

LA PLACETTE D'OBSERVATION RENECOFOR EN FORÊT D'ABRESCHVILLER (SP 57)

Période d'observation 1992-2003

1. Situation de la placette

La placette SP 57 est située en Moselle, en forêt domaniale d'Abreschviller sur un terrain en pente (20 %) exposé au nord-ouest. Cette zone continentale (400 m d'altitude) appartient à la région IFN¹ «Hautes Vosges Gréseuses».

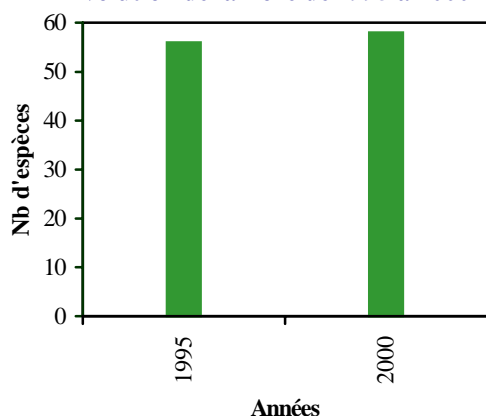
2. Description du peuplement

Cette futaie régulière est composée essentiellement de sapin pectiné (*Abies alba*) mélangé à de l'épicéa commun (*Picea abies*) et du hêtre (*Fagus sylvatica*). Elle est âgée de 63 ans (âge moyen à 1,3 m du sol, en 2003) et provient d'une régénération naturelle.

3. La station

Du point de vue phytosociologique le peuplement se rattache au *Luzulo luzuloidis-Fagenion sylvaticae*. L'inventaire floristique réalisé en 1994/95 recensait 56 espèces. En 2000, le nombre d'espèces observées était de 58. La diversité floristique totale de la placette est moyenne

Evolution de la flore de 1995 à 2000



Le rapport carbone organique sur azote (C/N), est de 18 pour l'horizon 0-10 cm. Cela indique une minéralisation faible de l'azote et une décomposition de l'humus (oligomull) moyenne.

En 1995, les stocks en carbone organique dans la couche minérale (0-40 cm) sont de 60,8 t/ha, ceux en azote de 3 t/ha et ceux en calcium de 226 kg/ha.

La capacité d'échange cationique³ (CEC) est limitée et le taux de saturation⁴ en cations basiques est faible (< 60 %). Cela débouche sur des teneurs en bases échangeables⁵ faibles pour le calcium, très faibles pour le magnésium et le potassium. Ce sol possède donc des potentialités limitées et mal utilisées.

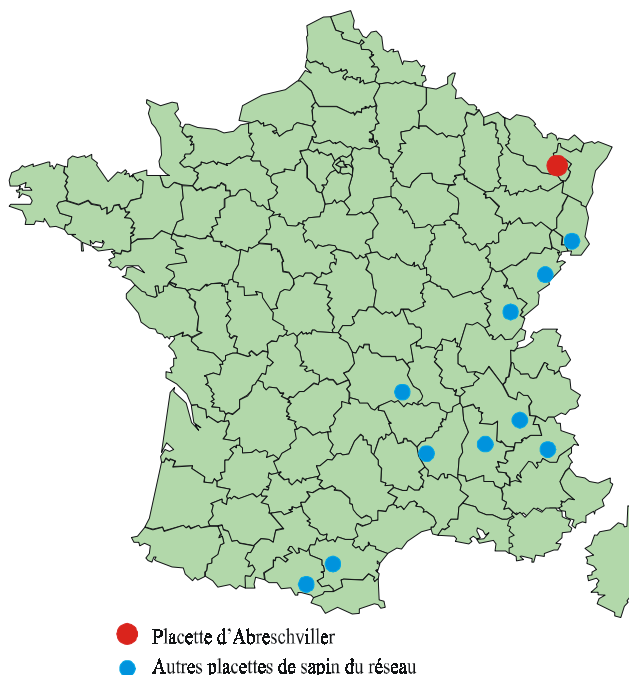
¹ = division territoriale (par l'Inventaire Forestier National), si possible traditionnellement reconnue, où règnent des conditions similaires d'un point de vue forestier

² = classement des particules de sol en fonction de leur taille

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

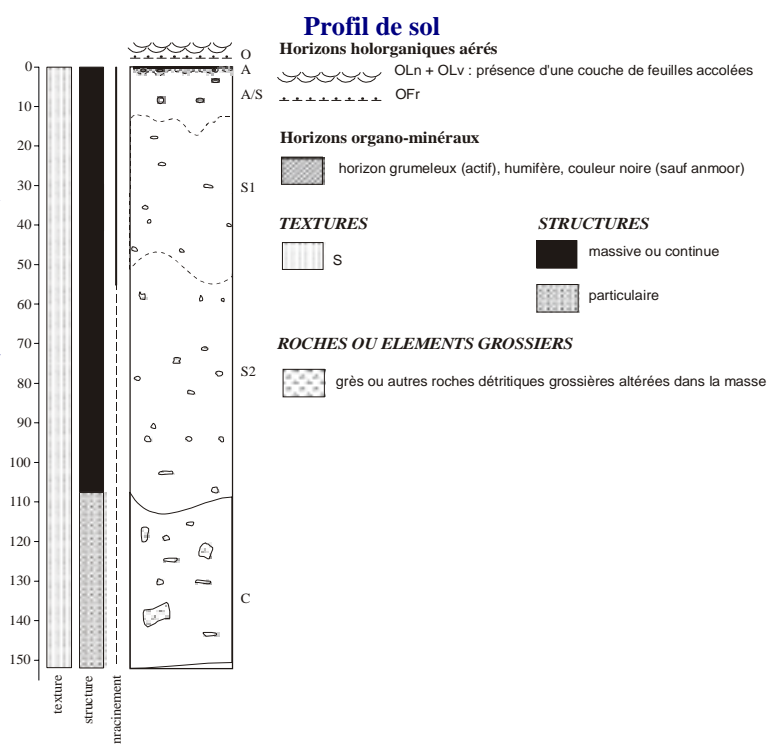
⁴ = rapport entre la somme des bases échangeables (Ca, Mg, K) et la capacité d'échange cationique (en %)

⁵ = quantité de cations basiques échangeables (Ca²⁺, Mg²⁺ et K⁺) contenus dans le sol



comparée aux autres placettes de sapin pectiné du réseau mais pour les mousses c'est la deuxième plus riche après SP 09 (Ariège). La très forte densité de cervidé occasionne un grand nombre d'abrouissements. Le sanglier est aussi présent en forte densité.

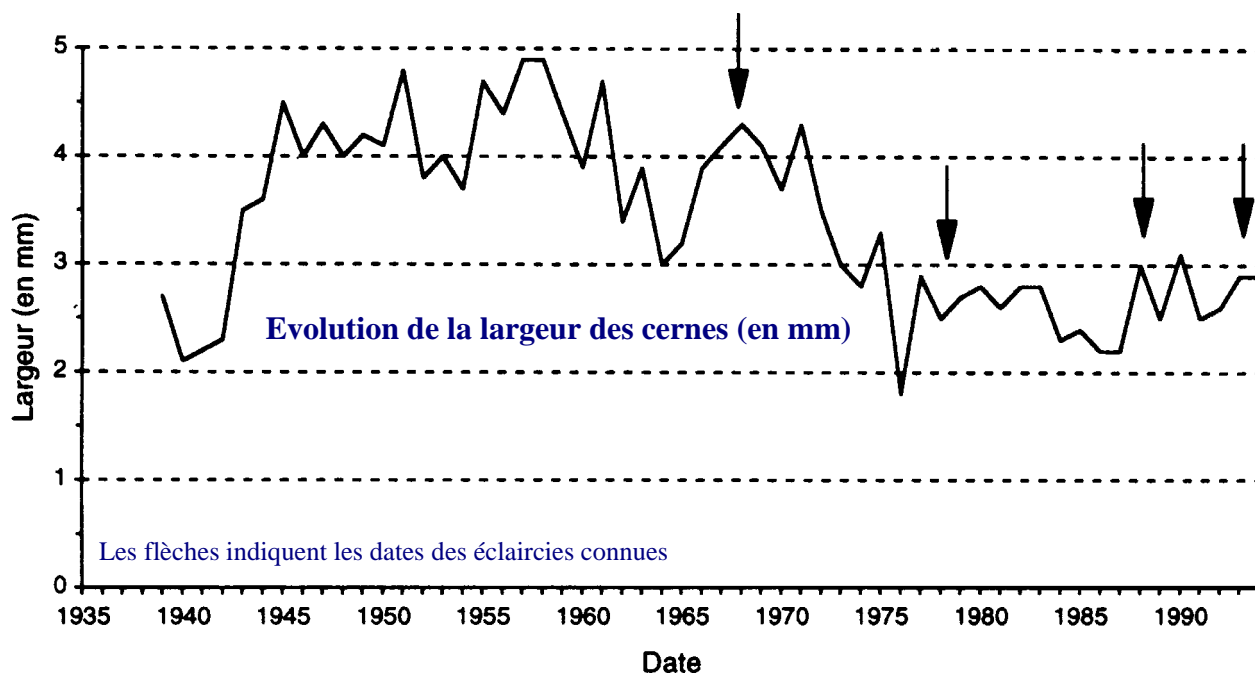
Le substrat géologique se compose de grès Vosgien. Il en résulte une texture² sableuse. Nous sommes en présence d'un sol brun acide (selon Duchaufour). Cette station peut être rattachée au catalogue des stations forestières des Hautes Vosges gréseuses alsaciennes. Le type de station est une hêtraie sapinière mésoacidiphile à luzule blanche et fétuque des bois.



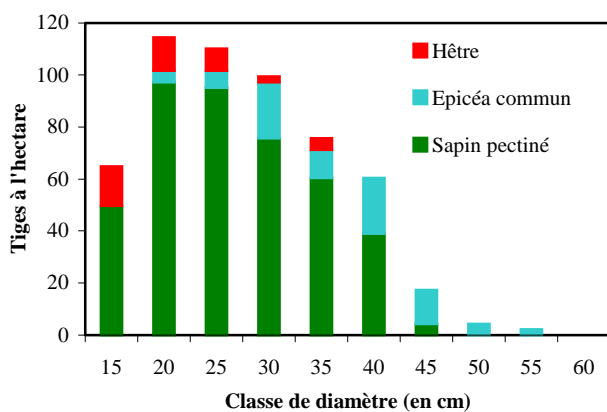
La réserve utile maximale, qui indique les possibilités de stockage du sol en eau disponible pour les plantes, est estimée à 65 mm pour une prospection racinaire d'un mètre, ce qui représente des potentialités faibles. Mais cette réserve est correcte comparée au déficit pluviométrique moyen de Badonviller (40 mm).

4. Le peuplement d'un point de vue sylvicole

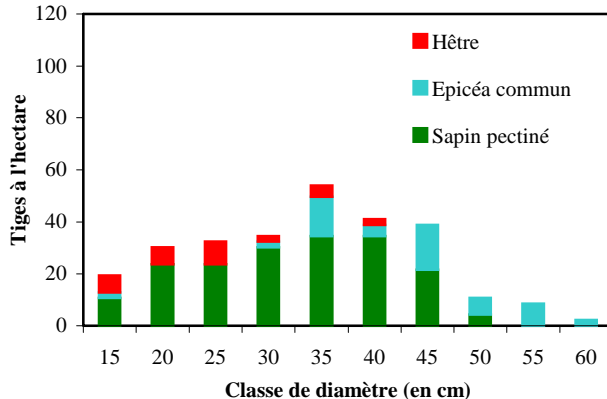
Depuis son origine, le peuplement présente un accroissement radial moyen de 3,4 mm/an. Parallèlement à la décroissance, liée en partie à l'effet biologique normal de l'âge, le peuplement présente des variations interannuelles plus ou moins fortes, comme par exemple 1976 qui fût une année de faible croissance en raison de la forte sécheresse. Sur la période 1980-1994, l'accroissement radial moyen est de 2,6 mm/an. Ces dernières années les largeurs de cernes tendent à légèrement augmenter probablement en relation avec les éclaircies pratiquées.



Distribution des diamètres en 1992



Distribution des diamètres en 2000



Cette futaie régulière de sapin pectiné est mélangée avec de l'épicéa commun et du hêtre.

En 1992, le peuplement possédait dans sa globalité (catégorie de précomptage = 15 cm) 550 tiges/ha dont 420 tiges/ha de sapin. La surface terrière totale était de 36 m²/ha, celle du sapin représentait ≈ 70 % de celle-ci (25 m²/ha). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement était de 29 cm (calculé à partir de la surface terrière), celui du sapin était de 28 cm.

Pour 1995, le peuplement se composait de 540 tiges/ha dont 410 tiges/ha de sapin. La surface terrière totale était de 39 m²/ha, celle du sapin était toujours ≈ à 70 % de celle-ci (27 m²/ha). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement passe à 30 cm et celui du sapin à 29 cm.

Avant l'exploitation de 1997, le peuplement possédait dans sa globalité 530 tiges/ha dont 400 tiges/ha de sapin. La surface terrière totale avait augmenté à 41 m²/ha, celle du sapin représentait 29 m²/ha (≈ 70 % de la surface terrière totale). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement était de 32 cm et de 30 cm pour le sapin.

Après l'exploitation de 1997, la densité totale passe à 370 tiges/ha (prélèvement de 160 tiges/ha soit ≈ 30 %), celle du sapin à 270 tiges/ha (prélèvement de 130 tiges/ha soit ≈ 33 %). La surface terrière totale est réduite à 32 m²/ha (prélèvement de 9 m²/ha soit ≈ 22 %), celle du sapin à 21 m²/ha (prélèvement de 8 m²/ha soit ≈ 28 %). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement augmente à 33 cm et celui du sapin à 32 cm.

⁶ = arbre qui possède la surface terrière moyenne

En 2000, la densité globale était réduite à 270 tiges/ha dont 185 tiges/ha de sapin. La surface terrière totale diminuait à 27 m²/ha, celle du sapin à 16 m²/ha (≈ 60 % de la surface terrière totale). Le diamètre moyen de l'ensemble du peuplement était de 35 cm et celui du sapin de 34 cm. La diminution du nombre de tiges est dû aux chablis de la tempête du 26 décembre 1999.

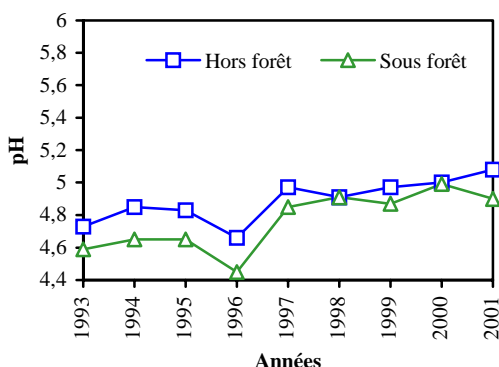
En 2000, l'arbre moyen de l'étage principal possède un diamètre (Dg) de 34 cm et une hauteur (Hg) de 29 m. Nous obtenons un coefficient d'élancement (Hg/Dg) de 85 qui indique une stabilité moyenne vis à vis des risques de chablis.

En comparant les sapins du peuplement (Ho⁷ = 28 m et 270 tiges/ha) à la norme « fertile » du Bulletin technique n°31, nous observons que la densité est légèrement supérieure à la norme.

5. Les retombées atmosphériques entre 1993 et 2001

La **pluviosité** annuelle moyenne hors couvert forestier représente 1426 mm, celle sous couvert 785 mm. Les cimes des arbres jouent le rôle d'un filtre, en raison de leur surface réceptrice sur laquelle les faibles pluies sont interceptées partiellement puis s'évaporent. L'interception moyenne des houppiers de ce peuplement avoisine les 45 %. Le maximum de pluviosité est atteint en 1995 avec 1688 mm hors forêt et 919 mm sous forêt. L'année la plus sèche de la période est 1996, avec 1067 mm hors couvert forestier et 575 mm sous forêt.

Evolution du pH de 1993 à 2001



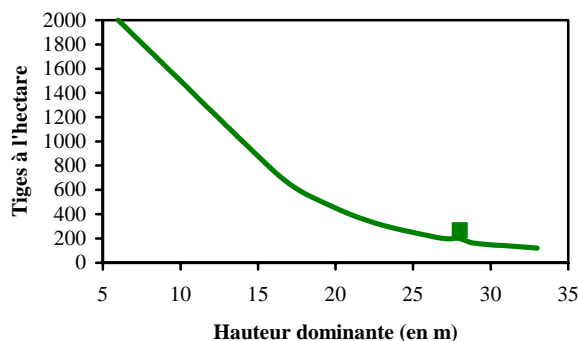
Parmi les cations basiques, le **calcium** est l'élément phare, car il domine dans la majorité des sols forestiers et joue un rôle essentiel dans leur capacité à compenser l'acidification. Les apports par les précipitations sont donc importants à considérer, en particulier pour les sites sensibles à l'acidification, comme celui-ci. L'apport en calcium dans les précipitations hors forêt représente en moyenne 4,2 kg/ha/an. Le rôle de filtre joué par les houppiers explique les teneurs plus élevées pour les dépôts sous forêt avec 7,6 kg/ha/an.

Moyenne des dépôts de 1993 à 2001

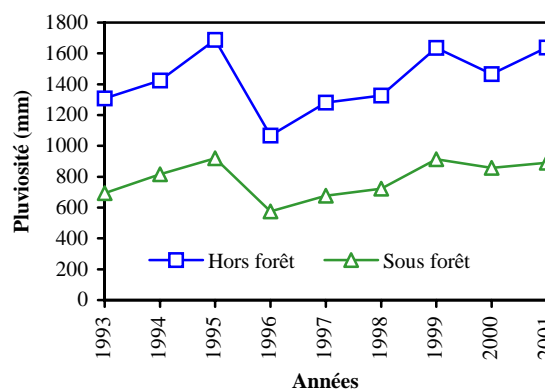
	Dépôts hors couvert	Dépôts sous couvert
Potassium (kg/ha/an)	2	22,3
Magnésium (kg/ha/an)	0,5	1,2
Chlorure (kg/ha/an)	6,9	13,6
Sodium (kg/ha/an)	3,9	5,6
Aluminium (g/ha/an)	-	192
Fer (g/ha/an)	-	70
Manganèse (g/ha/an)	-	2 897

L'**aluminium**, le **manganèse** (les plus forts dépôts du réseau) et le **fer** sont exclusivement analysés dans les précipitations sous couvert forestier.

Comparaison avec le guide sylvicole

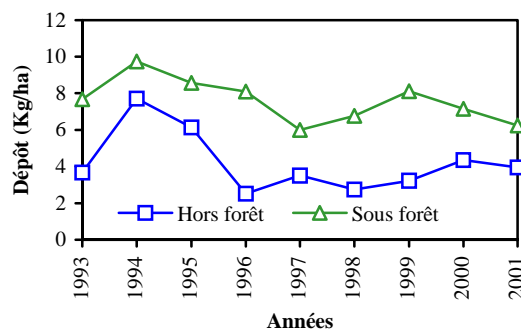


Pluviosité hors et sous couvert forestier de 1993 à 2001



En absence de toute pollution, l'eau de pluie aurait un **pH** proche de 5,5. Dans les précipitations hors couvert forestier le pH est acide (4,9). Il reste proche de celui-ci sous couvert forestier (4,8). Nous pouvons noter une légère tendance à l'augmentation du pH sur la période 1993-2001, avec une baisse marquée en 1996 qui est l'année la plus sèche de la période.

Dépôts annuels en calcium de 1993 à 2001



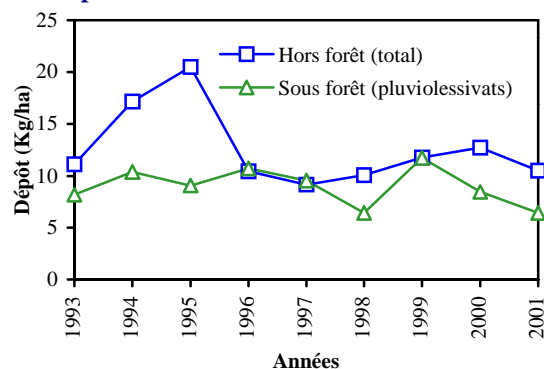
Les dépôts sous forêt de **potassium** et de **magnésium**, sont supérieurs à ceux hors forêt. Cet enrichissement est essentiellement dû au lessivage naturel du feuillage. Ce processus fait partie du cycle nutritif interne des arbres.

Les **chlorures** et le **sodium** proviennent surtout des apports marins. Cela explique les faibles dépôts en forêt d'Abreschwiller. 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.

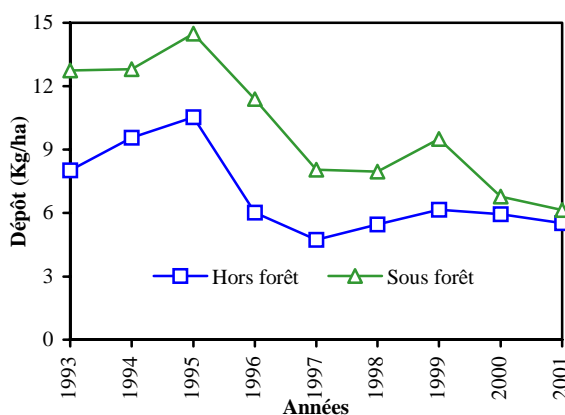
⁷ = hauteur moyenne des 100 plus gros sapin sur un hectare

Les dépôts en **azote** sous forme d'ammonium ($N-NH_4^+$) (essentiellement produit par l'élevage) sont supérieurs à ceux sous forme de nitrate ($N-NO_3^-$) (essentiellement produit par les émissions automobiles) hors forêt ($N-NH_4^+ = 7,2$ kg/ha/an, $N-NO_3^- = 5,4$ kg/ha/an), mais ils sont inférieurs sous forêt ($N-NH_4^+ = 3,7$ kg/ha/an, $N-NO_3^- = 5,3$ kg/ha/an). Les dépôts des pluies hors forêt, d'azote minéral total⁸ atteignent 12,6 kg/ha/an. Les dépôts sous forêt se réduisent à 9 kg/ha/an, 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 végétation. Ils sont donc disponibles pour les végétaux et risquent moins d'être lessivés par le drainage, bien que nous observions régulièrement du nitrate et de l'ammonium dans les solutions de sol à 70 cm. Les valeurs définissant les limites des dépôts azotés, au-dessus desquelles il existe des risques d'eutrophisation⁹ 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 d'Abreschviller (9 kg/ha/an) sont compris dans cette gamme, il y a donc un risque d'eutrophisation.

Dépôts annuels en azote de 1993 à 2001



Dépôts annuels en soufre de 1993 à 2001



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 critiques¹⁰ pour le soufre en France, selon la sensibilité de l'écosystème (3,2 kg/ha/an et 16 kg/ha/an). Les dépôts hors (6,9 kg/ha/an) et sous forêt (10 kg/ha/an) sont compris entre ces valeurs seuils. Il y a donc un risque d'acidification. Nous observons une diminution marquée des concentrations sous forêt de 1993 (1,84 mg/l) à 2001 (0,69 mg/l). En raison de la baisse des émissions industrielles, les dépôts soufrés devraient dans l'avenir continuer à diminuer.

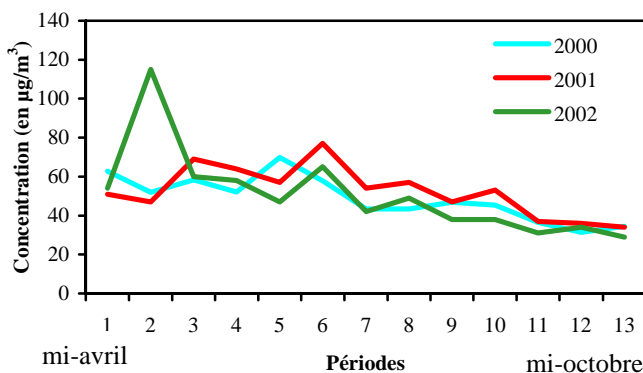
6. Les concentrations en ozone et en ammoniac dans l'air

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 (la tropopause) est le siège de 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 $51 \mu g/m^3$ de 2000 à 2002 (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 $85 \mu g/m^3$ en moyenne sur 24 heures. Les moyennes sur 15 jours sont inférieures aux limites de toxicité pour la végétation pour 24 heures, il y a donc peu de risques.

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

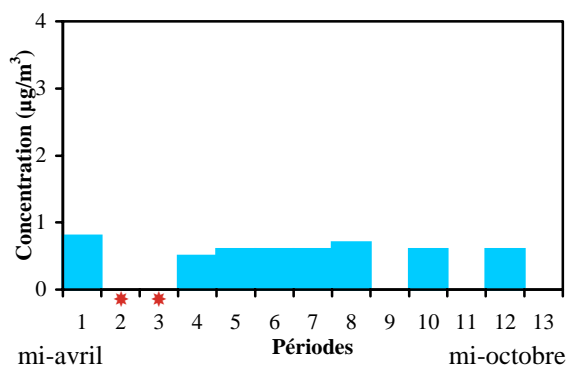


⁸ azote sous forme ammoniacale + azote sous forme de nitrate

⁹ enrichissement des milieux en éléments nutritifs (phosphate, nitrate, etc) pouvant entraîner un dysfonctionnement de l'écosystème en cas d'excès

¹⁰ si ces charges sont dépassées, il y a un risque de dysfonctionnement dans les écosystèmes

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



* Valeur manquante

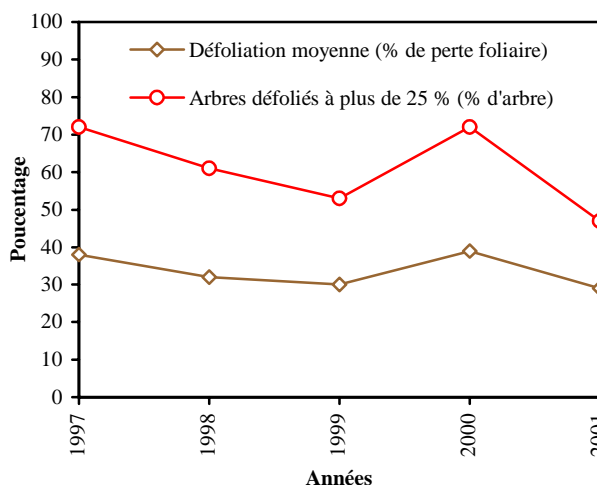
Nous sommes donc ici en présence de concentrations normales.

L'ammoniac (NH₃) 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. Il est transformé dans les sols en nitrite (NO₂⁻), puis en nitrate (NO₃⁻), 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 ≈ 0,5 µg/m³ en 2002, les plus faibles du réseau (calculé à partir de 11 périodes d'échantillonnage de 15 jours). Les concentrations « habituelles » varient de 0 à 35 µg/m³.

7. L'état sanitaire, la phénologie¹¹, les chutes de litière et les teneurs foliaires en nutriments

Perte foliaire



Les défoliations observées sur les 36 arbres « observations » de 1997 à 2001 sont importantes (≥ 30 %). En 1997 et 2000 elles avoisinent les 40 %. Des colorations anormales ont été observées chaque année.

Quelques arbres sont infestés par des « balais de sorcière » et du gui, mais ils ne semblent pas à l'origine des pertes foliaires et des décolorations.

Les « balais de sorcière » proviennent du mycélium sous-cortical d'un champignon basidiomycète (*Melampsorella caryophyllacearum*) qui perturbe le fonctionnement des bourgeons. Les pousses issues de ces bourgeons contaminés se ramifient pour donner naissance à un « balai de sorcière ». Lorsque le développement a lieu sur le tronc, il est appelé « chaudron » ou « dorger ». Ces renflements chancreux entraînent des risques de casse mécanique et l'installation d'autres agents pathogènes. De plus, ils peuvent aboutir au dessèchement des cimes.

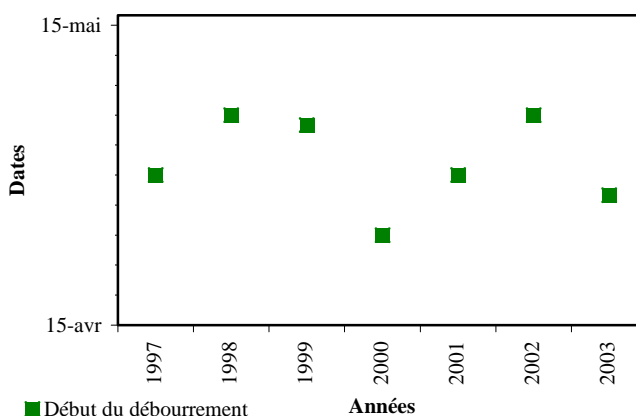
Les suçoirs du gui s'insèrent au travers de l'écorce dans l'aubier du tronc et des branches. Grâce à ses organes de fixation et de succion, cet hémiparasite puise l'eau et les sels

minéraux nécessaires à son développement dans la sève de l'hôte, assurant sa propre assimilation en carbone par la photosynthèse. Des cordons sous-corticaux permettent la multiplication végétative de la plante pour sa colonisation de l'hôte. Le gui entraîne une déformation des tissus ligneux, une diminution de la croissance et une baisse de la fructification de l'arbre infecté. Cette réduction de la vigueur peut favoriser les attaques d'autres ravageurs et augmenter la sensibilité au vent ou aux fortes chutes de neige. En cas de fort développement, cela peut déboucher sur la mort progressive de l'arbre.

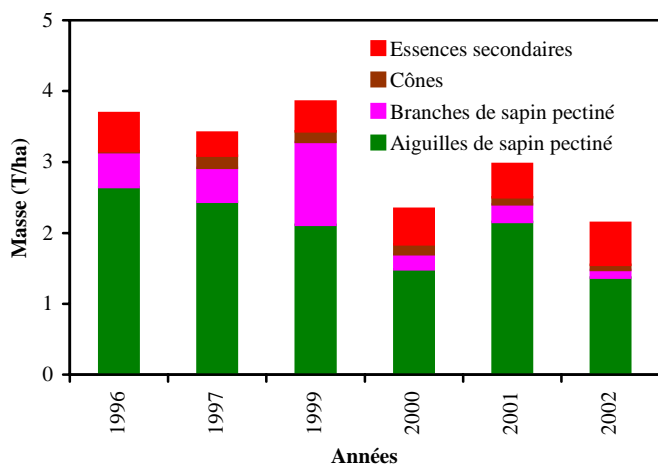
Les teneurs foliaires moyennes entre 1993 et 1997 en azote (14,1 mg/g), phosphore (1,3 mg/g), potassium (5,8 mg/g) et calcium (4,9 mg/g) se situent entre les seuils d'alimentation critique et optimal. Le soufre (0,9 mg/g) est compris entre les seuils de carence et critique. Le magnésium (0,6 mg/g) est quant à lui inférieur au seuil de carence. Les très faibles stocks de magnésium dans le sol semblent à l'origine de la carence foliaire qui pourrait expliquer les défoliations observées et les colorations anormales.

De 1997 à 2003, le débourrement des sapins pectinés a lieu vers fin avril, début mai.

Dates de débourrement



¹¹ = étude des phases de développement des plantes: débourrement foliaire

Retombées totales de litière

Les retombées totales de litière varient de 1996 à 2002 (1998 exclu) entre 2,1 t/ha et 3,9 t/ha. Les aiguilles de sapin pectiné représentent 1,4 à 2,7 t/ha, soit en moyenne 65 % des retombées totales. La masse restante est composée des branches de sapin pectiné (0,1 t/ha à 1,2 t/ha), des cônes désarticulés (10 kg/ha à 174 kg/ha) et des autres éléments (0,3 à 0,6 t/ha). Les fortes retombées de litière de 1999 sont dues aux chutes de branches occasionnées par la tempête du 26 décembre 1999.

Conclusion

Ce peuplement régulier de sapin pectiné est installé sur une station à sol pauvre. Actuellement la croissance des arbres est correcte, mais la carence en magnésium dans le feuillage et les fortes défoliations peuvent conduire à des problèmes de d'affaiblissement croissant.

Les apports relativement importants en azote par les précipitations peuvent poser des problèmes d'eutrophisation du milieu. Une partie de cet azote est absorbé durant la période de végétation, mais le reste risque d'être lessivé dans ce sol acide.

Le soufre, qui intervient dans les mécanismes d'acidification des sols, est en diminution dans les pluies. En raison de la baisse des émissions industrielles, les dépôts soufrés devraient dans l'avenir continuer à diminuer. Mais nous disposons de trop peu de recul pour prévoir comment et à quel rythme, les sols vont réagir aux excès passés.

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

Caractéristiques	Périodes	Unités	Placette d'Abreschviller	Valeur minimum RENECOFOR	Valeur maximum RENECOFOR
Végétation (sapin pectiné) 94-95					
Nombre d'espèces			58	37	109
Stocks dans le sol (0-40cm) 93-95					
Carbone organique		t/ha	60,8	7,8	188,9
Azote		t/ha	3	0,6	15,7
Calcium		kg/ha	226	18	21085
Pluviosité annuelle moyenne 93-01 mm/an					
Hors forêt			1426	796	2597
Sous forêt			785	524	2273
pH des précipitations 93-01					
Totales hors forêt			4,9	4,8	5,8
Sous forêt			4,8	4,1	6,3
Apport en calcium dans les précipitations 93-01 kg/ha/an					
Totales hors forêt			4,2	3	14,9
Sous forêt			7,6	5,9	20,5
Apport en azote dans les précipitations 93-01 kg/ha/an					
Totales hors forêt			12,6	4	16
Sous forêt			9	0,9	22,7
Apport en soufre dans les précipitations 93-01 kg/ha/an					
Totales hors forêt			6,9	3,8	14,8
Sous forêt			10	4,3	30
Concentration en ozone $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
	2000		49	42	92
	2001		53	43	88
	2002		51	45	87
Concentration en ammoniac $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
	2002		0,5	0,5	4,2
Teneurs foliaires (sapin pectiné) 93-97 mg/g					
Azote (N)			14,1	12,3	14,4
Potassium (K)			5,8	4,5	7,2
Phosphore (P)			1,3	0,9	1,7
Magnésium (Mg)			0,6	0,6	1,6
Soufre (S)			0,9	0,9	1
Calcium (Ca)			4,9	3,9	10,3