



**HAL**  
open science

# Recommandations pour les inventaires par placettes permanentes : respect du domaine inventorié, gestion des limites et temporalité

Thomas Cordonnier, François Morneau

## ► To cite this version:

Thomas Cordonnier, François Morneau. Recommandations pour les inventaires par placettes permanentes : respect du domaine inventorié, gestion des limites et temporalité. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2024. hal-04643203

**HAL Id: hal-04643203**

**<https://hal.science/hal-04643203>**

Submitted on 10 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Recommandations pour les inventaires par placettes permanentes : respect du domaine inventorié, gestion des limites et temporalité

## Résumé

La mise en place d'un dispositif d'inventaire permanent en forêt nécessite de prendre en compte en amont de nombreux paramètres afin d'en garantir la meilleure efficacité dans le temps. Ces dispositifs représentent en effet un coût de mise en place important qui justifie à lui seul cet effort préalable. L'objectif de cet article est de redonner quelques recommandations pour leur mise en place. Une fois les principes fondamentaux rappelés, nous nous focalisons plus particulièrement sur le cas du respect du domaine et sur celui de la gestion des limites de ce domaine, deux aspects essentiels dans le cadre des inventaires statistiques. Enfin, nous abordons la question des temps de retour des mesures sur les placettes, question qui n'est pas déconnectée de celle de la qualité des mesures.

## Introduction

Les évolutions rapides des forêts induites par les changements climatiques conduisent aujourd'hui les gestionnaires à repenser leurs dispositifs de suivi et d'évaluation des peuplements forestiers. Il s'agit d'être en mesure de caractériser périodiquement ces évolutions, et ce à différentes échelles : échelle de forêts aménagées et échelle de massifs. Ces dernières années, et en lien avec la montée en puissance d'acquisitions de données de télédétection, l'ONF a investi, parfois en partenariat avec les acteurs de la forêt privée, dans la mise en place d'observatoires qui consistent en l'implantation de réseaux de placettes permanentes couvrant un ensemble de forêts (ex. observatoires des Vosges et de l'Arc Jurassien).

Cette augmentation du nombre de dispositifs de suivi par placettes permanentes est l'occasion de rappeler certaines recommandations en tenant compte de deux éléments : 1) l'importance de réfléchir ces dispositifs en lien avec l'inventaire forestier national (IFN) confié à l'IGN. L'enjeu est de motiver des pratiques qui puissent in fine rendre compatibles des inventaires forestiers couvrant des

domaines, des échelles et des objectifs nécessairement différents mais devant posséder une même assise statistique et dendrométrique ; 2) l'importance de prendre en compte les moyens humains et techniques mobilisables par les utilisateurs. L'enjeu est de garantir que les projets puissent être mis en œuvre de manière efficace et sur le long terme. Nous prendrons pour exemple les choix effectués par l'ONF dans le cadre de ses dispositifs de suivi et d'évaluation des peuplements.

Le cadre de cet article est celui des dispositifs d'inventaire à partir desquels il est possible de tirer des estimations statistiques des grandeurs d'intérêt, estimations assorties d'un intervalle de confiance : surface terrière et son accroissement, volume, diamètre moyen, hauteur dominante, etc. Cela suppose notamment de garantir la « représentativité » d'échantillons constitués par les placettes de mesure et les arbres qui s'y trouvent, autant au moment de leur installation que dans le temps (inventaires permanents). Dans le cadre de la compatibilité des dispositifs d'inventaire, notons bien que l'inventaire français ne s'appuie pas sur un réseau de placettes permanentes<sup>1</sup>. De nombreux enseignements peuvent toutefois en être tirés qui restent pertinents ici.

Dans un premier temps nous présentons quelques principes fondamentaux pour la mise en place de réseaux de placettes permanentes. Nous nous focalisons ensuite plus particulièrement sur le cas du respect du domaine et sur celui de la gestion des limites, deux aspects particulièrement importants dans le cadre des inventaires statistiques. Etant donné le cadre spécifique des dispositifs permanents, nous aborderons également la question des temps de retour, question qui n'est pas déconnectée de celle de la qualité des mesures. En revanche, nous ne traiterons pas le cas des estimations des flux qui sont souvent la motivation principale de la mise en place de dispositifs permanents. Notamment, le suivi de populations d'arbres à long terme nécessite de bien prendre en compte toutes les entrées et sorties, que ce soit pour des questions démographiques (croissance, mortalité), de gestion (prélèvement) ou de protocole (ex. seuils de précomptage).

1 • contrairement à la plupart des IFNs. A noter que depuis 2015, l'IGN revisite une fois ses placettes.

## Quelques principes fondamentaux

Le premier principe consiste à expliciter en amont le dispositif, en décrire le plan d'échantillonnage et surtout de ne pas se limiter à l'écriture d'un protocole. La mise en place d'un réseau de placettes d'inventaire se doit de répondre à des objectifs clairement définis. Cela passe par des étapes de réflexion et de conception qui vont permettre de définir les composantes essentielles du dispositif en tenant compte également des contraintes et de la faisabilité des opérations. Il s'agit donc d'un travail qui requiert la coopération étroite entre les spécialistes des inventaires et les responsables forestiers qui en utiliseront les données. Ces étapes de conception sont particulièrement importantes dans le cas d'un dispositif d'inventaire pérenne s'appuyant sur un ou plusieurs réseaux de placettes permanentes. Ce type d'inventaire est par essence un dispositif coûteux, en particulier lors de l'installation. Toute mauvaise conception initiale, défaut du plan d'échantillonnage ou imprécision du protocole aura des conséquences néfastes sur le dispositif et sur sa capacité à répondre aux objectifs dans le temps.

Le deuxième principe repose sur une définition claire et précise du domaine<sup>2</sup> pour lequel on souhaite obtenir des estimations et sur l'importance de son respect lors de l'inventaire. Il s'agit d'un préalable essentiel. Le contour et la surface du domaine doivent être connus. Le plan d'échantillonnage doit alors couvrir l'ensemble du domaine, qu'il y ait de la forêt ou non. Pour l'IGN, le domaine correspond à l'ensemble du territoire métropolitain, y compris les zones hors forêts (villes, milieux agricoles, etc.). Un tel domaine est notamment nécessaire pour connaître et mesurer la première inconnue de l'enquête, à savoir la forêt elle-même et son extension et pour en suivre les évolutions en surface. Ainsi, un projet d'inventaire ciblant un système forestier spécifique, par exemple les chênaies ligériennes, devra définir un domaine plus large que les seules chênaies actuelles car la composition n'est pas une notion figée dans le temps et dans l'espace.

Le troisième principe consiste à élaborer des dispositifs qui garantissent des estimations dépourvues de biais<sup>3</sup>. En statistique, cette exigence d'exactitude prime souvent sur celle de précision. Certains biais peuvent éventuellement être acceptés pour peu qu'ils puissent être considérés comme faibles, notamment au regard des enjeux et qu'ils soient connus et maîtrisés. Le non-respect du domaine (cf. point précédent) est une source de biais. Des biais non contrôlés peuvent également résulter d'une mauvaise gestion des points d'inventaire situés en limite du domaine.

Le quatrième principe consiste, lorsque des strates<sup>4</sup> sont définies en amont de l'échantillonnage, à faire en sorte qu'elles soient aussi pérennes que possible. Dans la perspective de dispositifs de suivi à long terme, il faut donc éviter d'utiliser des strates basées par exemple sur des

types de peuplement si on anticipe leur évolution à court ou moyen terme. Ce principe prend de l'importance au regard des évolutions rapides attendues dans le cadre des effets du changement climatique et des nouvelles pratiques d'adaptation qui se mettent actuellement en place.

Ces quatre principes sont une des bases de tout projet d'inventaire qui se doit de définir son domaine d'intérêt ainsi que le plan d'échantillonnage et les protocoles qui en découlent, en fonction des précisions souhaitées et, bien sûr, des moyens à disposition. En dehors de ces principes, il faut souligner que deux populations sont en réalité visées conjointement dans un inventaire : les points (centres des placettes) qui permettent de calculer des surfaces et les arbres qui permettent de calculer les grandeurs d'intérêt.

### Placettes à surface fixe

A l'ONF, seules les placettes à surface fixe, généralement de 15 m de rayon, sont maintenant possibles pour les réseaux de placettes permanentes. Ce choix est lié à la difficulté des suivis et calculs de flux pour les placettes à angle fixe d'une part et aux besoins de calibration des modèles de prédiction de grandeurs dendrométriques combinant les données placettes et les données de télédétection (LiDAR HD) d'autre part. L'IFN utilise des placettes circulaires concentriques (les arbres de différentes dimensions sont relevés sur des placettes de surfaces différentes). L'objectif de compatibilité entre les données ONF et IFN incite également à intégrer dans les placettes permanentes ONF un suivi des perches (arbres de diamètre compris entre 7,5 cm et 17,5 cm) sur une placette circulaire de surface plus réduite, typiquement de 6m de rayon.

## Respecter le domaine échantillonné

### ■ Définition

Le domaine (ou unité d'inventaire à l'ONF) est le contour géographique fixe sur lequel sera déployé le dispositif d'inventaire. Ce domaine peut être une forêt (ex. forêt domaniale de Bercé), un massif (ex. massif des Vosges) ou plus vaste (ex. forêts publiques de l'Arc Jurassien) mais il est défini une fois pour toutes en tout début de projet et ne prête à aucune ambiguïté.

Pour reprendre un exemple déjà cité, les « chênaies ligériennes » ne peuvent être considérées comme un domaine *sensu stricto*, il s'agit plutôt des peuplements d'intérêt, principaux objets visés par l'enquête. Dans ce cas, le domaine sera l'ensemble des forêts domaniales et communales dans la zone du bassin ligérien. A l'ONF, les inventaires à l'échelle de la forêt aménagée concernent les forêts en sylviculture à enjeu moyen ou fort de production, recensables (dont les arbres ont dépassé un seuil de diamètre, en général égal à 17,5 cm) ou non (ONF 2016a).

2. Dans l'ouvrage de Duplat et Perrotte (1981) et dans le vocabulaire ONF le domaine est désigné sous le terme « d'unité d'inventaire ».

3. Un biais est un écart systématique entre les estimations et la vraie valeur.

4. Appellées blocs par Duplat et Perrotte 1981 et l'ONF.

Il est également important de bien expliciter si le domaine contient ou non des zones hors forêt, inaccessibles, non boisées ou non boisables. Par exemple, les routes publiques sont considérées en dehors du domaine alors que les routes forestières y sont généralement incluses (ONF 2016b).

### ■ Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage décrit la façon dont les unités d'échantillonnage (points et placettes associées) sont disposées dans l'espace et le temps pour couvrir l'ensemble du domaine. Cela peut conduire à disposer des placettes hors forêt. Créer ces placettes ne veut pas dire nécessairement les mesurer. Dans le cas où certaines placettes sont physiquement inaccessibles (mare, barre rocheuse), non boisées (prairie naturelle, prairie à gibier), voire non boisables (emprise d'un parking, emprise d'une ligne électrique), elles font bien partie de l'échantillon (ensemble des unités d'échantillonnage) et il est nécessaire de les qualifier *a minima* pour les traiter correctement au moment des estimations.

Prenons le cas de placettes appartenant au domaine d'inventaire mais qui s'avèrent inaccessibles sur le terrain, cas pouvant être fréquent en zone de montagne en raison du relief. Selon les objectifs du dispositif, il existe plusieurs options pour traiter ces placettes inaccessibles. On peut, par exemple, les intégrer pour les estimations des variables dendrométriques. Dans ce cas, il convient d'attribuer des valeurs pour ces variables (on parle alors d'imputation de valeurs pour ces placettes), ce qui est possible par exemple lorsque l'on dispose de modèles de prédiction issus du traitement de données de télédétection (ex. LiDAR HD). On peut également décider de sortir ces placettes des estimations. Il convient alors d'estimer la surface « accessible » du domaine à partir des points d'inventaire et de tenir compte de l'incertitude sur cette surface dans l'estimation des variables. Les points inaccessibles permettent quant à eux d'estimer la surface « inaccessible » du domaine, surface pour laquelle aucun autre résultat statistique ne sera alors disponible.

On peut également suivre les évolutions du domaine en estimant les surfaces correspondantes aux zones spécifiques (ex. surface non boisées).

Plus généralement, le plan d'échantillonnage définit les propriétés statistiques de l'échantillon et a un effet direct sur le choix et l'écriture des estimateurs statistiques utilisées *in fine*. Il doit donc être décrit soigneusement afin de garantir le traitement correct des données récoltées lors de l'inventaire.

### ■ Placettes limites

Par placette limite on entend toute placette dont l'emprise chevauche une limite du domaine, d'une strate, d'un type de peuplement bien défini (selon l'objectif de l'inventaire) ou séparant forêt et non-forêt (dans ce cas-là on parle le plus souvent de lisière forestière). Il est particulièrement important, dans le cadre des protocoles d'inven-

taire, de définir précisément les cas où l'on doit considérer une ou plusieurs limites, la façon dont ces limites doivent être traitées ainsi que leur effet sur le protocole de lever des arbres et du peuplement.

En effet, les limites ont un impact sur les paramètres forestiers que se propose de quantifier un dispositif d'inventaire. En particulier, les arbres proches des limites (particulièrement de lisières forestières) diffèrent de ceux situés plus au centre des parcelles forestières : les essences sont différentes, ainsi que la taille des individus, leur croissance, leur branchaison, etc. Or, un inventaire doit pouvoir rendre compte de ces différences sans biais s'il veut être représentatif de l'ensemble des forêts du domaine et des arbres qui les composent. Il importe donc de ne pas sous-évaluer l'importance des arbres de limite dans les statistiques globales.

Plus spécifiquement, à partir du moment où une limite est positionnée, deux options sont envisageables :

- lever la limite sur le terrain et définir les surfaces de la placette découpées par cette limite : on réalise bien un lever de toute la placette mais en attribuant les mesures à différentes surfaces ;
- ne lever que d'un côté de la placette, celui défini par la position du piquet repère : cela exige de corriger la pondération affectée aux arbres lors des calculs statistiques, pour éviter les biais.

Le choix entre ces deux options se pose particulièrement dans le cas de limites entre peuplements différents que l'on cherche à distinguer. En effet, pour une limite du domaine, seule la deuxième option doit être envisagée. Dans ce cas, il existe de nombreuses méthodes pour corriger le poids statistique des arbres et ainsi minimiser voire annuler les biais.

### ■ Cas des limites de strate et de parcelle

Duplat et Perrotte (1981) proposent de ne pas déplacer les placettes lorsqu'elles chevauchent des limites de parcelle ou de strate, le centre de la placette décidant alors de son affectation. Cette règle nous semble raisonnable moyennant la prise en compte éventuelle d'un changement associé de type de peuplement (cf. point suivant).

### ■ Cas spécifique des limites de peuplement

Il s'agit d'un point particulièrement important qui est rarement évoqué dans les protocoles ONF. Ce point est directement lié aux objectifs de l'inventaire. Ces objectifs doivent notamment définir les types de peuplement ciblés et les éléments qui permettent de les distinguer. En règle générale, il est toujours très utile pour les analyses ultérieures de bien identifier si l'emprise d'une placette concerne plusieurs types de peuplement ou non. Si plusieurs peuplements sont concernés, alors il convient de les distinguer au niveau du relevé dendrométrique et d'estimer leurs surfaces respectives. Cette précaution n'est évidemment guère nécessaire si on souhaite uniquement obtenir des résultats moyens sans ventilation selon le type de peuplement ou l'essence. A l'inverse, ne pas tenir

compte de ces limites conduit *de facto* à combiner dans un même ensemble les éléments de peuplements adjacents et à créer artificiellement, par exemple, des mélanges (essences, structure) qui ne correspondent pas à la réalité de la gestion.

### ■ Limite de domaine : méthode ONF de la placette tangente

A l'ONF, seule la gestion des limites du domaine d'inventaire (que ce soit une lisière ou une limite forêt-forêt) est précisée avec une règle qui consiste à déplacer la placette vers l'intérieur de la forêt ou domaine telle qu'elle devienne tangente à cette limite (figure 1). Cette méthode (appelée "move-to-R" en anglais) est en effet recommandée par certains ouvrages (ex. Duplat et Perrotte 1981) qui reconnaissent en contrepartie un biais potentiel en raison d'une sous-représentation des arbres de lisière. Dans la même veine, Rondeux (1999) indique que la plupart des méthodes consistant à déporter les placettes ou à les dupliquer au sein du domaine sont biaisées, sans toutefois donner d'éléments quantitatifs sur l'importance de ce biais. Il existe néanmoins quelques exemples dans la littérature scientifique internationale. Ainsi, Grégoire et Scott (1990) trouvent des biais inférieurs à 1% pour le nombre de tiges et la surface terrière (mais jusqu'à 3 % pour le volume). Leurs résultats reposent cependant sur des simulations de placettes de 4 ares dans deux peuplements seulement de 2-3 ha et de forme rectangulaire, ce qui limite leur généralisation à des forêts de forme plus complexe et comportant de nombreux types de limites. L'intérêt de la méthode des placettes tangentes est en réalité surtout d'ordre pratique, les méthodes sans biais étant en général plus lourdes à mettre en œuvre.

### ■ Limite de domaine : méthode IFN de modification directe du poids des arbres

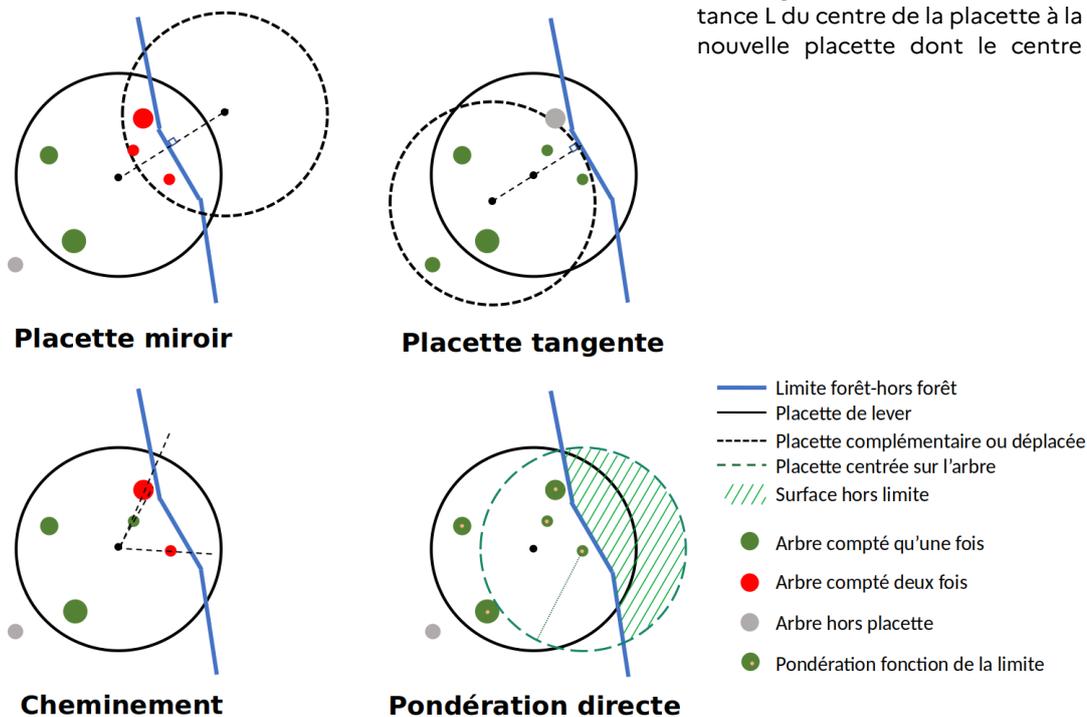
L'inventaire forestier français applique la méthode dite « de modification directe du poids des arbres » (Beers 1966 cité par T. Grégoire et Scott 1990 ; figure 1), également appelée « measure  $\omega$  method » par Grégoire et Valentine (2007). Cette méthode consiste à corriger arbre par arbre en fonction de la position de chaque individu par rapport aux limites (que ce soit une limite de peuplement ou une lisière forestière). Cette méthode est sans biais et permet de tenir compte de configurations complexes (limites nombreuses et non rectilignes). Du point de vue statistique, cette méthode permet d'estimer correctement les probabilités d'inclusion de chaque arbre.

Dans le cas de l'inventaire français, du point de vue pratique, la description ne va pas au-delà de 2 limites rectilignes pour le moment. Cela nécessite une prise de données d'azimuts et de distances complémentaires (au maximum 4) pour positionner, en plus des arbres eux-mêmes, ces limites sur le terrain, les pondérations étant réalisées *a posteriori* au bureau.

### ■ Limite de domaine : autres méthodes d'intérêt

Les deux méthodes précédentes sont celles actuellement mises en œuvre à l'ONF et l'IFN. D'autres méthodes méritent d'être présentées pour leur propriété non biaisée ou leur intérêt pratique.

Rondeux (1999) (voir également Duplat et Perrotte 1981) souligne que la méthode de la placette miroir (appelée « mirage method » en anglais) serait théoriquement sans biais (figure 1). Cette méthode consiste à mesurer la distance L du centre de la placette à la limite et à installer une nouvelle placette dont le centre est hors de la forêt



← **Figure 1.** Schéma de 4 des principales méthodes de correction des limites. Les arbres en rouges sont comptés deux fois. Dans la méthode appliquée par l'IFN (appelée méthode de modification directe du poids des arbres ou pondération directe), le calcul s'appuie la proportion de la placette de lever, centrée sur chaque arbre (une seule représentée ici), située à l'intérieur du peuplement au sein duquel « tombe » le centre de la placette de terrain (point noir).

(ou du domaine), à une distance  $L$  de la limite, et de relever les arbres du domaine qui sont dans cette nouvelle placette. Certains arbres sont donc mesurés deux fois. Cette méthode est particulièrement délicate à mettre en œuvre lorsque les limites présentent des formes complexes (non droites, auquel cas un biais existe), lorsque la topographie rend les déplacements hasardeux et lorsque la zone en dehors de la limite est impraticable (ex. cours d'eau). Il existe enfin des situations spécifiques de configuration de limites (coins) conduisant à devoir installer plusieurs placettes miroirs et donc de compter certains arbres plus de deux fois. Grégoire et Valentine (2007) limitent ces situations à deux limites en angle droit conduisant à trois réflexions de la placette d'origine. On ne peut donc guère la préconiser en routine.

Une alternative séduisante s'appelle la méthode du cheminement (« walkthrough method » en anglais ; Ducey, Gove et Valentine 2004 ; figure 1). Elle ne nécessite pas de mesure ou calcul de surface comme dans le cas d'autres méthodes. Elle s'applique aux arbres de la placette situés en direction de la limite à partir du centre de celle-ci. Pour chacun de ces arbres, on mesure alors la distance  $L$  entre le centre de la placette et l'arbre qu'on reporte dans la même direction, de l'arbre vers la limite. Si on traverse la limite alors on mesure l'arbre deux fois, sinon on ne le mesure qu'une seule fois. Cette méthode a l'avantage de pouvoir s'appliquer quelle que soit la forme de la limite et il n'y a guère besoin d'aller au-delà de celle-ci. C'est donc beaucoup plus pratique et ainsi utilisable dans de nombreuses situations. Kangas et Maltamo (2006) soulèvent toutefois certaines limites à cette méthode. Ils citent notamment le cas très spécifique de surfaces d'inventaire très étroites qui peuvent conduire à ne pas échantillonner certains arbres qui devraient être comptés deux fois pour corriger les effets limites. Ces situations devraient toutefois être assez rares en pratique et cette méthode, même si elle n'annule pas totalement les biais (Gregoire et Valentine 2007), mériterait d'être davantage testée.

### ■ Synthèse sur les placettes limites

A partir des éléments présentés sur les placettes limites, et en l'absence d'une connaissance fine du biais lié à la mise en place de la méthode des placettes tangentées, il nous semble intéressant à l'avenir :

- pour la gestion des limites de domaine, d'évaluer les conditions de mise en œuvre et les possibilités de réduction des biais pour d'autres méthodes, notamment celle du cheminement ;
- dans le cas où l'emprise de la placette couvre plusieurs types de peuplements d'intérêt, d'évaluer la plus-value de les distinguer dans les relevés et de relever leurs surfaces.

Effectuer des mesures supplémentaires sur le terrain entraîne de *facto* un surcoût. En revanche, cela peut réduire les risques de biais et permettre des analyses plus pertinentes par la suite.

## La temporalité

La fréquence de passage est un élément particulièrement important. Il faut s'assurer de passer à une fréquence adaptée aux dynamiques que l'on cherche à évaluer. Plus celles-ci sont importantes plus la fréquence devrait l'être également. En particulier, il faut pouvoir faire l'hypothèse d'une évolution linéaire des phénomènes entre deux dates de passage. Quand ce n'est pas possible, en cas d'événement exceptionnel comme une tempête ou un dépérissement, un passage spécifique peut être programmé pour mettre à jour rapidement les informations et caractériser ainsi l'événement. Une fréquence de 5-6 ans semble être un compromis pertinent dans le cas de forêts de production<sup>5</sup>. Cette fréquence peut paraître élevée au regard des pratiques actuelles mais elle permet de tirer parti du caractère permanent des placettes pour améliorer le suivi des composantes des flux (recrutement, mortalité, coupes, croissance) et leur précision.

Si une fréquence de passage plus élevée se traduit par des coûts nécessairement accrus, elle permet aussi de garantir i/ une meilleure qualité de suivi (capacité à retrouver les unités d'échantillonnage –placettes et arbres– initiales), ii/ le maintien des compétences (protocole, dendrométrie) et iii/ une diminution des problèmes d'attribution des changements. Par exemple, avec une temporalité supérieure à 12 ans, certaines placettes pourront connaître plus d'une intervention sylvicole majeure.

Les erreurs de mesure sur les accroissements sont souvent considérées comme des éléments déterminant le choix des fréquences de passage. Il est vrai que lorsque l'accroissement biologique est faible, les erreurs peuvent être du même ordre de grandeur que ce dernier ce qui rend son estimation peu pertinente. Il faut toutefois nuancer ce critère car d'autres flux sont intéressants à suivre, notamment la mortalité et la récolte. L'évolution de ces flux peut être rapide dans le contexte actuel d'augmentation des dépérissements et des nouvelles pratiques mises en œuvre pour l'adaptation des forêts au changement climatique.

La fréquence de remesure n'est pas le seul élément de temporalité à prendre en compte. La question de la période d'acquisition des données l'est également. Il est possible de réaliser, comme c'est le cas actuellement à l'ONF, des mesures concentrées dans le temps, sur un ou deux ans. Mais il est aussi possible de répartir l'effort de mesure en organisant l'acquisition de données de manière régulière voire continue. Par exemple, la mesure chaque année d'une fraction (un cinquième) des placettes du dispositif permanent ayant une fréquence de remesure à 5 ans. Ce type d'approche présente plusieurs avantages : effort moindre localement, maintien des compétences par la régularité des mesures, information en continu mais de plus faible précision annuellement. En revanche, cela suppose une charge de mesure (et des coûts) permanents (mais plus faciles à anticiper). La plupart des inventaires forestiers nationaux européens, français compris, ont fait évoluer en ce sens leurs dispositifs ces dernières années.

5 • À l'ONF, les fréquences préconisées sont de 6-12 ans. Ces fréquences sont davantage compatibles avec l'organisation des processus de gestion.

## Qualité des mesures et contrôle

L'intérêt d'un dispositif permanent est de mesurer des changements dans le temps. Il est donc essentiel que les mesures effectuées lors de deux passages successifs soient suffisamment bien menées pour que la variation observée soit le reflet des changements réels.

Il ne faut pas non plus négliger le fait que la mise en œuvre de dispositifs de contrôle, nécessaires, représente un coût additionnel qui devrait être intégré dès l'origine du projet. La mise en place de contrôles est en effet le seul moyen de garantir le niveau de qualité du dispositif mis en place.

Il existe plusieurs types de contrôle. Le premier est un contrôle de production qui consiste à vérifier la qualité de la prise de données lors de l'installation du dispositif. Il s'agit donc d'un contrôle en cours d'installation, sur le terrain, qui permet d'éviter certaines erreurs associées à une mauvaise compréhension du protocole, à des erreurs de modes opératoires, voire à des erreurs d'implantation des placettes, des erreurs de saisie ou d'utilisation logiciel. Ce contrôle conduit généralement à modifier des données.

Ensuite, un contrôle qualité consiste à revenir sur un certain nombre de placettes, à les remesurer et ainsi à quantifier les erreurs de mesures. Il permet d'identifier des améliorations des modes opératoires, des protocoles ou des variables à mesurer. Ce contrôle ne modifie pas les données acquises. L'IGN applique ce type de contrôle pour caractériser la qualité globale du dispositif, en déduire des éléments de contrôle pour la saisie sur le terrain et vérifier que la qualité des mesures ne dérive pas dans le temps. Il permet également de concentrer les efforts de formation sur des aspects du protocole moins bien maîtrisés ou nécessitant des efforts d'harmonisation lorsque des disparités sont observées entre équipes de mesure. Enfin, dans certains cas plus délicats, il permet d'identifier des variables non fiables qui peuvent être supprimées. A l'ONF, ce contrôle qualité est réservé au seul cas des observatoires.

## Conclusions

La mise en place d'un dispositif d'inventaire ne s'improvise pas et d'autant moins que celui-ci est permanent. Cela nécessite de prendre en compte en amont de nombreux paramètres afin d'en garantir la meilleure efficacité dans le temps. Ces dispositifs représentent un coût de mise en place important qui justifie à lui seul cet effort préalable.

## RÉFÉRENCES

- DUPLAT, Pierre et Georges PERROTTE (1981). Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. ONF, 432 p.
- GREGOIRE, Thimoty et Charles T. SCOTT (1990). Sampling at the stand boundary: A comparison of the statistical performance among eight methods ». In: Research in Forest Inventory, monitoring, Growth and Yield. Sous la dir. d'Harold E. Burkhart, G. M. Bonnor et J. J. Lowe. School of Forestry, Wildlife Resources, Virginia Polytechnic Institute et State University, p. 78-85.
- RONDEUX, Jacques (1999). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux, 520 p.
- DUCEY, Mark J., Jeffrey M. GOVE et Harry T. VALENTINE (2004). A walk-through solution to the boundary overlap problem. Forest Science 47, p. 427-435.

Une attention particulière doit être portée dans le cas où les dispositifs de placettes permanentes mis en place le sont également dans le cadre de la calibration de modèles utilisant des données de télédétection (ex. LiDAR HD). Il s'agit notamment de veiller à ce que le besoin de données de terrain dans des délais courts ne remette pas en question la rigueur nécessaire à l'implantation de dispositifs de long terme. Dans certains cas, la mise en place de placettes dédiées doit être envisagée pour couvrir au mieux les gradients et garantir la qualité des modèles. Toutes ces placettes n'ont alors pas nécessairement vocation à faire partie du dispositif permanent.

Garantir la qualité des dispositifs, c'est-à-dire respectant les grands principes des techniques de sondage statistiques, est aussi la condition *sine qua non* des possibilités d'utilisation conjointe des différents dispositifs mis en place. Ainsi, la définition et le respect stricts des domaines, l'utilisation de méthodes non biaisées de gestion des placettes limites, voire l'utilisation de seuils de précomptages identiques et des fréquences de remesures comparables accompagnées de contrôles qualités sont autant de conditions pour assurer la compatibilité entre les données ONF et IFN et ainsi permettre d'améliorer la cohérence des dispositifs aux différentes échelles, depuis les niveaux nationaux et régionaux jusqu'à ceux de la gestion et de l'aménagement.

A noter enfin que la définition du domaine, le plan d'échantillonnage et le protocole utilisé déterminent le ou les estimateurs statistiques pouvant être utilisés et qu'il faut également définir en amont. Ce dernier point, fondamental et souvent traité dans des ouvrages très spécialisés mériterait à lui seul une attention particulière dont il n'a pu être question ici.

## Remerciements

Nous remercions Fabrice Coq, Christine Micheneau et Charline Henry pour leurs relectures et avis constructifs.

**Thomas Cordonnier**

ONF - Département Recherche, Développement et Innovation

**François Morneau**

IGN - Service de l'Information Statistique Forestière et Environnementale

