

Le suivi des écosystèmes forestiers : pourquoi et comment ?

Les écosystèmes forestiers ne sont pas des systèmes stables. Ils connaissent des évolutions permanentes dans leur composition et leur fonctionnement physique et biologique sous l'effet de facteurs internes et externes, liés ou non aux actions anthropiques (modes de gestion, changement climatique, pollution atmosphérique, etc.). Connaître et comprendre ces évolutions sont indispensables pour asseoir une gestion forestière durable. Quels sont en France les instruments mis en place pour suivre et surveiller ces évolutions et qui les met en œuvre ?

Les écosystèmes forestiers : le changement, c'est tout le temps

Au cours des dernières décennies, de nombreux résultats scientifiques sont venus confirmer que les écosystèmes forestiers connaissent des évolutions de nombre de leurs caractéristiques. En écologie l'invariance n'existe pas. Pour l'illustrer, trois exemples liés au changement climatique sont présentés ci-dessous ; ils concernent : la productivité des peuplements (fig.1), la migration de la végétation en altitude (fig.2), et la migration d'un insecte ravageur des pins (fig.3).

Figure 1. Évolutions de la productivité de deux essences contrastées, une montagnarde, l'épicéa, et une méditerranéenne, le pin d'Alep sur l'ensemble de la France métropolitaine - (Source Charru 2012) -

Les évolutions de productivité de 1975 à 2005, estimées par le changement relatif de surface terrière (surface cumulée par ha des sections des troncs à 1,30 m de hauteur exprimée en m²/an sur 5 ans), montrent pour l'épicéa une productivité qui augmente fortement avant de se stabiliser, alors que le pin d'Alep, espèce méditerranéenne, voit sa productivité augmenter puis subir une chute marquée. Ces résultats s'expliquent pour l'épicéa par une bonne disponibilité en eau et le réchauffement estival, et pour le pin d'Alep, par une croissance limitée par des températures et un déficit hydrique marqués en période estivale.

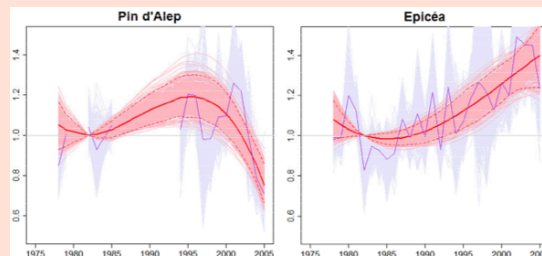
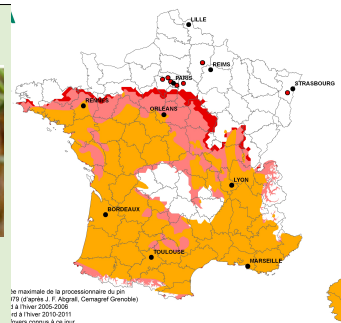
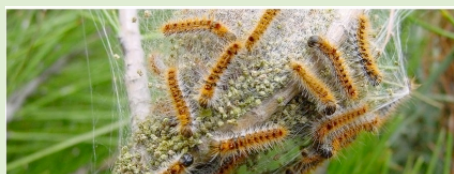


Figure 2. Remontée de la hêtraie vers le sommet (1700 m) de la Sierra de Montseny (Catalogne) au cours du siècle dernier. On observe un accroissement de la taille et de la densité des peuplements au niveau de la limite de végétation et une remontée significative de celle-ci par endroits. Quelques conifères (probablement du sapin pectiné) présents au début du XX^{ème} siècle ont disparu. (Source : Penuelas *et al.*, 2007)



Figure 3. Expansion vers le nord de la chenille processionnaire du pin.

L'aire de distribution de ce redoutable ravageur des pins figurée en orange pour la période 1969-1979, s'étend à l'hiver 2005-2006 (rose) et à l'hiver 2010-2011 (rouge). Les points rouges sont des foyers isolés connus en 2012. L'aire a progressé de 4 km / an vers le nord au cours des années les plus récentes. (Source : Rousselet/Robinet- INRA ; photo INRA) Voir aussi : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-eau-et-biodiversite>



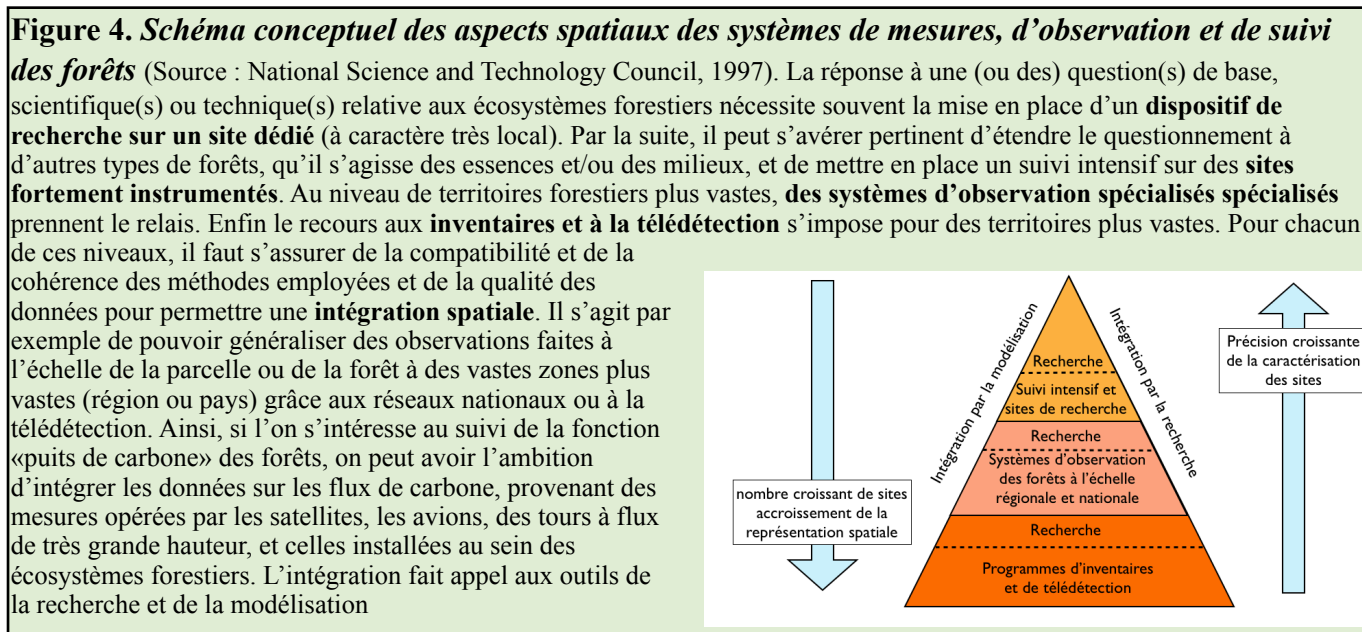
Ces exemples confirment que les écosystèmes forestiers évoluent beaucoup dans leur fonctionnement et aussi dans leur composition spécifique. Connaître et comprendre ces évolutions est essentiel pour concevoir une gestion réellement durable, pour opérer les ajustements périodiques nécessaires, et aussi pour élaborer des politiques publiques pour le secteur forêt-bois. **Assurer un suivi continu** (monitoring en anglais) **des forêts doit aujourd’hui faire partie intégrante de la gestion des écosystèmes.**

Le suivi des écosystèmes forestiers : quelles variables faut-il cibler et à quelle échelle spatiale et temporelle ?

Les variables pertinentes sont très nombreuses et concernent les modifications de structure, de composition et de fonctionnement des écosystèmes forestiers, avec un focus sur les facteurs susceptibles de générer des risques (ou des opportunités) biotiques ou abiotiques. Les éléments les plus importants sont : i) les cycles bio-géochimiques en forêt et les échanges forêt x atmosphère (cycles du carbone et de l’eau), ii) la phénologie, c’est-à-dire le calendrier des événements saisonniers des plantes (éclosion des bourgeons, floraison, fructification, maturation des fruits, chute des feuilles) et des animaux, iii) la productivité (croissance) et la vitalité des forêts, notamment en lien avec les événements climatiques extrêmes et les ravageurs (insectes et champignons), iv) les migrations des espèces végétales, fongiques et animales, dont, notamment, les bio-agresseurs émergents ou déjà présents, et v) la biodiversité.

L’importance en surface des forêts et leur diversité, la nature des observations ou mesures à effectuer, soulèvent la question des **échelles spatiales et temporelles pertinentes** auxquelles les différents suivis

- L’importance en surface des forêts et leur diversité, la nature et l’intensité de certaines observations ou mesures à effectuer, soulèvent la question des **échelles spatiales et temporelles pertinentes** auxquelles les différents suivis doivent et peuvent être assurés (fig.4), et du même coup celle des outils à mettre en oeuvre (cf. section «outils» page suivante).



Le suivi des forêts en France : quels outils ?

Premier outil moderne de suivi régulier des forêts au niveau national, l’Inventaire Forestier National, créé en 1958, a été intégré en 2012 au sein de l’Institut Géographique National (voir fiche 1.10). Au fil du temps, d’autres instruments ont été mis en place pour répondre à de nouvelles préoccupations relatives à la santé des forêts, la biodiversité, le cycle du carbone, dans un contexte marqué par des changements environnementaux. Le développement de technologies nouvelles (télédétection, géoréférencement, systèmes d’information géographique, moyens analytiques, capteurs, numérique, etc.) a permis d’améliorer les performances de ces outils. Le format contraint de cette fiche conduit à ne présenter ici que les plus importants d’entre eux dans chacune des catégories du triangle de la figure 4.

a) Les «sites ateliers», dispositifs de recherche en forêt



Figure 5. Le réseau F-ORE-T : localisation des sites ateliers tempérés et tropicaux (source GIP Ecofor)

Les sites français forestiers mis en place par différents organismes (INRA, CNRS, CIRAD, ANDRA, Universités) sont intégrés au sein du réseau labellisé SOERE (Système d'Observation et d'Expérimentation sur le long terme pour la Recherche en Environnement) FORET). Ce réseau de 18 sites (en 2017) lourdement instrumentés, a pour objectif de comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers en analysant les stocks et flux de carbone, d'eau, d'éléments minéraux et d'évaluer la réponse des écosystèmes forestiers à des modifications lentes ou rapides, naturelles ou anthropiques (fig. 5 et 6). Certains de ces sites sont également intégrés au sein de réseaux européens. Le dernier en date est le réseau ICOS (*Integrated Carbon Observation System*), qui regroupe les sites expérimentaux (forestiers ou non) impliqués dans le monitoring à long terme des échanges gazeux atmosphère-écosystèmes. La France compte en 2017 9 sites au sein de ce réseau qui permet l'acquisition et la gestion de données de manière homogène et en masse à l'échelle de l'Europe. L'un des objectifs, à terme, est également d'estimer l'impact des forêts sur la concentration en CO₂ atmosphérique.



Figure 6. Le site atelier de la Forêt de Hesse : tour à flux - Source : <http://www.nancy.inra.fr/Toutes-les-actualites/film-tour-Montiers>

b) Le suivi intensif des écosystèmes forestiers en France : le dispositif RENECOFOR

Le réseau RENECOFOR (Réseau National de suivi à long terme des ECOSystèmes FOREstiers), créé par l'ONF en 1992, constitue la partie française d'un dispositif installé dans 34 pays européens dans le cadre du programme international concerté sur l'évaluation et le suivi de la pollution atmosphérique sur les forêts (PIC Forêt). Son principal objectif est de détecter d'éventuels changements à long terme dans le fonctionnement d'une grande variété d'écosystèmes forestiers et de mieux comprendre les raisons de ces changements. Ce réseau regroupe 102 sites d'observation. Les mesures et observations portent notamment sur les dépôts atmosphériques et le climat, l'état des sols et de la nutrition minérale, le cycle des éléments minéraux, la croissance et la vitalité des arbres, la biodiversité (composante végétale principalement).

- Hêtre (20)
- Chêne sessile (19)
- Chêne pédonculé (9)
- Epicéa (11)
- Pin sylvestre (14)
- Chêne pédonculé/sessile (2)
- Sapin (11)
- Pin maritime (7)
- Douglas (6)
- Pin laricio (7)
- Mélèze (1)

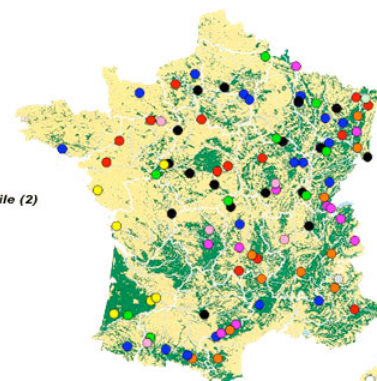


Figure 7. Le réseau RENECOFOR : localisation des sites et essences concernées (source ONF)

c) Les systèmes d'observation spécialisés

Dans le domaine de la phénologie, on peut citer les réseaux Observatoire des Saisons (ODS, créé en 2008) et PHENOCLIM. Ils présentent tout deux la caractéristique intéressante de faire appel à la science participative (donc à des amateurs volontaires). Ces deux systèmes partagent leurs données et résultats – le premier sur les zones de plaine, le second sur les zones de montagne. Ce vaste réseau repose sur des observateurs amateurs (plus de 5 000 pour le seul PHENOCLIM) pour démultiplier les données scientifiques et aider directement les chercheurs. L'objectif est, à travers l'étude de la phénologie (rythmes saisonniers) des espèces végétales et animales, de permettre à chacun de mieux comprendre les enjeux du changement climatique et d'offrir aux pouvoirs publics les outils nécessaires pour appréhender ses effets sur le territoire. (Source : <http://phenoclim.org/fr/le-projet/phenologie-et-climatologie>). L'ensemble des actions dans le domaine de la phénologie (et diverses approches associées) ont été regroupées en 2016 dans le Réseau National des observatoires de la phénologie (SOERE TEMPO) qui compte **plus de 70 partenaires** dont 54 équipes de recherche d'organismes publics (INRA, CNRS, Cirad, ENVA, ONF, Irstea), et des associations œuvrant dans le domaine de l'environnement.

Un autre exemple de réseau participatif est le réseau « **Vigie-Nature** », qui vise à assurer des suivis à large échelle et à long terme d'espèces communes (oiseaux, chauves-souris, plantes, escargots, papillons, pollinisateurs sauvages) grâce à des réseaux d'observateurs qui participent à la collecte de données dans toute la France, à partir de protocoles simples et peu contraignants. Des partenariats lient les associations qui animent les réseaux d'observateurs et le Muséum National d'Histoire Naturelle, qui assure l'analyse des données récoltées. Ces suivis permettent de documenter des indicateurs régionaux de biodiversité, actualisés chaque année, comparables d'une région à l'autre, directement dérivés des indicateurs adoptés par la France et par l'Europe, auxquels ils contribuent. Ils permettent aussi de répondre aux questions sur : i) les évolutions quantitatives observées, ii) les réponses aux différentes pressions anthropiques, iii) les impacts du changement climatique. (Source : <http://vigienature.mnhn.fr/page/le-programme-vigie-nature>). Les réseaux TEMPO et Vigie Nature concernent tous types d'écosystèmes, et non les seules forêts.

d) Les réseaux d'inventaire systématique

L'inventaire des ressources forestières est mis en œuvre par l'**Institut national de l'information géographique et forestière**. Il se base sur un plan d'échantillonnage (voir la fiche 1.10) défini par rapport à l'objectif d'évaluation de la ressource en bois. Par la suite, les mesures et observations se sont diversifiées au fil du temps, et fournissent des informations variées : composition et la structure des forêts, répartition sur le territoire et potentiel de production de biens et de services (ressources ligneuses, stockage de carbone, fonctions de protection, etc.), éléments de biodiversité. Les données de l'inventaire forestier doivent permettre de décrire leurs évolutions passées et projeter celles à venir, et d'élaborer des politiques forestières à différents niveaux d'échelle pour développer une économie fondée sur les forêts et leur gestion durable. Enfin, l'enquête annuelle TERUTI-Lucas combine des enquêtes de terrain réalisées par plus de 800 observateurs sur un réseau de 32000 points et des photos aériennes, afin de décrire précisément les changements d'occupation du sol (agricole, naturelle et urbanisé), aux niveaux national et jusqu'à départemental.

La surveillance phytosanitaire des forêts constitue la principale mission du Département de la Santé des Forêts ou DSF, au sein du ministère de l'agriculture (voir fiche 2.10). Outre la surveillance sanitaire (détection et description de toute anomalie par des observateurs de terrain), le DSF conduit un suivi annuel sur environ 600 placettes disposées selon une maille 16 km x 16 km. Ces placettes constituent la partie française du réseau européen PIC Forêt (niveau 1) (voir plus haut). Elle fournit un indicateur partiel de la santé des forêts, essentiellement basé sur l'état des cimes (manque de feuillage relativement à un arbre sain) de plus de 10 000 arbres, ainsi que des informations relatives à l'histoire sanitaire de chacun des arbres observés (dommages biotiques et abiotiques subis) et l'état des sols.

e) Les systèmes d'observation embarqués (satellites et avions) utilisant

l'imagerie photo (dans différentes longueurs d'onde), radar et lidar, **Corine Land Cover** est un inventaire de l'occupation du sol standardisé sur le territoire français au 1/100 000^{ème}, issu de la photo-interprétation d'images satellitaires SPOT 4, avec des données complémentaires d'appui (photographies aériennes, cartes topographiques, inventaires thématiques). Il est produit dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement CORINE géré par l'Agence européenne pour l'environnement. Elle est mise à jour par les services du Ministère en charge de l'écologie. Les versions disponibles datent de 1990, 2000, 2006 et 2012. Elle permet de suivre l'évolution des surfaces en eau, des zones humides, des forêts et milieux naturels, des espaces agricoles et artificialisés.

À côté de ces instruments existent des dispositifs, pour certains de grande ampleur, mis en place pour étudier les comportements de diverses espèces ou provenances (arborea, plantations comparatives) ou la croissance des peuplements en fonction de régimes d'éclaircies contrastées, toutes approches s'inscrivant dans le temps long et susceptibles de répondre à des questions sur l'évolution des écosystèmes forestiers.

Recommandation : consulter également la fiche 1.10 et 2.10

Ce qu'il faut retenir

- Les écosystèmes forestiers ne sont pas des systèmes stables. Ils évoluent dans leur composition et leur fonctionnement
- Connaître les phénomènes et les mécanismes qui sont responsables de ces évolutions est essentiel pour concevoir une gestion réellement durable
- La France s'est dotée d'un système de suivi à long terme des forêts combinant différents niveaux d'échelle et différentes intensités de mesures et observations
- L'intégration temporelle et spatiale des variables observées un grand enjeu