

LA PLACETTE D'OBSERVATION RENECOFOR EN FORÊT DE BAN (SP 25)

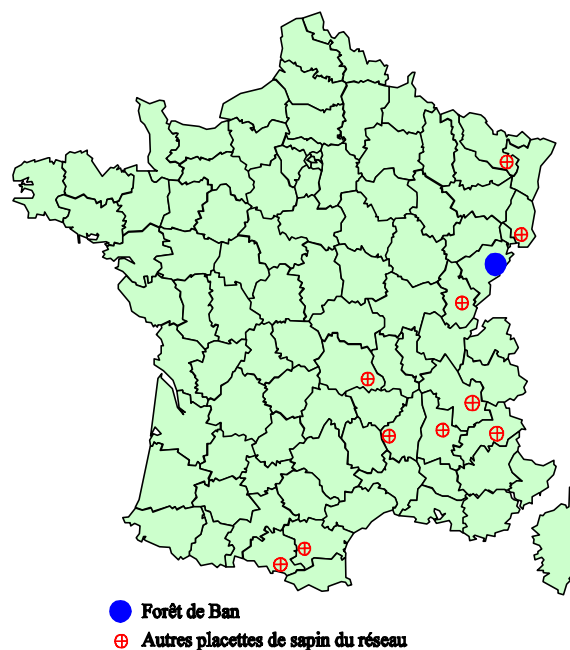
Période d'observation 1992-1998

1. Situation et sylviculture du peuplement

La placette SP 25 est composée d'un peuplement mélangé, le sapin pectiné (*Abies alba*) en est l'essence principale. Il cohabite avec l'épicéa commun (*Picea abies*) et le hêtre (*Fagus sylvatica*). Cette futaie irrégulière, dont les âges varient de 47 à 153 ans (âge moyen à 1,3 m de l'essence principale en 2000), est issue de régénérations naturelles pour ce qui concerne le sapin pectiné, le hêtre et d'un regarni pour l'épicéa. Le peuplement se situe dans une zone de montagne, en forêt domaniale de Ban, à 1000 m d'altitude, sur un terrain en pente (20 %), exposé nord-ouest.

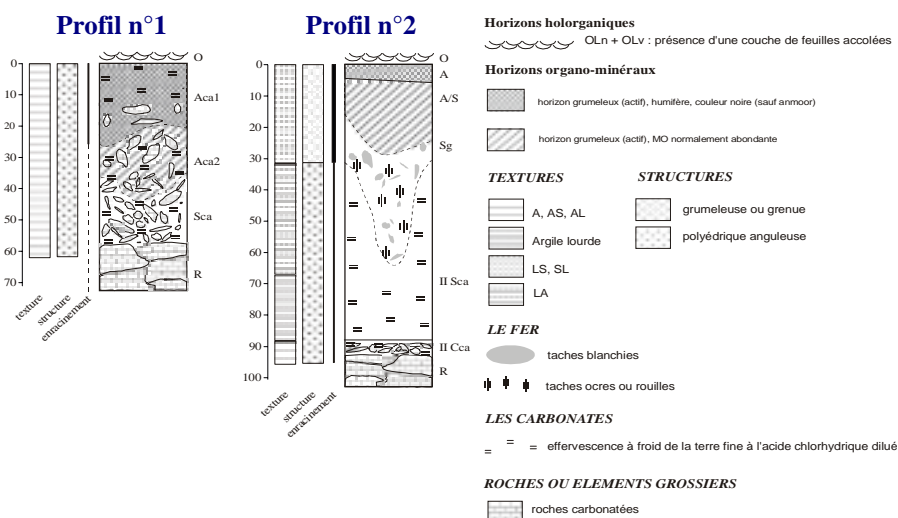
2. Histoire de la forêt et du peuplement

De 1050 à 1789 la forêt de Ban appartenait aux moines de Montbenoit. Ils y faisaient pâturer le bétail et ramassaient le bois mort. Vers 1669 certaines zones de la forêt subirent des chablis. En 1860 l'aménagement avait pour objectif la régularisation des peuplements.



3. La station

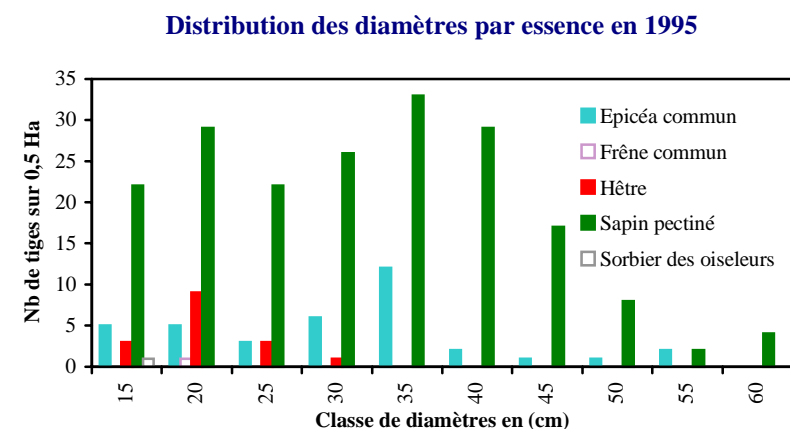
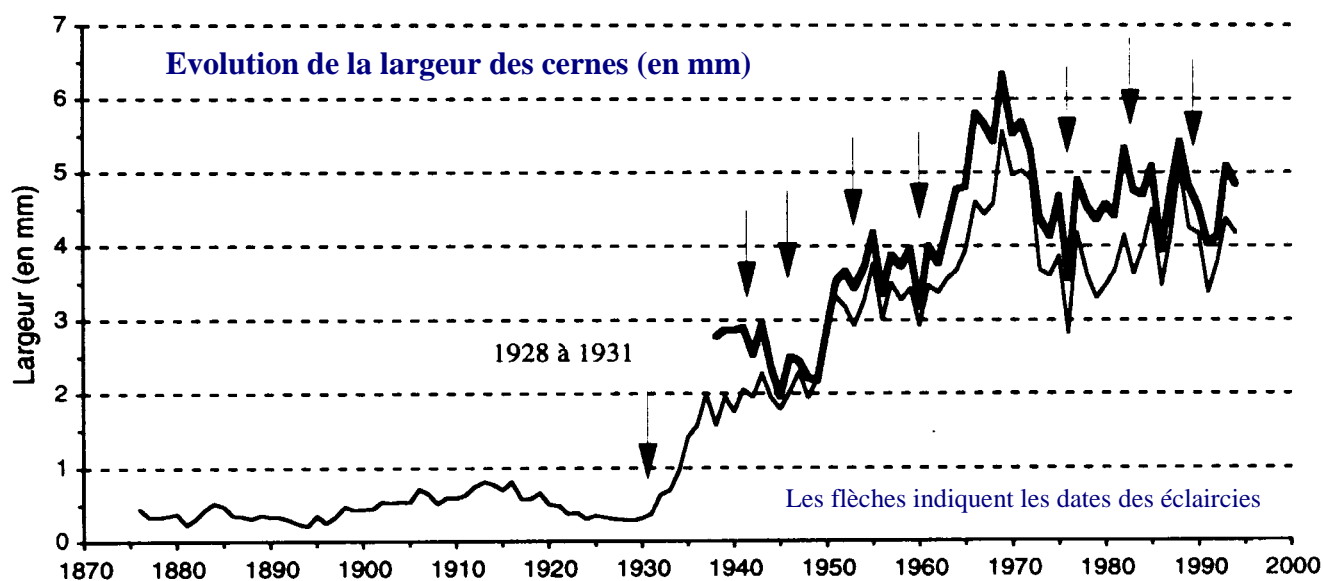
Du point de vue phytosociologique le peuplement se rattache au *Galio odorati-Fagenion*. L'inventaire floristique réalisé en 1994/95 recense 91 espèces, dont 3 dans la strate arborée, 74 dans la strate herbacée et 12 dans la strate muscinale. La placette se situe en troisième position derrière SP 05 (Hautes-Alpes) et SP 26 (Drôme), pour ce qui est de la diversité végétale des peuplements de sapin. La richesse de ce milieu ne se limite pas à la flore, deux animaux protégés y sont présents : le Grand Tétras (*Tetrao urogallus*) et le Lynx Boréal (*Lynx Lynx*).



Le substrat géologique se compose de calcaires du Séquanien (Jurassique). Une dalle de calcaire fissurée bloque en partie les racines qui sont abondantes en surface. La profondeur de blocage est très variable sur une même courbe de niveau, en raison de l'irrégularité du relief de la dalle. Le profil n°1 est peu profond (50 à 60 cm), il possède une texture argileuse, accompagnée d'une forte charge en cailloux (rendzine brunifiée selon Duchaufour). Le profil n°2 comporte un placage limoneux avec des traces d'hydromorphie au dessus des argiles, la dalle calcaire se situe à 1 m de profondeur (sol brun calcique hydromorphe selon Duchaufour). Pour les deux profils, l'humus (mésomull) et le rapport carbone organique sur azote (C/N = 14 pour l'horizon 0-10 cm) indiquent une décomposition rapide de la matière organique et une bonne minéralisation de l'azote, donc une activité biologique dynamique. En 1995, les stocks de carbone organique (115 t/ha), d'azote (9 t/ha) et de calcium (16 t/ha) dans la couche minérale (0-40 cm), sont parmi les plus importants des peuplements de sapin du réseau. Les teneurs en bases échangeables sont élevées pour le calcium, bonnes pour le magnésium et moyennes pour le potassium. Cela est dû à une grande capacité d'échange cationique (CEC), et un taux de saturation maximum (compris entre 94 et 100 %). Ce sol fonctionne donc correctement. La réserve utile maximale, qui indique les possibilités de stockage du sol en eau disponible pour les plantes, varie de 50 mm pour le profil n°1 à 160 mm pour le profil n°2, ce sol possède donc des potentialités moyennes voire faibles. Le déficit de pluviométrie de Pontarlier pendant la période de végétation étant nul, les réserves sont suffisantes pour alimenter le peuplement durant la période de végétation.

4. Le peuplement d'un point de vue sylvicole

Depuis 1930, 8 coupes ont été réalisées dans ce peuplement à structure irrégulière. Les arbres les plus anciens ont eu un accroissement moyen en diamètre inférieur à 1 mm de 1875 à 1930, puis la croissance a fortement augmenté. Les arbres plus jeunes ont depuis 1937 suivi les mêmes variations que les anciens mais avec un accroissement moyen en diamètre plus important.



Dans sa globalité le peuplement possédait en 1995, 580 tiges/ha, la surface terrière était de 42 m²/ha, et le diamètre moyen de 28 cm. Les arbres de l'essence principale (Sapin pectiné) présentent les caractéristiques dendrométriques suivantes : 430 tiges/ha, 34 m²/ha de surface terrière et un diamètre moyen de 29 cm.

En replaçant le peuplement dans la typologie des futaies irrégulières résineuses du deuxième plateau et des pentes intermédiaires du massif

jurassien, on observe que le type actuel est une futaie irrégulière à excédent de bois moyen typique. L'évolution souhaitable définie dans l'ouvrage intitulé « Les futaies irrégulières résineuses du Massif Jurassien » (Direction régionale de Franche-Comté, 1994) est le passage à la futaie jardinée riche en gros bois.

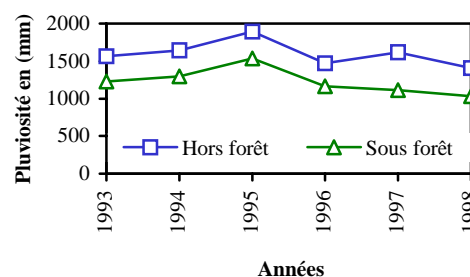
Surface terrière par classe de diamètre

	Petit bois (20, 25 cm)	Bois moyen (30, 35, 40 cm)	Gros bois (45, 50, 55, 60 cm)	Très gros bois (65 cm et +)
G (en m ² /ha)	4	17	12	0
% de G	12	52	36	0

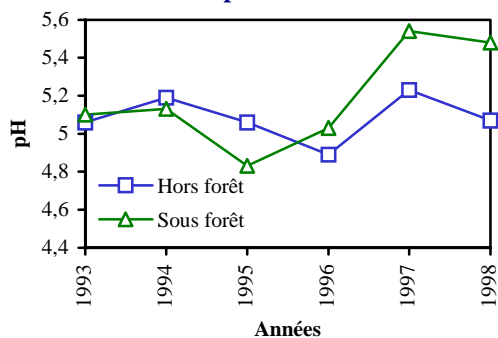
5. Les retombées atmosphériques entre 1993 et 1998

Les pluviosités moyennes entre 1993 et 1998 hors couvert forestier (1600 mm) et sous couvert (1230 mm) sont les deuxièmes plus importantes après HET 30 (Gard). Les précipitations étant bien réparties dans l'année, le peuplement n'est pas soumis à de grandes périodes de sécheresse. 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 cimes de ce peuplement avoisine les 25 %.

Pluviosité hors et sous couvert forestier de 1993 à 1998



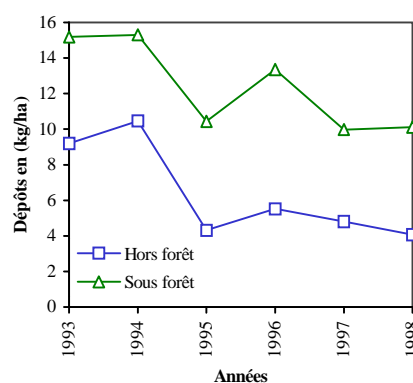
Evolution du pH de 1993 à 1998



En absence de toute pollution, l'eau de pluie a un pH proche de 5,5. Le pH des précipitations proprement dites hors couvert forestier est légèrement acide (pH \approx 5,1). Le pH des précipitations totales hors couvert forestier (pH = 5,1) reste identique à celui des précipitations proprement dites hors couvert forestier, les dépôts secs ne le modifient donc pas ou peu. Le pH des précipitations sous couvert forestier est légèrement plus élevé (pH = 5,2) car l'eau s'enrichit au contact des houppiers d'ions de nature alcaline. Mais cela n'a pas toujours été le cas, car en 1994 et 1995 le pH des précipitations totales hors couvert forestier est supérieur à celui des précipitations sous couvert forestier. Ce phénomène peut s'expliquer par la forte pluviosité lors de ces deux années (1994 : 1645 mm et 1995 : 1891 mm). De ce fait les ions de nature alcaline ont été fortement dilués.

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 résister à l'acidification. Son apport par les précipitations est donc un grand avantage. Les dépôts de calcium dans les précipitations proprement dites hors forêt représentent 5,6 kg/ha/an, les dépôts totaux hors forêt s'enrichissent des retombées sèches pour atteindre 6,4 kg/ha/an. Le rôle de filtre joué par les houppiers explique les teneurs plus élevées dans les apports sous forêt avec 12,4 kg/ha/an. Pour l'ensemble des autres éléments nous observons les mêmes tendances que pour le calcium, avec des amplitudes différentes.

Dépôts annuels en calcium de 1993 à 1998

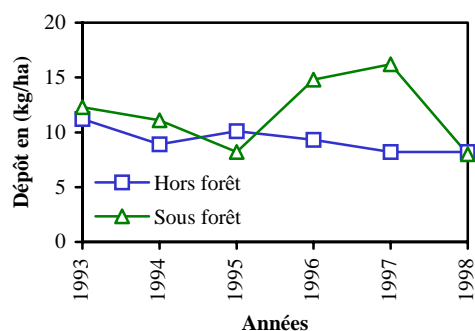


Dépôts de 1993 à 1998

	Dépôts hors couvert	Dépôts sous couvert
Potassium (kg/ha/an)	0,6	24,3
Magnésium (kg/ha/an)	0,3	2
Chlorure (kg/ha/an)	5,4	15
Sodium (kg/ha/an)	3,6	6,9
Aluminium (g/ha/an)		255
Fer (g/ha/an)		74
Manganèse (g/ha/an)		407

manganèse et le **fer** sont exclusivement analysés dans les précipitations sous couvert forestier. On observe pour ces éléments une grande variabilité des dépôts entre les années.

Les dépôts d'**azote** sous forme d'ammonium (NH_4^+) sont supérieurs à ceux sous forme de nitrate (NO_3^-) hors forêt et inférieurs sous forêt. Les dépôts d'azote minéral total des pluies proprement dites hors forêt atteignent en moyenne 8,4 kg/ha/an, les dépôts totaux hors forêt représentent 9,3 kg/ha/an et les dépôts sous forêt s'élèvent à 11,8 kg/ha/an. 50 % des dépôts sous forêt sont apportés durant la période de végétation. Ces dépôts sont donc à disposition des végétaux et risquent moins d'être lessivés par le drainage. Les 50 autres pour-cent qui se déposent en dehors de la période de végétation seront sûrement stockés, du fait de la forte capacité d'échange cationique du sol. Les valeurs définissant la gamme des dépôts azotés ne causant pas d'eutrophisation² 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 Ban (11,8 kg/ha/an) sont compris dans cette gamme.

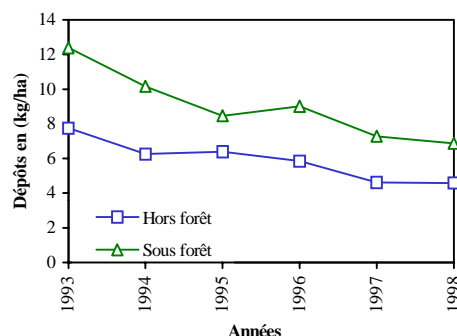
Dépôts annuels en azote total¹ de 1993 à 1998

¹ azote sous forme d'ammoniac + azote sous forme de nitrate

² Enrichissement des milieux en éléments nutritifs (phosphate, nitrate, etc) pouvant entraîner un dysfonctionnement de l'écosystème en cas d'excès

Les dépôts de **soufre** sous forme de sulfate proviennent essentiellement de sources industrielles, ils contribuent à l'acidification des milieux. Il existe deux seuils, qui correspondent aux limites haute et basse des charges critiques³ pour le soufre en France, selon la sensibilité de l'écosystème (3,2 kg/ha/an et 16 kg/ha/an). Les dépôts des précipitations proprement dites hors forêt représentent en moyenne 5,2 kg/ha/an. Les dépôts totaux hors forêt s'enrichissent des retombées sèches pour atteindre 5,9 kg/ha/an, et ceux sous forêt 9 kg/ha/an. Tous ces apports sont compris entre les valeurs seuils. Nous observons une tendance à la diminution $\approx 40\%$ entre 1993 et 1998 des dépôts soufrés (passant de 12,4 kg/ha/an à 6,9 kg/ha/an hors forêt et de 7,8 kg/ha/an à 4,9 kg/ha/an sous forêt). Cette baisse provient certainement en grande partie de la réduction des émissions industrielles.

Dépôts annuels en soufre de 1993 à 1998



6. Les concentrations en ozone

Durant la période de végétation 1999, nous avons mesuré lors d'une première campagne les concentrations d'**ozone** à l'aide de capteurs passifs, avec en moyenne $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (calculées à partir de 13 périodes d'échantillonnage de 15 jours). Cette valeur moyenne est la plus haute des onze sites mesurés. Les concentrations sont restées élevées durant toute la période de végétation (valeur minimum $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur maximum $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Aucun seuil sur 15 jours n'est disponible pour le moment. Mais il existe des seuils limites de toxicité pour la végétation qui, selon le conseil européen, sont de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 1 heure et de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24 heures.

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

Aucun problème nutritionnel n'est à noter, mis à part des teneurs foliaires un peu faibles en azote (13,9 mg/g entre 1993 et 1997), en phosphore (1,3 mg/g entre 1993 et 1997) et en soufre (1 mg/g entre 1993 et 1997). Ces valeurs restent comprises entre les seuils d'alimentation critique et optimal. Les teneurs en potassium (6,1 mg/g entre 1993 et 1997), en calcium (8,7 mg/g entre 1993 et 1997) et en magnésium (1,4 mg/g entre 1993 et 1997) sont supérieures aux seuils optimaux. Les teneurs en calcium n'ont cessé de diminuer depuis 1993. Les défoliations, les colorations anormales, les attaques d'insectes et de champignons restent très faibles voire inexistantes pour ce peuplement.

Les retombées totales de litière varient de 3,1 t/ha à 4,9 t/ha de 1995 à 1998. Près de 60 % de cette masse provient des aiguilles de sapin (2 à 2,9 t/ha de 1995 à 1998). La masse restante est composée des branches de sapin (0,4 à 1,6 t/ha de 1995 à 1998), des cônes désarticulés (14 à 868 kg/ha de 1995 à 1998) et des éléments des essences secondaires (0,4 à 0,7 t/ha de 1995 à 1998). La masse de branches tombées durant l'hiver 1994/1995 est 10 fois supérieure à celle des hivers des autres années, les précipitations neigeuses de janvier 1995 semblent en être l'origine. Le nombre de cônes produits en 1997 est faible (14 kg/ha de cônes désarticulés), les gels tardifs de la deuxième moitié d'avril (-5°C le 22/04/1997) (période de floraison) en étant la cause principale.

Conclusion

Le peuplement est installé sur une station riche au niveau de son sol. Aucun problème de dépérissement n'est à noter. Pour ce qui est des dépôts d'azote, ils peuvent en partie être retenus dans le sol, donc les risques de lessivage sont réduits. Les dépôts en soufre restent importants mais leur diminution est nette, en raison de la baisse des émissions industrielles. Ils devraient dans l'avenir continuer à se réduire.

La deuxième campagne d'analyse des sols prévue pour 2003 - 2005 est une étape importante pour juger de l'évolution des sols. De même, le nombre d'années de suivi dans les autres domaines (retombées atmosphériques, analyses foliaires, état sanitaire, ...) est encore trop faible pour évaluer une tendance réelle. Ceci prouve l'importance d'un suivi à long terme.

³ Si ces charges sont dépassées, il y a un risque de déstabilisation des écosystèmes.

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

	Valeur minimum du réseau	Placette de Ban	Valeur maximum du réseau
Nb d'espèces végétales (peuplements de sapin)	37	91	119
Stocks de carbone organique dans le sol (0 - 40 cm)	7,8 t/ha	115 t/ha	188,9 t/ha
Stocks d'azote dans le sol (0 - 40 cm)	0,6 t/ha	9 t/ha	15,7 t/ha
Stocks de calcium dans le sol (0 - 40 cm)	18,1 kg/ha	16231,3 kg/ha	21085,4 kg/ha
Pluviosité moyenne hors forêt (de 1993 à 1998)	720 mm	1600 mm	2766 mm
Pluviosité moyenne sous forêt (de 1993 à 1998)	508 mm	1230 mm	2450 mm
pH des précipitations proprement dites hors forêt (de 1993 à 1998)	4,81	5,1	5,43
pH des précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998)	4,83	5,1	5,71
pH des précipitations sous forêt (de 1993 à 1998)	3,94	5,2	6,19
Apport en calcium dans les précipitations proprement dites hors forêt (de 1993 à 1998)	2,1 kg/ha/an	5,6 kg/ha/an	8,2 kg/ha/an
Apport en calcium dans les précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998)	2,6 kg/ha/an	6,4 kg/ha/an	15,1 kg/ha/an
Apport en calcium dans les précipitations sous forêt (de 1993 à 1998)	5,8 kg/ha/an	12,4 kg/ha/an	20,6 kg/ha/an
Apport en azote dans les précipitations proprement dites hors forêt (de 1993 à 1998)	5,1 kg/ha/an	8,4 kg/ha/an	9,2 kg/ha/an
Apport en azote dans les précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998)	3,7 kg/ha/an	9,3 kg/ha/an	15,8 kg/ha/an
Apport en azote dans les précipitations sous forêt (de 1993 à 1998)	0,7 kg/ha/an	11,8 kg/ha/an	23,8 kg/ha/an
Apport en soufre dans les précipitations proprement dites hors forêt (de 1993 à 1998)	3,1 kg/ha/an	5,2 kg/ha/an	9,1 kg/ha/an
Apport en soufre dans les précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998)	3,7 kg/ha/an	5,9 kg/ha/an	15,9 kg/ha/an
Apport en soufre dans les précipitations sous forêt (de 1993 à 1998)	4,5 kg/ha/an	9 kg/ha/an	34,9 kg/ha/an
Concentration en ozone (en 1999)	52 µg/m ³	92 µg/m ³	92 µg/m ³
Teneurs foliaires des peuplements de sapin en azote (de 1993 à 1997)	12,3 mg/g	13,9 mg/g	14,4 mg/g
Teneurs foliaires des peuplements de sapin en potassium (de 1993 à 1997)	5,1 mg/g	6,1 mg/g	7,2 mg/g
Teneurs foliaires des peuplements de sapin en phosphore (de 1993 à 1997)	0,9 mg/g	1,3 mg/g	1,7 mg/g
Teneurs foliaires des peuplements de sapin en magnésium (de 1993 à 1997)	0,58 mg/g	1,4 mg/g	1,6 mg/g
Teneurs foliaires des peuplements de sapin en soufre (de 1993 à 1997)	0,9 mg/g	1 mg/g	1 mg/g
Teneurs foliaires des peuplements de sapin en calcium (de 1993 à 1997)	3,9 mg/g	8,7 mg/g	10,3 mg/g

Mesures réalisées et périodicité

Type de mesures	Périodicité	Réalisation	Nombre de données recueillies sur la placette de Ban
Analyses foliaires	Années impaires	STIR + INRA	595
Pédologie et Chimie des sols	10 ans	Pédologue + STIR + INRA	903
Santé des arbres	Annuel	DSF	934
Dendrométrie	5 ans	STIR	9 242
Inventaire floristique	10 ans	Botaniste	1 906
Mesure de l'ozone durant la saison de végétation depuis 1999	2 semaines	Responsable + Labo	12
Mesure des dépôts atmosphériques	Mensuel	Responsable + Labo	7 319
Phénologie	Annuel	Responsable	10
Récolte des chutes de litières	4 fois par an	Responsable + STIR	266
Météorologie	Semi-horaire	Station météo	1 229 792
Evolution de la grande faune	Annuel	Responsable	221

Pour en savoir plus:

- A. Brêthes, E. Ulrich (coordinateurs), 1997 : RENECOFOR - Caractéristiques pédologiques des 102 peuplements du réseau, observations de 1994/95. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 112 - 3, 573 p.
- C. Cluzeau, E. Ulrich, M. Lanier, F. Garnier, 1998 : RENECOFOR - Interprétation des mesures dendrométriques de 1991 à 1995 des 102 peuplements du réseau. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 151 - 4, 309 p.
- E. Ulrich, M. Lanier, 1996 : RENECOFOR - Notice de présentation du Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 021 - 6, 38 p.
- E. Ulrich, M. Lanier, D. Combes, 1998 : RENECOFOR - Dépôts atmosphériques, concentrations dans les brouillards et dans les solutions du sol (sous-réseau CATAENAT) - Rapport scientifique sur les années 1993 à 1996. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 134 - 4, 135 p.
- F. Lebourgeois, 1997 : RENECOFOR - Etude dendrochronologique des 102 peuplements du réseau. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 075 - 5, 307 p.
- F. Poulin, E. Ulrich, M. Lanier, 1999 : RENECOFOR - Evolution des densités du gibier de 1980 à 1994. Editeur : Office National des Forêts, Département Recherche et Développement, ISBN 2-84207-188-3, 319p.
- J.-F. Dobremez, S. Camaret, L. Bourjot, E. Ulrich, A. Brêthes, P. Coquillard, G. Dumé, J.-L. Dupouey, F. Forgeard, C. Gauberville, J. Gueugnot, J.-F. Picard, J.-M. Savoie, A. Schmitt, J. Timbal, J. Touffet, M. Trémolières, 1997 : RENECOFOR - Inventaire et interprétation de la composition floristique des 101 peuplements - campagne 1994/95. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 111 - 5, 513 p.
- L. Croisé, C. Cluzeau, E. Ulrich, M. Lanier, A. Gomez, 1999 : RENECOFOR - Interprétation des analyses foliaires réalisées dans les 102 peuplements du réseau de 1993 à 1997 et premières évolutions interdisciplinaires. Editeur : Office National des Forêts, Département Recherche et Développement, ISBN 2-84207-189 - 1, 413 p.
- Q. Ponette, Ulrich, E., Brêthes, A., Bonneau, M., Lanier, M., 1997 : RENECOFOR - Chimie des sols dans les 102 peuplements du réseau, campagne de mesures 1993/95. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 100 - X, 427 p.
- R. Ponce, E. Ulrich, F. Garnier, 1998 : RENECOFOR - Essai de synthèse sur l'histoire des 102 peuplements du réseau. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 133 - 6, 237 p.
- F. Lebourgeois, 1997 : RENECOFOR - Etude dendrochronologique des 102 peuplements du réseau. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 075 - 5, 307 p.