

## Editorial

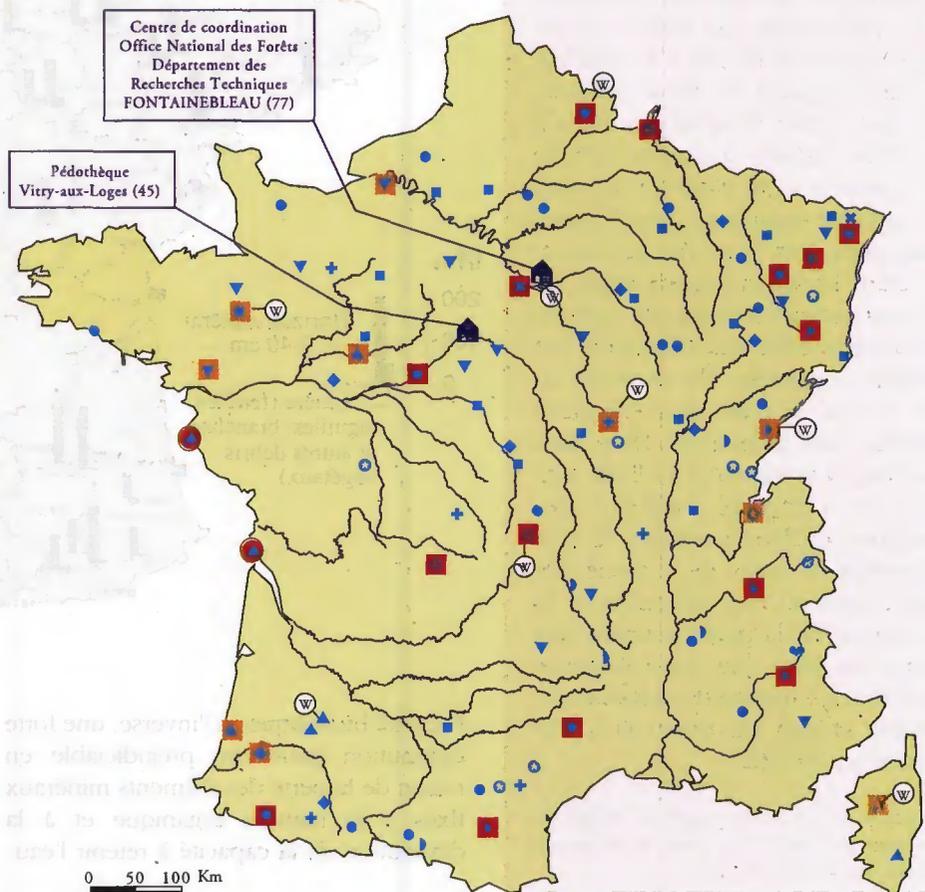
### Brève présentation du réseau RENECOFOR

Le réseau RENECOFOR a été créé par l'Office National des Forêts en 1992 afin de compléter le système de surveillance sanitaire des forêts françaises. Il constitue la partie française d'un ensemble de 863 placettes permanentes, installées dans 30 pays européens. L'objectif principal est de détecter d'éventuels changements à long terme dans le fonctionnement d'une grande variété d'écosystèmes et de déterminer les raisons de ces changements. Le réseau est constitué de 102 placettes permanentes qui seront suivies pendant au moins 30 ans. Chaque placette a une surface de 2 hectares, avec une partie centrale clôturée d'un demi-hectare. Dans 27 placettes, les dépôts atmosphériques provenant des précipitations en plein champ et sous le couvert forestier sont mesurés. De plus, 26 placettes sont dotées d'une station météorologique automatique. Dans 17 placettes, les solutions de sol sont analysées.

Le réseau est actuellement financé par l'Union Européenne, l'Office National des Forêts, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'ADEME.

### Objectif du FLASH

Avec cette nouvelle lettre à parution une ou deux fois par an, nous vous tiendrons au courant des résultats les plus intéressants acquis ces dernières années.



- Chêne sessile (*Quercus petraea*)
- ◆ Chêne pédonculé (*Quercus robur*)
- ✱ Chêne sessile et chêne pédonculé en mélange
- Hêtre (*Fagus sylvatica*)
- ▲ Sapin (*Abies alba*)
- Epicéa (*Picea abies*)
- + Douglas (*Pseudotsuga menziesii*)
- ♥ Mélèze (*Larix decidua*)
- ▼ Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*)
- ▲ Pin maritime (*Pinus pinaster*)
- ☆ Pin laricio (*Pinus nigra laricio corsicana*)

- Analyse des dépôts atmosphériques
- Analyse des dépôts atmosphériques et des solutions de sol
- Sites supplémentaires rattachés au réseau
- Ⓜ Collecteur de pluie à ouverture automatique

### Sommaire

Brève présentation du réseau	_____	page 1
Stocks de carbone dans les sols forestiers	_____	page 2
Les apports d'azote par les pluies	_____	page 3
Inventaire des végétaux indicateurs de changements globaux	_____	page 4

# Stocks de carbone dans les sols forestiers

## Le constat - l'essentiel du carbone présent en forêt est ... dans le sol

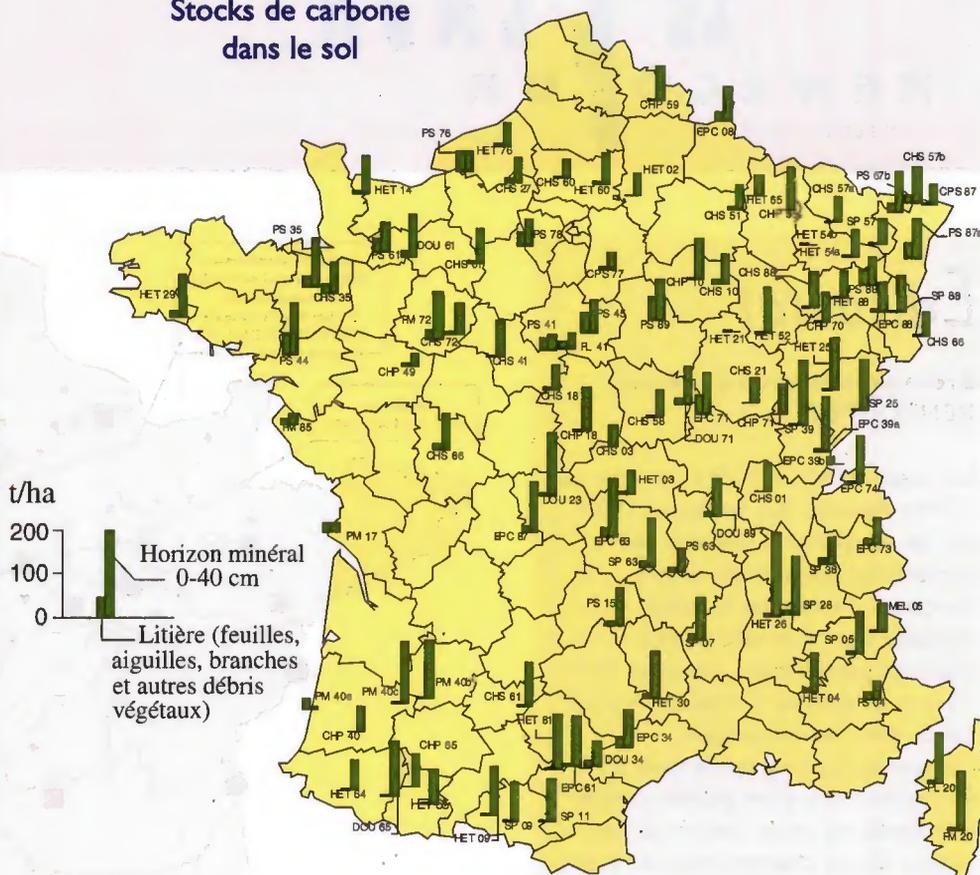
Le poids sec de l'humus<sup>1</sup> varie entre 2 et 194 tonnes par hectare. Cette large amplitude est liée à la différence de la rapidité de décomposition, qui peut varier de quelques mois à plusieurs dizaines d'années. Comme le montre la carte ci-contre, le stock de carbone organique dans l'humus varie entre 1 et 53 tonnes par hectare. Dans l'horizon minéral (0-40 cm de profondeur) le stock de carbone est compris entre 8 et 189 tonnes par hectare. L'essentiel du carbone du sol se trouve donc dans l'horizon minéral. Les différences entre sites sont liées à la station (sol, climat, altitude) et à l'espèce forestière. Ces quelques chiffres montrent le rôle important de puits de carbone des sols forestiers. Par comparaison, la croissance de la partie aérienne des arbres sur pied fixe selon l'essence de 0,8 à 2,2 tonnes de carbone par hectare et par an, donc 80 à 220 tonnes en 100 ans.

<sup>1</sup> la partie du sol qui est située au-dessus de l'horizon minéral et qui provient essentiellement des chutes de litière.

## L'ENJEU - la variation des stocks

Les écosystèmes forestiers puisent leur carbone dans l'atmosphère et le stockent dans le bois et dans le sol. Cette fonction est importante au moment où les activités humaines de combustion rejettent environ 6 Giga-tonnes de carbone dans l'atmosphère chaque année (en France 6.6 tonnes par habitant). De plus, cet enrichissement de l'atmosphère en carbone se poursuivra. La fonction de "puits de carbone" des forêts peut être maximisée en (i) donnant au bois produit des usages à long terme (charpente, meubles,...) et (ii) en veillant à ce que le carbone du sol ne soit pas libéré massivement (pas d'incendie, pas de mise en lumière brutale, pas de bouleversement du sol,...). Par ailleurs, la variation du stock de carbone du sol est un bon indicateur du fonctionnement de l'écosystème : une forte augmentation de ce stock traduit un ralentissement de

## Stocks de carbone dans le sol



l'activité biologique. A l'inverse, une forte diminution peut être préjudiciable en raison de la perte des éléments minéraux fixés à la matière organique et à la diminution de la capacité à retenir l'eau.

## PERSPECTIVES - suivre les variations décennales des stocks

Les connaissances acquises permettront de mieux estimer les stocks de carbone des forêts françaises et leur variations dans le temps, ce qui était pratiquement impossible avant la création du réseau. Ces variations seront étudiées parallèlement à celles des chutes de litière. Entre 2003 et 2005 un nouveau prélèvement de sol aura lieu dans les mêmes sites, permettant de déterminer la variation éventuelle de ces stocks au cours de la première décennie du fonctionnement de RENECOFOR.



Photo : E. Ulrich

Horizon superficiel à matière organique abondante du sol ocre podzolique du peuplement d'épicéa situé dans le Limousin près de Peyrat-le-Château (EPC 87)

### Méthode

Les estimations se basent sur un échantillonnage systématique fait dans chacune des profondeurs 0-10 cm, 10-20 cm et 20-40 cm dans 25 mini-fosses sur un demi-hectare par site. Les lieux de prélèvement sont repérés sur le terrain ce qui permet d'y revenir pour les échantillonnages décennaux. Le prélèvement, entre 1993 et 1995, de plus de 5000 échantillons aura nécessité plus de 1000 hommes-jours. Les analyses ont été réalisées par le Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA-Arras.

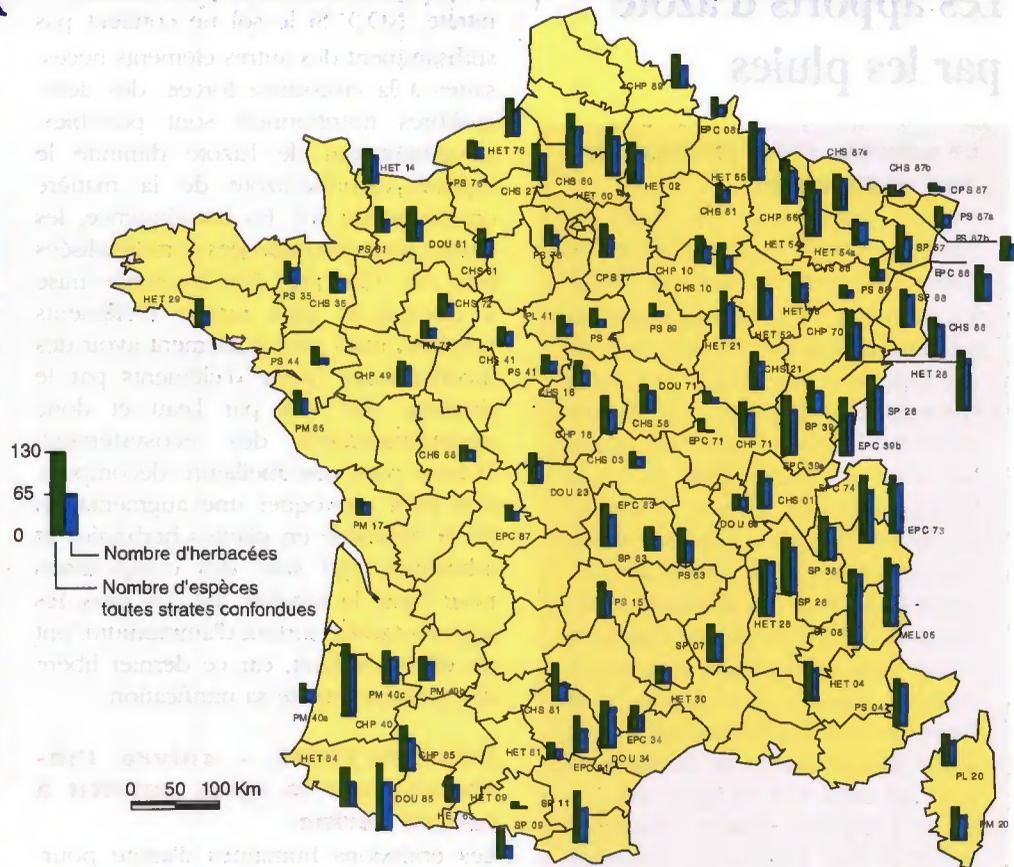


# Inventaire des végétaux indicateurs de changements globaux

## Le constat - une richesse floristique très variable

On a observé entre 8 et 119 espèces différentes, avec une moyenne de 52 espèces différentes par placette. La composition floristique de la placette moyenne est la suivante : 3 espèces d'arbres, 4 espèces d'arbustes hauts et 10 d'arbustes bas, 37 herbacées et 9 mousses. Les deux placettes les plus riches sont situées dans la forêt de Boscodon en PACA (SP 05), avec 119 espèces et en forêt de Gamarde en Aquitaine (CHP 40), avec 114 espèces. La placette en forêt de Soulan en Midi-Pyrénées (HET 09) est la plus pauvre, avec 8 espèces différentes seulement.

Nombre total d'espèces (strates non différenciées), nombre d'espèces herbacées



## L'ENJEU - une interface très sensible

La végétation herbacée fait partie des compartiments de l'écosystème " forêt " réagissant le plus rapidement aux changements de facteurs tels que la lumière (suite à des éclaircies), la pluviosité et la température et l'évolution de la fertilité des sols. Au delà de la composition chimique de l'atmosphère, elle peut donc être un indicateur précoce d'un changement en cours (si le changement du climat dû à l'effet de serre s'avère réel, la pluviosité et la température changeront lentement). Le réseau RENECOFOR permet de tester l'existence de corrélations entre les évolutions éventuelles du sol, des dépôts atmosphériques et de la composition floristique. Les renseignements tirés de ce suivi pourraient être appliqués à des surfaces forestières plus grandes, où seule la végétation serait suivie.

Photos : E. Ulrich



1 Une hêtraie d'altitude (1250m) en Midi-Pyrénées, en forêt de Soulan (HET 09)

2 Mélampyre des forêts (Melampyrum sylvaticum)

## PERSPECTIVES - déceler des changements via des inventaires successifs

Les observations seront répétées tous les 5 ou 10 ans et permettront de déceler d'éventuels changements de la composition floristique.

### Méthode

Dans chaque placette du réseau, les observations ont été faites en 1994/95 dans 8 bandes de 50 mètres de long et 2 mètres de large, distribuées sur un hectare et délimitées par de bornes de géomètre, afin de pouvoir les retrouver dans l'avenir. Dans la plupart des cas 3 observations ont été faites par placette. Onze équipes d'experts botaniques sont intervenues, utilisant une méthode commune définie dans un manuel de référence.

## Pour plus d'information

- 📄 Notice de présentation du Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers", 1996, ISBN 2-84207-021-6, 38 pages.
- 📄 Chimie des sols dans les 102 peuplements du réseau, campagne de mesures 1993/95, par Q. Ponette, E. Ulrich, A. Brêthes, M. Bonneau, M. Lanier, 1997. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 100 - X, 427 p.
- 📄 Dépôts atmosphériques, concentrations dans les brouillards et dans les solutions du sol (sous-réseau CATAENAT) - Rapport scientifique sur les années 1993 à 1996, par E. Ulrich, M. Lanier, D Combes, 1998. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2-84207-134-4, 135 p.
- 📄 Inventaire et interprétation de la composition floristique des 101 peuplements - campagne 1994/95, par J.-F. Dobremez, S. Camaret, L. Bourjot, E. Ulrich, A. Brêthes, P. Coquillard, G. Dumé, J.-L. Dupouey, F. Forgeard, C. Gauberville, J. Guegnot, J.-F. Picard, J.-M. Savoie, A. Schmitt, J. Timbal, J. Touffet, M. Trémolières, 1997. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 111 - 5, 513 p.

A commander auprès de : ONF, Département des Recherches Techniques, Service de documentation, Boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau  
 Editeur du "Flash RENECOFOR" : ONF, Département des Recherches Techniques, ISSN en cours, tirage : 10 000 exemplaires. Dépôt légal 1<sup>er</sup> semestre 1999

### Editorial

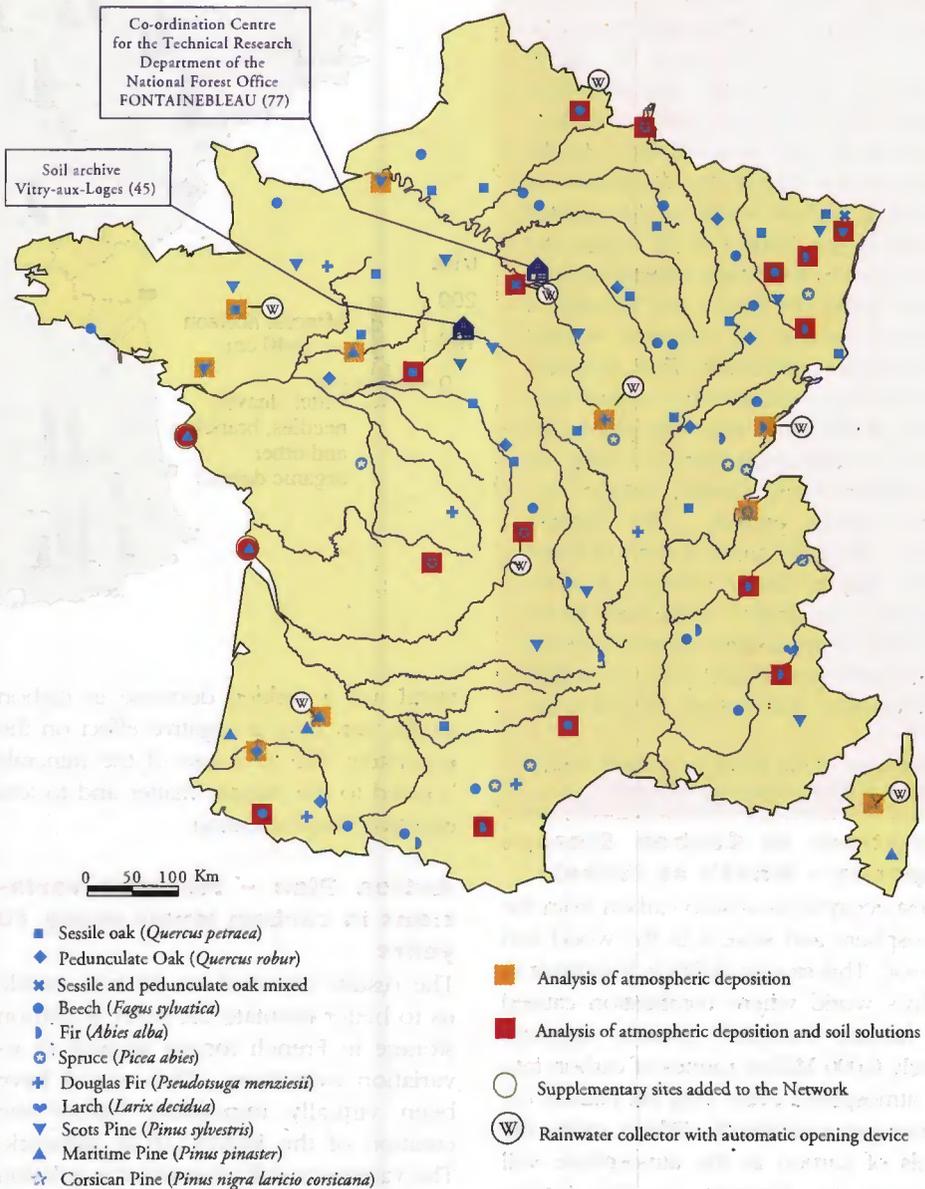
#### A Brief Introduction to the RENECOFOR Network

Created by the National Forest Office in 1992 to complete the forest health surveillance system in France, the RENECOFOR network is the French contribution to a European network of 863 plots located in 30 different countries. The Network's main objective is to help detect possible long-term changes in a wide variety of ecosystems and to determine the causes of these changes. The Network is made up of 102 permanent plots in France which will be monitored over a 30-year period. Each plot covers an area of 2 hectares and has a fenced half hectare in the middle. Atmospheric deposition is measured in the open field and under canopy in 27 of the plots. Automatic weather stations have been set up on 26 plots. Soil solutions are analysed in 17 plots.

The RENECOFOR network is currently being funded by the European Union, the French National Forest Office, the Ministry of Agriculture and Fisheries and the ADEME.

#### A Word about FLASH

This newsletter has been created to keep you informed of the latest developments. It will appear once or twice a year.



#### Table of Contents

A Brief Introduction to the RENECOFOR Network	_____	page 1
Carbon Stored in Forest Soils	_____	page 2
Nitrogen Deposition through Precipitation	_____	page 3
Inventory of Plant Indicators for Global Change	_____	page 4

# Carbon Stored in Forest Soils

## The Facts: Most carbon stored in the forest is found... in the soil.

The dry weight of humus<sup>(1)</sup> in the forest varies from 2 to 194 tonnes per hectare. Such large differences are due to varying speeds of decomposition which may take from a few months to several decades to complete. As the map on the right shows, the amount of organic carbon stored in the humus layer ranges from 1 to 53 tonnes per hectare. In the upper mineral horizon only (0-40 cm deep), the amount of carbon stored is between 8 and 189 tonnes per hectare. Thus, most stored carbon is found in the mineral horizon. Differences from one plot to the next are principally due to varying site conditions (soil, climate, altitude) and tree species present. The statistics show the importance of the role forest soils play in carbon storage. In comparison, the growth of the trees above ground stores a mere 0.8 to 2.2 tonnes of carbon per hectare per year, which makes 80 to 220 tonnes over 100 years.

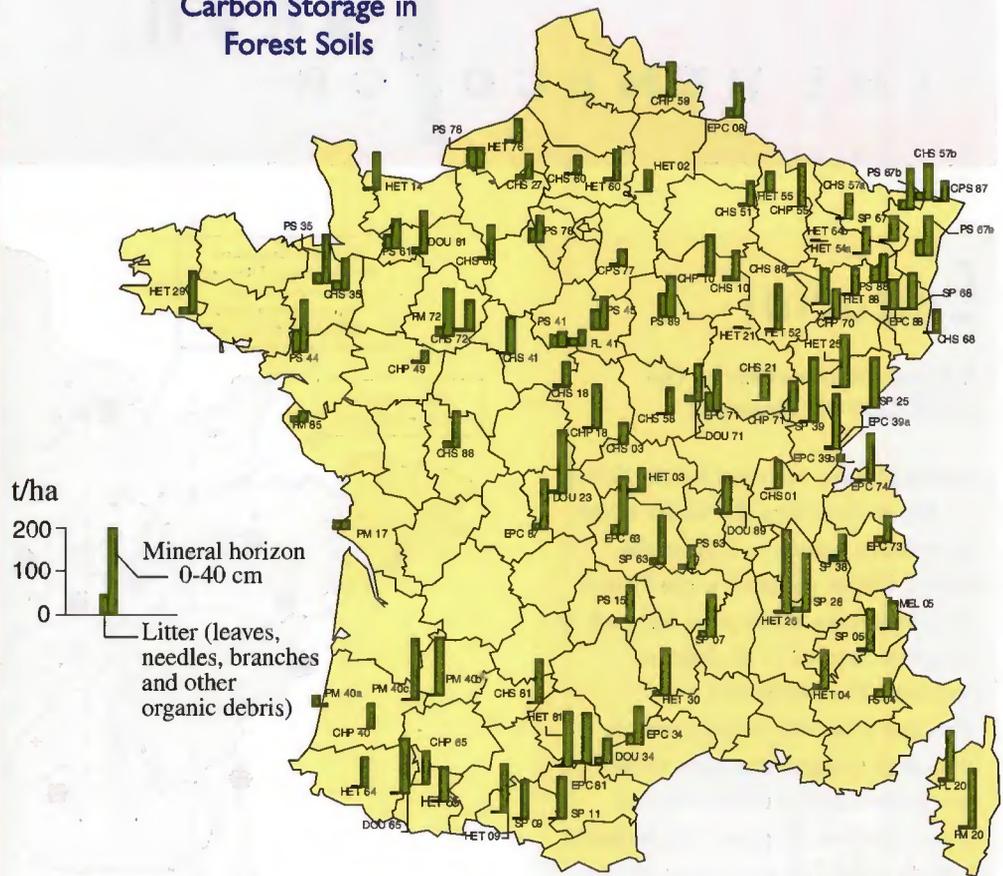
<sup>1</sup> the layer of soil above the mineral horizon which is mostly composed of litter.

## Variations in Carbon Storage Capacity - What's at Stake?

Forest ecosystems absorb carbon from the atmosphere and store it in the wood and the soil. This storing ability is important in today's world where combustion caused by human activities releases approximately 6,000 Million tonnes of carbon into the atmosphere every year (in France, 6.6 tonnes per inhabitant). What's more, the levels of carbon in the atmosphere will continue to increase in the future. Fortunately, it is possible to maximise the "carbon sink" capacity of our forests by (i) favorising the use of wood for stable, long-term products (framing, furniture,...) and (ii) taking care that the carbon stored in the forest soil is not suddenly released back into the atmosphere (fire prevention, avoidance of sudden exposure to full sunlight, avoidance of radical soil disturbance,...).

Variation in the amount of carbon stored in the soil is also a good indicator of the workings of the ecosystem: a sudden increase in carbon stocks indicates a slow-down in biological activity. The reverse

## Carbon Storage in Forest Soils



trend, i.e. a sudden decrease in carbon stocks, can have a negative effect on the ecosystem due to a loss of the minerals bonded to the organic matter and to less effective water retention.

## Action Plan - Monitor variations in carbon levels every 10 years

The results obtained so far will enable us to better estimate the level of carbon storage in French forests as well as its variation over time. This would have been virtually impossible before the creation of the RENECOFOR Network. The variations will be studied in relation to the amount of litterfall. Between 2003 and 2005, new samples will be taken from the same sites to measure any change that may have occurred in the carbon stocks during the first 10 years of RENECOFOR's existence.



Photo : E. Ulrich

Topsoil containing abundant organic matter on brown podzolic soil in a spruce stand near Peyrat-le-Château in the Limousin region (EPC 87)

### Methodology

Present estimates are based on systematic sampling carried out on each plot. Samples were taken from 25 mini-trenches on a half hectare at each site at depths of 0-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm. Each spot was clearly marked on the site to enable comparative sampling to be carried out after 10 years. More than 5,000 samples were taken between 1993 and 1995, necessitating over 1,000 man-hours of labour. The analyses were carried out by the Soil Analysis Laboratory of the INRA-Arras.

# Nitrogen Deposition through Precipitation

## The Facts : A Noticeable Fertilisation Effect

Precipitation deposit nitrogen mostly in the form of nitrate (NO<sub>3</sub>) and ammonium (NH<sub>4</sub>), the latter representing on average from one half to two thirds of the total input. Between 1993 and 1996, the total amount of mineral nitrogen deposited by precipitation in the open field ranged from 3 to 22 kilograms per hectare and per year (kg/ha/y). Variations from site to site and from year to year were significant. However, the results obtained over four consecutive years of study have enabled us to establish a range of nitrogen deposition levels for each site. The map below clearly shows lower deposits in the western part of the country with levels between 4 and 9 kg/ha/y, while the eastern part receives between 5 and 15 kg/ha/y. If a similar annual nitrogen input were maintained over a period of 100 years (a very frequent rotation age in forestry), the stand would receive between 400 and 1,500 kg/ha. The amount of nitrogen stored in the humus layer of the topsoil varies from 20 to 1,780 kg/ha and in the mineral horizon, i.e. to a depth of 40 cm, from 600 to 15,570 kg/ha. In ecosystems where stored nitrogen levels are low, the input from precipitation can have a considerable effect on the nutrient cycle. By comparison, in the rare instances when foresters use nitrogen fertilisers on stands, the dosage is below 200 kg/ha, once for a period of 100 years or more.

## Positive and Negative Effects – What's at Stake?

Nitrogen moves rapidly from the atmosphere to the soil and to the plant. It is easily absorbed by trees and can over-stimulate their growth. In turn, this rapid growth proportionately increases the trees' requirements in other minerals (phosphorus, calcium, magnesium,...). In the last few decades, our ecosystems have received ever-increasing quantities of atmospheric nitrogen coming mostly from agriculture (ammonia, NH<sub>3</sub>, is evaporated, then reduced to form ammonium, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and automobile exhaust (nitrogen monoxide, NO, which

oxidises in the air to form nitrate, NO<sub>3</sub>). If the soil does not contain enough of the other nutrients needed to sustain such over-stimulated growth, a nutrient imbalance can develop.

An increase in nitrogen input can upset the carbon/nitrogen ratio in the organic matter in the soil. As a result, forest floor litter decomposes and mineralises faster. This may have a favourable effect since nutrients thus become available more quickly, but vital elements may also leach away, thus impoverishing the ecosystem. Faster decomposition may also cause an increase in the biomass of herbaceous plants and shrubs which are direct competitors for water, light, etc. Finally, the input of nitrogen, especially ammonium which releases protons during nitrification, increases the acidity of the soil.

## Action Plan – Monitor the middle-range impact on the nutrient cycle

Nitrogen emission due to human activities may fluctuate widely both in level and in composition (nitrate or ammonium). It is therefore necessary to monitor the variations in nitrogen input over the long term. Models will soon allow us to estimate the impact on the nutrient cycle of complete stands, particularly in case of an imbalance in the cycle. After the first 10-year survey period, it will become possible to reveal middle-range tendencies in different

regions with a view to developing possible preventive or curative strategies.

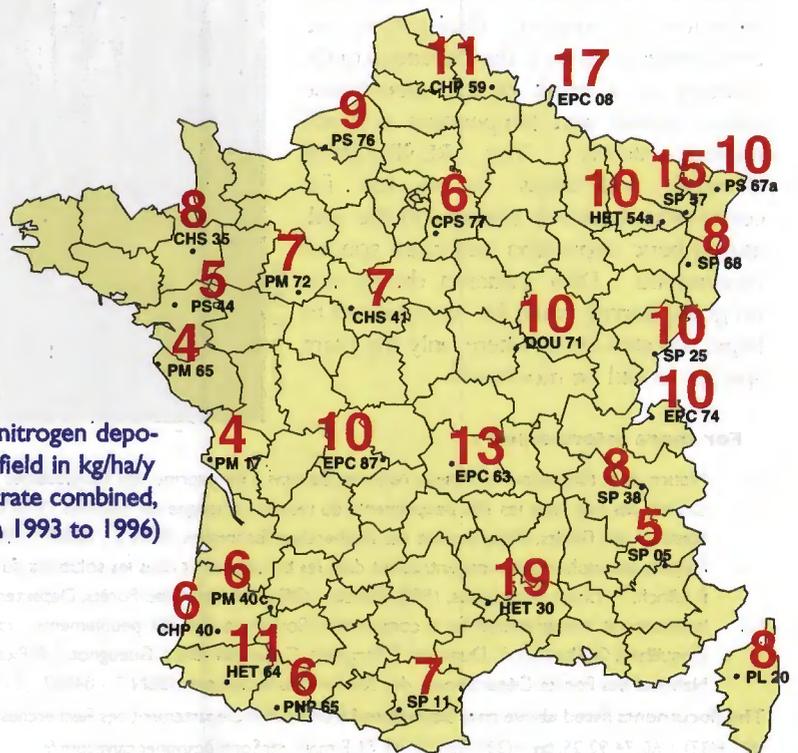


Photo : E. Ulrich

Weather station designed to measure atmospheric deposition in the Losse Forest in the Landes region (PM40c).

## Methodology

Every week since the end of 1992, ONF staff have taken precipitation samples and measured precipitation in the open field on 27 of the 102 plots in the Network. Every four weeks, these samples are sent to the WOLFF-Environment Laboratories in Evry (Essonnes) where they are analysed under strict quality-control measures. Once a month, the data is forwarded to the Network's Co-ordination Centre where they are double-checked and entered into the data base to be used to calculate annual statistics on atmospheric deposition.

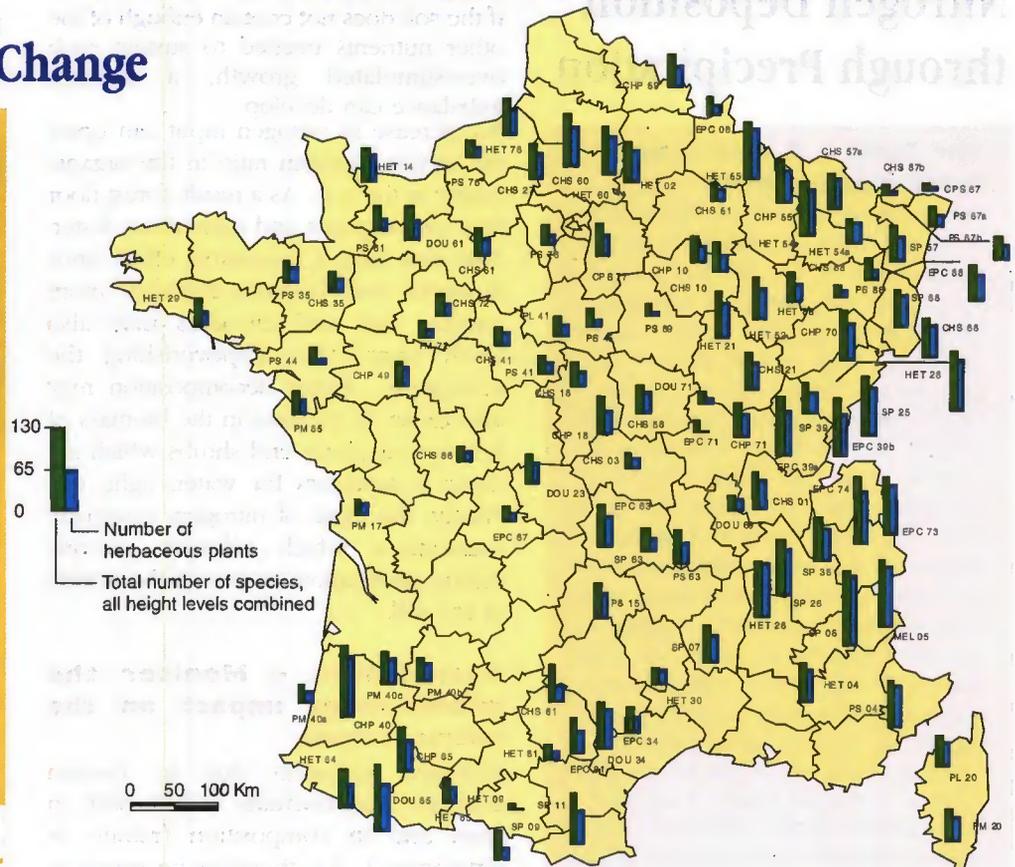


# Inventory of Plant Indicators for Global Change

Total number of plant species (all height levels combined), number of herbaceous species

## The Facts - Extremely variable floral diversity

Our inventory revealed an average of 52 different plant species per plot within a maximum range of 8 to 119. The average plot has the following profile: 3 species of trees, 4 species of high shrubs and 10 species of low shrubs, 37 herbaceous plants and 9 different mosses. The two richest plots are located in the Boscodon Forest in the Provence-Alpes-Côte-d'Azur region (SP 05) with 119 different species, and the Gamarde Forest in the Aquitaine department (CHP 40) with 114 different species. The plot in the Soulan Forest in the Midi-Pyrénées region (HET 09, high altitude beech forest) is the least diverse with only 8 different species represented.



## A Highly Sensitive Interface - What's at Stake?

Herbaceous vegetation is one of the forest ecosystem's most sensitive components; it responds the most quickly to changes in lighting (after thinning for example), precipitation, temperature and soil fertility. In addition to its role as an indicator of the chemical composition of the atmosphere, herbaceous vegetation can also be an early indicator of on-going changes in the environment. (Even if the climate actually changes as a result of the greenhouse effect, rainfall and temperature will still change slowly.) The RENECOFOR Network will allow us to test for correlations between changes in the soil, atmospheric deposition and plant species represented. Data gathered during this on-going survey could be extrapolated to larger forested areas where only the plant species would be monitored.

## Action Plan - Detect change by successive inventories

Surveys will be repeated every 5 to 10 years in order to detect any changes that may have appeared in the floral inventory of the plots.

## Methodology

The inventory was carried out in 1994/95. In each Network plot, eight strips 50 metres long and 2 metres wide were selected over a one hectare surface area and marked off with coloured survey stones so as to be easily located in the future. In most cases, three field observations were made (spring, summer and autumn) on each plot. Eleven teams of botanists carried out the inventory using common methodology defined in a reference manual.



Photos : E. Ulrich



<sup>1</sup> A high-elevation (1,250m) beech stand in the Soulan Forest in the Midi-Pyrénées region (HET 09).

<sup>2</sup> Wood-Cow-Wheat (*Melampyrum sylvaticum*)

## For more information :

- 📖 Notice de présentation du Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers, 1996, ISBN 2-84207-021-6, 38 pages.
- 📖 Chimie des sols dans les 102 peuplements du réseau, campagne de mesures 1993/95, par Q. Ponette, E. Ulrich, A. Brêthes, M. Bonneau, M. Lanier, 1997. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 100 - X, 427 p.
- 📖 Dépôts atmosphériques, concentrations dans les brouillards et dans les solutions du sol (sous-réseau CATAENAT) - Rapport scientifique sur les années 1993 à 1996, par E. Ulrich, M. Lanier, D. Combes, 1998. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2-84207-134-4, 135 p.
- 📖 Inventaire et interprétation de la composition floristique des 101 peuplements - campagne 1994/95, par 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. Editeur : Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, ISBN 2 - 84207 - 111 - 5, 513 p.

The documents listed above may be ordered from : ONF, Département des Recherches Techniques, Service de documentation, Boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau  
tél. : +(33) 1 60 74 92 25, fax +(33) 1 64 22 49 73, E-mail : dtcSonf@calvanet.calvacom.fr

The "RENECOFOR Flash" is published by : ONF, Département des Recherches Techniques, ISSN en cours, printed number : 2 000. Dépôt légal 1<sup>er</sup> semestre 1999

English translation : Vicki Moore