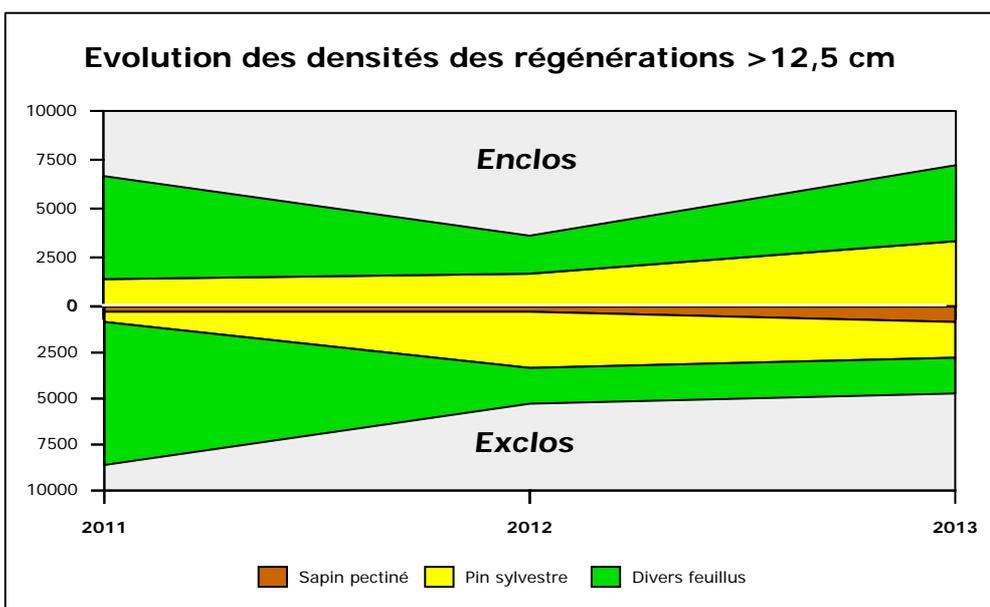
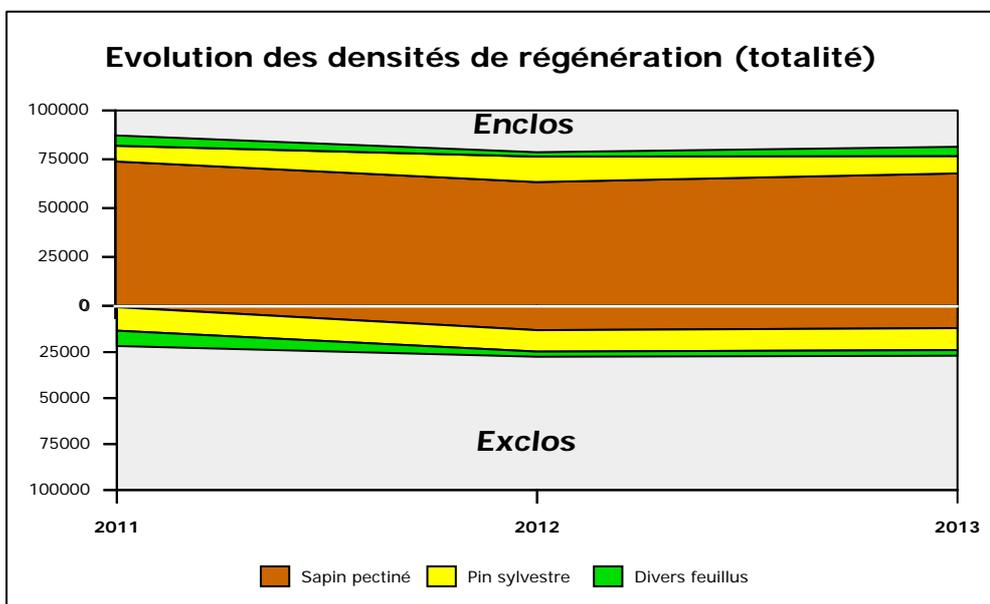


Un ruban de chantier est tendu entre deux piquets en fer à béton bien enfoncés dans le sol. Les observations fines de la végétation sont effectuées sur des segments contigus de 50 cm calés selon les graduations inscrites sur le ruban. L'intérêt d'un tel dispositif est de pouvoir réaliser des observations diachroniques en étant sûr de revenir exactement au même endroit — ce qui est précieux pour des comparaisons statistiques performantes de relevés dits **appariés**. Photo L. AMANDIER.

Interprétation des comptages et des mesures effectuées sur les carrés

Modalité expé.		Enclos						Exclos					
Essences	An	Nbr1	d1/ha	Nbr2	d2/ha	Effectif	Hauteur	Nbr1	d1/ha	Nbr2	d2/ha	Effectif	Hauteur
Sapin pectiné	2011	266	73889	0	0	90	5,13	2	556	1	278	48	7,92
Sapin pectiné	2012	228	63333	0	0	94	6,01	47	13056	1	278	45	5,70
Sapin pectiné	2013	244	67778	0	0	92	7,32	43	11944	3	833	42	8,19
Pin sylvestre	2011	29	8056	5	1389	26	12,85	46	12778	2	556	38	10,89
Pin sylvestre	2012	47	13056	6	1667	23	15,74	42	11667	11	3056	31	9,94
Pin sylvestre	2013	32	8889	12	3333	29	14,02	43	11944	7	1944	29	11,69
Feuillus	2011	19	5278	19	5278	17	41,18	30	8333	28	7778	14	38,93
Feuillus	2012	8	2222	7	1944	9	31,56	10	2778	7	1944	11	24,00
Feuillus	2013	17	4722	14	3889	15	25,87	11	3056	7	1944	13	21,96
Σ régé forestière en 2013			81389		7222			26944			4722		

Nbr1 et d1 = résultat des comptages avec toutes les strates ; Nbr2 et d2 = comptage sans la strate 1



Influence de la mise en défens sur la régénération forestière

Voir tableau et graphes page précédente.

Rappelons que les régénérations forestières sont comptées dans $3 \times 12 = 36$ carrés répartis dans chaque placeau : enclos et exclos, en suivant trois transects. "Nbr1" correspond à toutes les plantules ; "Nbr2" à celles des strates 2 et plus hautes ($>12,5$ cm), valeur plus intéressante car les plantules très petites ont souvent une durée de vie bien éphémère. Les densités par hectare "d/ha" sont donc extrapolées à partir de ces échantillons. Dans chaque carré, la hauteur des trois plus grands brins est mesurée ; il en résulte un effectif total par placeau et une hauteur moyenne calculée. Noter qu'en 2013, sur le placeau clôturé aucun petit sapin n'a été compté dans les strates $> 12,5$ cm.

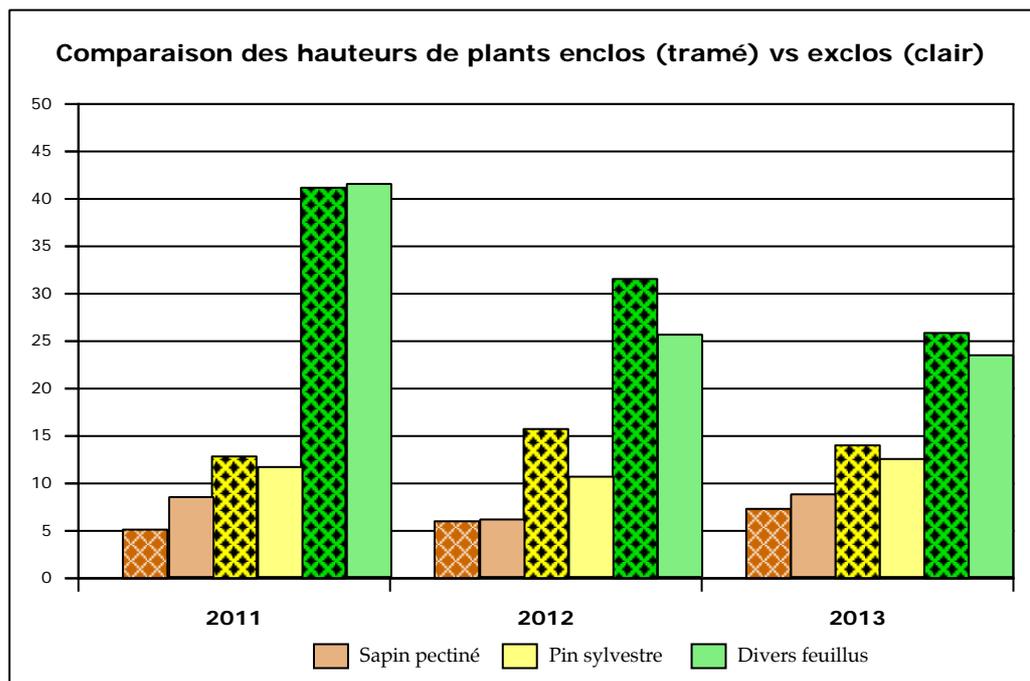
Les deux graphes offrent une vision bien différente de la densité des régénérations. Il est vrai que les plants de petite taille (strate 1 $< 12,5$ m) sont souvent des plants de l'année qui n'ont pas encore passé leur premier été. Beaucoup vont naturellement dépérir. Il est donc difficile d'affirmer ici qu'une telle régénération est bonne ou mauvaise.

Le second graphe est plus intéressant. En effet, quasiment tous les plants, des strates 2 et supérieures ont passé au moins le premier été, un cap particulièrement difficile à franchir. Nonobstant, ces plants ne sont pas encore, loin de là, assez grands pour s'affranchir de la prédation des cervidés. On ne peut donc pas considérer cette régénération comme acquise, sauf peut-être dans le placeau clôturé, encore que de tels plants ne soient pas à l'abri d'une certaine mortalité naturelle. En témoigne la fluctuation observée sur trois ans dans les deux placeaux...

En 2013 le placeau pâturé compterait environ 4 500 régénérations forestières toutes essences confondues, par hectare, tandis que le placeau mis en défens en compterait 7 200, soit $> 150\%$. Il faut convenir que ni l'une ni l'autre de ces valeurs ne sont pleinement satisfaisantes pour ce stade initial de développement des régé. Néanmoins, le placeau protégé possède un très fort potentiel de recrutement dans la strate 1, plus de trois fois plus important que celui du placeau pâturé... avec de bien meilleures chances de survie !

En résumé, il est donc encore un peu tôt, au bout de trois ans, d'affirmer que la régénération est complètement acquise dans la zone mise en défens, mais il est permis d'émettre de sérieux doutes quant à celle de la zone pâturée.

La comparaison des hauteurs des plants ne montre pas de différences significatives entre enclos et exclos. Notons que les feuillus sont bien plus hauts que les résineux car ce sont majoritairement des rejets ou des dragons tandis que les résineux sont des semis, par nature plus lents à démarrer.



Influence de l'environnement immédiat de chaque carré

En plus des comptages de régé., sur chaque carré sont relevés les couverts estimés des ligneux hauts (>2m) des ligneux bas et des herbacés ainsi que la composition de la couverture du sol en mousses, végétation hors mousses, litière, blocs, sol nu... ce qui constitue l'environnement immédiat des sites de germination des graines forestières.

Ces variables étant de type quantitatives, nous les avons traitées par des analyses en composantes principales. Pour obtenir plus d'observations et une meilleure fiabilité des conclusions, nous avons regroupé, pour une essence donnée, les observations des trois années. Ce type d'analyse résume de façon synthétique les corrélations complexes qui existent entre toutes les variables, celle que nous cherchons à "expliquer" étant le comptage des régénérations forestières. Voir page suivante les diagrammes d'une analyse en composantes principales (ACP) réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT™.

La régénération du Sapin pectiné est corrélée positivement avec le couvert des ligneux hauts, les autres composantes du biovolume n'ont que peu d'influence. La régénération du Sapin pectiné supporte mieux une certaine couverture du sol par des végétaux y compris des mousses, que la litière ou les blocs.

La régénération du Pin sylvestre est aussi positivement corrélée avec le couvert des ligneux hauts mais aussi des ligneux bas, et plutôt négativement avec le couvert des herbacés. La régénération du Pin sylvestre préférerait une couverture du sol par des végétaux (hors mousses) ou des blocs. Les autres couvertures n'ont guère d'influence.

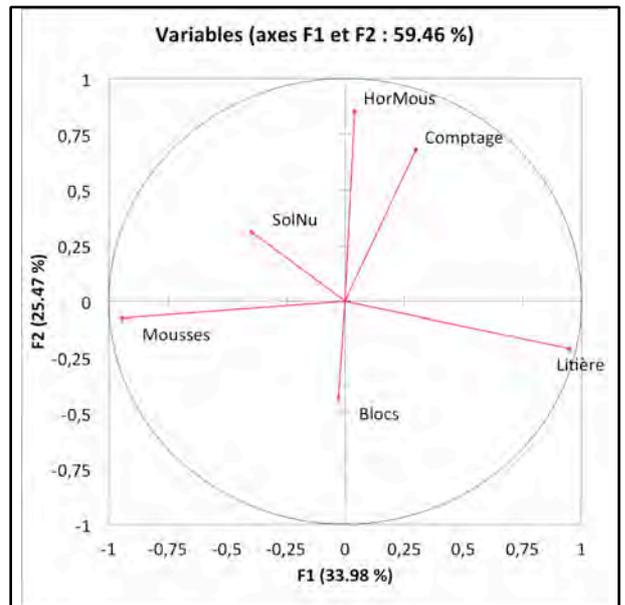
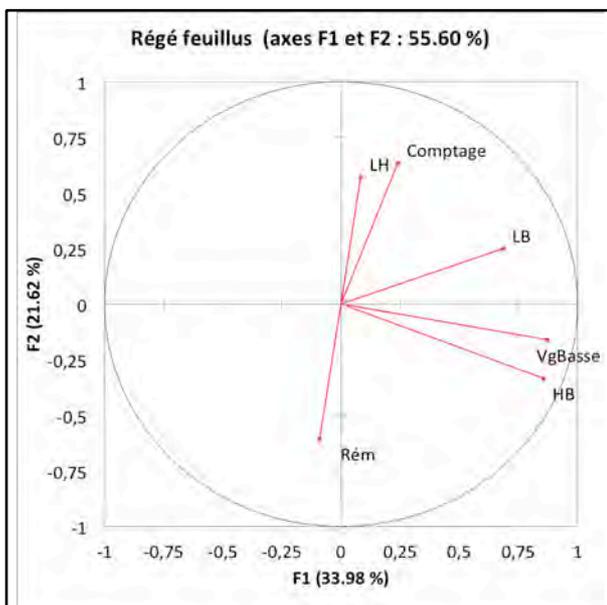
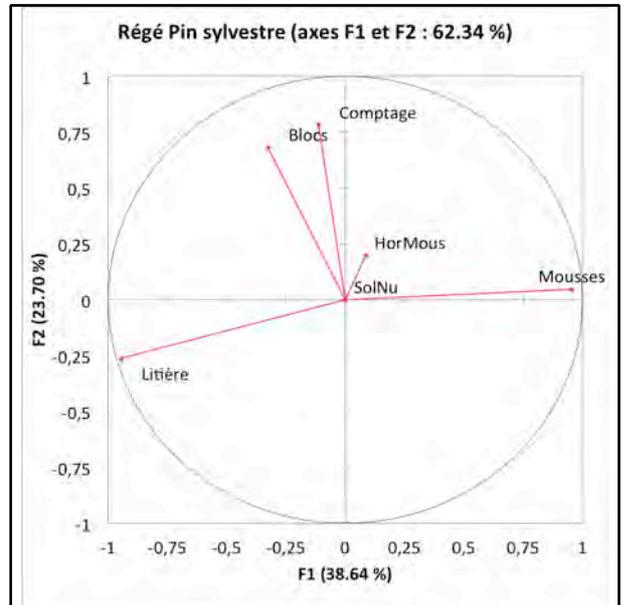
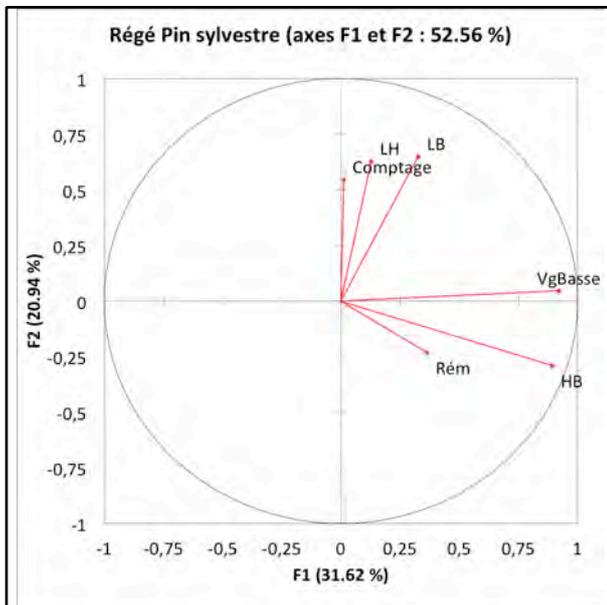
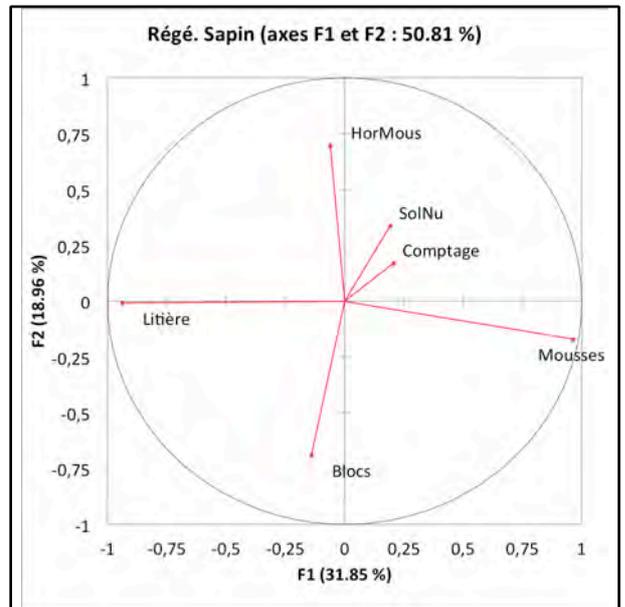
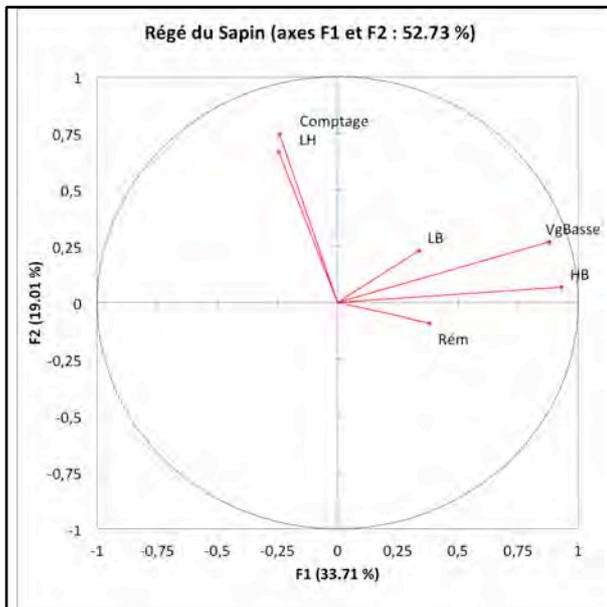
La régénération des feuillus, ici toutes essences confondues car de faibles effectifs, est favorisée par le couvert des ligneux hauts mais aussi par celui des ligneux bas. Celui des herbacés n'a que peu d'influence tandis que celui des rémanents aurait une influence négative mais attention, ces rémanents sont peu fréquents, ce qui obère la fiabilité de ce résultat. La régénération des feuillus est favorisée par une couverture du sol composée de litière ou de végétation hors mousses. Les mousses et aussi les blocs auraient un effet négatif. Le sol nu n'aurait pas d'influence.

La protection par une clôture ne devrait pas ici avoir une influence très marquée car il s'agit avant tout des comportements liés à l'autoécologie des essences. Remarquons que ces résultats sont bien liés à ce site d'observation. Ainsi par exemple, la régénération du Pin sylvestre semble bien profiter du couvert des arbres mais il faut rappeler que le couvert global des placeaux est assez faible (forêt claire). S'il était dense, il est probable que l'on aurait obtenu un résultat opposé.

Cette analyse paraît sortir un peu du sujet principal de l'essai, mais elle reste utile pour la compréhension globale de la problématique.

Représentation graphique des lignes de carrés

Voir en annexe des graphes qui représentent toute l'information relevée sur les carrés, de façon très synoptique. Page suivante est donné l'exemple des lignes centrales des placeaux enclos et exclos en 2013. Les intensités de couverts sont figurés par des gradients de saturation des couleurs pour les ligneux hauts, les ligneux bas et les herbacés. Au bas des graphiques, les barres de couleur représentent les hauteurs mesurées des régénérations.

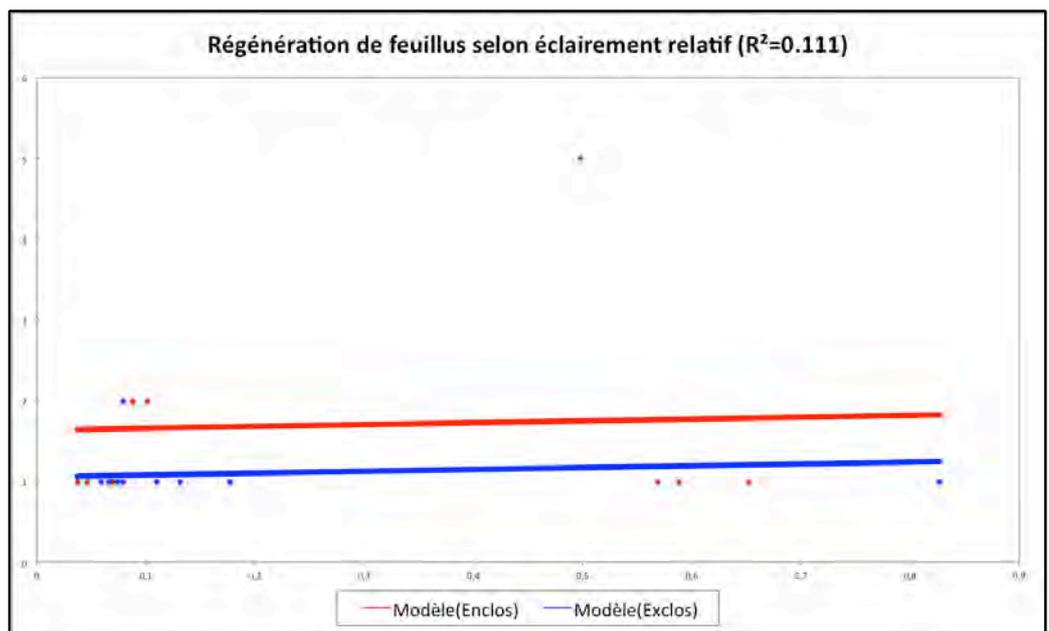
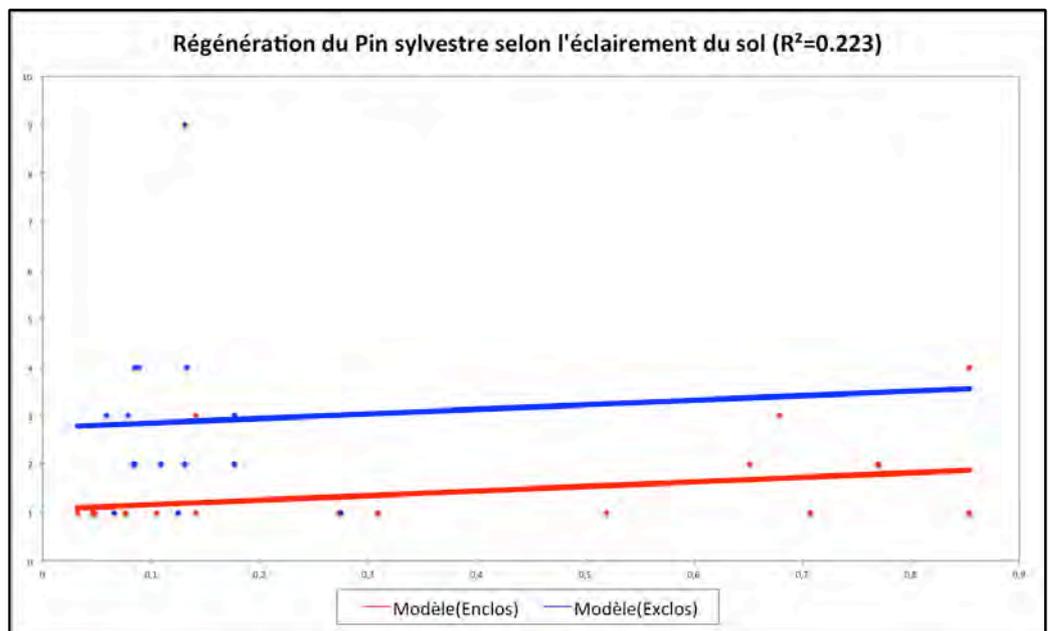
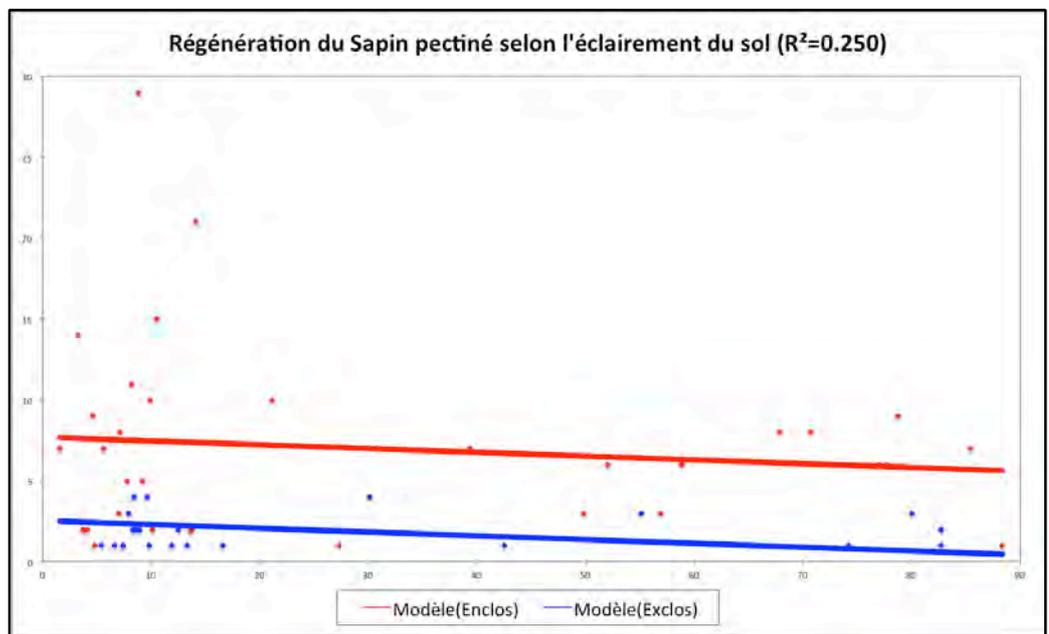




Le ceptomètre est un instrument de mesure de la lumière incidente. Il enregistre les données issues d'une barrette de capteurs photosensibles longue d'environ un mètre. Le flux de photons est exprimé en moles/m².seconde. Photo L. AMANDIER.



Le Ceptomètre est maintenu à quelques centimètres au dessus du sol pour capter la lumière qui parviendrait à des semis de Sapin. Mis en œuvre par M. RIPERT de l'IRSTEA, sous le regard de M. CANCE représentant du GF propriétaire. Le capteur est aligné sur le ruban de chantier matérialisant le transect. Chaque carré d'observation est ainsi échantillonné. Photo L. AMANDIER.



Analyse des interactions avec l'éclairage du sol

Il est bien connu des sylviculteurs que l'implantation de la régénération forestière dépend largement de la lumière qui parvient au niveau du sol. Compte tenu de l'assez grande hétérogénéité des peuplements présents sur les deux placeaux, nous avons souhaité prendre en compte la lumière de façon à mieux isoler le facteur "mise en défens" correspondant aux objectifs premiers de l'étude. Le recours à une analyse de covariance par un logiciel de statistique est alors indispensable, les tests programmés directement dans la base de données du CRPF étant trop rudimentaires. Les données sont issues des observations du printemps 2013 pour disposer à la fois des comptages de régé. et des mesures de lumière.

En effet, les écologues de l'IRSTEA du Tholonet ont accepté très volontiers de nous venir en aide pour mesurer la lumière incidente sur chaque carré (voir photos légendées). Les mesures au ras du sol sont complétées par des mesures en plein découvert, prise sensiblement à la même heure, de façon à pouvoir exprimer le facteur "lumière" en valeurs relatives et ainsi s'affranchir de la variation horaire de l'ensoleillement.

L'analyse statistique de la relation entre le nombre de plantules de Sapin comptées sur chaque carré et les deux facteurs explicatifs combinés : mise en défens et éclairage relatif au sol, montre que globalement, ces facteurs ne sont pas très explicatifs ($R^2 = 0,25$). Tout au plus constate-t-on que les régé. de Sapin sont plus nombreuses sur la partie gauche du graphe, pour les faibles éclairages. Les deux droites de régression des comptages de plantules en fonction de l'éclairage sont remarquablement parallèles. Leur décalage d'environ 10 unités s'explique par le facteur "mise en défens". Pour un éclairage donné, il y aurait en moyenne, selon ce modèle, environ 10 plantules de plus sur chaque mètre carré protégé des cervidés.

Pour le Pin sylvestre, l'ordre des courbes est inversé. C'est la situation de libre parcours qui lui est la plus favorable. Là encore les droites de régression sont parallèles mais le décalage n'est que d'environ 1,7 plants au mètre carré. L'éclairage lui serait légèrement favorable.

Les régénérations de feuillus ont été regroupées à cause de la faiblesse des effectifs. Il s'agit du Chêne pubescent, des Erables sycomore, champêtre et de Montpellier, du Frêne commun et du Merisier. Les droites de régression se comportent un peu comme celles du Sapin. La mise en défens est favorable mais l'écart est faible, environ 0,5 plant par mètre carré. En effet, les feuillus sont particulièrement appétents mais ils résistent beaucoup mieux à la dent des herbivores et sont capables de repartir après une mutilation.

Analyse fine de la répartition des semis sur les lignes de carrés

La dimension spatiale proposée pour ce type d'échantillonnage : répartition systématique avec repérage précis (non aléatoire) permet des analyses plus fines que des simples comparaisons de moyennes.

Les méthodes de l'analyse fréquentielle¹ peuvent s'appliquer pour porter un autre regard, pour examiner la façon dont les régénérations se répartissent : régulièrement ou par taches, groupées d'un seul côté des placeaux ou bien réparties, etc. Trois paramètres sont ici utilisés ; ils sont exprimés en sha (shannon), unités de quantification de l'information.

Hétérogénéité totale = probabilité de tomber sur la complexion observée, en fonction des comptages des régé. dans chaque carré. Ex. : sur la ligne A de l'enclos, le Sapin est présent 77 fois sur les 12 carrés. L'hétérogénéité correspondante est donnée par la formule de Brillouin : $H_t = \log_2(1 / \text{proba de la complexion}) = \log_2(77^12) = 132,6 \text{ sha}$.

Cette hétérogénéité totale peut être analysées en plusieurs composantes très significatives.

La première idée qui vient à l'esprit est de regarder si les abondances sont très égales ou si, au contraire, elles sont très contrastées : elles seront très contrastées si tous les individus sont présents dans le même carré et elles seront, au contraire, peu contrastées si les individus sont très étalés dans tous les carrés.

¹ GODRON M. 2013. *Ecologie et évolution du monde vivant*. Ed. L'harmattan.

La formule se fonde sur le nombre de permutations possibles des 77 individus de la ligne, divisé par celui du nombre de permutations existant au sein de chaque carré (les n semis présents dans un carré étant interchangeables). Ici $H_c = 32,7$ sha.

Cette quantité d'information est appelée « **contraste des abondances** » de la distribution des individus, puisqu'elle est d'autant plus forte que les abondances sont plus contrastées. On remarque qu'elle ne prend pas en compte les carrés où les semis de Sapin sont absents et qu'elle ne tient pas non plus compte de la localisation des abondances. Grâce au théorème des probabilités composées, les informations sont additives et l'information apportée par le contraste peut être ajoutée (ou soustraite) à d'autres informations analogues.

La **localisation des abondances** exprime la façon dont les abondances du Sapin sont réparties au sein des différents carrés : carrés comprenant 1 individu, carrés avec 2 individus, etc. Ici $H_l = 11,7$ sha.

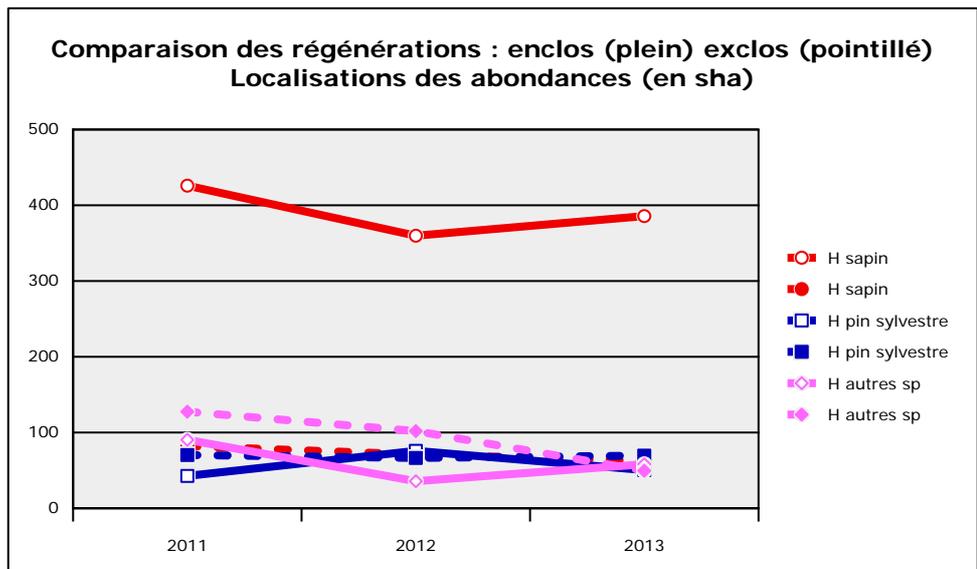
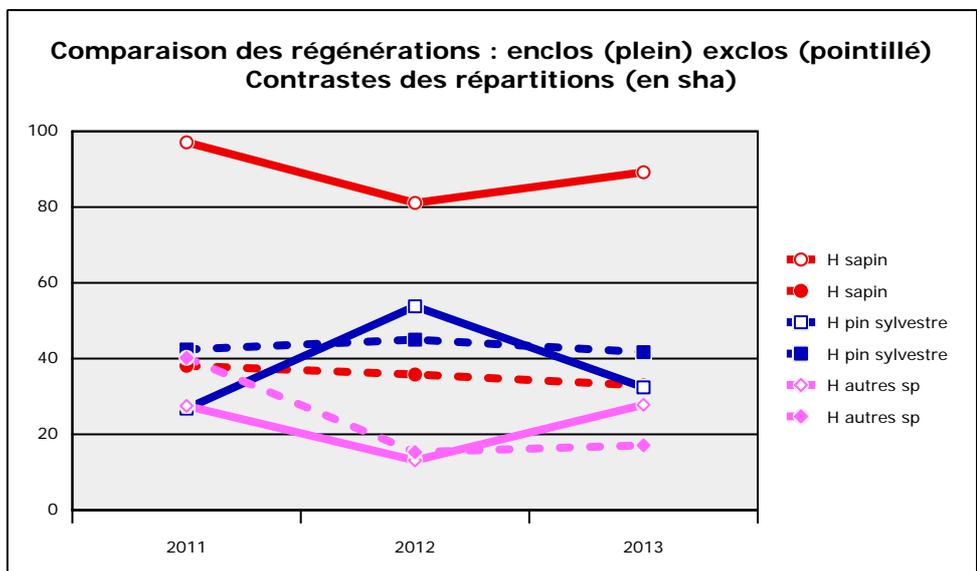
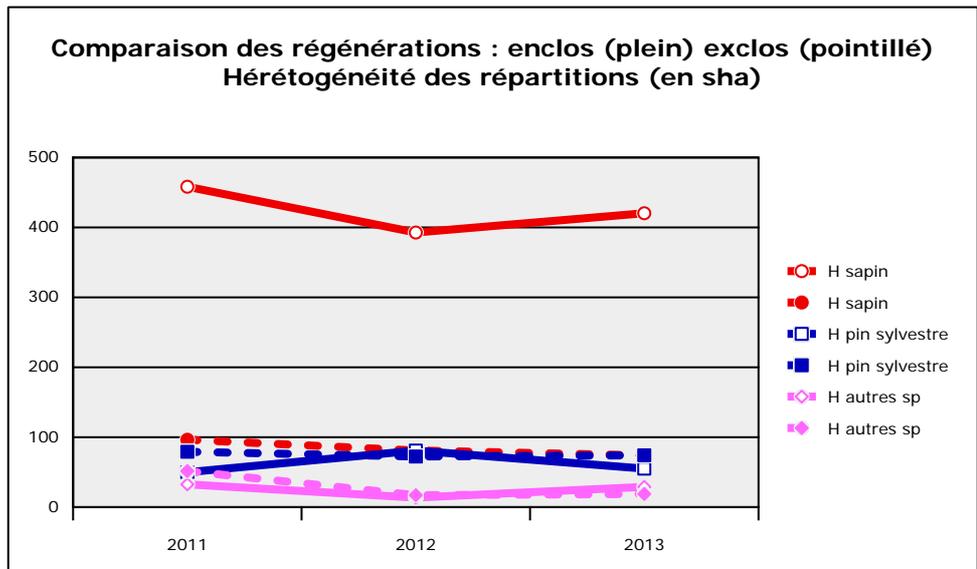
Ces résultats complexes sont fondés sur des savants calculs de probabilité qu'il serait ici trop long de détailler. Se reporter à l'ouvrage cité (GODRON M. 2013) pour une explication plus complète.

Les résultats des trois lignes de carrés de chaque plateau ont été additionnés, l'idée générale étant de pouvoir comparer globalement les deux plateaux entre eux.

Les graphes de la page suivante montrent que le Sapin montre les plus grandes différences de répartition des abondances, à la fois pour leur contraste et pour leur localisation. Les autres essences sont plus régulièrement réparties, le Pin sylvestre se signalant par un contraste de répartition plus élevé en 2012 qu'en 2011 et 2013.

L'interprétation n'est pas évidente et nécessiterait des développements théoriques plus conséquents. Toutefois, il reste intéressant de constater un effet très marqué entre enclos et exclos.

Placeau x année	Régé.	Nbr plants	Hétérog.	Contraste	Localisation
Pierr-Enclos-2011	Toutes régé.	314	540,7	151,4	559
Pierr-Enclos-2011	Abies alba	266	458,2	97,1	425,9
Pierr-Enclos-2011	Pinus sylvestris	29	49,9	26,8	42,7
Pierr-Enclos-2011	Autres essences	19	32,6	27,5	90,4
Pierr-Exclos-2011	Toutes régé.	132	227,2	120,7	279,8
Pierr-Exclos-2011	Abies alba	56	96,4	38,1	82
Pierr-Exclos-2011	Pinus sylvestris	46	79,2	42,4	70,3
Pierr-Exclos-2011	Autres essences	30	51,6	40,2	127,5
Pierr-Enclos-2012	Toutes régé.	283	487,2	148	471,3
Pierr-Enclos-2012	Abies alba	228	392,7	81,1	359,8
Pierr-Enclos-2012	Pinus sylvestris	47	80,9	53,8	75,8
Pierr-Enclos-2012	Autres essences	8	13,6	13,1	35,7
Pierr-Exclos-2012	Toutes régé.	99	170,5	96,1	239,4
Pierr-Exclos-2012	Abies alba	47	81	35,8	71,1
Pierr-Exclos-2012	Pinus sylvestris	42	72,4	45	66,4
Pierr-Exclos-2012	Autres essences	10	17,1	15,3	101,9
Pierr-Enclos-2013	Toutes régé.	293	504,4	149,4	494,2
Pierr-Enclos-2013	Abies alba	244	420,3	89,2	385,7
Pierr-Enclos-2013	Pinus sylvestris	32	55,1	32,4	50,4
Pierr-Enclos-2013	Autres essences	17	29	27,8	58,1
Pierr-Exclos-2013	Toutes régé.	97	166,9	91,7	181,4
Pierr-Exclos-2013	Abies alba	43	74	32,9	62,4
Pierr-Exclos-2013	Pinus sylvestris	43	74,1	41,7	69,5
Pierr-Exclos-2013	Autres essences	11	18,8	17,1	49,5



Examen direct des marques d'abrouissement

Les résineux sont plus sensibles que les feuillus à la mutilation par la dent des herbivores, mais un autre phénomène vient accentuer les différences constatées entre enclos et exclos. Les très jeunes plants, principalement de Sapin car le Pin sylvestre est moins appétent, sont très peu ancrés dans le sol car leur enracinement est encore très faible. Ils sont alors complètement arrachés et disparaissent ainsi complètement des comptages.

En effet, on n'a relevé que très peu de traces d'abrouissement sur ces très petits plants, les plants broûtés ayant complètement disparu.

Les traces de dégâts de gibier se manifestent sur ce site principalement par des abrouissements d'apex de divers végétaux. Pas de frottis observé sur les placeaux.

Ces marques d'abrouissement ont été relevées sur les plants inventoriés en 2012. On remarque qu'il y en a à l'intérieur du placeau clôturé. Certaines traces datent donc d'avant la mise en défens. Néanmoins, la différence est sensible entre enclos et exclos.

Voir tableau ci-contre des observations. Pour le Sapin et le Pin sylvestre, les effectifs sont suffisants pour réaliser un test statistique, ici le test exact de Fisher sur tableau de contingence. Le résultat confirme une différence très marquée entre les placeaux.

Beaucoup plus de semis sont broûtés en dehors du placeau qu'à l'intérieur... ce qui est, somme toute, assez prévisible.

Année = 2012		Enclos			Exclos		
Essence	Strate	Total	Intact	Broûté	Total	Intact	Broûté
Sapin pectiné	1		149	79			46
Sapin pectiné	2						1
Erable champêtre	1		1				
Erable champêtre	3		2				1
Erable à f d'Obier	1						1
Erable à f d'Obier	3						1
Erable à f d'Obier	4			1			1
Frêne commun	1			1			
Frêne commun	2			1			
Pin sylvestre	1		27	14			31
Pin sylvestre	2			4			2
Pin sylvestre	3						9
Pin sylvestre	4		1	1			
Merisier	2			2			
Cerisier de Ste Lucie	3						1
Chêne pubescent	1					1	2
Chêne pubescent	4			1			3

Sapin pectiné	Enclos	Exclos	Σ
Intact	149	0	149
Broûté	79	46	125
Σ	228	46	274

Information 60,04 sha

Probabilité $8,43644 \times 10^{-19}$

Commentaire

Ce tableau de contingence est extrêmement improbable
L'hypothèse d'homogénéité des populations est rejetée

Pin sylvestre	Enclos	Exclos	Σ
Intact	27	0	27
Broûté	14	31	45
Σ	41	31	72

Information 30,3 sha

Probabilité $7,4605 \times 10^{-10}$

Commentaire

Ce tableau de contingence est extrêmement improbable
L'hypothèse d'homogénéité des populations est rejetée

Conclusion provisoire sur la régénération forestière

Bien que les placeaux enclos et exclos soient au départ légèrement différents, il est déjà possible d'affirmer que la régénération semble compromise dans la zone pâturée par les cervidés. Toutefois, il est recommandé de poursuivre les observations dans les prochaines années.

Remarques sur le protocole expérimental

Attention, les observations de printemps, très pertinentes pour la composition floristique ne sont peut-être pas les plus adaptées pour l'observation des régénérations. En effet, beaucoup de plantules qui ont été comptées viennent de germer et n'intéressent guère les cervidés à cette saison. La prédation doit plutôt s'exercer en hiver, aussi des comptages réalisés en fin d'hiver, après la fonte des neiges, en mars ou avril par exemple de l'année n , permettraient de mieux cerner l'intensité de la prédation de l'année $n - 1$, avant que ne germent les graines nouvelles. L'interprétation statistique et biologique en serait facilitée.

Tableau de contingence

Pour l'espèce <i>i</i>	Relevé 1	Relevé 2	1 & 2
Présences	n1	n2	n1+n2
Absences	S1-n1	S2-n2	Σ - (n1+n2)
Total segments	S1	S2	Σ = S1 + S2
Combinaisons	b C_{S1}^{n1}	c C_{S2}^{n2}	d C_{Σ}^{n1+n2}

Nombre de combinaisons
de n1 présences de l'espèce i
dans un total de S1 segments

$$C_m^p = m! / ((p! * (m-p)!)$$

avec m! = factorielle de m

Probabilité du tableau de contingence (calcul "exact" de Fisher)

$$P = (n1+n2)! * (\Sigma - (n1+n2))! * S1! * S2! / n1! * (S1-n1)! * n2! * (S2-n2)! * \Sigma!$$

$$P = [S1! / n1! * (S1-n1)!] * [S2! / n2! * (S2-n2)!] * [(n1+n2)! * (\Sigma - (n1+n2))! / \Sigma!]$$

$$P = C_{S1}^{n1} * C_{S2}^{n2} / C_{\Sigma}^{n1+n2} = b * c / d$$

$$\text{INFO (Brillouin)} = \log_2 (1 / P) = \log_2 d - (\log_2 b + \log_2 c) \text{ en sha}$$

Exemple de calcul

Pour l'espèce <i>i</i>	Relevé 1	Relevé 2	1 & 2
Présences	0	2	2
Absences	4	6	10
Total segments	4	8	12
	b	c	d
Combinaisons	1	28	66
Proba. du tableau de contingence			0,42
INFO (Brillouin) en sha =			1,24

Examen de l'impact des cervidés sur la végétation et la biodiversité végétale

C'est le second volet de cette expérimentation.

La végétation est étudiée finement sur chaque plateau, à l'aide de relevés linéaires de 100 segments de 50 cm, de façon à obtenir des valeurs quantitatives mesurées, ici des fréquences, bien préférables aux simples estimations d'abondance-dominance classiques en phytosociologie mais qui seraient ici trop grossières pour évaluer des évolutions.

La principale difficulté, outre la durée et la pénibilité de la réalisation du relevé, est la détermination botanique la plus exacte possible des très nombreuses espèces végétales rencontrées. En effet, cet endroit est exceptionnellement riche en espèces car les supraméditerranéennes s'ajoutent ici aux montagnardes. Bien des déterminations ont été affinées depuis le début du projet aussi une harmonisation des listes a-t-elle été nécessaire.

Par commodité, pour l'interprétation des données, les deux transects de 25 m ont été concaténés au sein de la base de données 4DTM du CRPF, mis bout à bout pour donner un seul transect de 100 segments.

Voir en annexe les résultats de ces relevés, et page suivante, un exemple de profil de XZ de végétation, celui de 2013.

A partir de ces données relevées sur le terrain, comment répondre à la question posée sur l'impact des herbivores ?

Un calcul de probabilité assez complexe (tableau de contingence comparés pour chaque espèce entre relevé A, relevé B et relevé A+B...), permet de définir les différences plus ou moins significatives entre deux relevés fréquentiels. Voir encart page précédente.

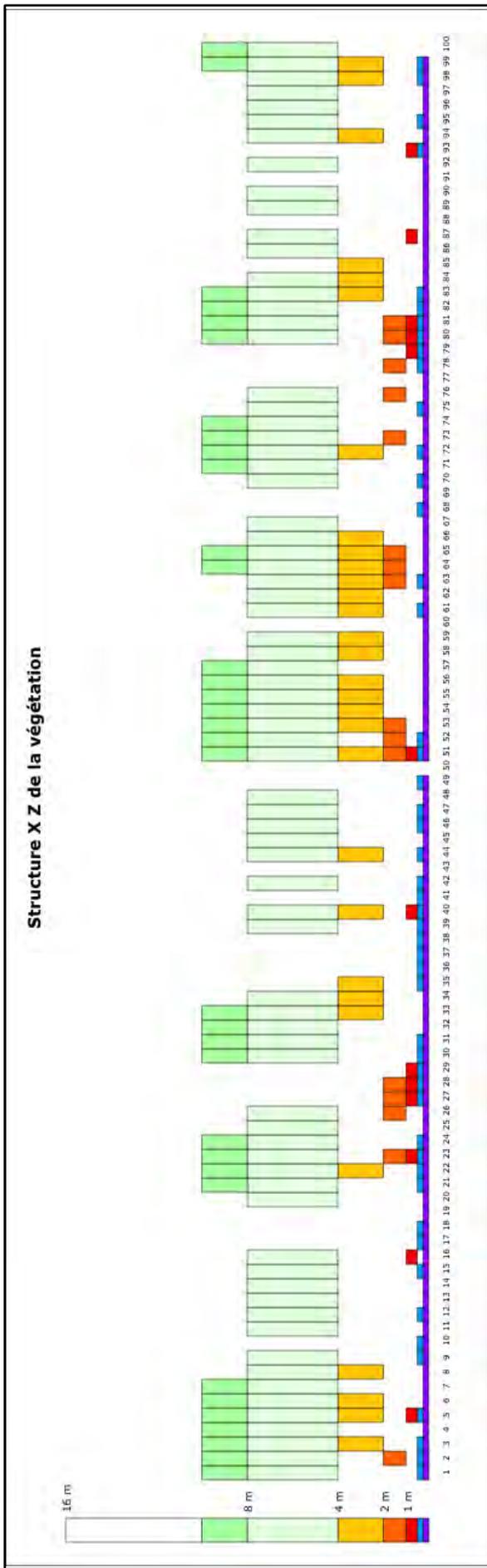
Comparaison entre enclos et exclos

Une difficulté de l'analyse réside dans la différence initiale entre l'enclos et l'exclos, liée à l'hétérogénéité quasi inévitable des petites placettes. Il est quasiment impossible de trouver deux placettes contiguës rigoureusement identiques ! Et donc de disposer d'une modalité à comparer très facilement avec un témoin...

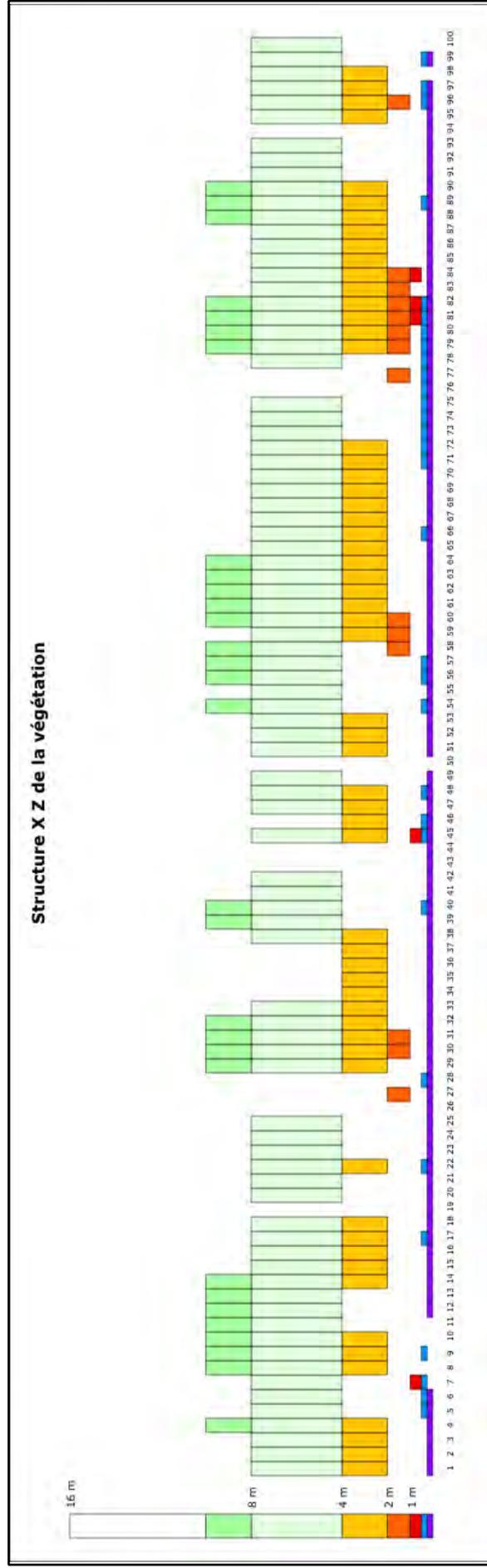
Année 2011	Enclos	Exclos	Calcul information Brillouin (sha)		"Intensité" des différences de fréquences observées
Richesses	58	58			
Abondances pour 100 segments	Fréq	Fréq			
<i>Pinus sylvestris</i>	4	48	-43,3		très hautement sign.
<i>Solidago virgaurea</i>	39	15	13,6		
<i>Acer campestre</i>	12	0	12,5		
<i>Hieracium murorum</i>	23	47	-12,2		
<i>Thymus serpyllum</i>	4	19	-10,7		
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	10	0	10,3		
<i>Rosa canina</i>	0	9	-9,3		hautement significative
<i>Rubus saxatilis</i>	4	15	-7,5		
<i>Abies alba semis</i>	15	4	7,5		
<i>Festuca ovina</i>	0	7	-7,2		
<i>Galium verum</i>	24	11	7		
<i>Poa nemoralis</i>	9	1	6,9		
<i>Cotoneaster juranus</i>	6	0	6,1		significative
Mousse	65	78	-6		
<i>Lotus corniculatus</i>	26	15	5,5		
<i>Quercus pubescens</i>	9	2	5,4		
<i>Ranunculus aduncus</i>	32	21	5,2		
<i>Carex halleriana</i>	0	5	-5,1		
<i>Leucanthemum vulgare</i>	9	18	-5,1		
<i>Ononis spinosa</i>	5	0	5,1		
<i>Hieracium pilosella</i>	10	18	-4,5		non significative
<i>Calamagrostis varia</i>	31	22	4,5		proba 95 %
<i>Galium mollugo</i>	1	6	-4,3		
<i>Acer opalus</i>	24	16	4,3		
<i>Epilobium angustifolium</i>	4	0	4		
<i>Plantago major</i>	0	4	-4		
<i>Hippocrepis emerus</i>	0	4	-4		
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	7	2	3,9		

Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Profils de la végétation des placeaux.

Enclos 2013



Exclos 2013



Année 2012	Enclos	Exclos	Calcul			"Intensité" des
Richesses	65	65	information			différences de
Abondances	767	755	Brillouin			fréquences
pour 100 segments	Fréq	Fréq	(sha)			observées
<i>Pinus sylvestris</i>	4	48	-43,3			très hautement sign.
<i>Hieracium murorum</i>	34	65	-17,1			
<i>Festuca ovina</i>	0	16	-16,9			
<i>Acer campestre</i>	12	0	12,5			
<i>Rosa canina</i>	0	10	-10,3			
<i>Carex halleriana</i>	0	10	-10,3			
<i>Rubus saxatilis</i>	5	20	-10,1			
<i>Ononis spinosa</i>	8	0	8,2			hautement significative
<i>Genista pilosa</i>	52	34	7,9			
<i>Lotus corniculatus</i>	35	20	7			
<i>Quercus pubescens</i>	11	2	7			
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	1	9	-6,9			
<i>Cotoneaster juranus</i>	12	3	6,4			significative
<i>Polygala calcarea</i>	20	9	6,1			
<i>Hippocrepis emerus</i>	0	6	-6,1			
<i>Abies alba semis</i>	14	5	5,7			
<i>Potentilla recta</i>	11	3	5,7			
<i>Ranunculus aduncus</i>	48	35	5,6			
<i>Campanula persicifolia</i>	0	5	-5,1			
<i>Plantago major</i>	0	5	-5,1			
<i>Sanicula europaea</i>	5	0	5,1			
<i>Juniperus communis</i>	11	4	4,7			
<i>Lonicera xylosteum</i>	1	6	-4,3			non significative
<i>Acer opalus</i>	24	16	4,3			proba 95 %
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	0	4	-4			
<i>Galium mollugo</i>	0	4	-4			
<i>Scabiosa columbaria</i>	4	0	4			
<i>Epipactis atrorubens</i>	4	0	4			
<i>Vicia cracca</i>	7	2	3,9			
<i>Solidago virgaurea</i>	29	22	3,9			
<i>Leucanthemum vulgare</i>	10	16	-3,7			
Mousse	66	60	3,7			
<i>Gentiana lutea</i>	26	32	-3,6			
<i>Galium verum</i>	28	22	3,6			
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	9	4	3,6			

Année 2013	Enclos	Exclos	Calcul			"Intensité" des
Richesses	52	58	information			différences de
Abondances	518	643	Brillouin			fréquences
pour 100 segments	Fréq	Fréq	(sha)			observées
<i>Pinus sylvestris</i>	5	47	-39,1			très hautement sign.
<i>Genista pilosa</i>	47	5	39,1			
Mousse	72	28	31,8			
<i>Ranunculus aduncus</i>	44	12	21,9			
<i>Festuca rubra</i>	8	37	-21,1			
<i>Abies alba semis</i>	13	0	13,6			
<i>Solidago virgaurea</i>	33	11	13,2			
<i>Acer campestre</i>	11	0	11,4			
<i>Hieracium murorum</i>	23	41	-8,4			hautement significative
<i>Rosa canina</i>	1	10	-7,8			
<i>Hieracium pilosella</i>	13	3	7,2			
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	11	2	7			
<i>Juniperus communis</i>	11	2	7			
<i>Calamagrostis varia</i>	24	11	7			
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	6	0	6,1			significative
<i>Cotoneaster juranus</i>	6	0	6,1			
<i>Quercus pubescens</i>	8	1	6			
<i>Polygala calcarea</i>	22	11	5,9			
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	15	6	5,5			
<i>Lotus corniculatus</i>	18	9	5,1			
<i>Potentilla neumanniana</i>	0	5	-5,1			
<i>Plantago major</i>	0	5	-5,1			
<i>Festuca ovina</i>	0	5	-5,1			
<i>Galium verum</i>	11	4	4,7			
<i>Acer opalus</i>	24	16	4,3			non significative
<i>Poa nemoralis</i>	4	0	4			proba 95 %
<i>Galium mollugo</i>	0	4	-4			
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	0	4	-4			
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	4	0	4			
<i>Abies alba</i>	69	68	3,1			
<i>Brachypodium pinnatum</i>	31	30	3,1			etc.etc.

Si l'on compare Enclos et Exclos aux trois périodes de mesure, on constate que certaines différences sont constantes et que d'autres varient d'une année sur l'autre. En effet, les arbres et les buissons peuvent s'accroître ou régresser mais ils sont néanmoins généralement assez constants (exemple de *Acer campestre* présent dans l'enclos et absent de l'exclos) en regard des herbacés qui fluctuent beaucoup plus, même pour des espèces vivaces, en fonction de la saison, des vicissitudes climatiques ou autre facteurs apparemment aléatoires. L'effet de la mise en défens doit aussi se manifester mais il est passablement masqué par l'hétérogénéité initiale.

Dans le tableau ci-après, les espèces sont classées en fonction de la "fidélité" des différences constatées entre Enclos et Exclos et entre années. D'abord celles dont les fréquences sont pour toutes les années significativement différentes (123) ; ensuite celles qui ont été trouvées différentes deux années sur les trois (12 - 23 - 13) ; enfin celles qui ne sont apparues différentes que dans une seule comparaison (1 - 2 - 3).

Espèces significativement plus fréquentes dans	
l'enclos	l'exclos
123	123
<i>Abies alba semis</i> <i>Acer campestre</i> <i>Cotoneaster juranus</i> <i>Ranunculus aduncus</i> <i>Quercus pubescens</i> <i>Lotus corniculatus</i>	<i>Festuca ovina</i> <i>Hieracium murorum</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Rosa canina</i>
12 - 23 - 13	12 - 23 - 13
<i>Carlina acaulis var caulescens</i> <i>Galium verum</i> <i>Genista pilosa</i> <i>Juniperus communis</i> <i>Ononis spinosa</i> <i>Polygala calcarea</i> <i>Solidago virgaurea</i>	<i>Carex halleriana</i> <i>Leucanthemum vulgare</i> <i>Plantago major</i>
1 - 2 - 3	1 - 2 - 3
<i>Calamagrostis varia</i> <i>Hieracium pilosella</i> <i>Leontodon pyrenaicus</i> <i>Poa nemoralis</i> <i>Rosa pimpinellifolia</i> <i>Sanicula europaea</i>	<i>Campanula persicifolia</i> <i>Cytisophyllum sessilifolium</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Hippocrepis emerus</i> <i>Leucanthemum vulgare</i> <i>Rubus saxatilis</i> <i>Rubus saxatilis</i> <i>Thymus serpyllum</i>

Evolution des placeaux dans le temps.

Ici ce sont les trajectoires de chaque placeau, enclos et exclos qui sont analysées. L'influence de la mise en défens devrait y être plus évidente mais là encore d'autres facteurs peuvent interférer. C'est le cas de la saison d'observation. Les relevés de 2013 ont été réalisés environ trois semaines avant ceux de 2011 et 2012. Cette avancée de date s'est malencontreusement conjuguée avec un décalage phénologique d'une bonne quinzaine de jours liée au printemps très froid en 2013... Il est alors normal d'observer des différences de développement pour certaines espèces, liées seulement à cet écart phénologique ! Remarquons que le total des fréquences ("abondances") de 2013 est ainsi inférieur à celui de 2011.

Le protocole devra être amélioré sur ce point. Attention ! Réaliser les relevés floristiques toujours à la même saison, au même degré d'avancement de la phénologie, pour faciliter les interprétations ultérieures.

ENCLOS	2011	2013	Calcul	dHamming			"Intensité" des
Richesses	58	59	information	506			différences de
Abondances	629	639	Brillouin	7,03			fréquences
pour 100 segments	Fréq	Fréq	(sha)				observées
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	0	15	-15,8	26			très hautement sign.
<i>Polygala calcarea</i>	4	22	-13,4	22			
<i>Genista pilosa</i>	26	47	-10	11			
<i>Potentilla neumanniana</i>	9	0	9,3	31			hautement significative
<i>Galium verum</i>	24	11	7	9			
<i>Leontodon hispidus</i>	11	3	5,7	33			significative
<i>Ranunculus aduncus</i>	32	44	-5,3	22			
<i>Ononis spinosa</i>	5	0	5,1	19			
<i>Brachypodium pinnatum</i>	41	31	4,6	24			
<i>Lotus corniculatus</i>	26	18	4,2	10			non significative
<i>Calamagrostis varia</i>	31	24	3,9	9			proba 95 %
Mousse	65	72	-3,9	5			
<i>Solidago virgaurea</i>	39	33	3,7	23			
<i>Poa nemoralis</i>	9	4	3,6	17			
<i>Pinus sylvestris semis</i>	1	5	-3,5	1			
<i>Abies alba</i>	68	69	-3,1	8			
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	10	6	3	15			
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	7	11	-3	4			
<i>Acer opalus semis</i>	0	3	-3	4			

EXCLOS	2011	2013	Calcul	dHamming			"Intensité" des
Richesses	56	56	information	497			différences de
Abondances	655	472	Brillouin	6,9			fréquences
pour 100 segments	Fréq	Fréq	(sha)				observées
Mousse	78	28	40,7	54			très hautement sign.
<i>Genista pilosa</i>	32	5	21,3	31			
<i>Festuca rubra</i>	9	37	-19,5	34			
<i>Thymus serpyllum</i>	19	2	14,4	17			
<i>Hieracium pilosella</i>	18	3	11,5	17			
<i>Leontodon hispidus</i>	17	6	6,8	11			hautement significative
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	0	6	-6,1	6			significative
<i>Calamagrostis varia</i>	22	11	5,9	11			
<i>Ranunculus aduncus</i>	21	12	4,8	23			
<i>Galium verum</i>	11	4	4,7	11			
<i>Polygala calcarea</i>	4	11	-4,7	7			
<i>Leucanthemum vulgare</i>	18	10	4,5	16			non significative
<i>Rubus saxatilis</i>	15	8	4,2	11			proba 95 %
<i>Brachypodium pinnatum</i>	38	30	4,1	32			
<i>Abies alba semis</i>	4	0	4	4			
<i>Lotus corniculatus</i>	15	9	3,7	14			
<i>Hieracium murorum</i>	47	41	3,7	42			etc.etc.

ENCLOS	
en augmentation	en régression
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	<i>Potentilla neumanniana</i>
<i>Polygala calcarea</i>	<i>Galium verum</i>
<i>Genista pilosa</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Ranunculus aduncus</i>	<i>Ononis spinosa</i>
	<i>Brachypodium pinnatum</i>

EXCLOS	
en augmentation	en régression
<i>Festuca rubra</i>	Mousse
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	<i>Genista pilosa</i>
<i>Polygala calcarea</i>	<i>Thymus serpyllum</i>
	<i>Hieracium pilosella</i>
	<i>Leontodon hispidus</i>
	<i>Calamagrostis varia</i>
	<i>Ranunculus aduncus</i>
	<i>Galium verum</i>

Certaines espèces augmentent dans les deux placeaux : *Leontodon pyrenaicus*, *Polygala calcarea*, ou régressent dans les deux placeaux : *Galium verum*. On ne peut logiquement attribuer cette variation à l'herbivorie (fluctuation du climat ?).

Genista pilosa, *Ranunculus aduncus* sont favorisés par la mise en défens et simultanément régressent dans la zone ouverte. C'est l'inverse pour *Leontodon hispidus*.

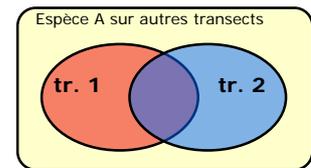
Potentilla neumanniana, *Ononis spinosa*, *Brachypodium pinnatum* sont défavorisées par la mise en défens, sans augmenter corrélativement dans le plateau ouvert. En revanche, *Mousse**, *Thymus serpyllum*, *Hieracium pilosella*, *Calamagrostis varia*, voient leur fréquence augmenter dans le plateau ouvert sans régresser pour autant dans l'enclos.

*Attention ! Les différentes espèces de mousses n'ont pas été distinguées.

Calcul des distances de Hamming (DH)

Cette méthode permet de déceler les espèces qui ont "bougé" d'une année sur l'autre, qui se sont "déplacées" d'un segment à un autre, même si leur fréquence globale sur le transect n'a pas changé. La définition de la DH est relativement simple.

segment	transect 1	transect 2	D Hamming
i	A	A	0
j	A		1
k		A	1
l			0
A = présence de l'espèce A			



La DH s'applique à des relevés **appariés**, c'est à dire réalisés rigoureusement au même endroit d'une année à l'autre — d'où l'intérêt d'un calage précis des transects et des segments. La DH totale de deux relevés appariés est la somme des DH de chaque espèce. On peut aussi calculer une DH moyenne en divisant le total par le nombre d'espèces pour mieux comparer des couples de relevés entre eux.

Voir page suivante les couples de relevés Enclos 2011 x Enclos 2013 puis Exclos 2011 x Exclos 2013.

Des espèces telles que *Hieracium murorum* ont beaucoup "bougé" à l'intérieur de chaque placeau sans que la différence entre 2011 et 2013 ne soit beaucoup affectée.

Il en est de même pour les semis de *Sapin pectiné* qui, de 2011 à 2013 ont légèrement diminué en nombre mais ont beaucoup "bougé" dans l'enclos (DH = 19). Dans la zone ouverte ils ont peu "bougé" mais ils sont beaucoup plus rares. Les 4 présents en 2011 ont disparu (DH = 4).

Dans la zone mise en défens, chaque année un pool de germinations de *Sapin pectiné* s'installe mais beaucoup de plantules ne passent pas l'été. Un autre pool s'implante l'année suivante et ainsi de suite, d'où ces changements, peu apparents dans un comptage global mais mis en évidence par la DH.

Dans la zone ouverte, il est très probable que des pools semblables s'implantent chaque année, mais les herbivores en détruisent le plus grand nombre : abrutissement et surtout arrachage complet...

La page d'après donne un tableau plus synthétique montrant à la fois dans l'Enclos et dans l'Exclos les espèces qui ont un comportement différent, cette différence pouvant être attribuée par hypothèse, à l'herbivorie.

Les distances de Hamming expriment les changements. Quelles sont les espèces qui ont le plus changé de fréquence entre 2011 et 2013 ?

Attention, malgré les précautions prises, certaines espèces limitrophes à deux segments contigus ont pu être comptées soit dans un, soit dans l'autre, selon le calage du ruban de chantier qui peut varier d'un à deux centimètres. Attention à très bien réaliser ce calage pour éviter ce genre d'artefact.

Pour une espèce donnée, on peut aussi exprimer ce changement en valeurs relatives, en proportion des effectifs moyens sur les deux années. Nous proposons ainsi IH, un indice de Hamming pour qualifier la plus ou moins grande fréquence des déplacements des espèces d'un carré à un autre de 2011 à 2013. Seules les espèces présentes au moins cinq fois dans l'une ou l'autre des modalités ont été retenues pour éviter la fluc-

ENCLOS (A)	2011	2013	Calcul	DH
Richesses	58	52	information	506
Abondances	593	518	Brillouin	7,03
pour 100 segments	Fréq	Fréq	(sha)	
<i>Hieracium murorum</i>	23	23	2,9	38
<i>Ranunculus aduncus</i>	32	44	-5,3	34
<i>Genista pilosa</i>	26	47	-10	31
<i>Solidago virgaurea</i>	39	33	3,7	28
<i>Calamagrostis varia</i>	31	24	3,9	25
<i>Brachypodium pinnatum</i>	41	31	4,6	24
<i>Galium verum</i>	24	11	7	23
<i>Polygala calcarea</i>	4	22	-13,4	22
Mousse	65	72	-3,9	19
<i>Abies alba semis</i>	15	13	2,8	18
<i>Gentiana lutea</i>	20	19	2,8	17
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	0	15	-15,8	15
<i>Lotus corniculatus</i>	26	18	4,2	14
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	7	11	-3	14
<i>Hieracium pilosella</i>	10	13	-2,8	11
<i>Leucanthemum vulgare</i>	9	9	2,4	10
<i>Leontodon hispidus</i>	11	3	5,7	10
<i>Festuca rubra</i>	8	8	2,3	10
<i>Potentilla neumanniana</i>	9	0	9,3	9
<i>Hieracium prenanthoides</i>	3	5	-2,2	8
<i>Poa nemoralis</i>	9	4	3,6	7
<i>Vicia cracca</i>	5	3	2,2	6
<i>Epilobium angustifolium</i>	4	3	1,9	5
<i>Ononis spinosa</i>	5	0	5,1	5
<i>Thymus serpyllum</i>	4	1	2,7	5
<i>Quercus pubescens</i>	9	8	2,4	5
<i>Thesium divaricatum</i>	1	3	-2	4
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	2	4	-2,1	4
<i>Dactylis glomerata</i>	5	7	-2,3	4
<i>Pinus sylvestris semis</i>	1	5	-3,5	4
<i>Cotoneaster juranus</i>	6	6	2,1	4
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	10	6	3	4
<i>Lonicera xylosteum</i>	4	2	2,1	4
<i>Juniperus communis</i>	9	11	-2,6	4
<i>Hieracium tomentosum</i>	3	0	3	3
<i>Epipactis atrorubens</i>	3	0	3	3
<i>Galium parisiense</i>	0	3	-3	3
<i>Lavandula angustifolia</i>	2	3	-1,7	3
<i>Coronilla minima</i>	0	3	-3	3
<i>Scabiosa columbaria</i>	3	2	1,7	3
<i>Acer opalus semis</i>	0	3	-3	3
<i>Orthilia secunda</i>	2	3	-1,7	3
<i>Ononis natrix</i>	0	3	-3	3
<i>Centaurea scabiosa</i>	2	0	2	2
<i>Sanicula europaea</i>	3	1	2	2
<i>Cephalanthera damasonium</i>	0	2	-2	2
<i>Sanguisorba minor</i>	4	4	1,8	2
<i>Acer campestre semis</i>	2	2	1,4	2
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	2	0	2	2
<i>Arabis hirsuta</i>	0	1	-1	1
<i>Galium mollugo</i>	1	0	1	1
<i>Acer monspessulanum</i>	2	1	1,4	1
<i>Prenanthes purpurea</i>	1	0	1	1
<i>Prunus avium</i>	0	1	-1	1
<i>Fragaria vesca</i>	2	1	1,4	1
<i>Quercus pubescens semis</i>	2	1	1,4	1
<i>Pinus sylvestris</i>	4	5	-2	1
<i>Dactylorhiza maculata</i>	0	1	-1	1
<i>Rosa canina</i>	0	1	-1	1
<i>Acer campestre</i>	12	11	2,6	1
<i>Rubus saxatilis</i>	4	5	-2	1
<i>Salvia pratensis</i>	1	0	1	1
<i>Lathyrus pratensis</i>	0	1	-1	1
<i>Anagallis arvensis</i>	1	0	1	1
<i>Achillea millefolium</i>	1	0	1	1
<i>Abies alba</i>	68	69	-3,1	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	0	1	-1	1
<i>Echinops ritro</i>	1	0	1	1
<i>Veronica officinalis</i>	0	1	-1	1
<i>Clematis vitalba</i>	2	2	1,4	0
<i>Acer opalus</i>	24	24	2,9	0

EXCLOS (B)	2011	2013	Calcul	DH
Richesses	58	56	information	497
Abondances	643	462	Brillouin	6,9
pour 100 segments	Fréq	Fréq	(sha)	
Mousse	78	28	40,7	54
<i>Hieracium murorum</i>	47	41	3,7	42
<i>Festuca rubra</i>	9	37	-19,5	34
<i>Brachypodium pinnatum</i>	38	30	4,1	32
<i>Genista pilosa</i>	32	5	21,3	31
<i>Ranunculus aduncus</i>	21	12	4,8	23
<i>Thymus serpyllum</i>	19	2	14,4	17
<i>Hieracium pilosella</i>	18	3	11,5	17
<i>Gentiana lutea</i>	26	20	3,6	16
<i>Leucanthemum vulgare</i>	18	10	4,5	16
<i>Lotus corniculatus</i>	15	9	3,7	14
<i>Solidago virgaurea</i>	15	11	3,1	12
<i>Calamagrostis varia</i>	22	11	5,9	11
<i>Rubus saxatilis</i>	15	8	4,2	11
<i>Galium verum</i>	11	4	4,7	11
<i>Leontodon hispidus</i>	17	6	6,8	11
<i>Sanguisorba minor</i>	6	5	2,1	9
<i>Potentilla neumanniana</i>	5	5	2	8
<i>Festuca ovina</i>	7	5	2,3	8
<i>Lonicera xylosteum</i>	6	5	2,1	7
<i>Plantago major</i>	4	5	-2	7
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	5	4	2	7
<i>Polygala calcarea</i>	4	11	-4,7	7
<i>Carex halleriana</i>	5	3	2,2	6
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	0	6	-6,1	6
<i>Dactylis glomerata</i>	4	5	-2	5
<i>Rosa canina</i>	9	10	-2,4	5
<i>Juniperus communis</i>	5	2	2,6	5
<i>Abies alba semis</i>	4	0	4	4
<i>Hieracium prenanthoides</i>	3	2	1,7	3
<i>Campanula rotundifolia</i>	3	2	1,7	3
<i>Pinus sylvestris semis</i>	3	2	1,7	3
<i>Lavandula angustifolia</i>	6	3	2,6	3
<i>Carlina vulgaris</i>	3	0	3	3
<i>Echinops ritro</i>	2	0	2	2
<i>Galium mollugo</i>	6	4	2,3	2
<i>Galium parisiense</i>	0	2	-2	2
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2	0	2	2
<i>Hippocrepis emerus</i>	4	2	2,1	2
<i>Viola alba</i>	2	0	2	2
<i>Orthilia secunda</i>	3	1	2	2
<i>Tragopogon crocifolius</i>	2	0	2	2
<i>Trifolium pratense</i>	0	2	-2	2
<i>Trifolium repens</i>	2	0	2	2
<i>Prenanthes purpurea</i>	2	0	2	2
<i>Poa nemoralis</i>	1	0	1	1
<i>Cornus sanguinea</i>	1	0	1	1
<i>Cephalanthera damasonium</i>	0	1	-1	1
<i>Fragaria vesca</i>	0	1	-1	1
<i>Prunella vulgaris</i>	1	0	1	1
<i>Prunus mahaleb</i>	0	1	-1	1
<i>Prunus spinosa</i>	3	2	1,7	1
<i>Quercus pubescens</i>	2	1	1,4	1
<i>Arabis hirsuta</i>	0	1	-1	1
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	1	0	1	1
<i>Anthericum liliago</i>	0	1	-1	1
<i>Lathyrus pratensis</i>	0	1	-1	1
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	1	0	1	1
<i>Acer pseudoplatanus semis</i>	0	1	-1	1
<i>Scabiosa columbaria</i>	0	1	-1	1
<i>Pinus sylvestris</i>	48	47	3,2	1
<i>Sorbus aria</i>	0	1	-1	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	1	0	1	1
<i>Thesium divaricatum</i>	1	0	1	1
<i>Pimpinella saxifraga</i>	0	1	-1	1
<i>Neottia nidus-avis</i>	0	1	-1	1
<i>Vicia sativa</i>	0	1	-1	1
<i>Vicia cracca</i>	1	0	1	1
<i>Veronica officinalis</i>	0	1	-1	1
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	2	2	1,4	0
<i>Acer opalus</i>	16	16	2,7	0
<i>Abies alba</i>	68	68	3,1	0

Espèces	Enclos		sha	DH	IH	Exclos		sha	DH	IH
Leontodon pyrenaicus	0	15	-16	15	200	0	6	-6,1	6	200
Potentilla neumanniana	9	0	9,3	9	200	5	5	2	8	160
Polygala calcarea	4	22	-13	22	169	4	11	-4,7	7	93
Hieracium murorum	23	23	2,9	38	165	47	41	3,7	42	95
Rosa pimpinellifolia	7	11	-3	14	156	2	2	1,4	0	
Leontodon hispidus	11	3	5,7	10	143	17	6	6,8	11	96
Galium verum	24	11	7	23	131	11	4	4,7	11	147
Abies alba semis	15	13	2,8	18	129	4	9	4	4	62
Festuca rubra	8	8	2,3	10	125	9	37	-20	34	148
Leucanthemum vulgare	9	9	2,4	10	111	18	10	4,5	16	114
Poa nemoralis	9	4	3,6	7	108	1	0	1	1	200
Hieracium pilosella	10	13	-2,8	11	96	18	3	11,5	17	162
Calamagrostis varia	31	24	3,9	25	91	22	11	5,9	11	67
Ranunculus aduncus	32	44	-5,3	34	89	21	12	4,8	23	139
Gentiana lutea	20	19	2,8	17	87	26	20	3,6	16	70
Genista pilosa	26	47	-10	31	85	32	5	21,3	31	168
Solidago virgaurea	39	33	3,7	28	78	15	11	3,1	12	92
Brachypodium pinnatum	41	31	4,6	24	67	38	30	4,1	32	94
Cotoneaster juranus	6	6	2,1	4	67					
Dactylis glomerata	5	7	-2,3	4	67	4	5	-2	5	111
Lotus corniculatus	26	18	4,2	14	64	15	9	3,7	14	117
Quercus pubescens	10	9	2,4	5	53	2	1	1,4	1	67
Carlina acaulis ssp caulescens	10	6	3	4	50					
Juniperus communis	9	11	-2,6	4	40	5	2	2,6	5	143
Mousse	65	72	-3,9	19	28	78	28	40,7	54	102
Acer campestre	12	11	2,6	1	9					
Abies alba	68	69	-3,1	1	1	68	68	3,1	0	0
Acer opalus	24	24	2,9	0	0	16	16	2,7	0	0
Sanguisorba minor	4	4	1,8	2	50	6	5	2,1	9	164
Thymus serpyllum	4	1	2,7	5	200	19	2	14,4	17	162
Festuca ovina						7	5	2,3	8	133
Lonicera xylosteum	4	2	2,1	4	133	6	5	2,1	7	127
Rubus saxatilis	4	5	-2	1	22	15	8	4,2	11	96
Lavandula angustifolia	2	3	-1,7	3	120	6	3	2,6	3	67
Rosa canina	0	1	-1	1	200	9	10	-2,4	5	53
Galium mollugo	1	0	1	1	200	6	4	2,3	2	40
Pinus sylvestris	4	1	1,6	5	200	48	47	3,2	1	2
Acer campestre semis	2	2	1,4	2						
Acer monspessulanum	2	1	1,4	1						
Acer opalus semis	0	3	-3	3						
Acer pseudoplatanus						0	1	-1	1	
Achillea millefolium	1	0	1	1						
Anacamptis pyramidalis						1	0	1	1	
Anagallis arvensis	1	0	1	1						
Anthericum liliago						0	1	-1	1	
Arabis hirsuta	0	1	-1	1		0	1	-1	1	
Arrhenatherum elatius						2	0	2	2	
Campanula rotundifolia						3	2	1,7	3	
Carex halleriana						5	3	2,2	6	
Carlina vulgaris						3	0	3	3	
Centaurea scabiosa	2	0	2	2						
Cephalanthera damasonium	0	2	-2	2		0	1	-1	1	
Clematis vitalba	2	2	1,4	0						
Cornus sanguinea						1	0	1	1	
Coronilla minima	0	3	-3	3						
Cytisophyllum sessilifolium	2	0	2	2		5	4	2	7	
Dactylorhiza maculata	0	1	-1	1						
Echinops ritro	1	0	1	1		2	0	2	2	
Epilobium angustifolium	4	3	1,9	5						
Epipactis atrorubens	3	0	3	3						
Fragaria vesca	2	1	1,4	1		0	1	-1	1	
Galium parisiense	0	3	-3	3		0	2	-2	2	
Hieracium prenanthoides	3	5	-2,2	8		3	2	1,7	3	
Hieracium tomentosum	3	0	3	3						
Hippocrepis emerus						4	2	2,1	2	
Knautia maxima	3	0	3	3						
Lathyrus pratensis	0	1	-1	1		0	1	-1	1	
Neottia nidus-avis						0	1	-1	1	
Ononis natrix	0	3	-3	3						
Ononis spinosa	5	0	5,1	5						
Orthilia secunda	2	3	-1,7	3		3	1	2	2	
Pimpinella saxifraga						0	1	-1	1	
Pinus sylvestris semis	1	0	0,6	1		3	2	1,7	3	
Plantago major						4	5	-2	7	
Prenanthes purpurea	1	0	1	1		2	0	2	2	
Prunella vulgaris						1	0	1	1	
Prunus avium	0	1	-1	1						
Prunus mahaleb						0	1	-1	1	
Prunus spinosa						3	2	1,7	1	
Rhinanthus alectorolophus	2	4	-2,1	4		1	0	1	1	
Salvia pratensis	1	0	1	1						
Sanicula europaea	3	1	2	2						
Scabiosa columbaria	0	2	-2	2		0	1	-1	1	
Sorbus aria						0	1	-1	1	
Teucrium chamaedrys	0	1	-1	1		1	0	1	1	
Thesium divaricatum	1	3	-2	4		1	0	1	1	
Tragopogon crocifolius						2	0	2	2	
Trifolium pratense						0	2	-2	2	
Trifolium repens						2	0	2	2	
Veronica officinalis	0	1	-1	1		0	1	-1	1	
Vicia cracca	5	3	2,2	6		1	0	1	1	
Vicia sativa						0	1	-1	1	
Viola alba						2	0	2	2	

tuation de trop faibles effectifs qui serait peu significative. IH est le quotient entre la DH et la moyenne des fréquences relatives observées sur les deux années.

Les espèces qui "bougent" le plus, c'est à dire qui se retrouvent, d'une année à l'autre, dans des segments différents, sont marquées par la couleur rouge ; celles qui "bougent" un peu moins en orange ; celles qui "bougent" peu en jaune.

Que tirer de ces observations ?

Les semis de *Sapin pectiné* "bougent" dans l'enclos ; dans l'exclos, un peu moins, mais ils sont trop rares pour pouvoir en juger. Pour les autres espèces, il faudrait se pencher sur leur traits de vie pour interpréter les variations. Attention aussi au risque de mauvaise détermination botanique. Malgré nos précautions, il se peut que certaines espèces aient été repérées une année alors qu'elles étaient confondues avec d'autres précédemment. C'est probablement le cas de *Leontodon pyrenaicus*.

Un inventaire botanique complet et précis est indispensable pour pouvoir utiliser une telle méthode.

Variation des indices de biodiversité

Ces indices sont calculés selon les prescriptions de l'analyse fréquentielle². Ils sont à la fois qualitatifs et quantitatifs car ils combinent la **richesse** : nombre d'espèces différentes interceptées par le transect d'échantillonnage, avec leur abondance estimée par les **fréquences**. La distribution des fréquences donne une image de l'**équité** de la répartition des espèces. Des fréquences homogènes, toutes égales à 50% donneraient le maximum de diversité, mais ce n'est pratiquement jamais de cas dans la nature où certaines espèces sont dominantes alors que d'autres sont beaucoup plus rares. Des distributions dites "20-80" sont courantes dans des milieux peu perturbés. 20 % des espèces couvrent alors 80 % des fréquences. Dans le cadre de notre comparaison, nous n'avons pas étudié précisément ces inégalités de répartition³.

La comparaison des **indices de biodiversité** (voir définitions dans l'encart ci-après) de 2011 à 2013 (voir courbes plus bas), montre pour l'année 2013, entre enclos et exclos, **une différence d'environ 7 sha (lire shannon) en tenant compte de la stratification et d'environ 5 sha sans en tenir compte.**

Comme la richesse en espèces est sensiblement constante, de même que la biodiversité verticale (stratification), c'est plutôt à cause de l'équité des répartitions que les indices ont dû varier. Cette variation qui s'amorçait à peine en 2012, a atteint -18 % en 2013.

Nous ne disposons pas de test pour affirmer que cette chute de biodiversité est vraiment significative ; cependant 18 % semble une valeur plutôt élevée ...

Les diversités étant à l'origine très comparables, c'est bien à l'impact de la prédation par les cervidés qu'il convient d'attribuer cette variation négative.

Le suivi durant les années prochaines est très attendu pour voir si cette tendance est bien confirmée.

La **richesse en espèces** (hors stratification) est très homogène entre enclos et exclos pour chaque année. C'est pourquoi nous avons choisi de donner en un seul tableau la liste des espèces observées pendant les trois ans, sous la forme d'un super relevé phytosociologique comportant 96 espèces (en ne comptant pas séparément les semis d'arbres) .

2

AMANDIER L., GODRON M., WOLFF A., KADIK L. 2012. Calculs comparés de biodiversité dans quelques forêts de Provence. *Forêt méditerranéenne* T. XXXIII n°2. pp. 151-160.

3

GODRON M. 2013. *Ecologie et évolution du monde vivant*. Ed. L'harmattan.

Matrice originelle des Q espèces x Z strates

Espèces	Segments	Σ	1	k	S
Totaux par segments	N	n••1		n••k	n••S
Espèce A	strate 1	nA1•	Matrice originelle des nijk (issue du relevé terrain) de zéro (absence) et de 1 (présence) des espèces i dans la strate j pour le segment k		
Espèce A	strate 2	nA2•			
Espèce A	strate j	nAj•			
Espèce A	strate Z	nAZ•			
Espèce i	strate j	nij•			
			Q espèces		
Espèce Q	strate 1	nQ1•	T nombre de cases de la matrice = S colonnes (segments) x L lignes (espèces x strates)		
Espèce Q	strate 2	nQ2•			
Espèce Q	strate j	nQj•			
Espèce Q	strate Z	nQZ•			

Matrice du relevé triée par strates

Espèces	Segments	N	1	k	S
Totaux par segments	N	n••1		n••k	n••S
Totaux / segm x str	n•1•	n•11		n•1k	n•1S
Espèce A	strate 1	nA1•	Pour la strate 1 : Matrice de zéro (absence) et de 1 (présence) des i1k Tr = S colonnes (segments) x Q lignes (espèces)		
Espèce i	strate 1	ni1•			
Espèce Q	strate 1	nQ1•			
Totaux / segm x str j	n•j•	n•j1		n•jk	n•jS
Espèce i	strate j	nij•	Pour la strate j : Matrice de zéro (absence) et de 1 (présence) des ijk		
Totaux / segm x str Z	n•Z•	n•Z1		n•Zk	n•ZS
Espèce A	strate Z	nAZ•	Pour la strate Z : Matrice de zéro (absence) et de 1 (présence) des iZk Tr = S colonnes (segments) x Q lignes (espèces)		
Espèce i	strate Z	niZ•			
Espèce Q	strate Z	nQZ•			

Matrice réduite (toutes strates confondues)

Espèces	Segments	Σ	1	k	S
Totaux par segments	Nr	n•1		n•k	n•S
Espèce A	pas de strates	nA•	Matrice de zéro (absence) et de 1 (présence) des nik. Tr = S colonnes (segments) x Q lignes (espèces)		
Espèce i	pas de strates	ni•			
Espèce Q	pas de strates	nQ•			

Formules de calcul des indices de biodiversité

Type de biodiversité	Donnée	Individu	Abrégé	Calcul information
Biodiversité totale	0 / 1	n_{ijk}	Bd tota	$I = \log_2 C_T^N$
Biodiversité horizontale	0 / 1	n_{ijk}	Bd hori	$I = \sum i_{1-Q} j_{1-Z} (\log_2 C_S^{n_{ij}\cdot})$
Biodiversité des segments	Σ colonnes	$n_{\cdot\cdot k}$	Bd segm	$I = \log_2 (N! / \prod k_{1-S} (n_{\cdot\cdot k}) !)$
Biodiversité des fréquences des espèces x strate	Σ lignes	$n_{ij\cdot}$	Bd fréq	$I = \log_2 (N! / \prod i_{1-Q} j_{1-Z} (n_{ij\cdot}) !)$
Biodiversité totale réduite *	0 / 1	n_{ik}	Bd tota-r	$I = \log_2 C_{Tr}^{Nr}$
Biodiversité horizontale réduite *	0 / 1	n_{ik}	Bd hori-r	$I = \sum i_{1-Q} (\log_2 C_S^{n_{i\cdot}})$
Biodiversité des segments réduite *	Σ colonnes	$n_{\cdot k}$	Bd segm	$I = \log_2 (N! / \prod k_{1-S} (n_{\cdot k}) !)$
Biodiversité des fréquences des espèces *	Σ lignes	$n_{i\cdot}$	Bd freq-r	$I = \log_2 (Nr! / \prod i_{1-Q} (n_{i\cdot}) !)$
Biodiversité verticale	Σ colonnes x strate	$n_{\cdot j\cdot}$	Bd verti	$I = \log_2 (N! / \prod j_{1-Z} (n_{\cdot j\cdot}) !)$
Richesse espèces-strates dans le transect	Σ colonnes	ij	L	Σ ij (nbre de lignes de matrice esp x str)
Richesse spécifique du transect	Σ colonnes	i	Q	Σ i (nombre d'espèces)
Richesse spécifique de la station	nombre		Q + E	ajouter les espèces voisines du transect

* toutes strates confondues (n_{ij} présences de l'espèce i dans chaque strate j sont comptées pour une seule)

C_T^N lire nombre de combinaisons de N objets dans T positions possibles

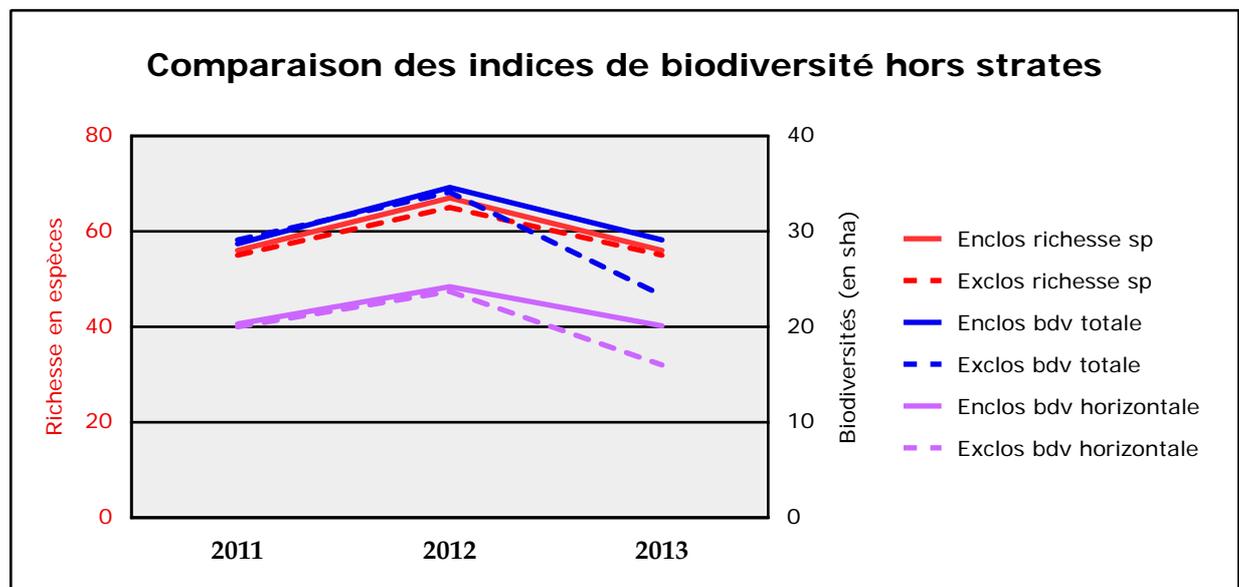
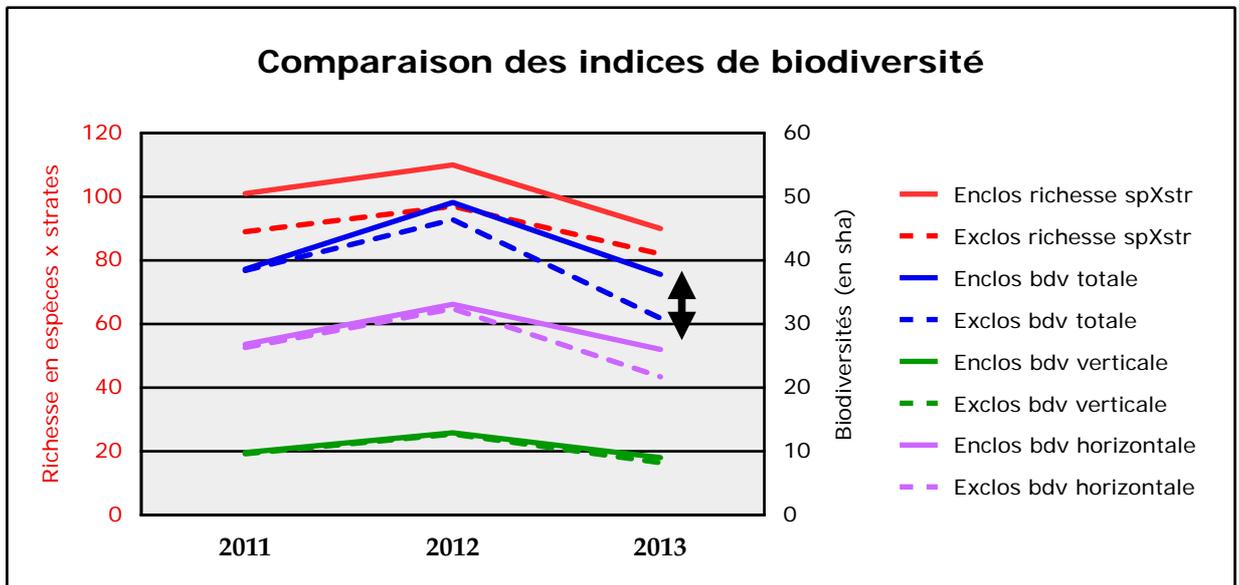
Σ i_{1-Q} lire : somme pour tous les i (i variant de 1 à Q) n ! lire factorielle $n = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$

Π i_{1-Q} lire : produit pour tous les i (i variant de 1 à Q) Π $i_{1-Q} j_{1-Z}$ lire : produit pour tous les i (1 → Q) et tous les j (1 → Z)

Individu	Définition	Dénomination
i	présence (=1) ou absence (= 0) de l'espèce i dans la strate j pour le segment k	observation élémentaire booléenne
N	somme des nijk pour toutes espèces, tous segments et toutes strates	total des fréquences esp x str observées
$n_{\cdot\cdot k}$	somme des présences de toutes les espèces x strates pour le segment k	"épaisseur" du segment k
$n_{\cdot j\cdot}$	somme des présences de toutes les espèces dans la strate j pour le segment k	"épaisseur" de la cellule jk
n_{ik}	présence (=1) ou absence (= 0) de l'espèce i pour le segment k *	observation booléenne calculée
Nr	somme des nik pour toutes espèces, tous segments*	total des fréquences esp. observées
$n_{\cdot k}$	somme des présences de toutes les espèces pour le segment k *	"épaisseur réduite" du segment k
$n_{ij\cdot}$	somme des présences de l'espèce i dans la strate j pour tous les S segments	fréquence absolue de l'espèce x strate ij
$n_{i\cdot}$	somme des présences de l'espèce i pour tous les S segments *	fréquence absolue de l'espèce i
$n_{\cdot j\cdot}$	somme des présences de toutes les espèces de la strate j pour tous les S segments	"richesse" de la strate j
ij	espèce i observée dans la strate j du transect	espèce x strate
i	espèce i interceptée par le transect *	espèce
Q + E	total des espèces interceptées par le transect + celles notées "en extension"	richesse spécifique dans la station

Tous ces calculs sont effectués à l'aide de programmes informatiques, à partir de la matrice des observations des présences / absences (1/0) des espèces x strates relevées sur les transects d'échantillonnage.

Indices de biodiversité		En tenant compte de la structure verticale (strates)				
RéfLigneAnnée	Richesse	Biodiversité totale	Biodiversité horizontale	Biodiversité des fréquences	Biodiversité des segments	Biodiversité verticale
Pierr-Enclos-2011ligneS-AB	101	38,6	26,8	39,6	46,8	9,8
Pierr-Enclos-2012ligneS-AB	110	49,1	33,1	55,4	64,7	12,9
Pierr-Enclos-2013ligneS-AB	90	37,8	26	39,5	47,6	9
Pierr-Exclos-2011ligneS-AB	89	38,4	26,3	40,6	48,9	9,6
Pierr-Exclos-2012ligneS-AB	97	46,4	32,4	53,9	63	12,7
Pierr-Exclos-2013ligneS-AB	82	30,9	21,7	29,8	36,5	8,2
Biodiversités "réduites"		Sans tenir compte de la structuration verticale (sans strates)				
Pierr-Enclos-2011ligneS-AB	56	28,7	20,3	29,6	38,7	sans objet
Pierr-Enclos-2012ligneS-AB	67	34,6	24,2	38,6	49,2	sans objet
Pierr-Enclos-2013ligneS-AB	56	29,1	20,1	29,8	39,3	sans objet
Pierr-Exclos-2011ligneS-AB	55	29,1	20	30,3	40,2	sans objet
Pierr-Exclos-2012ligneS-AB	65	34,1	23,7	37,8	48,4	sans objet
Pierr-Exclos-2013ligneS-AB	55	23,3	16	21	28,5	sans objet



Relevé phytosociologique synthétique

Espèces	Fréquence moyenne	Abondance dominance
<i>Abies alba</i>	68	4
Mousse	61	4
<i>Brachypodium pinnatum</i>	35	3
<i>Pinus sylvestris</i>	25	3
<i>Acer opalus</i>	20	2
<i>Calamagrostis varia</i>	22	2
<i>Genista pilosa</i>	28	2
<i>Gentiana lutea</i>	21	2
<i>Hieracium murorum</i>	34	2
<i>Ranunculus aduncus</i>	27	2
<i>Solidago virgaurea</i>	25	2
<i>Abies alba semis</i>	10	1
<i>Acer campestre</i>	6	1
<i>Carex halleriana</i>	2	1
<i>Carlina acaulis ssp caulescens</i>	4	1
<i>Cotoneaster juranus</i>	3	1
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	3	1
<i>Dactylis glomerata</i>	5	1
<i>Epilobium angustifolium</i>	2	1
<i>Festuca ovina</i>	3	1
<i>Festuca rubra</i>	16	1
<i>Galium mollugo</i>	3	1
<i>Galium verum</i>	13	1
<i>Hieracium pilosella</i>	11	1
<i>Hieracium prenanthoides</i>	3	1
<i>Hippocrepis emerus</i>	2	1
<i>Juniperus communis</i>	7	1
<i>Lavandula angustifolia</i>	4	1
<i>Leontodon hispidus</i>	9	1
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	5	1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	12	1
<i>Lonicera xylosteum</i>	4	1
<i>Lotus corniculatus</i>	17	1
<i>Orthilia secunda</i>	2	1
<i>Plantago major</i>	2	1
<i>Polygala calcarea</i>	10	1
<i>Potentilla neumanniana</i>	5	1
<i>Quercus pubescens</i>	6	1
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	2	1
<i>Rosa canina</i>	5	1
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	6	1
<i>Rubus saxatilis</i>	8	1
<i>Sanguisorba minor</i>	5	1
<i>Thymus serpyllum</i>	7	1
<i>Vicia cracca</i>	2	1
<i>Acer campestre semis</i>	1	+
<i>Acer monspessulanum</i>	1	+
<i>Acer opalus semis</i>	1	+
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,25	+
<i>Achillea millefolium</i>	0,25	+
<i>Amelanchier ovalis</i>		+
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	0,25	+
<i>Anagallis arvensis</i>	0,25	+
<i>Anthericum liliago</i>	0,25	+
<i>Arabis hirsuta</i>	1	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	+
<i>Campanula persicifolia</i>		+
<i>Campanula rotundifolia</i>	1	+

Espèces	Fréquence moyenne	Abondance dominance
<i>Carlina vulgaris</i>	1	+
<i>Centaurea scabiosa</i>	1	+
<i>Cephalanthera damasonium</i>	1	+
<i>Clematis vitalba</i>	1	+
<i>Cornus sanguinea</i>	0,25	+
<i>Coronilla minima</i>	1	+
<i>Dactylorhiza maculata</i>	0,25	+
<i>Echinops ritro</i>	1	+
<i>Epipactis atrorubens</i>	1	+
<i>Erophila verna</i>		+
<i>Fragaria vesca</i>	1	+
<i>Galium parisiense</i>	1	+
<i>Hieracium tomentosum</i>	1	+
<i>Hippocrepis emerus</i>		+
<i>Lathyrus pratensis</i>	1	+
<i>Neottia nidus-avis</i>	0,25	+
<i>Ononis natrix</i>	1	+
<i>Ononis spinosa</i>	1	+
<i>Orchis maculata</i>		+
<i>Ornithogalum umbellatum</i>		+
<i>Pimpinella saxifraga</i>	0,25	+
<i>Pinus sylvestris semis</i>	2	+
<i>Poa nemoralis</i>	4	+
<i>Prenanthes purpurea</i>	1	+
<i>Prunella vulgaris</i>	0,25	+
<i>Prunus avium</i>	0,25	+
<i>Prunus mahaleb</i>	0,25	+
<i>Prunus spinosa</i>	1	+
<i>Salvia pratensis</i>	0,25	+
<i>Sanicula europaea</i>	1	+
<i>Scabiosa columbaria</i>	1	+
<i>Sorbus aria</i>	0,25	+
<i>Teucrium chamaedrys</i>	1	+
<i>Thesium divaricatum</i>	1	+
<i>Tragopogon crocifolius</i>	1	+
<i>Trifolium pratense</i>	1	+
<i>Trifolium repens</i>	1	+
<i>Veronica officinalis</i>	1	+
<i>Viburnum lantana</i>		+
<i>Vicia sativa</i>	0,25	+
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>		+
<i>Viola alba</i>	1	+

Rappel de la codification des
abondances-dominances

Couvert estimé de l'espèce	Coefficient abondance dominance
> 75 %	5
50 à 75 %	4
25 à 50 %	3
5 à 25 %	2
0 à 5 %	1
rare	+

L'indice d'abondance-dominance est interprété à partir des observations de terrain ainsi que des mesures de fréquences effectuées durant les trois ans.

La moyenne des quatre fréquences (2 placeaux x 2 années) est donnée dans le tableau. Les espèces observées uniquement en 2012 ont été ajoutées.

Conclusion provisoire

La comparaison entre une forêt pâturée par les cervidés et une forêt mise en défens par une clôture est déjà fort instructive, bien que les tendances aient besoin d'être confirmées dans les années à venir.

Il est ainsi possible dès à présent, au bout de trois ans, de proposer certains résultats. Certains peuvent apparaître triviaux, d'autres n'ont pu être mis en évidence qu'à l'aide d'une méthodologie assez lourde et de techniques d'analyse de données assez sophistiquées.

Les semis sont broûtés à l'extérieur de l'enclos et pas à l'intérieur.

Les régénérations sont très significativement plus nombreuses dans la zone mise en défens. Les petits semis "bougent" d'une année à l'autre tant qu'ils ne sont pas bien implantés. Dans la zone broûtée, beaucoup de semis sont complètement arrachés par les herbivores, ce qui réduit beaucoup la quantité pouvant être comptée.

La régénération forestière ne devrait pas poser de problème dans l'enclos, ce qui n'est pas le cas de l'exclos.

L'impact des cervidés sur la végétation et la flore se manifeste par une variation de la fréquence de certaines espèces et par une certaine baisse de la biodiversité.

Globalement le site demeure encore très riche sur le plan floristique.

Quelques remarques sont formulées, au fil du texte, pour critiquer et améliorer certains points du protocole.

A suivre...

Partie 3

Annexes

Photographies de dégâts de cervidés sur certaines espèces

Diagnostic stationnel sommaire

Formulaire de relevé des transects de végétation

Formulaire de relevé de la régénération

Données brutes issues des relevés fréquentiels 2011 2012 2013

Profils de végétation issus des transects 2011 2012 2013

Représentation des données récoltées sur les carrés d'observation de la régénération 2011 2012 2013



Jeune sapin pectiné qui survit avec difficulté, étant chaque année mutilé par la dent des cervidés. Photo L. AMANDIER.



Même phénomène observé sur un Alisier blanc (*Sorbus aria*). Photo L. AMANDIER.



Erable sycomore (*Acer pseudoplatanus*) abrouiti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Hêtre (*Fagus sylvatica*) abrouiti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), bien que peu appétent peut aussi être abrouiti par les cervidés. Ici, sur les cicatrices de l'année précédente, le pin a réagi en émettant de jeunes pousses. Le risque majeur, pour les jeunes semis, c'est d'être complètement arrachés lors de la consommation par les animaux. Photo L. AMANDIER.



Chêne pubescent (*Quercus pubescens*) abrouiti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Cerisier de sainte Lucie (*Prunus mahaleb*) abrouiti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Buisson de Camerisier (*Lonicera xylosteum*) abrouiti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Buisson de Rose à feuilles de pimprenelle (*Rosa pimpinellifolia*) abroûti par les cervidés.



Buisson d'églantier (*Rosa canina*) abroûti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Le Houx (*Ilex aquifolium*) bien que très coriace, peut être abroûti par les cervidés. Photo L. AMANDIER.



Même la grande Gentiane jaune (*Gentiana lutea*) pourtant peu appétente, peut être ponctuellement abroûtie par les cervidés. Photo L. AMANDIER.

Placette d'étude de l'impact des cervidés sur la régénération forestière et la biodiversité

Description sommaire de la station

Localisation administrative

Département Hauts-Alpes
 Petite région Beauchêne
 Commune S^t Julien-en-Beauchêne
 Propriété Beaumontagne
 Propriétaire GF Les Pierres
 Technicien référent Catherine MICHEL
 Son téléphone : _____

Coordonnées GPS (WGS84) degrés, minutes,000

x Longitude 48° 36' 31,3"
 y Latitude 5° 43' 25,6"
 z Altitude (m) 1250 m

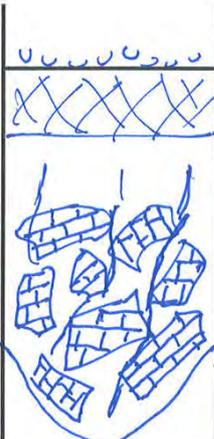
Paramètres écologiques

Pente en % 18% Exposition Nord
 Situation topographique : mi-versant
 Etage de végétation : montagnard inférieur
 Etage géologique : _____
 Pétrographie : Calcaire dur
 Géomorphologie : Altérite peu épaisse

Conditions d'accès : X x F
dépendre au g. érab.

Couverture du sol	Végétation	Mousses	Litière	Sol nu	Blocs et rochers
pourcentage estimé (Σ = 100 %)	<u>10</u>	<u>60</u>	<u>30</u>	<u>E</u>	<u>E</u>

Description sommaire du substrat édaphique

Dessin du profil	Horizons	Épaisseur	Texture	Structure	Compacité	Réaction HCl / pH	Matière organique	Hydromorphie
	0						<u>litière</u>	
	11	<u>SYR 11</u>	<u>(no)</u>	<u>fibreuse</u>	<u>non</u>	<u>0</u>	<u>abondant</u>	<u>non</u>
	9		<u>LA</u>	<u>non</u>	<u>moyenne</u>	<u>0</u>	<u>peu</u>	<u>non</u>
	20	<u>SYR 43</u>						
	20		<u>LA</u>	<u>non</u>	<u>moyenne</u>	<u>+</u>	<u>pas</u>	<u>non</u>
	45	<u>SYR 44</u>	<u>90%</u>					
	cm		<u>él. grossier</u>					

Commentaires sur la station et ses éventuels facteurs limitants

Sol calcaire mince, décarbonaté en surface, sur calcaire dur
Sol globalement assez sec.

Etude de l'impact des cervidés

Inventaire statistique des régénérations

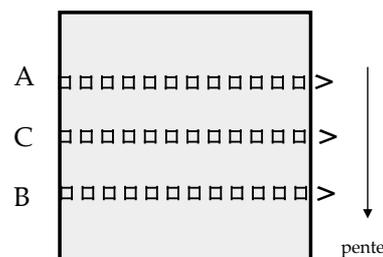
Situer le nord et cocher le carré-échantillon

Réf. placette _____ enclos ; exclos ; autre :

Transect réf : _____ Abscisse du début du **CARRE** : _____ cm

Région : _____ Date : _____

Commune : _____ Auteurs : _____



Environnement du quadrat (cocher ou remplir les cases correspondantes)

Couvert %		absent	< 0,5 %	0,5-5 %	5-25	25-50	50-75	75-90	90-100	Hauteur estimée	Espèces dominantes
Catégories	Code AB	0	1	2	3	4	5	6	7		
Ligneux hauts (>2m)											
Végétation basse totale											
Ligneux bas (dont régé.)											
Herbacés											
Rémanents de coupe											

Recouvrement de la surface du sol (total des couverts = 100 %)

Végétation hors mousses	Mousses et/ou lichens	Couverture morte	Rochers et blocs	Sol nu apparent
-------------------------	-----------------------	------------------	------------------	-----------------

Observation des rejets d'essences forestières (une colonne par touffe dont brins /carré)

Dégâts : (1)		Essence principale (noter)				Essences secondaires (noms abrégés)						
Noms des essences												
Comptage	< 12,5 cm											
	12,5 à 50 cm											
	50 à 100 cm											
	> 1 m											
Hauteur (en cm) des 3 > (2) (4)												
C 130 (en cm) des 3 > (3)												

Observation des semis d'essences forestières (< 2 m)

(4) si possible sur touffes différentes

Dégâts : (1)		Essences principales 1 & 2				Essences secondaires (nom abrégé)						
Noms des essences												
Comptage	< 12,5 cm											
	12,5 à 50 cm											
	50 à 100 cm											
	> 1 m											
Hauteur (en cm) des 3 > (2) (4)												
C 130 (en cm) des 3 > (3)												

(1) **Notation des dégâts** : dans chaque cellule de comptage noter si le brin dominant a son apex abroûti (chiffre entouré) ou s'il est frotté (chiffre souligné)

(2) Si nécessaire, les brins peuvent être identifié par des "twists" de 4 couleurs différentes ou des n° qu'il convient alors d'indiquer pour leur suivi..

(3) Noter le C130 dès que des brins atteignent la hauteur de 130 cm.

Année 2011		Enclos	Exclos			
Fréquences / nbr de segments	100	100				
<i>Abies alba semis-1</i>	14	4		<i>Hieracium tomentosum-1</i>	4	0
<i>Abies alba-2</i>	1	0		<i>Hippocrepis emerus-1</i>	0	4
<i>Abies alba-3</i>	1	0		<i>Juniperus communis-1</i>	2	5
<i>Abies alba-4</i>	3	5		<i>Juniperus communis-2</i>	4	1
<i>Abies alba-5</i>	24	25		<i>Juniperus communis-3</i>	3	0
<i>Abies alba-6</i>	66	65		<i>Juniperus communis-4</i>	8	0
<i>Abies alba-7</i>	34	27		<i>Lathyrus pratensis-1</i>	2	0
<i>Acer campestre semis-1</i>	2	0		<i>Lavandula angustifolia-1</i>	1	4
<i>Acer campestre-2</i>	2	0		<i>Lavandula angustifolia-2</i>	1	4
<i>Acer campestre-3</i>	1	0		<i>Leontodon hispidus-1</i>	18	11
<i>Acer campestre-4</i>	1	0		<i>Leontodon hispidus-5</i>	0	2
<i>Acer campestre-5</i>	4	0		<i>Leontodon hispidus-6</i>	0	4
<i>Acer campestre-6</i>	8	0		<i>Leucanthemum vulgare-1</i>	10	18
<i>Acer monspessulanum-2</i>	2	0		<i>Lonicera xylosteum -1</i>	0	2
<i>Acer opalus semis-1</i>	3	0		<i>Lonicera xylosteum -2</i>	0	4
<i>Acer opalus-2</i>	3	0		<i>Lonicera xylosteum -3</i>	0	2
<i>Acer opalus-3</i>	0	1		<i>Lonicera xylosteum -4</i>	1	1
<i>Acer opalus-4</i>	2	4		<i>Lotus corniculatus-1</i>	35	15
<i>Acer opalus-5</i>	2	8		<i>Mousse-1</i>	66	78
<i>Acer opalus-6</i>	24	6		<i>Ononis spinosa-1</i>	8	0
<i>Achillea millefolium-1</i>	1	0		<i>Ononis spinosa-2</i>	1	0
<i>Amelanchier ovalis-3</i>	2	0		<i>Orchis purpurea-1</i>	1	0
<i>Anacamptis pyramidalis-1</i>	0	1		<i>Orthilia secunda-1</i>	3	3
<i>Anthyllis vulneraria-1</i>	1	0		<i>Pinus sylvestris semis-1</i>	5	3
<i>Arrhenatherum elatius-1</i>	2	2		<i>Pinus sylvestris-2</i>	0	2
<i>Arrhenatherum elatius-2</i>	2	0		<i>Pinus sylvestris-4</i>	0	6
<i>Arrhenatherum elatius-3</i>	1	0		<i>Pinus sylvestris-5</i>	0	39
<i>Brachypodium pinnatum-1</i>	49	38		<i>Pinus sylvestris-6</i>	4	36
<i>Brachypodium pinnatum-2</i>	44	2		<i>Pinus sylvestris-7</i>	0	8
<i>Brachypodium pinnatum-3</i>	31	0		<i>Plantago major-1</i>	0	4
<i>Calamagrostis varia-1</i>	28	22		<i>Poa nemoralis-1</i>	0	1
<i>Calamagrostis varia-2</i>	30	10		<i>Polygala calcarea-1</i>	20	4
<i>Calamagrostis varia-3</i>	21	0		<i>Potentilla neumanniana-1</i>	0	5
<i>Campanula rotundifolia-1</i>	1	3		<i>Potentilla recta-1</i>	11	0
<i>Carex halleriana-1</i>	0	5		<i>Prenanthes purpurea-1</i>	2	1
<i>Carlina acaulis ssp caulescens-1</i>	9	0		<i>Prenanthes purpurea-2</i>	0	2
<i>Carlina vulgaris-1</i>	0	3		<i>Prunella vulgaris-1</i>	0	1
<i>Centaurea scabiosa-1</i>	3	0		<i>Prunus spinosa-2</i>	0	3
<i>Centaurea scabiosa-2</i>	1	0		<i>Quercus pubescens semis-1</i>	3	0
<i>Clematis vitalba-5</i>	2	0		<i>Quercus pubescens-2</i>	1	1
<i>Cornus sanguinea-1</i>	0	1		<i>Quercus pubescens-3</i>	7	1
<i>Cotoneaster juranus-1</i>	10	0		<i>Quercus pubescens-4</i>	5	0
<i>Cotoneaster juranus-2</i>	7	0		<i>Quercus pubescens-5</i>	2	0
<i>Cotoneaster juranus-3</i>	1	0		<i>Quercus pubescens-6</i>	1	0
<i>Cotoneaster juranus-4</i>	1	0		<i>Ranunculus aduncus-1</i>	48	21
<i>Cytisophyllum sessilifolium-1</i>	1	5		<i>Rhinanthus alectorolophus-1</i>	3	0
<i>Cytisophyllum sessilifolium-2</i>	1	0		<i>Rhinanthus alectorolophus-2</i>	1	1
<i>Dactylis glomerata-1</i>	3	4		<i>Rosa canina-1</i>	0	1
<i>Dactylis glomerata-2</i>	1	1		<i>Rosa canina-2</i>	0	1
<i>Dactylis glomerata-3</i>	1	0		<i>Rosa canina-3</i>	0	1
<i>Echinops ritro-1</i>	1	2		<i>Rosa canina-5</i>	0	7
<i>Echinops ritro-2</i>	1	0		<i>Rosa canina-6</i>	0	2
<i>Epilobium angustifolium-1</i>	3	0		<i>Rosa pimpinellifolia-1</i>	7	1
<i>Epipactis atrorubens-1</i>	4	0		<i>Rosa pimpinellifolia-2</i>	1	1
<i>Epipactis atrorubens-2</i>	1	0		<i>Rubus saxatilis-1</i>	5	15
<i>Festuca heterophylla-1</i>	2	0		<i>Salvia pratensis-1</i>	2	0
<i>Festuca ovina-1</i>	0	7		<i>Sanguisorba minor-1</i>	10	6
<i>Festuca rubra-1</i>	11	9		<i>Sanicula europaea-1</i>	5	0
<i>Fragaria vesca-1</i>	1	0		<i>Scabiosa columbaria-1</i>	4	0
<i>Galium mollugo-1</i>	0	5		<i>Solidago virgaurea-1</i>	29	14
<i>Galium mollugo-2</i>	0	1		<i>Solidago virgaurea-2</i>	1	3
<i>Galium verum-1</i>	28	11		<i>Solidago virgaurea-3</i>	0	2
<i>Galium verum-2</i>	1	1		<i>Teucrium chamaedrys-1</i>	0	1
<i>Genista pilosa-1</i>	52	32		<i>Thesium divaricatum-1</i>	2	1
<i>Gentiana lutea-1</i>	21	21		<i>Thymus serpyllum-1</i>	9	19
<i>Gentiana lutea-2</i>	15	11		<i>Tragopogon crocifolius-1</i>	0	2
<i>Gentiana lutea-3</i>	4	0		<i>Trifolium pratense-1</i>	2	0
<i>Hieracium murorum-1</i>	34	47		<i>Trifolium repens-1</i>	0	2
<i>Hieracium murorum-2</i>	1	0		<i>Viburnum lantana-1</i>	1	0
<i>Hieracium pilosella-1</i>	21	18		<i>Vicia cracca-1</i>	7	1
<i>Hieracium prenanthoides-1</i>	5	2		<i>Vicia cracca-2</i>	1	0
<i>Hieracium prenanthoides-2</i>	2	2		<i>Viola alba-1</i>	0	2

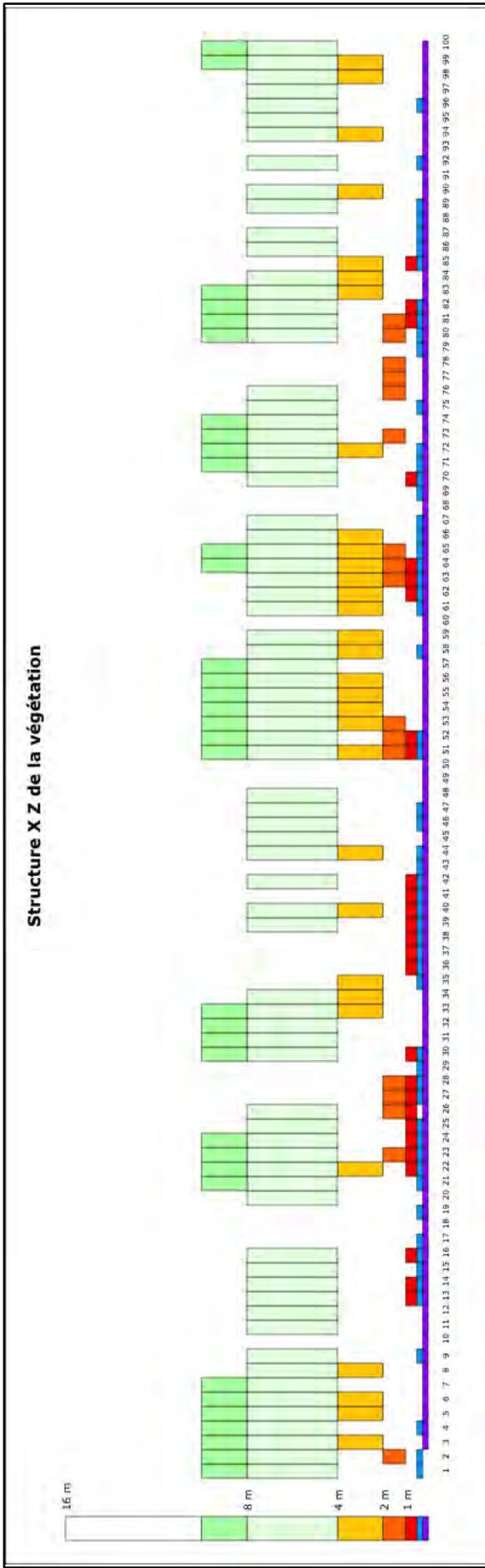
Année 2012	Enclos	Exclos			
Fréquences / nbr de segments	100	100			
Abies alba semis-1	14	5	Hieracium prenanthoides-1	5	7
Abies alba-2	1	0	Hieracium prenanthoides-2	2	0
Abies alba-3	1	0	Hieracium tomentosum-1	4	9
Abies alba-4	3	5	Hippocrepis emerus-1	0	6
Abies alba-5	24	25	Juniperus communis-1	2	2
Abies alba-6	66	65	Juniperus communis-2	4	4
Abies alba-7	34	27	Juniperus communis-3	3	2
Acer campestre semis-1	2	0	Juniperus communis-4	8	0
Acer campestre-2	2	0	Lathyrus pratensis-1	2	0
Acer campestre-3	1	0	Lavandula angustifolia-1	1	4
Acer campestre-4	1	0	Lavandula angustifolia-2	1	2
Acer campestre-5	4	0	Leontodon hispidus-1	18	9
Acer campestre-6	8	0	Leontodon hispidus-5	0	2
Acer monspessulanum-2	2	0	Leontodon hispidus-6	0	4
Acer opalus semis-1	3	0	Leucanthemum vulgare-1	10	16
Acer opalus-2	3	0	Lonicera xylosteum -1	0	5
Acer opalus-4	2	4	Lonicera xylosteum -2	0	1
Acer opalus-5	2	8	Lonicera xylosteum -3	0	1
Acer opalus-6	24	6	Lonicera xylosteum -4	1	1
Acer pseudoplatanus semis-1	0	3	Lotus corniculatus-1	35	20
Acer pseudoplatanus-2	0	1	Mousse-1	66	60
Achillea millefolium-1	1	0	Ononis spinosa-1	8	0
Amelanchier ovalis-3	2	0	Ononis spinosa-2	1	0
Anthyllis vulneraria-1	1	0	Orchis purpurea-1	1	1
Arrhenatherum elatius-1	2	3	Ornithogalum umbellatum-1	0	1
Arrhenatherum elatius-2	2	0	Orthilia secunda-1	3	5
Arrhenatherum elatius-3	1	0	Pinus sylvestris semis-1	5	6
Brachypodium pinnatum-1	49	53	Pinus sylvestris-2	0	2
Brachypodium pinnatum-2	44	43	Pinus sylvestris-4	0	6
Brachypodium pinnatum-3	31	16	Pinus sylvestris-5	0	39
Calamagrostis varia-1	28	26	Pinus sylvestris-6	4	36
Calamagrostis varia-2	30	16	Pinus sylvestris-7	0	8
Calamagrostis varia-3	21	12	Plantago major-1	0	5
Campanula persicifolia-1	0	5	Poa nemoralis-1	0	1
Campanula rotundifolia-1	1	5	Polygala calcarea-1	20	9
Carex halleriana-1	0	10	Potentilla recta-1	11	3
Carlina acaulis ssp caulescens-1	9	3	Prenanthes purpurea-1	2	1
Carlina acaulis ssp caulescens-2	0	3	Prenanthes purpurea-2	0	1
Carlina vulgaris-2	0	1	Prenanthes purpurea-3	0	1
Centaurea scabiosa-1	3	0	Prunus mahaleb-1	0	1
Centaurea scabiosa-2	1	0	Prunus mahaleb-2	0	1
Clematis vitalba-5	2	0	Prunus spinosa-1	0	1
Cotoneaster juranus-1	10	1	Quercus pubescens semis-1	3	1
Cotoneaster juranus-2	7	2	Quercus pubescens-2	1	2
Cotoneaster juranus-3	1	0	Quercus pubescens-3	7	0
Cotoneaster juranus-4	1	0	Quercus pubescens-4	5	0
Cytisophyllum sessilifolium-1	1	8	Quercus pubescens-5	2	0
Cytisophyllum sessilifolium-2	1	0	Quercus pubescens-6	1	0
Cytisophyllum sessilifolium-3	0	1	Ranunculus aduncus-1	48	35
Dactylis glomerata-1	3	4	Rhinanthus alectorolophus-1	3	0
Dactylis glomerata-2	1	0	Rhinanthus alectorolophus-2	1	0
Dactylis glomerata-3	1	0	Rosa canina-2	0	1
Echinops ritro-1	1	0	Rosa canina-3	0	3
Echinops ritro-2	1	0	Rosa canina-5	0	7
Epilobium angustifolium-1	3	0	Rosa canina-6	0	2
Epipactis atrorubens-1	4	0	Rosa pimpinellifolia-1	7	7
Epipactis atrorubens-2	1	0	Rosa pimpinellifolia-2	1	2
Erophila verna-1	0	2	Rubus saxatilis-1	5	20
Festuca heterophylla-1	2	0	Salvia pratensis-1	2	0
Festuca ovina-1	0	16	Sanguisorba minor-1	10	11
Festuca rubra-1	11	8	Sanicula europaea-1	5	0
Fragaria vesca-1	1	0	Scabiosa columbaria-1	4	0
Galium mollugo-1	0	4	Solidago virgaurea-1	29	22
Galium verum-1	28	22	Solidago virgaurea-2	1	0
Galium verum-2	1	0	Sorbus aria-1	0	1
Genista pilosa-1	52	34	Teucrium chamaedrys-1	0	1
Gentiana lutea-1	21	29	Thesium divaricatum-1	2	2
Gentiana lutea-2	15	23	Thymus serpyllum-1	9	10
Gentiana lutea-3	4	0	Trifolium pratense-1	2	1
Hieracium murorum-1	34	65	Veronica officinalis-1	0	1
Hieracium murorum-2	1	0	Viburnum lantana-1	1	0
Hieracium pilosella-1	21	16	Vicia cracca-1	7	2
			Vicia cracca-2	1	0
			Vincetoxicum hirsutum-1	0	4
			Vincetoxicum hirsutum-2	0	2

Année 2013 Fréquences / nbr de segments	Enclos	Exclos
	100	100
<i>Abies alba semis-1</i>	13	0
<i>Abies alba-2</i>	1	0
<i>Abies alba-4</i>	3	5
<i>Abies alba-5</i>	23	23
<i>Abies alba-6</i>	66	65
<i>Abies alba-7</i>	34	26
<i>Acer campestre semis-1</i>	2	0
<i>Acer campestre-2</i>	1	0
<i>Acer campestre-3</i>	1	0
<i>Acer campestre-4</i>	1	0
<i>Acer campestre-5</i>	4	0
<i>Acer campestre-6</i>	8	0
<i>Acer monspessulanum-2</i>	1	0
<i>Acer opalus semis-1</i>	3	0
<i>Acer opalus-2</i>	3	1
<i>Acer opalus-4</i>	2	4
<i>Acer opalus-5</i>	2	7
<i>Acer opalus-6</i>	24	6
<i>Acer pseudoplatanus semis-1</i>	0	1
<i>Anthericum liliago-1</i>	0	1
<i>Arabis hirsuta-1</i>	1	1
<i>Brachypodium pinnatum-1</i>	29	28
<i>Brachypodium pinnatum-2</i>	8	5
<i>Calamagrostis varia-1</i>	24	11
<i>Calamagrostis varia-2</i>	12	10
<i>Campanula rotundifolia-1</i>	0	2
<i>Carex halleriana-1</i>	0	3
<i>Carlina acaulis ssp caulescens-1</i>	6	0
<i>Cephalanthera damasonium-1</i>	2	1
<i>Clematis vitalba-5</i>	2	0
<i>Coronilla minima-1</i>	3	0
<i>Cotoneaster juranus-1</i>	3	0
<i>Cotoneaster juranus-2</i>	3	0
<i>Cotoneaster juranus-4</i>	1	0
<i>Cytisophyllum sessilifolium-1</i>	0	3
<i>Cytisophyllum sessilifolium-2</i>	0	1
<i>Cytisophyllum sessilifolium-3</i>	0	1
<i>Dactylis glomerata-1</i>	7	5
<i>Dactylorhiza maculata-1</i>	1	0
<i>Epilobium angustifolium-1</i>	3	0
<i>Festuca ovina-1</i>	0	5
<i>Festuca rubra-1</i>	8	37
<i>Fragaria vesca-1</i>	1	1
<i>Galium mollugo-1</i>	0	4
<i>Galium parisiense-1</i>	3	2
<i>Galium verum-1</i>	11	4
<i>Genista pilosa-1</i>	47	5
<i>Gentiana lutea-1</i>	17	16
<i>Gentiana lutea-2</i>	11	12
<i>Gentiana lutea-3</i>	1	0
<i>Hieracium murorum-1</i>	23	41
<i>Hieracium pilosella-1</i>	13	3
<i>Hieracium prenanthoides-1</i>	5	2
<i>Hieracium prenanthoides-2</i>	1	0
<i>Hippocrepis emerus-1</i>	0	2
<i>Juniperus communis-2</i>	7	2
<i>Juniperus communis-3</i>	6	1
<i>Juniperus communis-4</i>	7	0
<i>Lathyrus pratensis-1</i>	1	1

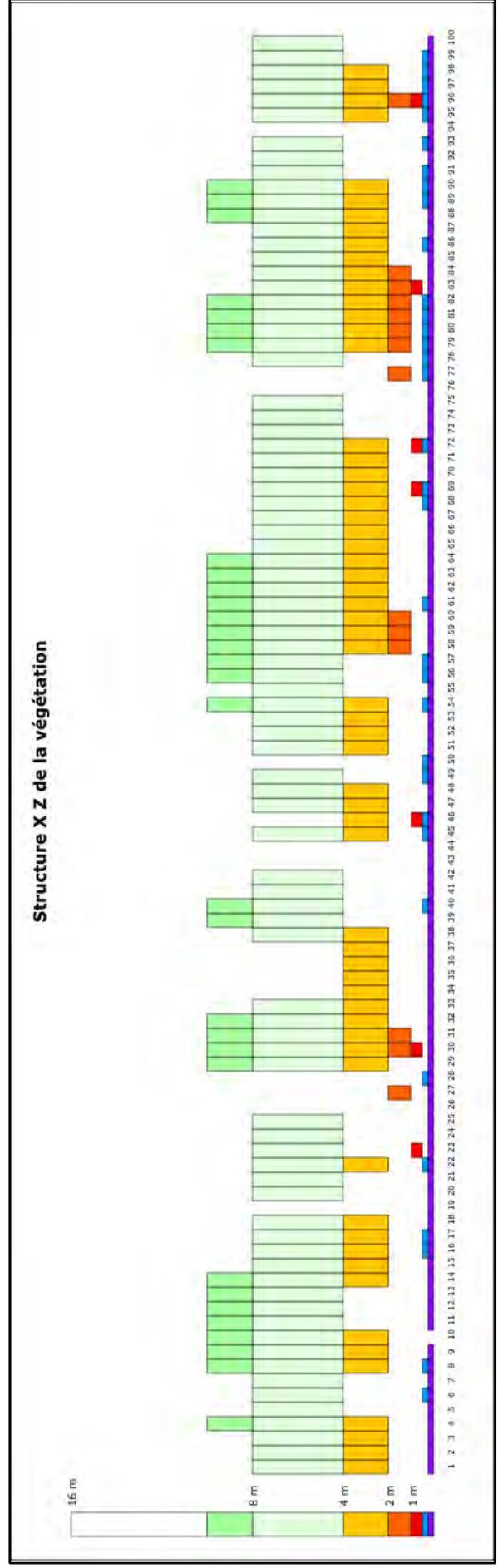
<i>Lavandula angustifolia-1</i>	2	2
<i>Lavandula angustifolia-2</i>	2	2
<i>Leontodon hispidus-1</i>	3	0
<i>Leontodon hispidus-5</i>	0	2
<i>Leontodon hispidus-6</i>	0	4
<i>Leontodon pyrenaicus-1</i>	15	6
<i>Leucanthemum vulgare-1</i>	9	10
<i>Lonicera xylosteum -1</i>	0	3
<i>Lonicera xylosteum -2</i>	1	1
<i>Lonicera xylosteum -4</i>	1	1
<i>Lotus corniculatus-1</i>	18	9
<i>Mousse-1</i>	72	28
<i>Neottia nidus-avis-1</i>	0	1
<i>Ononis natrix-1</i>	3	0
<i>Orthilia secunda-1</i>	3	1
<i>Pimpinella saxifraga-1</i>	0	1
<i>Pinus sylvestris semis-1</i>	5	2
<i>Pinus sylvestris-2</i>	1	1
<i>Pinus sylvestris-4</i>	0	6
<i>Pinus sylvestris-5</i>	0	39
<i>Pinus sylvestris-6</i>	4	36
<i>Pinus sylvestris-7</i>	0	8
<i>Plantago major-1</i>	0	5
<i>Poa nemoralis-1</i>	4	0
<i>Polygala calcarea-1</i>	22	11
<i>Potentilla neumanniana-1</i>	0	5
<i>Prunus avium-1</i>	1	0
<i>Prunus mahaleb-1</i>	0	1
<i>Prunus mahaleb-2</i>	0	1
<i>Prunus spinosa-1</i>	0	1
<i>Prunus spinosa-2</i>	0	1
<i>Quercus pubescens semis-1</i>	1	0
<i>Quercus pubescens-2</i>	2	1
<i>Quercus pubescens-3</i>	4	0
<i>Quercus pubescens-4</i>	5	0
<i>Quercus pubescens-5</i>	2	0
<i>Quercus pubescens-6</i>	1	0
<i>Ranunculus aduncus-1</i>	44	12
<i>Ranunculus aduncus-2</i>	2	0
<i>Rhinanthus alectorolophus-1</i>	4	0
<i>Rhinanthus alectorolophus-2</i>	1	0
<i>Rosa canina-2</i>	0	3
<i>Rosa canina-3</i>	1	3
<i>Rosa canina-5</i>	0	7
<i>Rosa canina-6</i>	0	2
<i>Rosa pimpinellifolia-1</i>	11	2
<i>Rosa pimpinellifolia-2</i>	5	1
<i>Rubus saxatilis-1</i>	5	8
<i>Sanguisorba minor-1</i>	4	5
<i>Sanicula europaea-1</i>	1	0
<i>Scabiosa columbaria-1</i>	2	1
<i>Solidago virgaurea-1</i>	33	11
<i>Solidago virgaurea-2</i>	6	0
<i>Sorbus aria-1</i>	0	1
<i>Teucrium chamaedrys-1</i>	1	0
<i>Thesium divaricatum-1</i>	3	0
<i>Thymus serpyllum-1</i>	1	2
<i>Trifolium pratense-1</i>	0	2
<i>Veronica officinalis-1</i>	1	1
<i>Vicia cracca-1</i>	3	0
<i>Vicia sativa-1</i>	0	1

Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Profils de la végétation des placeaux.

Enclos 2011

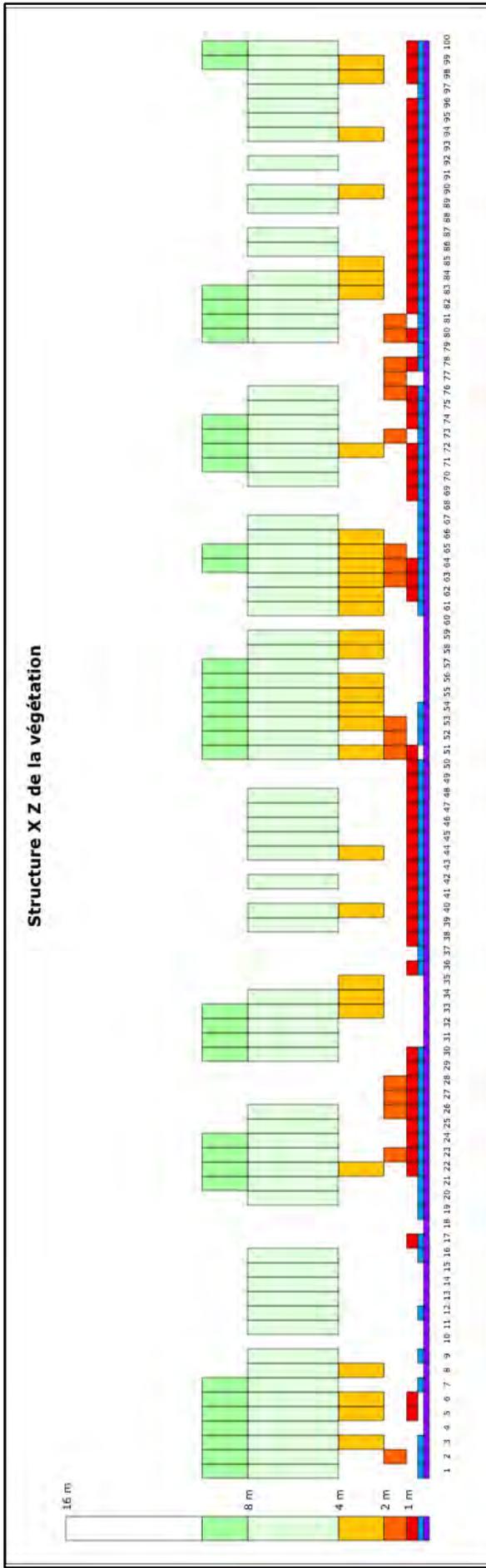


Exclos 2011

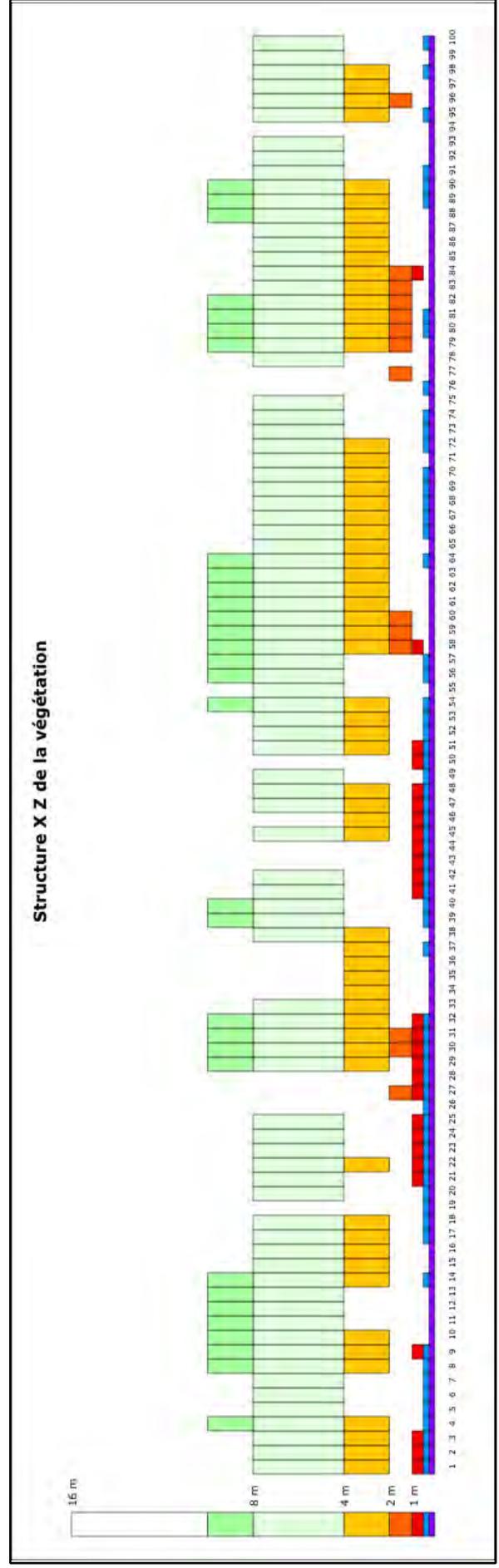


Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Profils de la végétation des placeaux.

Enclos 2012

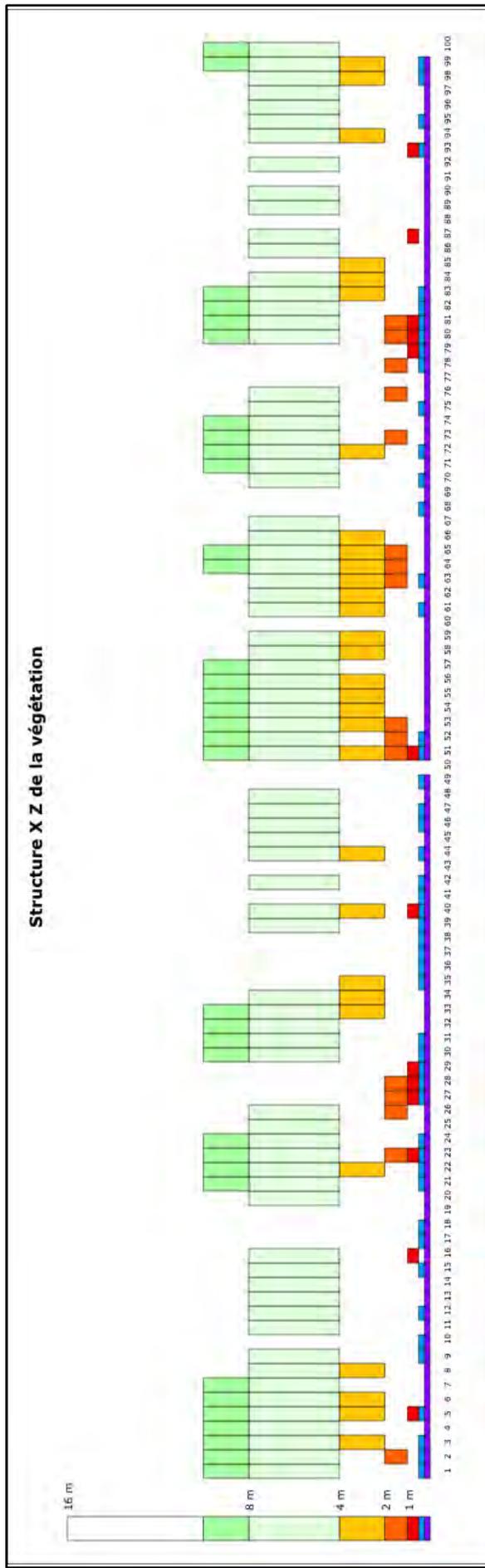


Exclos 2012

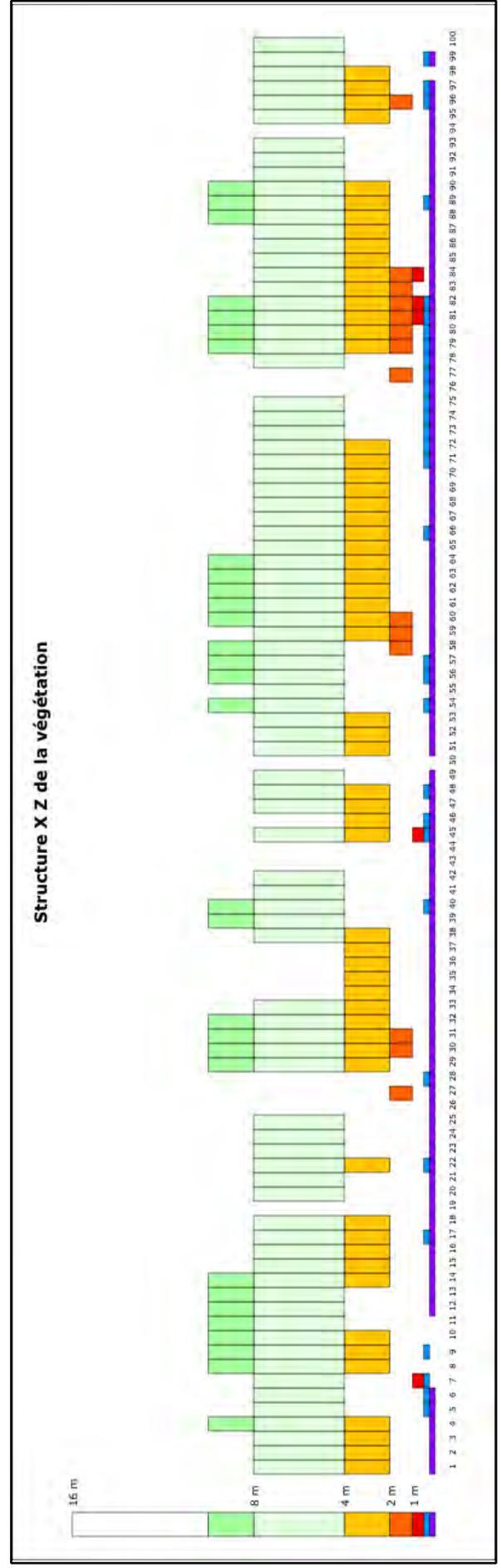


Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Profils de la végétation des placeaux.

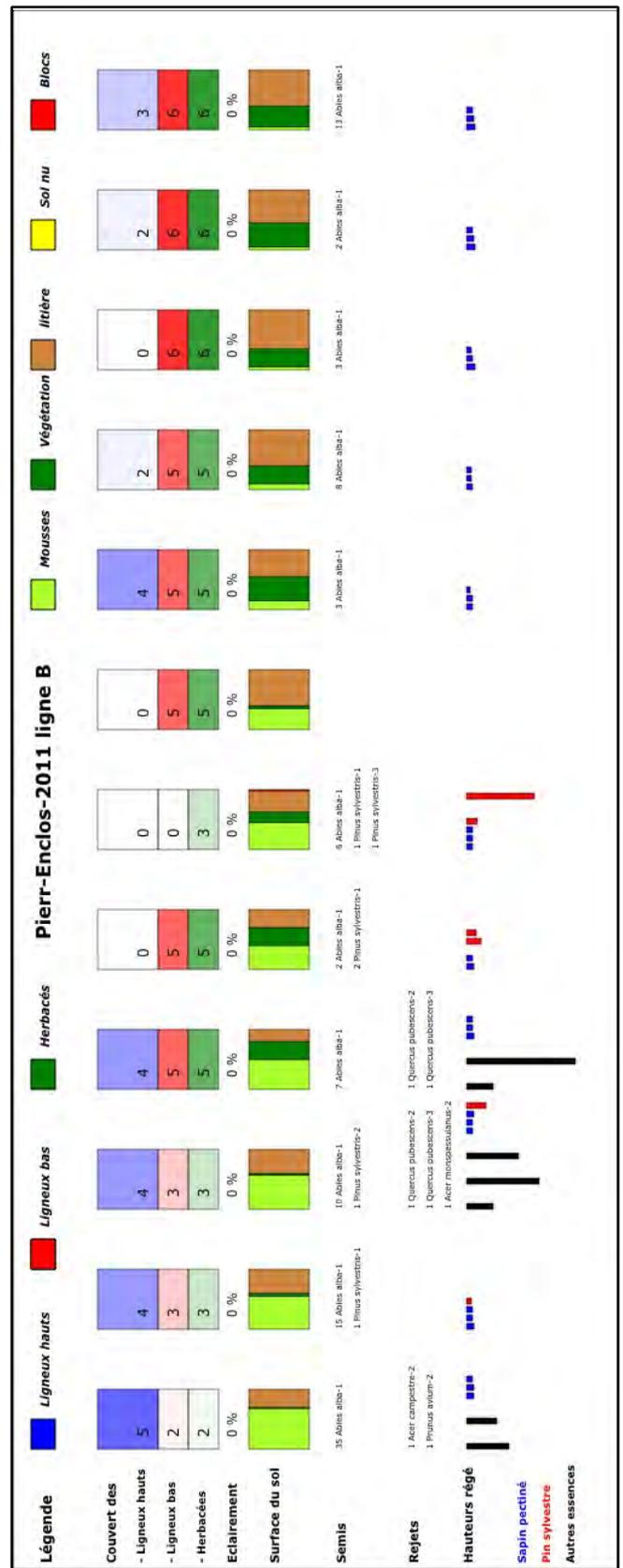
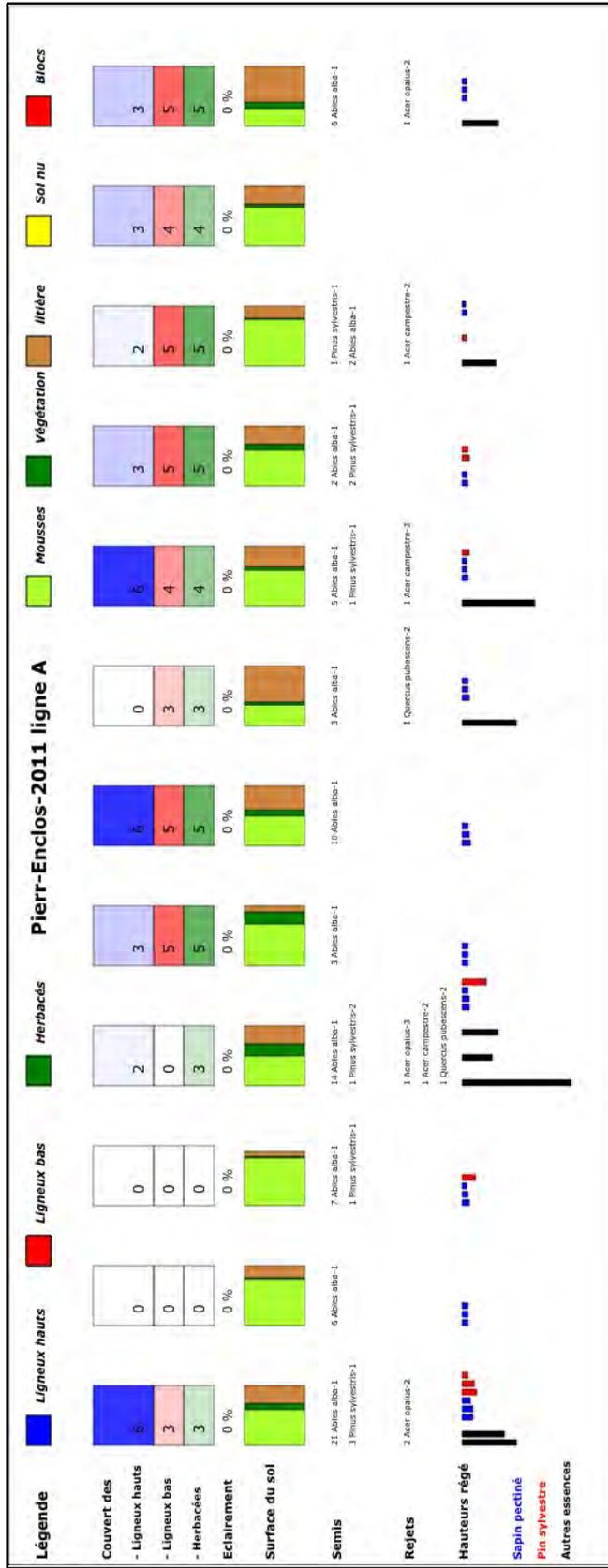
Enclos 2013



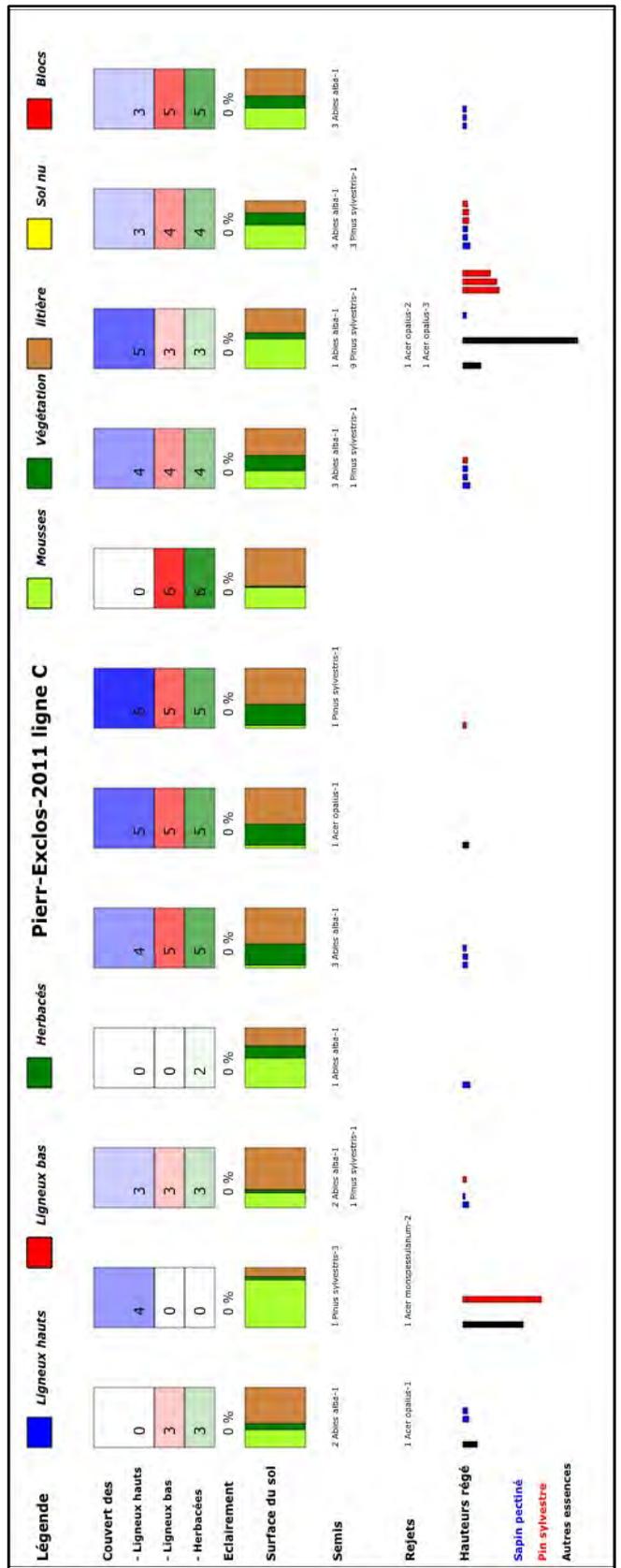
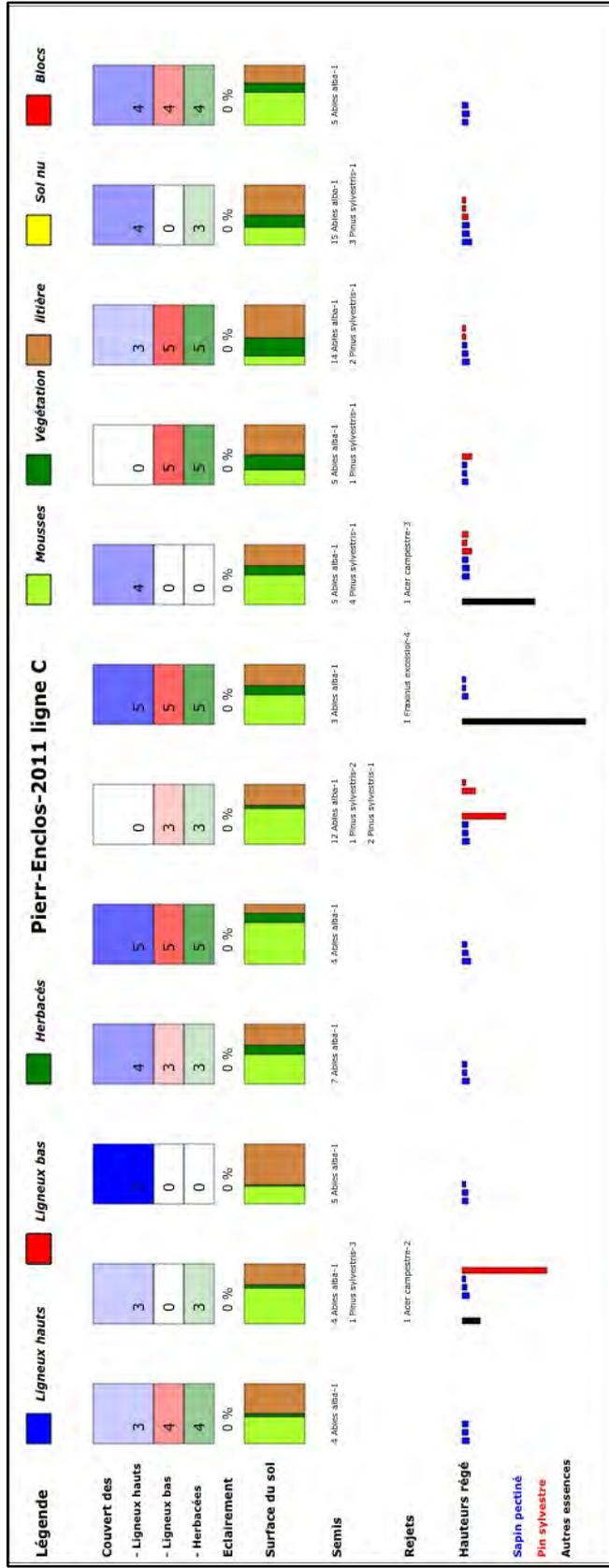
Exclos 2013



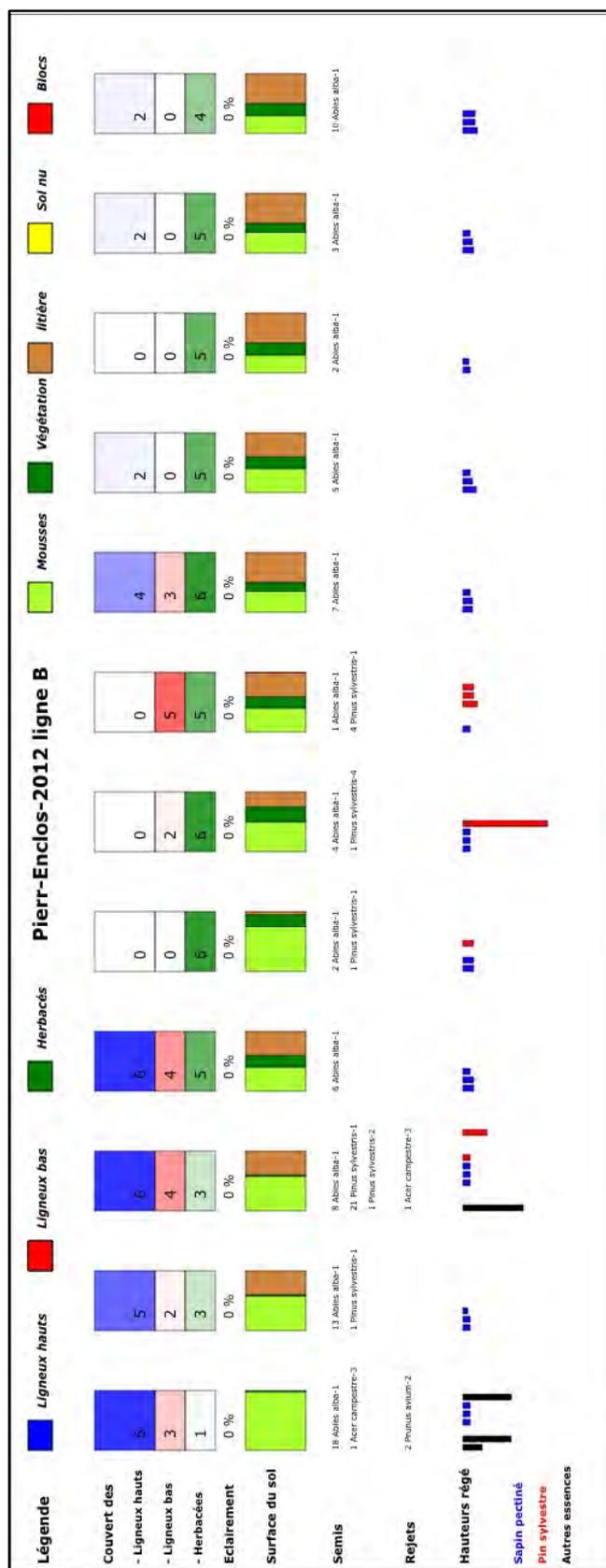
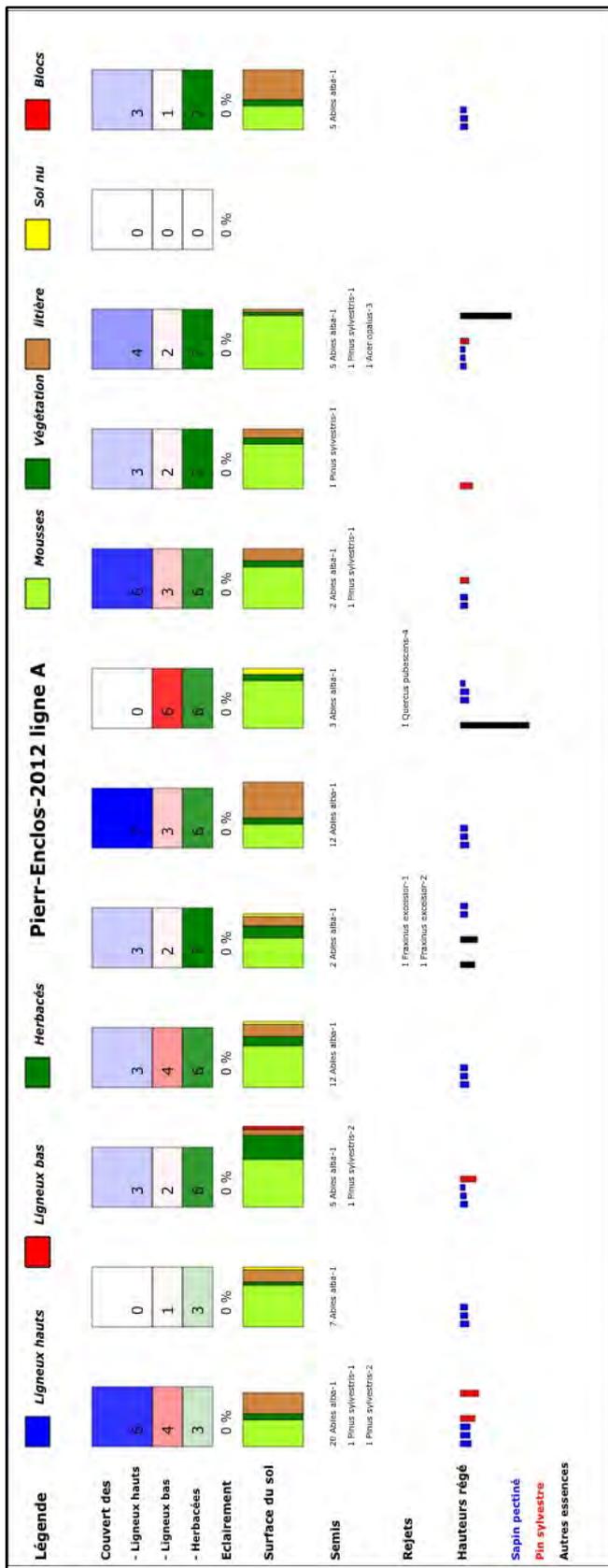
Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Régénération forestière sur carrés



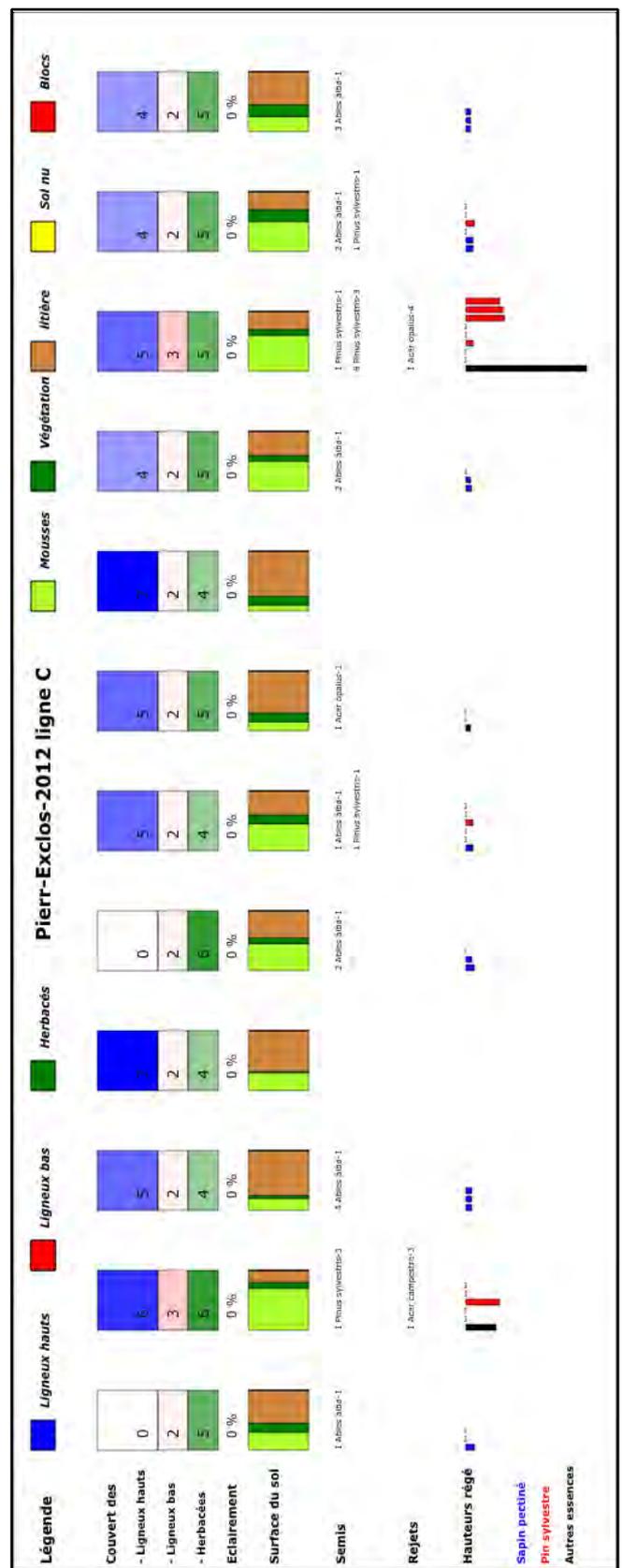
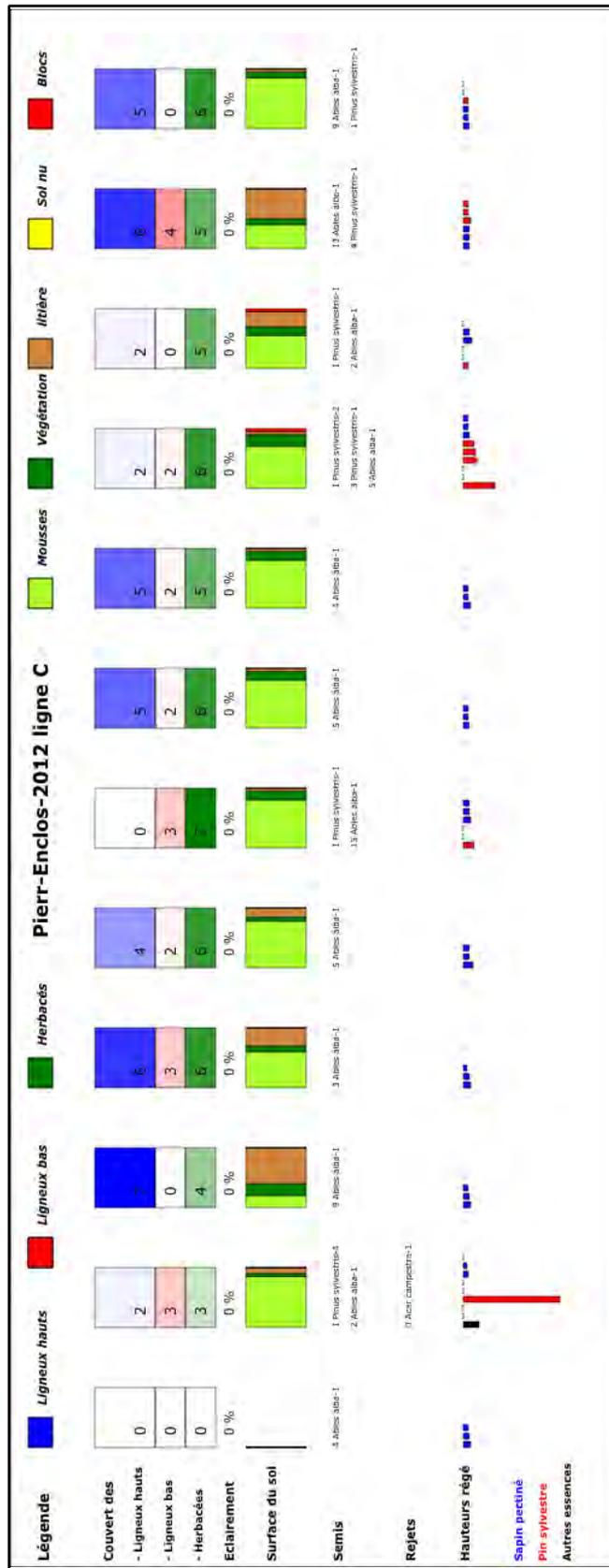
Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Régénération forestière sur carrés



Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Régénération forestière sur carrés



Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Régénération forestière sur carrés



Impact des cervidés sur une forêt de St Julien en Beauchêne (05). Régénération forestière sur carrés

