



B. Chapelet © CNPF

# Les 25 ans du réseau Rénécofor

Par Benjamin Chapelet, CNPF-IDF et Noémi Havet, CNPF-CRPF Hauts-de-France

*Le Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers, Rénécofor, est une source importante de données forestières, comme le montre les premiers résultats collectés depuis 25 ans. En lien avec les réseaux européens, le besoin de suivis sur le long terme dépend des appuis techniques et financiers adaptés.*

Le colloque Rénécofor d'octobre 2017 au Palais des congrès de Beaune a réuni plus de 350 participants. Orchestré par le responsable national Rénécofor à l'ONF, Manuel Nicolas, le colloque démontre les apports des études issues des observations sur des thématiques variées qui composent le réseau. Voici l'essentiel de ces deux jours intenses.

## Des dépérissements qui enclenchent la création de réseaux

Les réseaux européens de suivi des forêts de niveaux 1 et 2 correspondent respectivement en France au réseau systématique du Département de la Santé des Forêts (16 x 16 km) et au réseau Rénécofor. Mis en place en 1988 et 1992 suite aux dépérissements forestiers observés dans les années 1970 et 1980 dans certaines régions européennes aux sols pauvres et exposés à des pluies acides, il comprend 102 sites d'observations permanents, suivis par 240 observateurs.

### Essences

- Chêne pédonculé (9)
- Chêne sessile (19)
- Chêne pubescent (2)
- Hêtre (20)
- Douglas (6)
- Épicéa Commun (11)
- Mélèze (1)
- Pin laricio (2)
- Pin maritime (7)
- Pin sylvestre (14)
- Sapin pectiné (11)



102 sites d'observations permanents de Rénécofor.



Dispositifs de mesures.

Grégory Sajdak © CNPF

### Observation de houppier.



Grégory Sajdak © CNPF

Ces deux réseaux européens font donc partie du Programme international concerté pour l'évaluation et la surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur les forêts (PIC Forêts ou ICP Forests). Sous l'égide des Nations Unies, le PIC Forêts structure les données collectées par 42 pays participants, nécessaires à la compréhension de la sensibilité des forêts européennes vis-à-vis des principaux enjeux environnementaux et de gestion forestière. La décision française de confier la gestion du dispositif Rénécofor à un opérateur public (ONF) de gestion forestière est singulière en Europe et constitue certainement un élément de son succès.

### Des problématiques toujours plus nombreuses...

Même si l'objectif initial de ce réseau était de suivre l'évolution de l'impact des pluies acides sur les écosystèmes forestiers, les problématiques confiées au réseau Rénécofor sont maintenant plus nombreuses (polluants atmosphériques, ozone, carbone,...) et ne cessent de croître. Les impacts du changement climatique avec le suivi de différents indicateurs restent cependant l'objectif majeur et l'intérêt de mener à bien le réseau sur le long terme a été le fil conducteur de ce colloque. En effet, il va sans dire que le suivi des processus et des phénomènes forestiers n'a de sens que si le réseau s'inscrit lui-même dans un pas de temps comparable à celui de la forêt à savoir des durées de 50 voire 100 ans. De plus, ces études des impacts globaux ne sont guère envisageables uniquement à l'échelle nationale. Et leur partage européen voire international est crucial. L'importance des séries de données longues et pleinement documentées sur les ressources forestières est de plus en plus reconnue dans le monde scientifique.

Cependant, cela ne semble pas toujours aussi évident aux yeux des responsables politiques et des gestionnaires.

## Un réseau remarquable à plusieurs niveaux

Le réseau Rénécofor est remarquable par sa longévité de financement public sur bientôt 30 ans, ce qui a permis d'obtenir une source de données forestières sans commune mesure, mise à disposition de la communauté scientifique. On compte une quinzaine de thèses et plus de 150 articles publiés. Il est à noter que le nombre d'articles publiés augmente chaque année à mesure que le réseau dispose d'un recul suffisant sur les jeux de données. Rénécofor est très certainement intégré dans le plus vaste programme cohérent de suivi à long terme des forêts dans le monde.

## Déjà des premiers constats

### • Comment les arbres réagissent-ils aux variations du climat ?

L'impact du changement climatique sur des essences forestières est déjà visible (phénologie, répartition géographique,...). Les données récoltées dans le cadre du réseau Rénécofor depuis 25 ans rendent compte des effets du climat sur les processus écologiques, tels que la réponse phénologique des espèces ou la croissance des individus, pour les intégrer ensuite dans des modèles afin d'obtenir des prédictions plus robustes pour le futur. Rénécofor tente de comprendre comment les arbres répondent aux variations du climat (croissance, phénologie, fructification), de prédire l'évolution de l'aire de répartition des essences et dans quelle mesure le mélange d'essences peut améliorer la capacité d'adaptation des forêts au climat.

La télédétection (données satellites et photo-aériennes) est souvent présentée comme une alternative aux observations *in situ* toujours nécessaires, mais laborieuses et difficilement généralisables à large échelle. Le croisement des données satellites avec les observations de terrain acquises par le réseau Rénécofor, selon des protocoles standardisés et à long terme, offre des potentialités inégalées pour la validation et la calibration des produits satellitaires permettant divers suivis des données forestières (dendrologie, phénologie, dépérissement,...). Les modèles synthétisent les connaissances existantes pour simuler les phénomènes naturels et tenter d'apporter des réponses sur « comment les forêts vont-

elles évoluer à l'avenir? ». Parmi les modèles de croissance des peuplements forestiers, on distingue les modèles à base dendrométrique qui reproduisent les croissances stationnelles observées sous un climat « supposé constant » et les modèles de représentations des processus biophysiques qui reproduisent sur le court terme les réponses des arbres au climat. Depuis quelques années, on voit émerger des modèles hybrides qui prennent en compte les dynamiques de structure des peuplements sur le long terme et donc étendent la capacité prédictive des modèles basés sur la représentation des processus à l'ensemble d'un cycle forestier.

### • Acidification et cycle des éléments nutritifs dans les écosystèmes forestiers

L'émission de polluants dans l'atmosphère est l'une des principales voies par lesquelles les activités humaines modifient les conditions environnementales à l'échelle du globe. La crise des pluies acides notamment, qui a fait craindre un dépérissement généralisé des forêts dans les années 1980, a mis en lumière les effets à longue distance de polluants dans l'utilisation de combustibles fossiles et des activités agricoles. Elle a motivé la prise d'engagements politiques internationaux pour réduire réglementairement les émissions atmosphériques incriminées (oxyde de soufre, oxyde d'azote, ammoniac) et suivre leurs impacts sur l'environnement.

Sur la période 1993-2015, on enregistre une baisse significative de l'acidité directe des retombées atmosphériques, reflétée par l'augmentation du pH et la baisse en sulfate, nitrate et ammonium. Les émissions soufrées ont été régulées à l'échelle européenne ces dernières années. Mais celles des composés azotés sont toujours importantes et plus difficiles à maîtriser, compte tenu de la multiplicité des sources et formes de l'azote ainsi que de la complexité de son cycle de transformation.

### • Quel rôle joue la forêt dans la séquestration de carbone atmosphérique ?

En Europe, la productivité des forêts a augmenté durant les dernières décennies à la suite de l'effet combiné de la concentration croissante en CO<sub>2</sub> et des dépôts atmosphériques d'azote. Ces dépôts d'azote sont restés élevés dans différentes régions d'Europe et le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère continue d'augmenter. Cette productivité pourrait encore croître, sauf si elle devient limitée par la disponibilité d'autres ressources, notamment les nutriments. Il semble que

## L'observatoire régional des écosystèmes forestiers du CRPF Hauts-de-France

Les ateliers poster ont permis de découvrir d'autres programmes de recherche ou des actions complémentaires à celles menées par le réseau Rénécofor. Le CRPF Hauts-de-France a présenté l'Observatoire régional des écosystèmes forestiers (OREF), créé en 2007. Différents indicateurs forestiers, dont la phénologie<sup>1</sup>, sont observés chaque année par un réseau de propriétaires et agents forestiers. L'objectif de cet OREF est de voir les impacts des changements globaux sur les forêts régionales. En plus d'un réseau de placettes fixes où l'état sanitaire, la dendrologie, la botanique sont observés, des partenariats avec d'autres structures sont créés pour rédiger des synthèses régionales sur des indicateurs complémentaires comme les données faunistiques.



Noémi Hævet © CNPF

À l'heure actuelle, quelques tendances sont déjà observées comme des débourrements plus précoces, des hivernages plus abondants de cigognes blanches grâce aux hivers doux ainsi que des chants plus précoces de certains oiseaux comme la Fauvette à tête noire, le Pipit des arbres, l'Hirondelle de fenêtre ou le Lorient d'Europe.

Pour plus d'infos: [www.cnpf.fr/hautsdefrance/n/observatoire-regional-des-ecosystemes-forestiers/n:756](http://www.cnpf.fr/hautsdefrance/n/observatoire-regional-des-ecosystemes-forestiers/n:756)

Pargade J. 2008. Un observatoire bi-régional des écosystèmes forestiers en Nord-Pas-de-Calais Picardie. Forêt-entreprise n°182 p. 35-39.

<sup>1</sup> chez les végétaux, étude chronologique des manifestations de leur développement en liaison avec les conditions climatiques : floraison, débourrement, feuillaison, maturation, sénescence, etc.

la nutrition minérale des arbres tendent à se dégrader en Europe. Et la réponse des écosystèmes forestiers au changement climatique risque d'être de plus en plus contrainte par la disponibilité en nutriments. Dès lors, il est primordial de prendre en compte les contraintes nutritionnelles dans les modèles globaux de bilan carbone, afin de ne pas surestimer la capacité des forêts à séquestrer le carbone. Comme le secteur agricole, la forêt pourrait contribuer à l'initiative 4 pour 1000 en augmentant chaque année son stock de carbone de 0,4 % dans les sols forestiers et ainsi stopper l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère liée aux activités humaines. À l'inverse, une diminution de cette réserve pourrait contribuer à accélérer le changement du climat. Ces résultats révèlent l'importance de la dynamique des matières organiques, non seulement vis-à-vis des enjeux de séquestration de carbone, mais aussi dans l'évolution de la fertilité chimique des sols forestiers. Associés à l'ensemble des paramètres mesurés sur les mêmes placettes, ils constituent un jeu de données inédit pour améliorer la compréhension et la modélisation des cycles du carbone et des éléments nutritifs.

### Dynamique des polluants persistants en forêt

Des divergences entre les quantités des émissions polluantes et les retombées atmosphériques montrent que la recherche doit se poursuivre pour mieux comprendre et simuler les mécanismes de transport et de transforma-

tion des polluants dans l'atmosphère. Dans ce contexte, la surveillance continue des retombées atmosphériques reste une approche nécessaire pour évaluer les impacts réels des émissions polluantes sur l'environnement et asseoir la stratégie de réglementation de ces émissions. Aujourd'hui les émissions de cadmium et plomb sont en diminution en Europe, grâce notamment à l'interdiction de l'utilisation du plomb dans les essences depuis 2000, et à l'amélioration des techniques industrielles de réductions des émissions. Ce constat n'est pas vérifié pour tous les métaux. Les émissions peuvent être stables, comme celle du cuivre et du nickel, voire croissantes pour d'autres éléments comme l'antimoine. De plus, si les émissions sont majoritairement en baisse à l'échelle européenne, elles augmentent globalement à l'échelle mondiale, du fait du développement de l'activité industrielle en Asie. Bien que certains éléments soient des micronutriments comme le cuivre, le cobalt, le chrome, le nickel ou le zinc, d'autres n'ont pas de rôle biologique connu comme l'antimoine, le cadmium ou le plomb. Les forêts sont particulièrement sensibles à la pollution atmosphérique en métaux avec un couvert constituant une surface d'échanges réactive vis-à-vis de ces Eléments traces métalliques (ETM). Actuellement les apports atmosphériques en ETM sur les forêts françaises sont modérés, majoritairement d'origine anthropique, représentatifs des dépôts à longue distance, et ne dépassent pas les charges critiques (soit la quantité admissible par un écosystème en

l'état actuel des connaissances). Une meilleure connaissance des cycles des éléments dans les écosystèmes forestiers favorise également l'évaluation des risques potentiels associés au stockage des déchets radioactifs.

Les forêts jouent un rôle d'indicateur des polluants organiques persistants (POP) provenant pour l'essentiel de la combustion incomplète de la matière organique dans l'atmosphère et de leur accumulation dans l'environnement; exemple des Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) reconnus comme substances prioritaires par l'Union européenne.

Dans la basse atmosphère, l'ozone est un polluant connu pour causer des dommages aux plantes. Indétectable dans les tissus végétaux par analyse chimique, le constat des dommages causés passe uniquement par l'observation des feuilles ou des aiguilles. Le relevé de ces symptômes typiques sur le feuillage a montré son intérêt pour évaluer l'impact du niveau de concentration en ozone dans l'air sur des espèces sensibles et ainsi évaluer les risques associés pour les écosystèmes.

Le réseau Rénécofor utilisé ici à la fois comme réseau de placettes permanentes mais aussi comme bibliothèques d'échantillons (pédothèque<sup>2</sup>, archivage des feuilles) s'avère un dispositif tout à fait pertinent pour des approches d'observations rétrospectives. La conservation des échantillons dans le temps permet d'avoir une base de données intéressante pour des études encore non définies à ce jour.

## Étude et suivi de la biodiversité forestière

La composition floristique est un élément déterminant pour définir et identifier les stations forestières. Le suivi de la flore constitue alors l'un des piliers de la surveillance des dynamiques de la biodiversité. Rénécofor a permis de faire évoluer les protocoles de relevés floristiques habituellement employés dans les études de végétation vers une plus grande rigueur. Avant chaque relevé, les journées de formation dites d'inter-calibration permettent aux botanistes de préciser certains points sensibles du protocole et ainsi d'homogénéiser son application par près de 80 observateurs depuis le début du réseau.

En comparant les données d'inventaires floristiques entre les placettes clôturées et non clôturées, le principal enseignement de Rénécofor a été la caractérisation à grande échelle du rôle des ongulés dans la flore forestière, en maintenant une richesse floristique plus élevée via la consommation d'arbustes. Le suivi temporel des dynamiques de biodi-

versité nécessite un pas de temps très long. Les champignons constituent un groupe important de la biodiversité des forêts. Ils comprennent un grand nombre d'espèces et représentent une part notable de la biomasse vivante. Leurs activités contribuent au bon fonctionnement de l'ensemble de l'écosystème: décomposition des matières organiques et recyclage des éléments nutritifs qu'elles contiennent, structuration du sol, vastes réseaux de filaments mycéliens (mycorhizes) facilitant la mobilisation des minéraux au profit des arbres. Et pourtant la diversité des champignons reste méconnue en comparaison de la flore; on sait encore très peu de choses sur l'écologie de leurs communautés (structuration, organisation et facteurs déterminants). Le réseau Rénécofor est une initiative pionnière d'exploration des variations des communautés de champignons inventoriés selon les types de peuplements forestiers. Elle fournit également des éléments de réflexion pour la gestion sylvicole et le maintien de la biodiversité des sols.

## Ouverture en forêt privée

Rénécofor, du haut de ses 25 ans, reste une des références françaises de suivi forestier face au changement climatique. Les acteurs forestiers disposent ainsi de premiers résultats et tendances. Cependant, l'absence de coupes forestières sur ces placettes et le fait que nous soyons sur des forêts publiques, limitent notre extrapolation en forêt privée. C'est ainsi que plusieurs initiatives ont vu le jour dans différentes régions comme l'Observatoire régional des écosystèmes forestiers en Hauts-de-France ou bien encore le volet forestier de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique en Occitanie. Le maintien sur le long terme des réseaux est une tâche difficile sans appui technique ni financier. Alors que les forêts privées représentent 75 % de la surface forestière nationale, il est indispensable de pérenniser les réseaux et de les interconnecter. Les outils nationaux du CNPF, dont les bases de données nationales, sont à coordonner pour une harmonisation des moyens (publics et privés) de suivi national des écosystèmes forestiers. ■

### Résumé

Le réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers Rénécofor existe depuis 25 ans. Les premières analyses sont très fructueuses tant sur le suivi de la pollution atmosphérique, la problématique initiale, que sur les réactions des arbres aux variations climatiques et l'étude à long terme de la biodiversité forestière ainsi que leurs interactions.

**Mots-clés:** Rénécofor, réseau national de suivi des écosystèmes forestiers, 25 ans, colloque 2017.

<sup>2</sup> Collection de types de sol



**Bibliographie :** Résumés des présentations et liste des posters remis aux participants lors du colloque.