

Article sélectionné dans  
la matinale du 22/08/2016 [Découvrir l'application](http://ad.apsalar.com/api/v1/ad?re=0&st=359392885034&h=5bf9bea2436da250146b6e585542f4e74c75620e) (<http://ad.apsalar.com/api/v1/ad?re=0&st=359392885034&h=5bf9bea2436da250146b6e585542f4e74c75620e>)

## La forêt de Harvard, pionnière de l'écologie de demain

LE MONDE SCIENCE ET TECHNO | 22.08.2016 à 15h58 • Mis à jour le 23.08.2016 à 06h43 | Par Yves Sciama

« *Dans un sens, on peut considérer cette forêt comme un laboratoire de pointe de 1 600 hectares* », sourit le botaniste et écologue David Foster, directeur de la Harvard Forest, sous la casquette de base-ball qui coiffe sa haute silhouette. A première vue, le propos semble incongru. Le sentier ensauvagé que le scientifique foule à grandes enjambées souples sinue entre chênes centenaires, érables et bouleaux ; le sol humide conserve les traces des élans et des chevreuils passés la nuit précédente ; et la lumière verte coulant à travers le jeune feuillage de juin donne au lieu un aspect hors du temps. Rien ne semble avoir changé ici depuis que, en 1907, cette vaste parcelle vallonnée située près de Petersham, 100 kilomètres à l'ouest de Boston, fut acquise par l'université Harvard, qui en fit d'abord une école forestière – avant qu'elle ne devienne l'un des meilleurs centres de recherche écologique du monde.

**Lire aussi :** [Dans les bois d'Orléans, on anticipe le climat futur](/sciences/article/2016/08/22/dans-les-bois-d-orleans-on-anticipe-le-climat-futur_4986312_1650684.html) (/sciences/article/2016/08/22/dans-les-bois-d-orleans-on-anticipe-le-climat-futur\_4986312\_1650684.html)

Mais il ne faut pas longtemps avant que l'extraordinaire niveau d'instrumentation de la Harvard Forest ne saute aux yeux du visiteur. Au détour d'un virage surgit une tour en acier qui culmine au-dessus de la canopée, à 30 mètres du sol – et il y en a quatre autres réparties dans la forêt. Une tour hérissée d'un stupéfiant empilement de câbles, caméras et capteurs, dont David Foster égrène l'inventaire avec le ton légèrement blasé de celui dont les centres d'intérêt ne sont plus ici.

« *Nous avons sur cette tour la plus longue série continentale de mesures continues de dioxyde de carbone du monde, puisqu'elle remonte à 1991. Mais désormais, nous essayons de capter tous les principaux échanges gazeux de la forêt, vapeur d'eau, ozone, oxyde nitreux... Il y a aussi de plus en plus de matériel optique, car nous réalisons que la lumière livre énormément d'informations sur l'état de la forêt : des appareils photo, certains munis de capteurs hyperspectraux, des caméras thermiques et infrarouges. Et puis bien sûr tout le cortège des capteurs météo, température, humidité, vent, rayonnement...* »



Le sol est chauffé avec des résistances enterrées pour mesurer les dégagements de CO<sub>2</sub> ainsi que le contenu en carbone du sol. AUDREY BARKER PLOTKIN

Au total, cette seule tour porte 100 000 dollars (90 000 euros) de matériel. Mais sur l'ensemble de la forêt, ce sont des dizaines de parcelles, piquetées de fanions et de rubans, truffées de milliers d'instruments, qui, chaque jour, amassent des millions de données – du débit des ruisseaux au poids de la couche neigeuse, en passant par le taux de respiration des microbes du sol ou le débit de la sève dans les arbres.

Une partie de cette armada instrumentale a uniquement pour fonction d'épier chaque détail du métabolisme naturel de la forêt : sa croissance, son rythme de photosynthèse, son taux de renouvellement... Mais l'essentiel de ces appareils est au service de la quarantaine d'expériences simultanées, impliquant plusieurs centaines de scientifiques, qui visent à étudier toutes les facettes de l'écologie forestière – depuis les effets de la pollution azotée à ceux du réchauffement climatique, en passant par l'impact des ravageurs, du grand gibier, ou les conséquences des tempêtes.

## Tâche herculéenne

Instrumenter une forêt est pourtant d'une complexité inouïe. Il y faut non seulement toute l'inventivité technologique qui caractérise les Etats-Unis, mais aussi de gros moyens financiers – l'affiliation à Harvard, plus riche université du monde, est évidemment décisive.



Les cinq tours sont reliées par un réseau de signaux radio haute fréquence. ANDREW McDEVITT

C'est qu'il ne s'agit pas seulement de capteurs, fussent-ils dernier cri et hors de prix. Ce qui est unique ici, c'est la vaste infrastructure qui leur permet de fonctionner. Les cinq tours, par exemple, sont approvisionnées en courant et ont leur propre poste électrique, tout comme une bonne part des expériences ! Des kilomètres de réseau sillonnent donc la forêt, tantôt au sol, tantôt dans des rails circulant entre les arbres... Surtout, il y a le défi que constituent l'acheminement et la gestion de ces milliards de données collectées. Un défi qui, depuis des années, repose sur le discret Emery Boose, voix douce et verbe méticuleux, dont le modeste titre d'*information manager* euphémise la tâche herculéenne.

*« Nous avons pris l'engagement que toutes les données que nous collectons ici soient rendues publiques et mises en ligne en moins de deux ans... Mais l'essentiel d'entre elles sont en fait acquises automatiquement et publiées en temps réel. C'est par exemple le cas de tout ce qui est météorologique, des flux de gaz, ou encore des images prises toutes les demi-heures par nos capteurs au-dessus de la canopée. »*

Pour y parvenir, il a fallu inventer un réseau hybride, avec des signaux radio haute fréquence, qui sont de véritables autoroutes d'information, entre les cinq tours, et un réseau Wi-Fi plus classique au sol, grâce auquel les expérimentateurs travaillent en restant connectés à Internet au beau milieu de la forêt. Un réseau qu'il faut sans cesse maintenir face aux orages, qui foudroient sans pitié l'électronique, à la dent des rongeurs, inexplicablement friands de câbles électriques, aux températures qui passent sous la barre des  $-20^{\circ}\text{C}$  chaque hiver...

## L'importance du temps long en écologie

Mais la Harvard Forest n'occuperait pas la place qui est la sienne en écologie si elle se contentait d'être le site où tout inventeur d'un nouveau capteur rêve de tester son matériel. Loin de s'enivrer de ce high-tech où elle excelle, l'institution s'efforce de ne jamais oublier le but ultime de tout ce déploiement : *« Comprendre à quoi ressemblera ce territoire dans cinquante ans et au-delà »*, selon les mots de David Foster. *« L'objectif de l'écologie scientifique ? Atteindre un jour les mêmes capacités prédictives que la météorologie, renchérit Emery Boose. Ce qui suppose de connaître avec assez de précision les conditions de départ ; mais aussi d'avoir une compréhension traduite dans des modèles suffisamment réalistes pour être capables de prédire la trajectoire future d'un écosystème... »*

Une compréhension à laquelle, depuis plus d'un siècle, les chercheurs de Harvard contribuent par leurs apports théoriques. *« Cet endroit a été un leader de pensée, en particulier grâce à la qualité des scientifiques qu'il parvient à attirer »*, estime Jerry Melillo, membre de l'Académie des sciences américaine et directeur émérite du prestigieux Ecosystems Center de Woods Hole (Massachusetts). *« Beaucoup de méthodes de pointe ou d'idées nouvelles y apparaissent, puis se propagent à la communauté des écologues. »* Et la plus féconde de ces idées a sans doute été l'importance du temps long en écologie. Un temps long que, depuis plus d'un siècle, la Harvard Forest ne cesse d'explorer à l'aide de méthodes constamment renouvelées.



Chaque jour, des milliers d'instruments amassent des millions de données. Ici, le débit des ruisseaux. DAVID R. FOSTER

« Le premier directeur de cette forêt a été Robert Fisher, un géologue, diplômé de littérature, grand admirateur du poète naturaliste Henry Thoreau, un homme très différent des forestiers de son époque, avec une vision, indique David Foster, lui-même auteur d'un livre sur Henry Thoreau (Harvard University Press, 1999). L'une de ses premières actions a été de reconstituer l'histoire de la forêt, parcelle par parcelle, à l'aide de cartes et de documents cadastraux, en remontant jusqu'à un siècle avant sa prise de fonctions. »

Intuition géniale. Car, du point de vue de ce qui ne s'appelait pas encore l'écologie, qu'une parcelle ait toujours été boisée, qu'elle ait été un jour cultivée et fertilisée ou bien qu'elle ait servi de prairie change tout : les nutriments présents, les essences, les cycles biologiques... Et le devenir de ladite parcelle, à l'évidence, en dépend. Cette tradition de la recherche historique au service de l'écologie, le premier continuateur en est David Foster lui-même, qui aime à rappeler que « *les écosystèmes ne sont pas immobiles, mais en transformation, sur une trajectoire. Si l'on veut prédire quel est leur avenir, il faut d'abord comprendre quelle était cette trajectoire – avant d'évaluer les effets des facteurs nouveaux, comme le réchauffement climatique ou la pollution.* »

## Démarche historique atypique

Du coup, David Foster ne se contente pas des semaines d'immersion dans la nature, qui sont le pain quotidien des écologues. Il passe aussi des centaines d'heures dans les salles d'archives, à reconstituer les événements passés qui ont marqué ses terrains d'étude. Avec Emery Boose, qui ne rechigne pas à délaïsser ses écrans pour des papiers jaunés, ils ont par exemple publié plusieurs études sur les effets écologiques des cyclones qui, environ une fois par siècle, dévastent les forêts du Nord-Est américain. En croisant les informations contenues dans les articles de presse, les lettres personnelles, les rapports de fonctionnaires, les journaux de bord des capitaines de la marine marchande et d'innombrables autres sources, les chercheurs sont parvenus à documenter précisément chaque cyclone en remontant jusqu'en 1635... Une démarche historique atypique, enseignée nulle part, étrangère aux écologues, qui valorisent traditionnellement le terrain. Mais qui a fini par gagner le respect de la communauté scientifique et donner des idées à d'autres.

Explorer le passé, explorer l'avenir. Dans les deux cas, en dépit des téraoctets qui y circulent à la vitesse de la lumière, le temps long est la marque de fabrique de la Harvard Forest. En 1991, trois chercheurs ont lancé dans la forêt une série de manip in situ qui courent encore aujourd'hui, vingt-cinq ans plus tard, avec une nouvelle génération de chercheurs à leur tête ! « *Ce sont des*

records du monde de durée, très peu d'expériences écologiques atteignent ce genre de longévité », indique Jerry Melillo. Leur but ? Comprendre l'impact sur les forêts de différentes perturbations, naturelles ou pas (cyclones, pollution azotée, réchauffement...). A chaque fois, la procédure est la même : des parcelles forestières dites « témoins » sont laissées intactes, et les autres sont manipulées (arbres couchés, dépôt d'azote, chauffage...), puis l'on observe. Longtemps.



Prélèvement de terre pour analyse. SERITA FREY

## Des bactéries savantes

Jerry Melillo a lancé l'expérience du chauffage des sols, qui illustre parfaitement l'intérêt de cette nouvelle façon de procéder. « *A la naissance de la problématique climatique, dans les années 1990, il y avait une question qui nous taraudait : est-ce que, dans un climat plus chaud, les sols forestiers gorgés de carbone allaient commencer à émettre du CO<sub>2</sub>, rajoutant du réchauffement au réchauffement ? C'était ce que suggéraient de petites expériences de chauffage d'échantillons de sol au laboratoire, mais est-ce qu'elles reflétaient ce qui se passe dans la nature ?* » Pour en avoir le cœur net, Melillo va chauffer durant vingt-cinq ans le sol de plusieurs parcelles de la Harvard Forest, avec des résistances enterrées, et mesurer les dégagements de CO<sub>2</sub> ainsi que le contenu de carbone du sol.

Avec des résultats d'un intérêt à la hauteur de cette épopée expérimentale, au coût exorbitant.

*« Pendant les cinq premières années, énormément de dioxyde de carbone s'est échappé, confirmant notre intuition première : les bactéries du sol, dopées par le climat plus chaud, dévoraient la matière organique du sol en émettant du CO<sub>2</sub>. Puis, à notre grande surprise, le dégagement a commencé à baisser, pour tomber presque à zéro la dixième année. Nous nous sommes alors dit que les bactéries avaient probablement consommé la matière organique facile à digérer, et que le reste (que nous avons baptisé carbone récalcitrant) leur résistait. Enfin, après des années de pause, alors que nous croyions qu'il ne se passerait plus rien, nous avons vu du CO<sub>2</sub> commencer à s'échapper à nouveau, et ce jusqu'à aujourd'hui. Nous pensons, désormais, que c'est parce que les bactéries finissent par "apprendre" à digérer le carbonerécalcitrant... »*

Outre son intérêt pour modéliser les effets du réchauffement, cette expérience inédite illustre un point essentiel. « *Si nous avons arrêté au bout de cinq ans, ou même au bout de dix, nous aurions pavoisé avec un résultat... que la suite a finalement démenti* », conclut Jerry Melillo. « *En écologie, il faut de la durée !* » Le chercheur précise du reste que, désormais, ces expériences de long terme se sont multipliées dans le monde, malgré la difficulté de les faire financer par une communauté

scientifique habituée aux contrats de trois à cinq ans...

« NOUS SOMMES  
À UN MOMENT DE  
L'HISTOIRE OÙ IL  
EST  
DÉSESPÉRÉMENT  
URGENT QUE LE  
SAVOIR PRODUIT  
ICI TROUVE LE  
CHEMIN DE LA  
DÉCISION  
POLITIQUE. A  
TOUS LES  
ÉCHELONS : DU  
LOCAL AU  
PLANÉTAIRE »  
DAVID FOSTER,  
DIRECTEUR DE LA  
HARVARD FOREST

## La science ne suffit plus

Cette culture du temps long développée à Petersham a par ailleurs été l'une des principales inspirations d'un concept qui a modelé l'écologie scientifique moderne, celui des sites dits « LTER », pour Long Term Ecological Research (« recherche écologique de long terme »). Un réseau qui a propagé à l'échelle du monde une partie des pratiques développées ici.

Depuis quelques années, un nouveau défi, sans doute le plus ambitieux de tous, s'est imposé à la Harvard Forest : produire des résultats qui sortent des cénacles scientifiques, se rapprocher des décideurs, locaux et nationaux, sortir de la tour d'ivoire. Déjà, il avait fallu batailler avec les écologues américains pour faire accepter que l'écologie n'est pas nécessairement l'étude d'une nature pure, mais qu'aux paramètres biologiques et physiques, il faut ajouter l'humain. Une idée d'essence plutôt européenne, l'Amérique restant marquée par le mythe du *wilderness*, la nature vierge.

Mais ce nouveau défi suppose d'aller plus loin dans cette direction. Les chercheurs de Harvard, dans le cadre d'une initiative prise avec six autres centres d'écologie d'excellence, travaillent désormais en collaboration directe avec les décideurs (législateurs, fonctionnaires territoriaux,

agriculteurs...).

« *Nous voulons absolument que nos résultats soient utiles, et donc nous ne nous contentons pas d'envoyer nos publications a posteriori à ces acteurs : nous les associons à la conception même de nos programmes de recherche. Cela nous aide à comprendre les questions qu'ils se posent, et eux nous font davantage confiance* », plaide David Foster. Une démarche qui n'est pas sans susciter des critiques. Quoi ? Laisser des politiques et des fonctionnaires se mêler de l'orientation de la recherche ? Mais cela permet de peser. Car faire de la science d'excellence ne suffit plus, constate le chercheur.

« *Nous sommes à un moment de l'histoire où il est désespérément urgent que le savoir produit ici trouve le chemin de la décision politique. A tous les échelons : du local au planétaire.* »

## Un réseau mondial des écosystèmes

La recherche écologique à long terme – *long term ecological research* ou LTER – a donné naissance, en 1980 aux Etats-Unis, à un réseau d'expérimentations, étendu à l'Europe en 1993. Englobant aujourd'hui plus de 650 sites de recherche répartis dans le monde entier, c'est une structure aussi passionnante que méconnue. Comme l'explique son coordinateur, le biologiste autrichien Michael Mirtl, « *chacun des sites s'efforce de produire des jeux de données écologiques continus et de haute qualité sur des durées étendues* ». Formant une sorte de maillage planétaire qui prend en permanence le pouls des plus importants écosystèmes terrestres, des forêts tropicales à la toundra, en passant par des steppes, des zones humides, etc. Un réseau, aussi, où se mènent toutes sortes d'expériences écologiques à long terme, et dont les responsables n'ignorent pas ce qu'ils doivent à la Harvard Forest : Michael Mirtl la qualifie d'« *ancienne et noble institution, l'un des lieux-clés où le concept de LTER a été forgé* ». En France, le réseau LTER est représenté par treize « zones-ateliers », dont une des originalités scientifiques est l'attention portée à l'influence humaine. Une problématique que Harvard partage.