

# LA PLACETTE D'OBSERVATION RENECOFOR EN FORÊT DE BOSCODON (SP 05)

Période d'observation 1992-2005

## 1. Situation de la placette

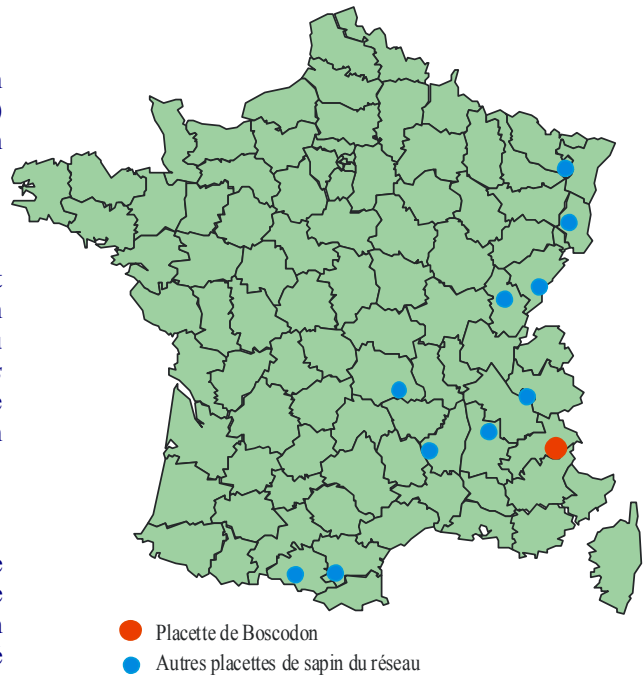
La placette SP 05 est située dans les Hautes-Alpes, en forêt domaniale de Boscodon sur un terrain en pente (30 %) exposé au nord-est. Cette zone de montagne (1360 m d'altitude) appartient à la région IFN<sup>1</sup> « Embrunais ».

## 2. Description du peuplement

Cette futaie irrégulière est composée essentiellement de sapin pectiné (*Abies alba*) mélangé à de l'épicéa commun (*Picea abies*), de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), du hêtre (*Fagus sylvatica*), et du sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*). L'âge des arbres varie de 65 à 161 ans (âge moyen à 1,3 m du sol, en 2005), il est issu d'une régénération naturelle.

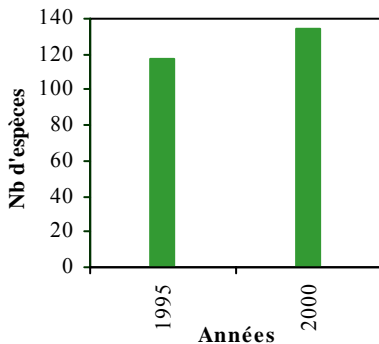
## 3. La station

Du point de vue phytosociologique le peuplement se rattache au *Geranio nodosi-Fagenion sylvaticae*. L'inventaire floristique réalisé en 1994/95 avait recensé 117 espèces. En 2000, le nombre d'espèces observées est de 134. La diversité floristique totale de la placette est la plus élevée des placettes du réseau.



Il faut noter la présence dans les strates arbustive basse et herbacée de la clématite des Alpes (*Clematis alpina*) qui est inscrite sur la liste nationale des espèces protégées. Dans la strate herbacée, nous observons l'épipogium sans feuille (*Epipogium aphyllum*). Cette plante très rare, est elle aussi, inscrite sur la liste nationale des espèces protégées. Elle ne possède pas de chlorophylle et tire une partie de ses nutriments de la matière organique en décomposition et le reste des échanges avec d'autres plantes. Plusieurs autres espèces rares ont été trouvées sur ce site : le trochiscanthe nodiflore (*trochiscanthes nodiflora*) qui est protégé en Rhône-Alpes, l'épervier faux préranthe (*Hieracium prenanthoides*) qui est protégé par la convention alpine, l'aconit paniculé (*Aconit paniculatum*) et la digitale à grandes fleurs (*Digitalis grandiflora*) qui sont rares et qu'il convient de protéger. La néottie nid-d'oiseau (*Neottia nidus-avis*) et le monotrope sucepin (*Monotropa hypopitys*) sont aussi recensés, ces plantes ne possèdent pas de

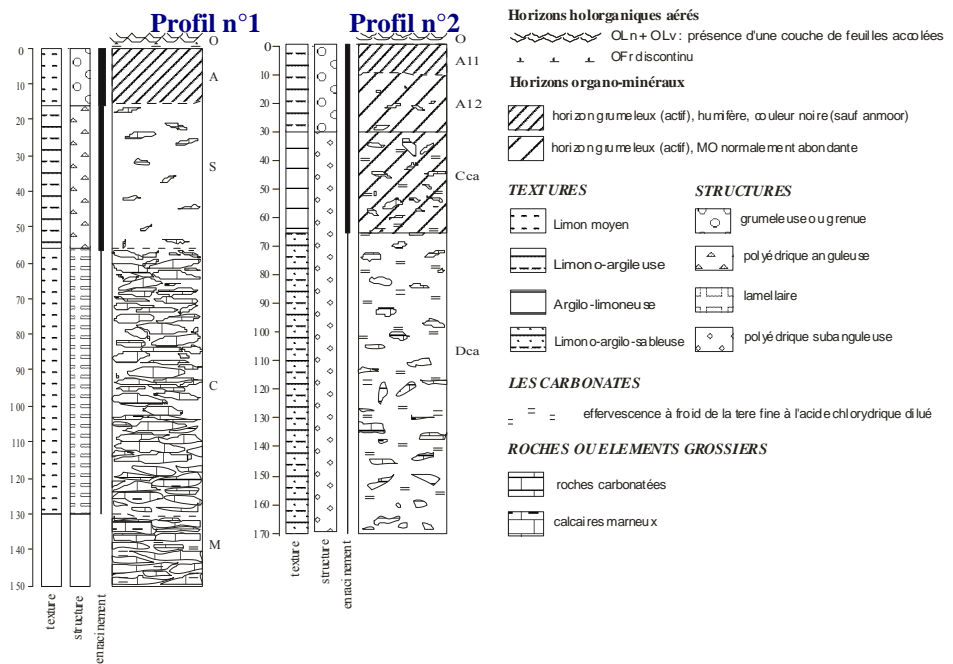
### Evolution de la flore de 1995 à 2000



chlorophylle. Elles tirent leurs nutriments de la matière organique en décomposition.

Le substrat géologique se compose d'altérites limoneuses de marne noire pour le profil n° 1 et de colluvions de calcaire et de marne pour le profil n°2. Le profil n°1 possède une texture<sup>2</sup> limoneuse à limono-argileuse, les 10 premiers centimètres sont riches en matière organique. Jusqu'à 55 cm de très nombreux conduits de vers sont visibles

ainsi qu'une forte densité racinaire. Au delà de cette profondeur, une forte charge en pierres et cailloux de calcaire tendre fait son apparition, limitant la pénétration des racines.



<sup>1</sup> = division territoriale (par l'Inventaire Forestier National), si possible traditionnellement reconnue, où règnent des conditions similaires d'un point de vue forestier

<sup>2</sup> = classement des particules de sol en fonction de leur taille

Nous sommes en présence d'un sol brun calcique (selon Duchaufour).

Dans le profil n°2, jusqu'à 65 centimètres de profondeur, la texture est limono-argileuse puis argilo-limoneuse, de la matière organique est présente, de très nombreux conduits de vers sont visibles ainsi qu'une forte densité racinaire. A partir de 65 cm, la texture devient argilo-sableuse et la terre fine possède plus d'éléments calcaire. Les racines prospectent l'ensemble du profil. Nous sommes en présence d'une rendzine colluviale (selon Duchaufour).

Le rapport carbone organique sur azote (C/N), est de 15 pour l'horizon 0-10 cm. Cela indique une minéralisation de l'azote et une décomposition de l'humus (oligomull actif) rapide. Dans ce sol l'activité biologique est bonne, avec une forte présence des vers de terre.

En 1995, les stocks en carbone organique dans la couche minérale (0-40 cm) sont de 98 t/ha, ceux en azote de 8,2 t/ha et ceux en calcium de 13,3 t/ha.

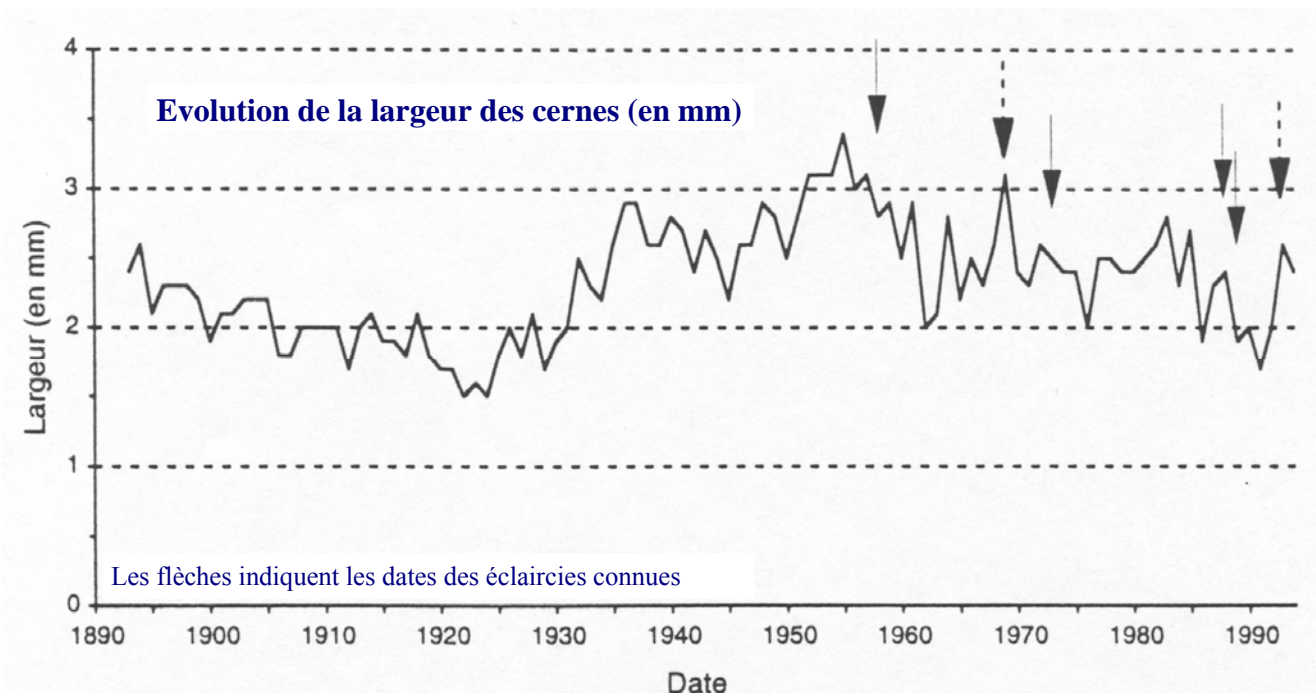
La capacité d'échange cationique<sup>3</sup> (CEC) est importante, les teneurs en bases échangeables<sup>4</sup> sont bonnes pour le calcium et le magnésium, moyenne pour le potassium. Cela provient du taux de saturation<sup>5</sup> en cations basiques qui est très élevé (> 60 %). Ce sol possède donc de fortes potentialités et elles sont bien utilisées.

La réserve utile maximale, qui indique les possibilités de stockage du sol en eau disponible pour les plantes, est estimée à 120 mm, ce qui représente des potentialités moyennes. Cette réserve est malgré tout limitée, comparée au déficit pluviométrique moyen d'Embrun (215 mm). Il peut donc exister dans l'année une ou plusieurs périodes de stress hydrique pour la végétation.

Cette placette se rattache selon la préétude phytoécologique de l'Embrunais, étude des forêts de Boscodon et de Crots, à une station de type hêtraie sapinière à trosciscantes, forme haute neutrophile.

#### 4. Le peuplement d'un point de vue sylvicole

Depuis son origine, le peuplement présente un accroissement radial moyen de 2,3 mm/an. Deux périodes sont observables. De 1893 à 1930, la largeur des cernes varie de 1,5 à 2,5 mm/an. Depuis, l'accroissement se situe entre 1,7 et 3,4 mm/an. Dans cette deuxième période certains épisodes de crise sont observés, comme 1962, 1976 (année sèche), 1986 (année avec un hiver froid), de 1989 à 1991 (période sèche). Sur la période 1980-1994, l'accroissement radial moyen est équivalent à celui mesuré depuis son origine.



Cette futaie irrégulière de sapin pectiné est mélangée avec de l'épicéa commun, de l'érable sycomore, du sorbier des oiseleurs et du hêtre.

En 1991, le peuplement possédait dans sa globalité (catégorie de précomptage = 15 cm) 370 tiges/ha dont 315 tiges/ha de sapin pectiné. La surface terrière totale était de 30 m<sup>2</sup>/ha, celle du sapin pectiné représentait ≈ 85 % de la surface terrière totale (26 m<sup>2</sup>/ha). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement et du sapin pectiné était de 32 cm (calculé à partir de la surface terrière).

Avant l'exploitation de 2000, le peuplement possédait dans sa globalité 390 tiges/ha dont 335 tiges/ha de sapin pectiné. La surface terrière totale avait augmenté pour atteindre 37 m<sup>2</sup>/ha, celle du sapin représentait 32 m<sup>2</sup>/ha (≈ 85 % de la surface terrière totale). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement et du sapin pectiné était de 35 cm. L'accroissement global du peuplement en surface terrière pour la période 1991-2000 est de 0,71 m<sup>2</sup>/ha/an. Pour le sapin pectiné, il est de 0,64 m<sup>2</sup>/ha/an. L'accroissement global du peuplement en diamètre pour la même période est de 0,27 cm/an. Pour le sapin pectiné, il est de 0,28 cm/an.

<sup>3</sup> = capacité du sol à retenir des cations (Ca, Mg, K, H, Al, Mn)

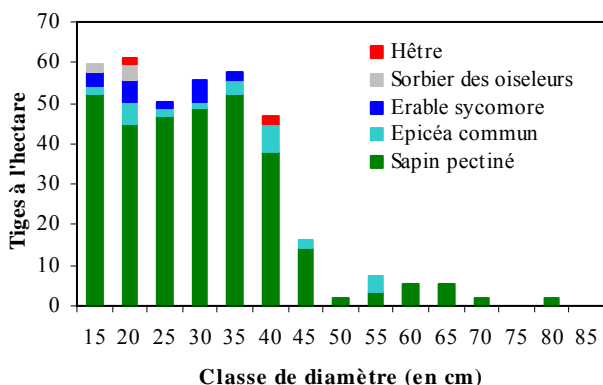
<sup>4</sup> = quantité de cations basiques échangeables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> et K<sup>+</sup>) contenus dans le sol

<sup>5</sup> = rapport entre la somme des bases échangeables (Ca, Mg, K) et la capacité d'échange cationique (en %)

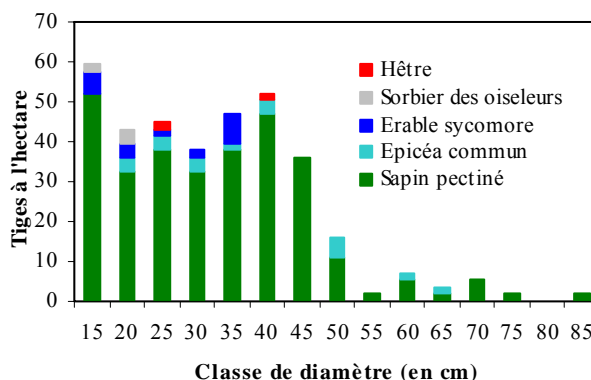
L'exploitation de 2000 n'a concerné que le sapin pectiné. Après la coupe, la densité totale passe à 350 tiges/ha (prélèvement de 40 tiges/ha soit  $\approx 10\%$ ), celle du sapin pectiné à 295 tiges/ha (prélèvement de 40 tiges/ha soit  $\approx 10\%$ ). La surface terrière totale est réduite à 32 m<sup>2</sup>/ha (prélèvement de 5 m<sup>2</sup>/ha soit  $\approx 15\%$ ), celle du sapin pectiné à 27 m<sup>2</sup>/ha (prélèvement de 5 m<sup>2</sup>/ha soit  $\approx 15\%$ ). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement et du sapin pectiné diminue légèrement (34 cm).

En 2004, le peuplement possédait dans sa globalité 360 tiges/ha dont 305 tiges/ha de sapin pectiné. La surface terrière totale était de 35 m<sup>2</sup>/ha, celle du sapin pectiné de 30 m<sup>2</sup>/ha ( $\approx 85\%$  de la surface terrière totale). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement et du sapin pectiné était de 35 cm. L'accroissement global du peuplement en surface terrière pour la période 2000-2004 est de 0,69 m<sup>2</sup>/ha/an. Pour le sapin pectiné, il est de 0,66 m<sup>2</sup>/ha/an. L'accroissement global du peuplement et du sapin pectiné en diamètre pour la même période est de 0,25 cm/an. Le volume sur pied est estimé à 455 m<sup>3</sup>/ha pour le sapin pectiné et 45 m<sup>3</sup>/ha pour l'épicéa commun.

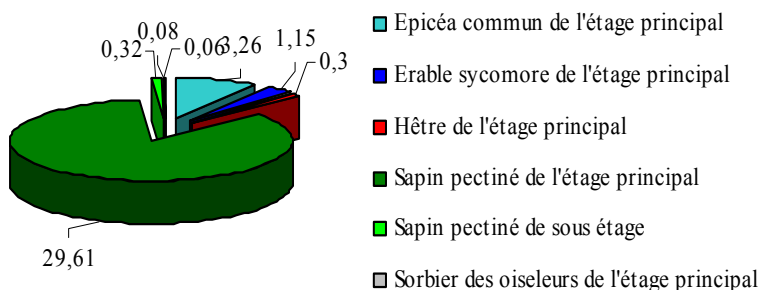
Distribution des diamètres en 1991



Distribution des diamètres en 2004



Répartition de la surface terrière (m<sup>2</sup>) par essence et par strate en 2004

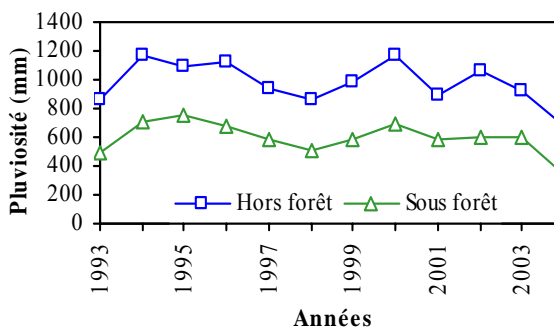


5. Les retombées atmosphériques entre 1993 et 2004

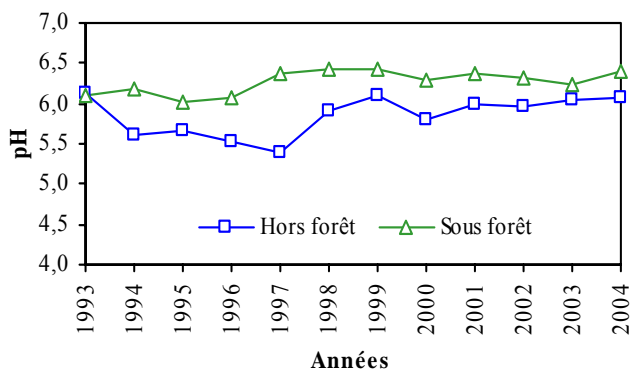
La **pluviosité** moyenne hors couvert forestier représente 980 mm, celle sous couvert 594 mm. Les cimes des arbres jouent le rôle d'un filtre, en raison de leur surface réceptrice sur laquelle les faibles pluies restent et s'évaporent. L'interception moyenne des houppiers de ce peuplement avoisine donc les 40 %.

En 2004, la pluviosité est la plus faible de la période avec 675 mm hors couvert forestier et 343 mm sous forêt. Une sécheresse estivale est observée durant cet été. Les précipitations sous forêt de fin avril à fin octobre (139 mm) sont nettement inférieures à la moyenne (299 mm de 1993 à 2004).

Pluviosité hors et sous couvert forestier de 1993 à 2004



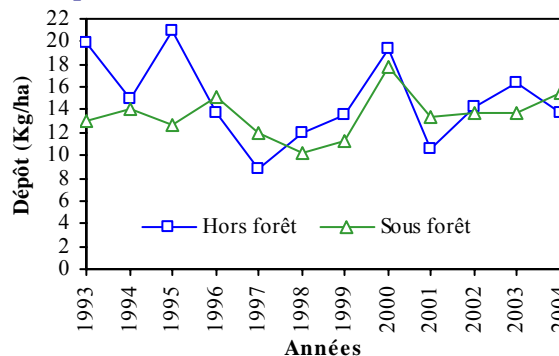
Evolution du pH de 1993 à 2004



En absence de toute pollution, l'eau de pluie aurait un **pH** proche de 5,5. Les précipitations hors et sous couvert forestier ne sont pas acides (5,9 hors forêt, 6,3 sous forêt), ce sont les plus basiques du réseau. Le pH sous couvert forestier est plus élevé que celui hors forêt, car l'eau s'enrichit au contact des houppiers de certains ions de nature basique (potassium, magnésium, ...).

Parmi les cations basiques, le **calcium** est l'élément phare, car il domine dans la majorité des sols forestiers et joue un rôle essentiel dans leur capacité à compenser l'acidification. Les apports par les précipitations sont donc importants à considérer, en particulier pour les sites sensibles à l'acidification. L'apport en calcium dans les précipitations hors forêt représente en moyenne 14,9 kg/ha/an et sous forêt 13,6 kg/ha/an. Ces dépôts sont parmi les plus élevés du réseau. De fortes variations inter-annuelles existent, surtout pour les dépôts hors forêt (21 kg/ha en 1995, 8,8 kg/ha en 1997), qui sont régulièrement supérieurs à ceux sous forêt. En 2004, les concentrations mesurées sous forêt sont plus élevées qu'à l'habitude, 4,5 mg/l au lieu de 2,2 mg/l (en moyenne de 1993 à 2003). Les longues périodes sans précipitations entraînent une accumulation d'éléments dans l'atmosphère et sur les houppiers des arbres. En lessivant ces derniers, les pluies sont plus concentrées.

Dépôts annuels en calcium de 1993 à 2004



Moyenne des dépôts de 1993 à 2004

	Dépôts hors couvert	Dépôts sous couvert
Potassium (kg/ha/an)	1,2	30,4
Magnésium (kg/ha/an)	0,9	2,1
Chlorure (kg/ha/an)	4,0	5,7
Sodium (kg/ha/an)	1,5	1,6
Aluminium (g/ha/an)	-	243
Fer (g/ha/an)	-	67
Manganèse (g/ha/an)	-	100

Les dépôts sous forêt de **potassium** et de **magnésium**, sont supérieurs à ceux hors forêt. Cet enrichissement est essentiellement dû au lessivage naturel du feuillage. Ce processus fait partie du cycle nutritif interne des arbres. Cet enrichissement est particulièrement marqué pour le potassium, car les dépôts sous forêt sont parmi les plus élevés du réseau. En 2004, les concentrations mesurées sous forêt pour ces deux éléments sont comme pour le calcium, plus élevées qu'à l'habitude, 8,3 mg/l au lieu de 5 mg/l (en moyenne de 1993 à 2003) pour le potassium et 0,6 mg/l au lieu de 0,3 mg/l (en moyenne de 1993 à 2003) pour le magnésium.

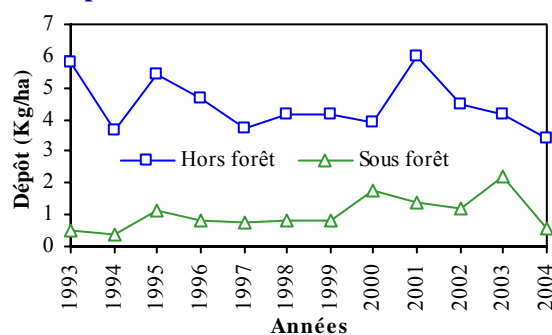
des apports marins, cela explique les faibles dépôts en forêt de Boscodon. Le chlorure d'origine marine associé généralement au sodium ou au potassium n'a pas d'effet acidifiant. Par contre, s'il est émis seul (incinération de PVC par exemple) il se combine avec l'eau pour donner de l'acide chlorhydrique.

Les **chlorures** (les plus faibles dépôts sous couvert du réseau) et le **sodium** (les plus faibles dépôts du réseau) proviennent surtout

L'**aluminium**, le **manganèse** et le **fer** sont exclusivement analysés dans les précipitations sous couvert forestier. En 2004, les concentrations mesurées sous forêt pour le fer et le manganèse sont aussi plus élevées qu'à l'habitude, 34 µg/l au lieu de 10 µg/l (en moyenne de 1993 à 2003) pour le fer et 38 µg/l au lieu de 16 µg/l (en moyenne de 1993 à 2003) pour le manganèse.

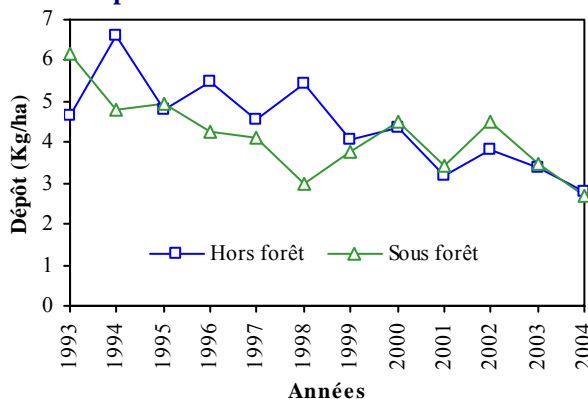
Les dépôts en **azote** sous forme d'ammonium (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (essentiellement produit par l'élevage) sont supérieurs à ceux sous forme de nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (essentiellement produit par les émissions automobiles) (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 2,4 kg/ha/an, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 2 kg/ha/an, hors forêt) (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 0,6 kg/ha/an, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 0,5 kg/ha/an, sous forêt). Les dépôts des pluies hors forêt, d'azote minéral total<sup>6</sup> se limitent à 4,5 kg/ha/an (parmi les plus faibles du réseau). Ceux sous forêt se réduisent à 1 kg/ha/an (les plus faibles du réseau), ces valeurs sont des minimums car il faut ajouter l'ammonium absorbé par le feuillage. Ce phénomène d'absorption peut expliquer en partie les dépôts plus élevés hors forêt que sous forêt pour l'ammonium. Ces dépôts sous forêt sont apportés pour 50 % durant la période de

Dépôts annuels en azote de 1993 à 2004



végétation. Ils sont donc disponibles pour les végétaux et risquent moins d'être lessivés par le drainage. Les valeurs définissant les limites des dépôts azotés, au-dessus desquelles il existe des risques d'eutrophisation<sup>7</sup> ou de déséquilibre nutritif sont de 2,8 et 14 kg/ha/an, en fonction de la richesse des sols. Les apports mesurés en forêt de Boscodon (1 kg/ha/an) sont inférieurs à cette gamme, il y a donc peu de risque d'eutrophisation.

Dépôts annuels en soufre de 1993 à 2004



Les dépôts de **soufre** sous forme de sulfate proviennent essentiellement de sources industrielles et contribuent à l'acidification des milieux. Il existe deux seuils, qui correspondent aux limites haute et basse des charges critiques<sup>8</sup> pour le soufre en France, selon la sensibilité de l'écosystème (3,2 kg/ha/an et 16 kg/ha/an). Les dépôts moyens de 1993 à 2004

<sup>6</sup> azote sous forme ammoniacale + azote sous forme de nitrate

<sup>7</sup> enrichissement des milieux en éléments nutritifs (phosphate, nitrate, etc) pouvant entraîner un dysfonctionnement de l'écosystème en cas d'excès

<sup>8</sup> si ces charges sont dépassées, il y a un risque de dysfonctionnement dans les écosystèmes

hors (4,4 kg/ha/an, parmi les plus faibles du réseau) et sous forêt (4,1 kg/ha/an, les plus faibles du réseau) sont compris entre ces valeurs seuils. Il y a donc un risque d'acidification, mais une diminution régulière des dépôts est observée. Les retombées de soufre de 2004 (2,8 kg/ha/an hors forêt et 2,7 kg/ha/an sous forêt) sont inférieures à la limite basse des charges critiques, mais cela est dû à la plus faible pluviométrie et non à une diminution des concentrations.

## 6. Retombées atmosphériques de métaux lourds

En 1996, une étude a été réalisée sur les concentrations de dix métaux lourds (**arsenic, cadmium, chrome, cuivre, fer, mercure, nickel, plomb, vanadium, zinc**) dans les mousses. Les métaux lourds émis dans l'air sous forme de particules sont transportées par le vent et finissent par retomber au sol ou dans l'eau à des distances très variables (jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres) de leur lieu d'émission. Pour les écosystèmes, ces dépôts sont une charge supplémentaire par rapport aux teneurs naturelles du fond géochimique. Ils peuvent ainsi provoquer des effets dommageables sur l'environnement. Aucune pollution aux métaux lourds n'a été observée sur ce site.

## 7. Les concentrations en ozone et en ammoniac dans l'air

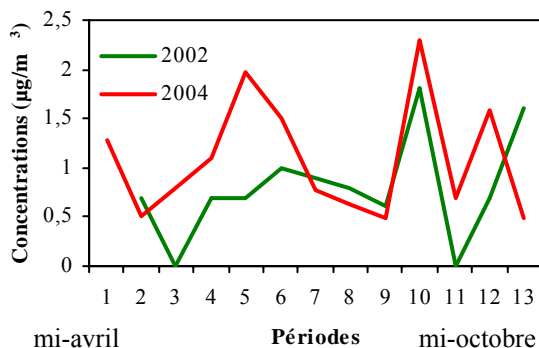
Au sujet de l'**ozone**, il faut bien différencier celui contenu dans la stratosphère (entre 12 et 50 km d'altitude) et celui présent dans la troposphère (entre le sol et 12 km). La limite entre ces deux couches s'appelle la tropopause. Il y circule des vents violents qui limitent très fortement les échanges entre couches. L'ozone stratosphérique protège la vie sur la terre en filtrant une partie des rayons ultraviolets. L'ozone de la troposphère devrait être naturellement faible. Mais il s'en forme dans l'air chargé en polluants dit « primaires » tels que les oxydes d'azote qui sont produits par la combustion des carburants fossiles (automobiles, chauffage, etc) et les composés organiques volatils provenant des émissions naturelles et humaines (automobiles, raffineries, combustion des déchets, etc). Ces réactions sont actionnées par le rayonnement solaire. L'ozone a un effet néfaste sur la végétation car il peut causer des nécroses foliaires et entraîner des diminutions de croissance, même sans symptômes visibles.

Les concentrations d'ozone mesurées durant la période de végétation (mi-avril à mi-octobre) à l'aide de capteurs passifs, représentent en moyenne  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de 2000 à 2004 (2003 exclu) (calculé à partir de 13 périodes d'échantillonnage de 15 jours).

Aucun seuil sur 15 jours n'est disponible pour le moment. Mais il existe des seuils limites de toxicité pour la végétation qui s'approcheraient de  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 24 heures. Les moyennes sur 15 jours sont régulièrement supérieures aux limites de toxicité pour la végétation pour 24 heures, il y a donc des risques.

En 2001, aucun symptôme lié à l'ozone n'a été repéré sur les aiguilles de sapin pectiné du peuplement.

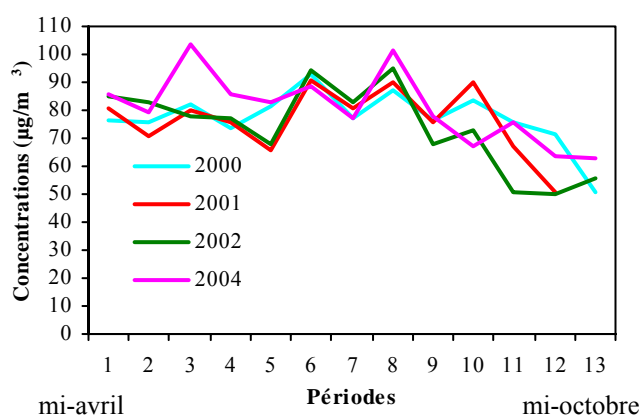
### Concentration d'ammoniac dans l'air durant la période de végétation en 2002 et 2004



L'**ammoniac** (NH<sub>3</sub>) est un gaz volatil qui se forme à partir de l'urine et de la fermentation de la matière organique. Ce gaz entre dans le cycle de l'azote. Au contact de l'eau il donne de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), qui est transformé dans les sols en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), puis en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sous l'action de bactéries. Ces nitrates sont des éléments nutritifs pour les végétaux. Toutefois le rejet de gros volumes de matières organiques fermentescibles, comme le lisier dans les zones d'élevage intensif, peut être la cause de pollutions des nappes phréatiques en nitrates. L'agriculture n'est pas la seule à produire de l'ammoniac. L'industrie (usines de fabrication d'engrais ...), les boues de stations d'épuration produisent aussi ce gaz.

Les concentrations d'ammoniac mesurées durant la période de végétation (mi-avril à mi-octobre) à l'aide de capteurs passifs, représentent en moyenne  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2002 et  $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2004 (calculé à partir de 13 périodes d'échantillonnage de 15 jours). Les concentrations « habituelles » varient de 0 à  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nous sommes donc ici en présence de concentrations normales.

### Concentration d'ozone dans l'air durant la période de végétation



## 8. L'état sanitaire du peuplement

Les défoliations observées sur les 36 arbres « observation » de 1997 à 2002 restent stables et avoisinent les 20 %. En 2004, la sécheresse estivale a entraîné une augmentation des pertes foliaires (50 %).

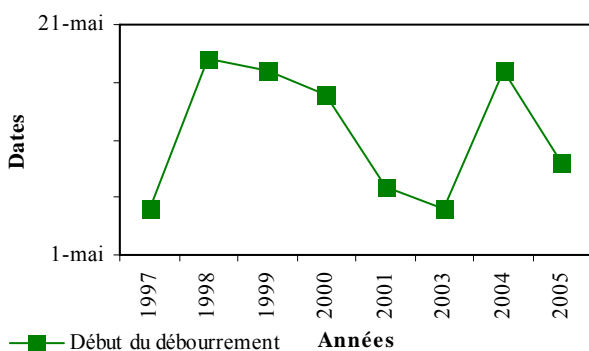
Chaque année, des décolorations anormales sont observées.

## 9. Les teneurs foliaires en nutriments

Les teneurs foliaires moyennes entre 1993 et 1997 en calcium (7,3 mg/g) et en magnésium (1,5 mg/g) sont supérieures au seuil optimum. Celles du soufre (1 mg/g) sont proches du seuil optimum. Pour le potassium (7,2 mg/g), les plus fortes teneurs des peuplements de sapin pectiné du réseau) et le phosphore (1,3 mg/g), les teneurs se situent entre les seuils d'alimentation critique et optimal. L'azote (12,5 mg/g) est compris entre les seuils de carence et critique.

## 10. La phénologie<sup>9</sup>

Dates de débourrement

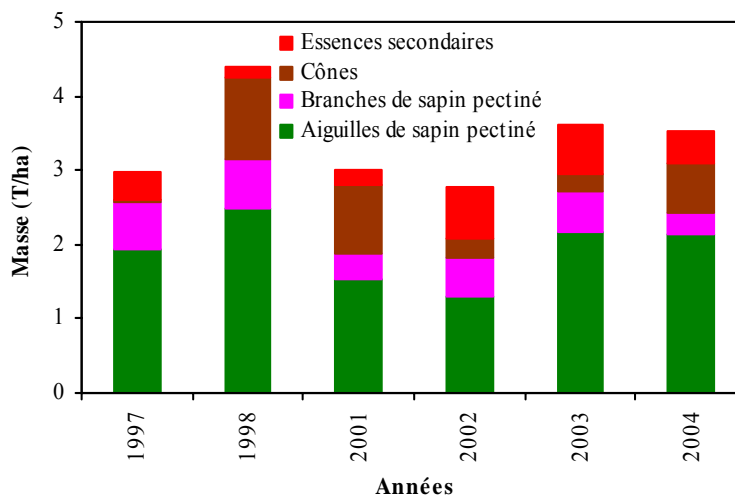


De 1998 à 2005 (2002 exclu), le débourrement du sapin pectiné se déroule entre le début et la mi mai.

## 11. Les chutes de litière

Les retombées totales de litière varient de 1997 à 2004 (1999 et 2000 exclus) entre 2,8 t/ha et 4,4 t/ha. Les aiguilles de sapin pectiné représentent 1,3 à 2,5 t/ha, soit en moyenne  $\approx 55\%$  des retombées totales. La masse restante est composée des branches de sapin pectiné (0,3 t/ha à 0,7 t/ha), des cônes désarticulés (6 kg/ha à 1096 kg/ha) et des autres éléments (0,1 à 0,7 t/ha). Durant l'été (de juillet à septembre) 2003, la chute de litière, notamment d'aiguilles de sapin pectiné est supérieure à celle des autres années.

Retombées totales de litière



## Conclusion

Ce peuplement se caractérise par une forte diversité floristique en raison de la richesse chimique du sol. Les dépôts atmosphériques en azote et en soufre y sont faibles.

Bien qu'aucun symptôme lié à l'ozone n'ai été repéré sur les aiguilles de sapin pectiné du peuplement, de fortes concentrations sont régulièrement mesurées durant la période de végétation.

Suite aux fortes chaleurs d'août 2003 et à la sécheresse de 2004, une augmentation des pertes foliaires est observable. Si de tels événements viennent à se répéter dans le futur, des problèmes pour le sapin pectiné pourraient apparaître, car cette essence craint les sécheresses estivales.

Il est très important de poursuivre l'étude de l'ensemble des domaines sur ce site, afin d'observer les possibles évolutions du fonctionnement de cet écosystème, dus au changement climatique (modification du régime des pluies et des températures).

<sup>9</sup> = étude des phases de développement des plantes

**Comment se situe la placette par rapport au reste du réseau ?**

Caractéristiques	Périodes	Unités	Placette de Boscodon	Valeur minimum RENECOFOR	Valeur maximum RENECOFOR
<b>Végétation (sapin pectiné)</b>					
94-95					
Nombre d'espèces			117	37	117
<b>Stocks dans le sol (0-40cm)</b>					
93-95					
Carbone organique		t/ha	98	7,8	188,9
Azote		t/ha	8,2	0,6	15,7
Calcium		kg/ha	13349	18	21085
<b>Pluviosité annuelle moyenne</b>					
93-04 mm/an					
Hors forêt			980	764	2567
Sous forêt			594	519	2223
<b>pH des précipitations</b>					
93-04					
Totales hors forêt			5,9	4,9	5,9
Sous forêt			6,3	4,2	6,3
<b>Apport en calcium dans les précipitations</b>					
93-04 kg/ha/an					
Totales hors forêt			14,9	2,9	16,5
Sous forêt			13,6	5,7	21,9
<b>Apport en azote dans les précipitations</b>					
93-04 kg/ha/an					
Totales hors forêt			10	4	16
Sous forêt			9,4	0,9	22,7
<b>Apport en soufre dans les précipitations</b>					
93-04 kg/ha/an					
Totales hors forêt			9,2	3,8	14,8
Sous forêt			10,6	4,3	30
<b>Concentration en ozone</b>					
µg/m <sup>3</sup>					
	2000		77	42	92
	2001		77	43	88
	2002		74	45	87
	2004		81	46	91
<b>Concentration en ammoniac</b>					
µg/m <sup>3</sup>					
	2002		0,8	0,5	4,2
	2004		1,1	0,8	3,1
<b>Teneurs foliaires (sapin pectiné)</b>					
93-97 mg/g					
Azote (N)			12,5	12,3	14,4
Potassium (K)			7,2	4,5	7,2
Phosphore (P)			1,3	0,9	1,7
Magnésium (Mg)			1,5	0,6	1,6
Soufre (S)			1	0,9	1
Calcium (Ca)			7,3	3,9	10,3
<b>Teneurs en métaux lourds dans les mousses</b>					
1996 µg/g ms					
Arsenic (As)			0,3	0,001	17,6
Cadmium (Cd)			0,1	0,01	8,4
Chrome (Cr)			3,3	0,04	438
Cuivre (Cu)			6,1	0,4	650
Fer (Fe)			791	18,2	18600
Mercuré (Hg)			< 0,06	0,001	1,33
Nickel (Ni)			1,54	0,03	235
Plomb (Pb)			4,95	0,22	443
Vanadium (V)			2	0,14	54,2
Zinc (Zn)			36	1	850