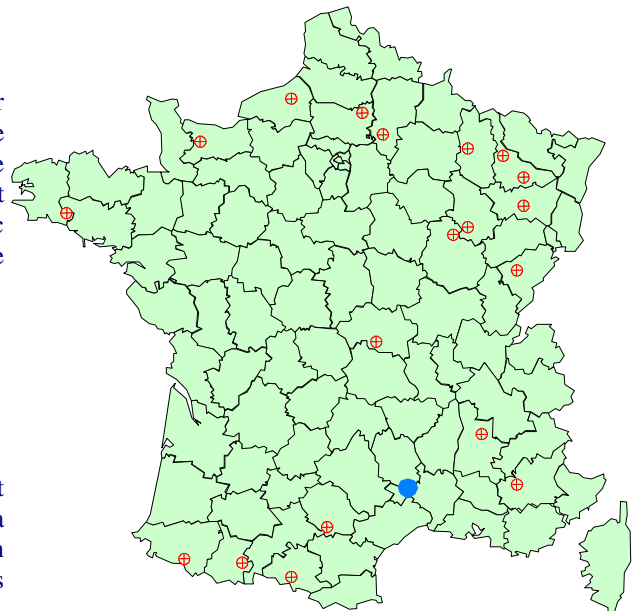


LA PLACETTE D'OBSERVATION RENECOFOR EN FORÊT DE L'AIGOUAL (HET 30)

Période d'observation 1992-1998

1. Situation et sylviculture du peuplement

La placette HET 30 est composée d'un peuplement pur de hêtre (*Fagus sylvatica*). Cette futaie régulière, âgée de 149 ans (âge moyen à 1,3 m en 2000), provient de rejets de souches. Elle se situe dans une zone de montagne, en forêt domaniale de l'Aigoual, sur un versant exposé sud-ouest, avec une pente moyenne de 25 %. Ce peuplement est installé sur le plus haut site du réseau pour ce qui concerne le hêtre (1400 m).



● Placette de l'Aigoual
⊕ Autres placettes de hêtre du réseau

2. Histoire de la forêt et du peuplement

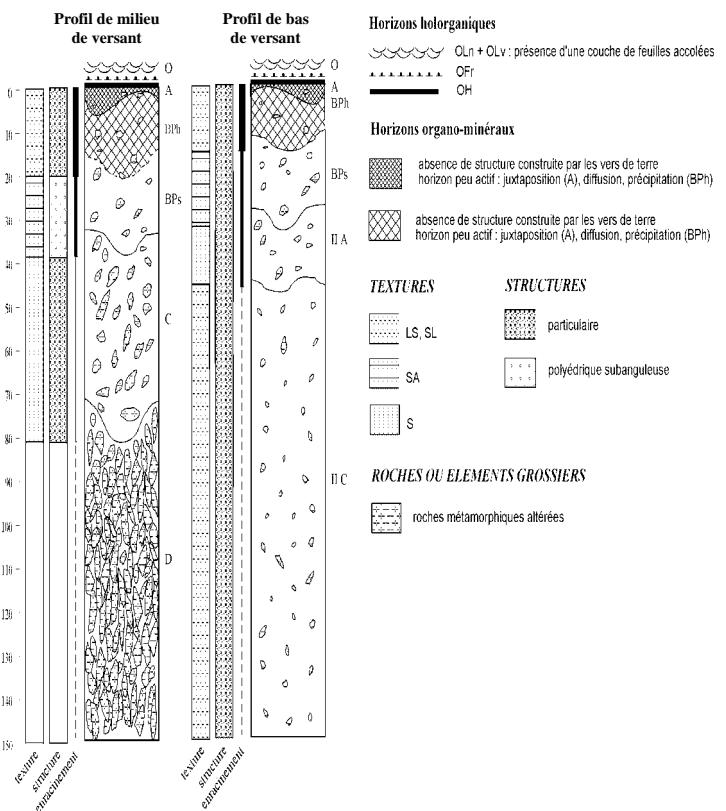
Avant d'être boisée la forêt domaniale de l'Aigoual était une zone de pâturage. Vers 1870, la forêt avait pour vocation la protection des terrains de montagne. Depuis son installation vers 1830-1873, le peuplement a connu cinq interventions sylvicoles.

3. La station

Du point de vue phytosociologique le peuplement se rattache au *Luzulo sp. pl.-Fagion sylvaticae*. L'inventaire floristique réalisé en 1994/95 recense 28 espèces, dont une seule dans la strate arborée. La diversité floristique totale de la placette est faible comparée aux autres peuplements de hêtre du réseau.

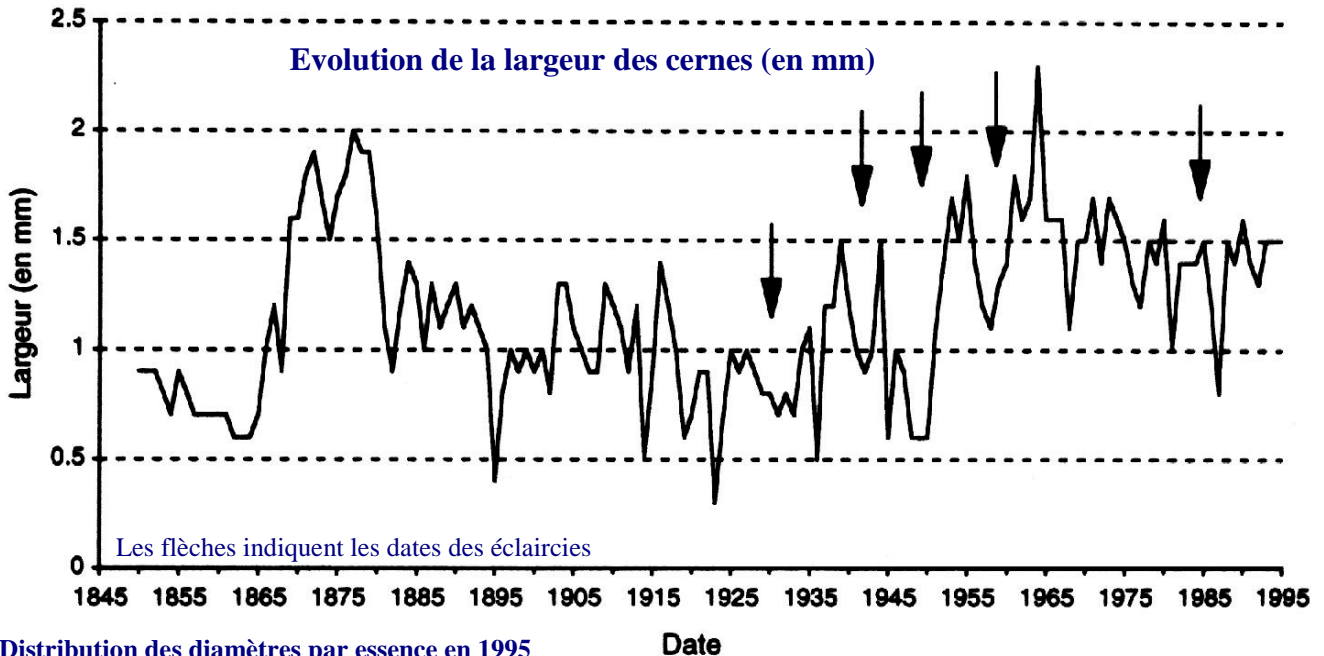
Le substrat géologique se compose de quartzites et de micaschistes. Le sol se caractérise par une texture sableuse à sablo-limoneuse. La charge en éléments grossiers reste moyenne en bas de versant, mais elle devient très forte en milieu de versant, nous sommes en présence d'un sol ocre podzolique (selon Duchaufour). En 1995, les stocks de carbone organique dans la couche minérale (0-40 cm) sont importants (109,9 t/ha) et ceux en azote sont moyens (5 t/ha). Cela entraîne une perturbation du rapport carbone sur azote ($C/N > 20$) et débouche sur une activité biologique et une minéralisation de l'azote réduite. Ce déséquilibre s'observe aussi dans la litière. Cela se caractérise par la forte présence de matière organique dans l'humus de ce peuplement (dysmoder). Le stock de calcium représente 162,3 kg/ha, c'est le deuxième plus faible des peuplements de hêtre du réseau. Les teneurs en bases échangeables sont moyennes pour le calcium, le magnésium et faibles pour le potassium. Cela est dû à une mauvaise capacité d'échange cationique (CEC) et à un taux de saturation moyen ($< 60\%$). Ce sol possède donc des potentialités limitées. La réserve utile maximale, qui indique les possibilités de stockage du sol en eau disponible pour les plantes, varie de 40 à 60 mm pour une profondeur prospectée par les racines de plus d'un mètre. Ce sol possède donc des réserves faibles, du fait de sa texture et de sa charge en éléments grossiers.

En comparant cette réserve au déficit de pluviométrie au Mont Aigoual pendant la période de végétation (environ 40 mm hors couvert), nous observons que le peuplement ne connaît pas de période de stress hydrique, malgré une faible réserve utile. Cela est dû aux fortes précipitations sur ce site.

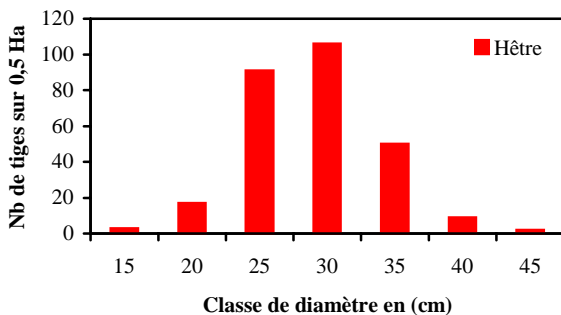


4. Le peuplement d'un point de vue sylvicole

Cette placette possède l'un des plus vieux peuplements de hêtre du réseau. Outre les fluctuations interannuelles de fortes amplitudes, le peuplement présente une augmentation du niveau moyen de croissance radiale depuis 1930. Au vu de l'historique des coupes, cette augmentation coïncide avec les premières éclaircies réalisées dans la parcelle. L'accroissement moyen sur la période 1850-1994 est de 1,2 mm/an. Cette valeur est proche de celles des deux autres placettes de hêtre d'altitude, âgées de plus de 100 ans (HET 09 dans l'Ariège et HET 26 dans la Drôme, 1,1 mm/an). L'accroissement moyen sur la période 1985-1994 est de 1,4 mm/an. Contrairement à la grande majorité des placettes du réseau, le facteur limitant la croissance de ce peuplement d'altitude n'est pas d'origine pluviométrique, mais plutôt lié aux températures.



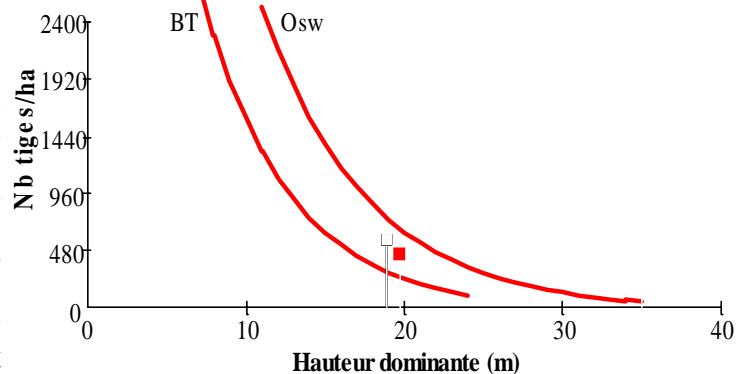
Distribution des diamètres par essence en 1995



Dans sa globalité le peuplement possédait en 1995, 570 tiges/ha, la surface terrière était de 38,1 m²/ha et le diamètre moyen de 29 cm.

Pour les 36 arbres « observations » le diamètre moyen est de 32 cm en 1995, avec une hauteur moyenne de 19 m. Nous obtenons un coefficient d'élanement (H/d) de 62 en 1995, qui indique une bonne stabilité vis à vis des risques de chablis.

Comparaison avec les guides sylvicoles

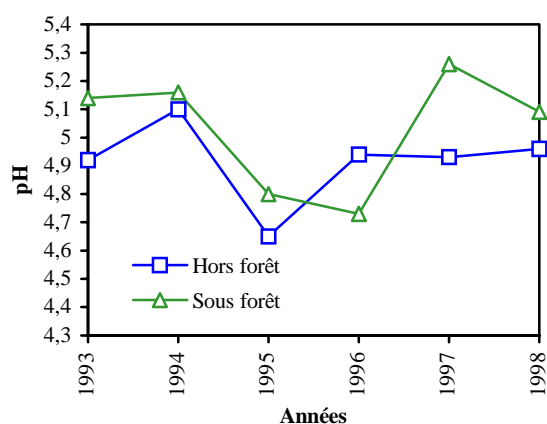


Le diamètre dominant (36 cm), est supérieur au diamètre moyen des 36 arbres « observations ». En utilisant la hauteur moyenne des 36 arbres « observations » comme hauteur dominante, nous la sous-estimons donc légèrement. La différence entre les deux valeurs étant faible nous considérerons que la hauteur moyenne en 1995 des 36 arbres « observations » équivaut à la hauteur dominante, afin d'identifier la norme sylvicole de référence. En comparant le peuplement, (19 m de Ho et les 570 tiges/ha) à la norme 3 pour le hêtre du Bulletin technique n° 31 et celle d'Oswald, nous observons que la densité est comprise entre les deux normes.

5. Les retombées atmosphériques entre 1993 et 1998

Les **pluviosités** moyennes hors couvert forestier entre 1993 et 1998 (2766 mm) et sous couvert (2450 mm) sont les plus élevées du réseau. Ce site est sous l'influence de précipitations aussi bien atlantiques que méditerranéennes. Nous pouvons noter une grande disparité de la pluviosité entre les années (4605 mm en 1996 et 1549 mm en 1998, hors couvert forestier). La pluviométrie de 1996 est due essentiellement aux très fortes pluies du mois de janvier (1400 mm hors forêt, soit 6 fois la moyenne mensuelle). Le régime des pluies est caractérisé par des épisodes pluvieux de très forte intensité. Entre 1995 et 1998 on a relevé 16 jours où la pluviométrie a dépassé 100 mm, alors qu'il n'y en a eu que 5 pour toutes les autres placettes sur la même période. Les cimes des arbres jouent un rôle de filtre peu important (interception de 11 %), car l'Aigoual est surtout soumis à de fortes pluies.

Evolution du pH de 1993 à 1998



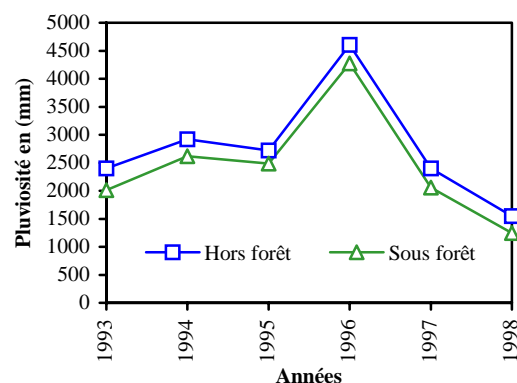
Parmi les cations basiques, le **calcium** est l'élément phare, car il domine dans la majorité des sols forestiers et joue un rôle essentiel dans leur capacité à résister à l'acidification. Son apport par les précipitations est donc un grand avantage. Les dépôts totaux de calcium hors forêt sont les deuxièmes plus importants du réseau (13,8 kg/ha/an) après le site des Hautes - Alpes (SP 05). Le rôle de filtre joué par les houppiers explique les teneurs plus élevées pour les dépôts sous forêt avec 20,6 kg/ha/an, ce sont les plus fortes du réseau. Les grandes variations des dépôts entre les années sont liées aux volumes des précipitations et non au niveau des concentrations. Pour l'ensemble des autres éléments nous observons les mêmes tendances que pour le calcium, avec des amplitudes différentes.

Dépôts de 1993 à 1998

| | Dépôts hors couvert | Dépôts sous couvert |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| Potassium (kg/ha/an) | 1,9 | 26,5 |
| Magnésium (kg/ha/an) | 1,7 | 3,9 |
| Chlorure (kg/ha/an) | 21 | 38,1 |
| Sodium (kg/ha/an) | 13,1 | 21,9 |
| Aluminium (g/ha/an) | | 400 |
| Fer (g/ha/an) | | 58 |
| Manganèse (g/ha/an) | | 619 |

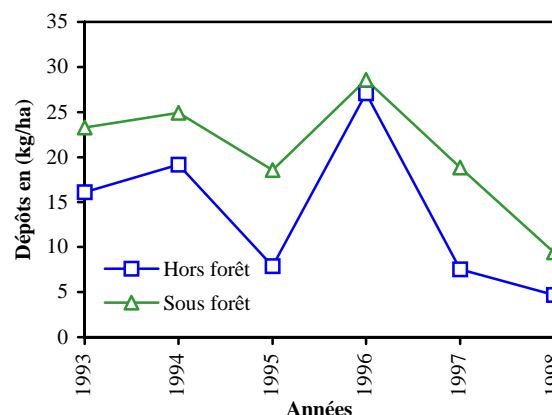
pour ces éléments une grande variabilité des dépôts entre les années.

Pluviosité hors et sous couvert forestier de 1993 à 1998



En absence de toute pollution, l'eau de pluie a un **pH** proche de 5,5. Le pH des précipitations totales hors couvert forestier (pH = 4,9) est légèrement inférieur au pH des précipitations sous couvert forestier (pH = 5), car l'eau s'enrichit au contact des houppiers d'ions de nature alcaline. 1996 est une exception du fait des très fortes pluies. En effet les ions de nature alcaline sont fortement dilués dans les pluies sous couvert.

Dépôts annuels en calcium de 1993 à 1998



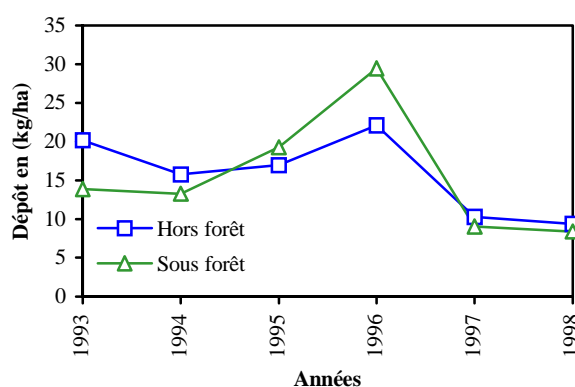
Pour le **potassium** et le **magnésium**, les dépôts hors forêt se situent dans la moyenne supérieure du réseau. Ceux sous forêt sont légèrement inférieurs à la moyenne pour le magnésium et supérieurs pour le potassium.

Les **chlorures** et le **sodium** proviennent surtout de la mer. Les valeurs de ces éléments s'approchent des moyennes du réseau. 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.

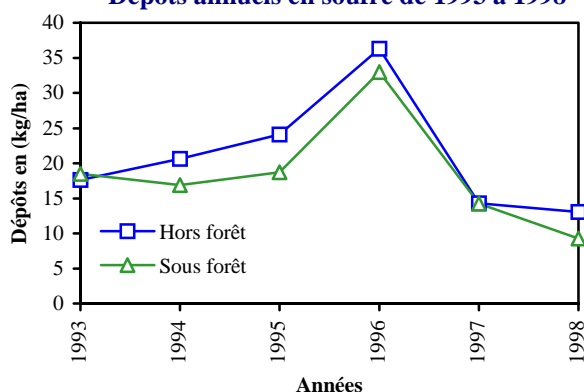
L'**aluminium**, le **manganèse** et le **fer** sont exclusivement analysés dans les précipitations sous couvert forestier. On observe

Les dépôts d'azote sous forme d'ammonium (NH_4^+) sont supérieurs à ceux sous forme de nitrate (NO_3^-) hors couvert. Il y a inversion du phénomène sous couvert. Les dépôts des pluies en azote minéral total¹ hors et sous forêt sont très proches (15,8 kg/ha/an hors forêt, 15,6 kg/ha/an sous forêt). Entre 55 et 60 % des dépôts sous forêt sont apportés en dehors de la période de végétation. Ces dépôts ne sont donc pas souvent assimilés par les végétaux et sont lessivés par le drainage, cela correspond avec le fait que l'on observe chaque année du nitrate dans les solutions de sol à 20 et 70 cm. Les valeurs définissant la gamme des dépôts azotés ne causant pas d'eutrophisation ou de déséquilibre nutritif sont de 2,8 et 14 kg/ha/an, en fonction de la richesse des sols. Les apports mesurés à l'Aigoual (15,6 kg/ha/an) dépassent cette gamme, il y a donc un risque d'eutrophisation.

Dépôts annuels en azote total de 1993 à 1998



Dépôts annuels en soufre de 1993 à 1998



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 critiques² pour le soufre en France, selon la sensibilité de l'écosystème (3,2 kg/ha/an et 16 kg/ha/an). Les dépôts hors forêt (15,9 kg/ha/an) et sous forêt (18,4 kg/ha/an) sont proches ou supérieurs aux seuils des charges critiques. Ce site est donc soumis à de trop forts apports en soufre.

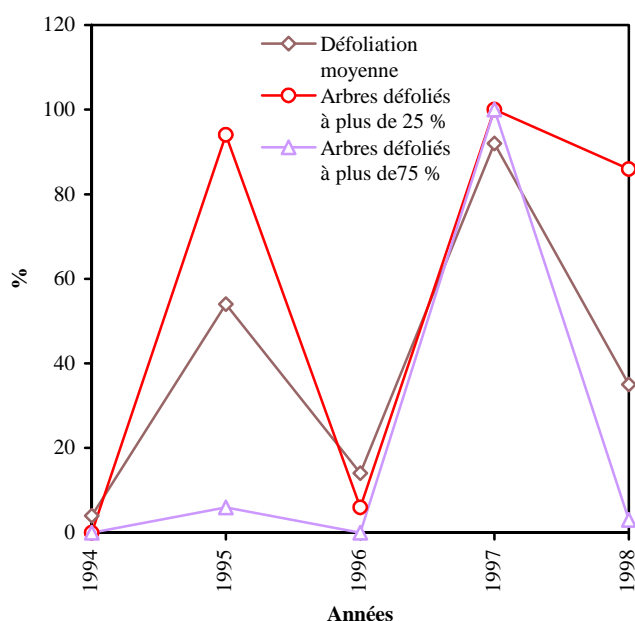
6. Les concentrations en ozone

Durant la saison de végétation 1999, nous avons mesuré lors d'une première campagne les concentrations d'ozone à l'aide de capteurs passifs, avec en moyenne $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (calculées à partir de 13 périodes d'échantillonnage de 15 jours). Nous

observons que les concentrations ont été maximales lors des périodes les plus chaudes de la saison de végétation car l'ozone se forme plus sous l'action de l'énergie solaire. 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

Perte foliaire



Les défoliations observées sur les 36 arbres « observations » varient fortement d'une année à l'autre. En 1994, la défoliation moyenne atteint seulement 4 %. En 1995, 94 % des arbres "observations" ont perdu plus de 25 % de leur feuillage, la défoliation moyenne est alors de 54 %. En 1996, la défoliation moyenne retombe à 14 %. En 1997, une nouvelle forte perte foliaire est observée (92 % de défoliation moyenne), tous les arbres "observations" présentent plus de 75 % de perte foliaire. A cela s'ajoute la présence de fortes colorations anormales. En 1998, 86 % des arbres "observations" ont perdu plus de 25 % de leur feuillage, la défoliation moyenne est alors de 35 %. Ces fortes variations sont dues à des gels tardifs de printemps, sauf pour 1998 où une attaque de charançon du hêtre (*Orcheste fagi*) en est la cause. Le charançon du hêtre possède des larves qui vivent en mineuses dans les feuilles et qui les consomment. Aucun problème nutritionnel n'est à noter pour cette placette, mis à part des teneurs foliaires un peu faible en phosphore (1,5 mg/g), en potassium (8,6 mg/g) et en magnésium (1,1 mg/g). Ces teneurs se situent entre le seuil indicatif critique et l'optimum.

Les retombées totales de litière varient de 2,7 t/ha à 3,8 t/ha (de 1995 à 1998). 76 % de cette masse provient des feuilles de hêtre (2 à 2,6 t/ha de 1995 à 1998). La masse restante est composée des branches de hêtre (0,3 à 1,6 t/ha de 1995 à 1998), et de fânes (0 à 8 kg/ha de 1995 à 1998). En 1995 et en 1997, aucune faine n'a été produite par le peuplement, les gelées tardives de printemps en sont la cause.

¹ L'azote minéral total = azote sous forme d'ammoniac + azote sous forme de nitrate.

² Si ces charges sont dépassées, il y a un risque de déstabilisation des écosystèmes. Rédacteur: S. Cecchini, ONF, DT - RD juin 2000 4

Conclusion

La faible capacité d'échange cationique du sol est à l'origine des problèmes de stock en éléments chimiques et donc de la fertilité de la station. La plupart des dépôts d'éléments chimiques arrivant au sol sont présents en forte quantité, mais comme le sol ne les retient pas, ils sont lessivés. Des risques à long terme existent pour les arbres (alimentation chimique) et pour les milieux recevant les eaux du lessivage (eutrophisation). Le soufre, qui intervient dans les mécanismes d'acidification des sols, est présent en grande quantité dans les pluies. Il perturbe fortement le fonctionnement des sols d'un point de vue chimique et biologique. En raison de la baisse des émissions industrielles, les dépôts soufrés devraient dans l'avenir diminuer.

Les gelées printanières semblent être fréquentes à l'Aigoual, elles sont responsables de l'avortement des fleurs, et des fortes défoliations. Il faut suivre attentivement les observations pathologiques et entomologiques afin de détecter un affaiblissement des arbres dû aux défoliations successives. 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.

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

| | Valeur minimum du réseau | Placette de l'Aigoual | Valeur maximum du réseau |
|---|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Nb d'espèces végétales (peuplements de hêtre) | 8 | 28 | 93 |
| Stocks de carbone organique dans le sol (0-40 cm) | 7,8 t/ha | 109,9 t/ha | 188,9 t/ha |
| Stocks d'azote dans le sol (0-40 cm) | 0,6 t/ha | 5 t/ha | 15,7 t/ha |
| Stocks de calcium dans le sol (0-40 cm) | 18,1 kg/ha | 162,3 kg/ha | 21085,4 kg/ha |
| Pluviosité moyenne hors forêt (de 1993 à 1998) | 720 mm | 2766 mm | 2766 mm |
| Pluviosité moyenne sous forêt (de 1993 à 1998) | 508 mm | 2450 mm | 2450 mm |
| pH des précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998) | 4,83 | 4,9 | 5,71 |
| pH des précipitations sous forêt (de 1993 à 1998) | 3,94 | 5 | 6,19 |
| Apport en calcium dans les précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998) | 2,6 kg/ha/an | 13,8 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 | 20,6 kg/ha/an | 20,6 kg/ha/an |
| Apport en azote dans les précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998) | 3,7 kg/ha/an | 15,8 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 | 15,6 kg/ha/an | 23,8 kg/ha/an |
| Apport en soufre dans les précipitations totales hors forêt (de 1993 à 1998) | 3,7 kg/ha/an | 15,9 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 | 18,4 kg/ha/an | 34,9 kg/ha/an |
| Concentration en ozone (en 1999) | 52 µg/m ³ | 78 µg/m ³ | 92 µg/m ³ |
| Teneurs foliaires des peuplements de hêtre en azote (de 1993 à 1997) | 23,5 mg/g | 30,9 mg/g | 30,9 mg/g |
| Teneurs foliaires des peuplements de hêtre en potassium (de 1993 à 1997) | 5,3 mg/g | 8,6 mg/g | 10,4 mg/g |
| Teneurs foliaires des peuplements de hêtre en phosphore (de 1993 à 1997) | 0,9 mg/g | 1,5 mg/g | 1,7 mg/g |
| Teneurs foliaires des peuplements de hêtre en magnésium (de 1993 à 1997) | 0,6 mg/g | 1,1 mg/g | 1,7 mg/g |
| Teneurs foliaires des peuplements de hêtre en soufre (de 1993 à 1997) | 1,4 mg/g | 1,8 mg/g | 1,8 mg/g |
| Teneurs foliaires des peuplements de hêtre en calcium (de 1993 à 1997) | 4 mg/g | 9,5 mg/g | 15,4mg/g |

Mesures réalisées et périodicité

| Type de mesures | Périodicité | Réalisation | Nombre de données recueillies sur la placette de l'Aigoual |
|--|-----------------|-------------------------|--|
| Analyses foliaires | Années impaires | STIR + INRA | 374 |
| Pédologie et Chimie des sols | 10 ans | Pédologue + STIR + INRA | 1 108 |
| Santé des arbres | Annuel | DSF | 1 317 |
| Dendrométrie | 5 ans | STIR | 10 718 |
| Inventaire floristique | 10 ans | Botaniste | 637 |
| Mesure de l'ozone durant la saison de végétation en 1999 | 2 semaines | Responsable + Labo | 12 |
| Mesure des dépôts atmosphériques et solution de sol | Mensuel | Responsable + Labo | 10 038 |
| Phénologie | 2 fois par an | Responsable | 10 |
| Récolte des chutes de litières | 4 fois par an | Responsable + STIR | 228 |
| Météorologie | Semi-horaire | Station météo | 715 917 |
| Evolution de la grande faune | Annuel | Responsable | 96 |

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.