



HAL
open science

Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers : éléments de réflexion pour faire les bons choix

Richard Chevalier, Frédéric Archaux, Grégoire Gautier

► To cite this version:

Richard Chevalier, Frédéric Archaux, Grégoire Gautier. Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers : éléments de réflexion pour faire les bons choix. *Revue forestière française*, 2010, 62 (2), pp.141-154. 10.4267/2042/34651 . hal-03324373

HAL Id: hal-03324373

<https://hal.inrae.fr/hal-03324373>

Submitted on 25 Nov 2021

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.

Copyright

RELEVÉS FLORISTIQUES POUR LE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS : ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION POUR FAIRE LES BONS CHOIX

RICHARD CHEVALIER – GRÉGOIRE GAUTIER – FRÉDÉRIC ARCHAUX

Depuis une trentaine d'années, les forestiers sont familiarisés avec la pratique des relevés phytoécologiques, notamment pour la création ou l'utilisation des typologies de stations forestières. L'objectif principal est alors d'utiliser la flore comme indicateur des conditions de croissance des arbres forestiers et de réaliser un zonage écologique. Depuis une quinzaine d'années, de nouvelles préoccupations ont conduit à étendre l'utilisation des relevés floristiques à la cartographie des habitats et à l'évaluation de la biodiversité.

En effet, de multiples menaces planent sur les écosystèmes forestiers (changement climatique, eutrophisation, surexploitation de certaines forêts) et les gestionnaires d'espaces naturels s'interrogent sur l'efficacité des mesures conservatoires qu'ils mettent en œuvre pour maintenir ou améliorer la biodiversité de leurs parcelles. Les besoins de suivi de biodiversité, dont ceux concernant la flore, n'ont jamais été aussi forts qu'aujourd'hui, tout particulièrement dans les espaces dédiés à une gestion patrimoniale (réserves biologiques, sites Natura 2000...).

Le Cemagref de Nogent-sur-Vernisson s'intéresse à l'influence de la gestion forestière sur la biodiversité depuis une dizaine d'années et a testé de nombreux protocoles de quantification de la flore vasculaire (Archaux *et al.*, 2004 ; Gosselin *et al.*, 2004 ; Chevalier *et al.*, 2008).

Le présent article a pour objectif de guider les chargés d'études pour le choix des modalités techniques de réalisation d'un relevé floristique, dans une optique de suivi de la diversité floristique en forêt. Il ne s'agit pas d'une présentation exhaustive des multiples méthodes utilisables, mais plutôt de l'exposé des modalités qui nous paraissent les plus appropriées en fonction d'une palette d'objectifs qui nous semblent pertinents. Nous nous intéresserons aux conditions de réalisation du relevé mais pas à l'échantillonnage qui constitue une autre problématique. De même, nos propos ne concerneront que la flore vasculaire (phanérogames et ptéridophytes), ce qui exclut les bryophytes qui nécessitent une réflexion spécifique.

LES QUALITÉS GÉNÉRIQUES DU RELEVÉ FLORISTIQUE

Le relevé floristique doit satisfaire à quatre critères qualitatifs qu'il convient de connaître avant de concevoir tout protocole.

La représentativité

Les modalités de relevé devront être adaptées en fonction de l'objet d'étude (massif, peuplement, placette) de manière à assurer la représentativité. Par exemple, si nous voulons rendre compte de la flore d'un peuplement forestier, un relevé de quelques ares sera plus représentatif qu'un relevé de quelques mètres carrés. La représentativité relève de plusieurs facteurs (échelle spatiale, indices de biodiversité utilisés) que nous aborderons plus loin.

L'exhaustivité

Dans l'idéal, un relevé devrait inventorier toutes les espèces présentes sur la placette. Contrairement à une idée généralement répandue, il est très difficile, voire impossible, de réaliser un relevé totalement exhaustif. En réalité, plusieurs études ont montré qu'en moyenne une espèce sur cinq est omise lors d'un relevé ; on se contentera alors d'obtenir un taux d'exhaustivité le plus élevé possible, qualité essentielle des inventaires floristiques.

La reproductibilité

Il s'agit de la capacité à réaliser les relevés dans les mêmes conditions, de façon à être sûr que la différence observée est attribuable à une évolution. La reproductibilité est une qualité essentielle à satisfaire pour un suivi et l'on pourra sacrifier un peu d'exhaustivité pour gagner en reproductibilité. Si l'on ne peut garantir une reproductibilité suffisante, il vaut mieux renoncer au suivi.

La faisabilité

Une fois que l'on peut garantir une bonne reproductibilité et une exhaustivité acceptable, il convient de s'assurer que l'on dispose des moyens humains (en premier lieu des botanistes disponibles à la bonne période), techniques (instruments de mesure, capacité à retourner sur le point d'observation) et financiers nécessaires. La faisabilité constitue souvent le facteur déterminant qui conditionne l'installation et la maintenance d'un dispositif de suivi.

LES OBJECTIFS D'UTILISATION DES RELEVÉS FLORISTIQUES

Il s'agit ici de préciser les objectifs de l'inventaire ou du suivi, condition préalable avant de définir les options méthodologiques de mise en œuvre du relevé.

Échelle prise en compte par le relevé

Pour simplifier, nous proposons trois échelles d'observation basées sur le concept de communauté végétale.

- *La communauté végétale*

Nous la définissons ainsi d'après Delpech *et al.* (1985) : « *Ensemble de végétaux, structuré et généralement homogène, occupant une station* ». Utilisé de longue date en phytosociologie, et plus tard en typologie des stations, ce concept est habituel aux forestiers. Il repose sur la notion d'homogénéité et d'aire minimale « *sur laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale sont représentées* » (Delpech *et al.*, 1985). En phytosociologie, l'aire minimale est redéfinie pour chaque relevé (Gounot, 1969). Pour les phytosociologues forestiers, l'expérience montre

que, dans les forêts tempérées, cette surface minimum est de l'ordre de 400 m² (Brêthes, 1989 ; cf. photo 1, p. 144).

La principale difficulté liée à cette échelle est la subjectivité d'appréciation de l'homogénéité. Son avantage est qu'elle permet d'étudier la liaison entre la flore et les facteurs écologiques environnants (biotope, peuplement forestier, pratiques de gestion).

- *Le fragment de communauté*

Portant sur des petites placettes de un à quelques mètres carrés (cf. photo 2, p. 144), cette échelle ne prend en compte qu'une partie de la communauté et permet d'en comprendre la variabilité interne si on la relie aux variables écologiques de l'environnement immédiat. L'inconvénient de cette échelle est qu'elle "capte" moins d'espèces, son avantage est qu'elle permet de caractériser des communautés fragmentées (mosaïques) et incomplètes (de surface inférieure à l'aire minimale). La surface unitaire relativement faible rend chaque relevé moins coûteux à réaliser, ce qui permet d'en augmenter le nombre et ainsi d'obtenir des informations fines, par exemple vis-à-vis du comportement de chaque espèce.

- *L'assemblage des communautés*

Cette échelle prend en compte une superficie incluant plusieurs communautés et est plus en rapport avec la taille de l'unité de gestion forestière (de 1 à 30 ha). En revanche, elle n'autorise la liaison qu'avec des facteurs écologiques globaux car elle inclut des situations écologiques variées. Elle permet de prendre en compte un grand nombre d'espèces, dont des espèces rares, et contribue à la connaissance du fond floristique de la forêt ou de la partie de forêt étudiée, en ne limitant pas l'étude aux seules parties homogènes des peuplements forestiers peu perturbés.

Les avantages et inconvénients de chacune de ces échelles sont synthétisés dans le tableau I (ci-dessous).

TABLEAU I **Estimation des services rendus par des relevés floristiques suivant l'échelle de réalisation**

	Assemblage des communautés	Communauté végétale	Fragment de communauté
Surface du relevé.	1 à 30 ha	200 à 1 000 m ²	1 à 10 m ²
Estimation du fond floristique de la forêt.	****	** à *** suivant le nombre de relevés	*
Localisation des espèces rares et patrimoniales.	***	**	*
Compréhension de l'influence des facteurs écologiques . . .	**	***	****
Suivi de la dynamique d'une espèce.	*	**	***
Objet de recherche.	Influence des changements globaux sur la flore	Influence d'une pratique de gestion. Suivi des habitats forestiers	Compréhension de processus fonctionnels fins

**** : satisfaisant ; *** : assez satisfaisant ; ** : moyen à insuffisant ; * : nettement insuffisant



Photo 1

Relevé à l'échelle de la communauté sur une surface homogène suffisamment étendue pour prendre en compte son intégralité (le plus souvent 400 m² en forêt)

Photo Y. DUMAS



Photo 2

Relevé sur une petite placette, à l'échelle du fragment de communauté (1 à 10 m²)

Photo R. CHEVALIER

Échelle de rendu du résultat

Pour un dispositif de suivi donné, la capacité à détecter une évolution significative dépend, d'une part de la variabilité des relevés au sein d'un même lot, d'autre part du nombre de points échantillonnés (pression d'échantillonnage). Plus le nombre de relevés sera élevé, plus on pourra détecter des évolutions fines. Dans la pratique, la pression d'échantillonnage est un compromis entre la précision recherchée et les moyens disponibles. Cela dit, nous n'irons pas au-delà de ce constat.

Nous pouvons cependant établir un parallèle avec l'échelle de rendu du suivi de biodiversité. Plus le rendu est global, plus il sera facile de détecter des différences significatives.

- *Échelle globale = cumul des relevés*

Le résultat consiste à cumuler les espèces d'un ensemble de relevés (une forêt, un type de peuplements, un type d'habitats...). Le fait de cumuler un nombre suffisant de relevés permet d'obtenir une exhaustivité satisfaisante. Une espèce a plus de chance d'être détectée dans plusieurs relevés que dans un seul. Il existe même des méthodes statistiques dites de rééchantillonnage qui permettent d'estimer la richesse spécifique réelle par extrapolation, par exemple la courbe d'accumulation d'espèces, l'indice de Jackknife (Burnham et Overton, 1979).

- *Échelle locale = moyenne des relevés*

Il s'agit ici de faire la moyenne des indices d'un sous-ensemble de relevés. Les différences d'exhaustivité, d'un relevé à l'autre, sont diluées mais ont pour conséquence d'augmenter la variance et de réduire la capacité à détecter une évolution fine. On recherchera donc une reproductibilité plus forte que pour l'échelle globale.

- *Échelle ponctuelle = le relevé*

Aucune "compensation" ou "dilution" n'est possible. Le relevé individuel est donc le plus sensible aux biais d'exhaustivité et de reproductibilité.

Indices de biodiversité envisagés

De nombreux indices de biodiversité existent (Le Tacon *et al.*, 2000 ; Gosselin et Laroussinie, 2004), basés parfois sur des calculs assez complexes. Nous retiendrons ici, parmi les plus simples, ceux qui nous paraissent les plus pertinents pour comprendre l'évolution de la biodiversité floristique.

- *La richesse spécifique totale*

Il s'agit du nombre total d'espèces rencontrées. C'est l'indice de diversité spécifique le plus connu et le plus utilisé. Ce n'est pas le plus intéressant car il mélange toutes les espèces et ne permet pas de comprendre le fonctionnement de l'écosystème. La richesse totale est sensible à l'exhaustivité du relevé mais les erreurs sur l'identité des espèces ont peu d'influence.

- *La richesse spécifique par groupes d'espèces*

Il s'agit ici de décomposer la richesse totale suivant des groupes d'espèces à signification :

- biologique, par exemple : espèces ligneuses, espèces annuelles,
- écologique, par exemple : espèces exigeantes en lumière selon Ellenberg *et al.* (1992),
- d'habitats, par exemple : espèces préférentielles d'un type d'habitats Natura 2000,
- patrimoniale, par exemple : espèces protégées, espèces figurant sur une liste rouge.

Ces indices de richesse seront d'autant plus sensibles aux variations d'exhaustivité et de reproductibilité entre relevés qu'ils seront constitués d'un faible nombre d'espèces et que celles-ci seront peu fréquentes.

- *La fréquence ou l'abondance d'une espèce*

Donnée élémentaire de base, le travail au niveau de l'espèce est le plus sensible à l'exhaustivité et à la reproductibilité car il n'y a aucune possibilité de compensation avec d'autres espèces et l'oubli ou l'erreur d'identification a un effet irrémédiable. L'analyse statistique des données ne sera possible que pour les espèces suffisamment représentées.

Pour mémoire, nous mentionnerons les indices de diversité de Shannon et de Simpson (Le Tacon *et al.*, 2000), qui associent l'équitabilité et la richesse spécifique totale en considérant que toutes les espèces se valent. Nous pensons que ces indices ont peu d'intérêt car ils sont purement quantitatifs et ne permettent pas de comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Par ailleurs, ils sont le plus souvent corrélés avec la richesse totale, guère plus intéressante mais beaucoup plus parlante et simple à obtenir.

- *Valeurs indicatrices écologiques*

Les valeurs indicatrices écologiques ne sont pas de véritables indices de biodiversité, elles renseignent en fait sur les conditions écologiques qui conditionnent la végétation observée. Pour un facteur écologique donné, une valeur est affectée à chaque espèce (à moins qu'elle ne soit pas sensible ou non renseignée pour le facteur en question). Il suffit de faire la moyenne des valeurs des espèces d'un relevé pour en obtenir la valeur indicatrice. Les cotations les plus appropriées sont :

- celles — semi-quantitatives — d'Ellenberg *et al.* (1992), qui ont l'avantage de renseigner une grande partie des espèces de la flore européenne tempérée pour un grand nombre de facteurs écologiques (eau, lumière, nutriments, climat) mais l'inconvénient d'avoir été définies à dire d'expert ;

- et celles — quantitatives — de la base EcoPlant de Gégout *et al.* (2005), concernant les espèces forestières, qui s'intéressent à moins de facteurs (nutriments, climat) mais qui ont l'avantage d'avoir été définies en confrontant des relevés floristiques avec des analyses de sol et des données climatiques. Toutefois, il faut savoir que les valeurs indicatrices relatives au climat ne permettent pas d'étudier des variations fines des conditions microclimatiques (à l'échelle d'une forêt par exemple).

De par leur mode de calcul, ces indices sont assez peu sensibles à l'exhaustivité et à la reproductibilité du relevé.

LES OPTIONS MÉTHODOLOGIQUES DU RELEVÉ

Effet opérateur

L'effet opérateur est le point crucial à maîtriser pour garantir la reproductibilité et l'exhaustivité du relevé.

Contrairement à une idée répandue, l'augmentation du temps de relevé ne réduit pas l'effet opérateur (Archaux *et al.*, 2006). Il est ainsi préférable de fixer un effort de recherche constant.

Le meilleur moyen de réduire l'effet opérateur est de faire appel à des botanistes expérimentés connaissant bien le fond floristique régional, et de faire effectuer le même relevé par plusieurs

personnes. Une autre option, moins coûteuse mais moins efficace, consiste à répartir les relevés à réaliser entre plusieurs opérateurs pour en diluer les effets.

L'effet opérateur est d'autant plus à craindre que les relevés sont réalisés dans des habitats variés et complexes (milieux ouverts, lisières, linéaires) et pour les indices concernant des groupes d'espèces peu représentées sur la zone d'étude ou bien à cycle de vie court (annuelles et bisannuelles).

Dans l'idéal, il conviendrait de mener, pour chaque étude impliquant plusieurs botanistes, un exercice de calibration à l'image de ce qui est pratiqué avec succès pour le suivi à long terme de la flore au sein du réseau RENECOFOR (Camaret *et al.*, 2004 ; Archaux *et al.*, 2009a). Ce type d'exercice durant lequel on demande aux botanistes de faire des relevés de manière indépendante sur les mêmes placettes permet d'évaluer les taux d'exhaustivité et d'erreurs de détermination de chacun (en référence à des relevés consensuels). La calibration permet également d'harmoniser les méthodes de travail.

Ainsi, nous avons pu montrer que les variations d'exhaustivité entre botanistes à l'échelle de la parcelle forestière sont étroitement liées au nombre d'années de pratique de la botanique (Chevalier *et al.*, 2008).

Surface fixe ou variable

Nous recommandons vivement, lorsque c'est possible, de retenir une surface de relevé constante.

Pour les relevés à l'échelle du fragment de communauté, nous déconseillons les relevés à nombre d'espèces constant (ex : relevé jusqu'à la dixième espèce rencontrée) car l'accès à la richesse spécifique devient alors impossible, sinon en valeur relative.

Pour la même raison, à l'échelle de la communauté, nous déconseillons les relevés où l'opérateur détermine lui-même la superficie avec la courbe aire / nombre d'espèces. Nous ne remettons pas en cause cette méthode pour définir des syntaxons en phytosociologie mais nous la jugeons source de difficultés pour les suivis de biodiversité. En revanche, sans remettre en cause l'utilisation phytosociologique des relevés, il est tout à fait possible de fixer une surface de référence compatible avec celle de la formation végétale la plus exigeante en superficie pour l'étude considérée.

Comme nous l'avons déjà signalé plus haut, la surface généralement retenue en forêt est de 400 m² mais d'autres travaux ont montré que la représentativité des communautés forestières était déjà importante pour 200 m² (Archaux *et al.*, 2007). On peut cependant avoir intérêt à augmenter cette surface si l'on souhaite être au-delà de l'aire minimale en toute situation (utilisation phytosociologique, mais il faudra alors garantir l'homogénéité stationnelle) ou bien pour augmenter les chances de relever des espèces rares ; ainsi cette surface a été étendue à 1 000 m² pour comparer des peuplements exploités à des peuplements en réserve biologique intégrale [projet Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité (GNB), Gosselin et Paillet, 2009].

À l'échelle de l'assemblage des communautés, pour nous de l'unité de gestion, le contrôle de la surface de relevé est plus difficile car les unités de gestion n'ont jamais une taille et une forme prédéfinies. Cependant, le contrôle de la superficie est moins important car c'est plutôt l'hétérogénéité spatiale qui conditionne le nombre d'espèces rencontrées. À défaut de pouvoir la fixer par avance, nous conseillons de contenir la surface unitaire dans certaines fourchettes d'un rapport de 1 à 2, en lien avec les unités de gestion considérées (ex : 15 à 30 ha pour des parcelles forestières, 5 à 10 ha pour des sous-parcelles, 1 à 2 ha pour des îlots). L'idéal serait

d'inventorier la même superficie sur chacune des parcelles, cela n'est pas impossible mais c'est compliqué à mettre en œuvre (Chevalier *et al.*, 2008).

Forme de la placette

La forme de la placette est secondaire, une fois la surface contrôlée. En zone homogène, plus la placette sera massive, moins elle sera exposée aux facteurs d'hétérogénéité, sa richesse sera donc légèrement moindre.

Notre préférence va donc à des placettes circulaires, faciles à positionner par rapport à un point central avec un triple mètre (fragment de communauté) ou un télémètre multidirectionnel (communauté). Cependant, on n'hésitera pas à installer des placettes rectangulaires, plus ou moins allongées, si les conditions de terrain ne permettent pas d'installer une placette massive garantissant une zone homogène. L'enveloppe de la placette sera contrôlée ou matérialisée avec des instruments de mesure et ne sera en aucun cas estimée à l'œil.

Prise en compte de la saisonnalité

Faire le relevé en un seul passage pose un problème d'exhaustivité car certaines espèces peuvent déjà être fanées tandis que d'autres ne sont pas suffisamment développées pour permettre leur identification. Des opérateurs expérimentés parviennent en général à identifier les espèces à un stade de développement précoce ou sur des parties desséchées.

Faire l'économie de plusieurs passages n'est envisageable que dans le cas où les communautés végétales concernées sont composées d'espèces visibles et identifiables une grande partie de l'année, ce qui est généralement le cas à l'intérieur des peuplements forestiers fermés.

En revanche, dès que l'on déroge à ces conditions, il est important de prendre en compte la saisonnalité soit en réalisant plusieurs passages par placette (rendu du résultat à l'échelle locale) soit en ne faisant qu'un passage par placette mais en étalant la réalisation des relevés au long de la saison de végétation (rendu du résultat à l'échelle globale).

L'idéal est d'identifier trois périodes (printemps, été, automne) à préciser suivant le contexte géographique. Si, pour des raisons de faisabilité, on ne peut retenir que deux périodes, nous préconisons de conserver les relevés de printemps et d'été.

Les passages successifs peuvent être cumulatifs (la fiche du passage précédent est complétée) ou indépendants (une nouvelle fiche est remplie à chaque passage). Chaque variante a ses avantages, ici mis en évidence pour des relevés à l'échelle de la parcelle forestière (Chevalier *et al.*, 2008) :

- passages cumulatifs : meilleure exhaustivité, coût moindre (environ – 30 %), possibilité d'affiner l'identification des espèces douteuses,
- passages indépendants : meilleure reproductibilité, possibilité de changer d'opérateur d'un passage à l'autre.

Notation de la présence ou de l'abondance

L'appréciation visuelle de l'abondance est sans intérêt sur les petites placettes à l'échelle du fragment de communauté ; elle complique inutilement le relevé, la simple présence étant une information suffisante.

Pour les relevés à l'échelle de l'unité de gestion, l'exercice est inopérant du fait de l'assemblage des communautés sur une superficie élevée. On se contentera au mieux de noter en quelques

classes grossières qui demeureront très sensibles à l'effet opérateur (par exemple : accidentel, peu abondant, moyennement abondant, abondant).

À l'échelle de la communauté, l'habitude courante, issue de la phytosociologie, consiste à noter en coefficients d'abondance-dominance qui tiennent compte à la fois du recouvrement et du nombre d'individus sur le relevé (Delpech *et al.*, 1985) :

- i : un seul individu présent, recouvrement < 5 % ;
- r : individus rares ou très rares, recouvrement < 5 % ;
- + : individus très peu abondants, recouvrement < 5 % ;
- 1 : individus peu abondants à abondants, recouvrement < 5 % ;
- 2 : individus en nombre variable, recouvrement entre 5 et 25 % ;
- 3 : individus en nombre variable, recouvrement entre 25 et 50 % ;
- 4 : individus en nombre variable, recouvrement entre 50 et 75 % ;
- 5 : individus en nombre variable, recouvrement \geq 75 %.

Sachant que l'appréciation visuelle du recouvrement est assez sensible à l'effet opérateur, il est inutile de vouloir la noter trop finement. En conséquence, la notation en coefficient d'abondance-dominance est tout à fait adaptée et opérationnelle.

Stratification de la végétation

Il est assez courant de prendre en compte la stratification dans les relevés de végétation, en différenciant les strates arborescente haute (> 16 m), arborescente basse (8-16 m), arbustive (2-8 m) et herbacée (0-2 m). Ce complément d'information alourdit le relevé et altère la reproductibilité (l'affectation à des strates étant particulièrement sensible à l'effet opérateur).

Dans le cas de suivis de biodiversité, on peut se demander s'il est vraiment nécessaire de stratifier le relevé sachant que, pour le pas de temps qui sépare deux campagnes de relevés (5 à 10 ans), les évolutions seront plus facilement perceptibles pour la végétation du sous-bois que pour les strates supérieures. Dans un souci de simplicité, de reproductibilité, mais aussi d'économie (nous estimons que la notation unistrate permet un gain de 20 % de temps par rapport à un relevé multistrates), nous préconisons d'inventorier uniquement la strate 0 à 2 m.

Cela n'empêche pas de noter les couverts globaux de chaque strate et d'en réaliser une caractérisation dendrométrique (exemple : comptage par diamètre et par essence). Si l'on envisage une valorisation phytosociologique des données, alors la stratification est essentielle.

Effort de recherche

L'effort de recherche est le temps consacré à la recherche et à la notation des espèces lors de la réalisation d'un relevé (abstraction faite du temps consacré à la détermination des espèces au moyen d'une flore).

À l'échelle de la communauté, pour une surface de 400 m², avec stratification, nos travaux ont montré que l'exhaustivité augmentait avec un effort de recherche allant de 5 à 60 minutes. Contrairement à nos attentes, l'augmentation de l'effort de recherche ne diminue pas l'effet opérateur, ce qui nous a conduit à préconiser un effort de recherche de 45 minutes à un seul opérateur, ce qui garantit un bon compromis entre exhaustivité et reproductibilité, et à ne pas descendre au dessous de 30 minutes pour conserver une exhaustivité satisfaisante.

Les botanistes n'ont pas l'habitude de contrôler l'effort de recherche, appréciant intuitivement le moment où ils doivent arrêter le relevé, ce qui nuit à sa reproductibilité. Il est donc absolument nécessaire de fixer un effort de recherche préalable, chronométré sur le terrain, en laissant éven-

tuellement une petite marge pour tenir compte de situations particulières (une légère réduction du temps si très faible couvert végétal ; une légère augmentation si la progression est difficile ou par mauvais temps). À titre d'exemple, dans le cadre du projet GNB (Gosselin et Paillet, 2009), un effort de recherche de 35 minutes à 2 personnes (1 h 10 min cumulé), plus ou moins 5 minutes, a été retenu pour une surface unitaire de 1 000 m² et une strate unique 0 à 2 m. Le fait de travailler par équipe de deux personnes ne correspond pas à un effort de recherche doublé car il y a une certaine redondance dans la détection des espèces ; nous estimons que l'effort réel est augmenté de 50 %. Cependant, le fait de travailler à deux personnes améliore la reproductibilité à effort réel constant.

À l'échelle du fragment de communauté, il est plus délicat de justifier le contrôle de l'effort de recherche, compte tenu de la faible superficie de la placette soumise à un champ de vision unique. L'expérience montre que le caractère rébarbatif de ce type de relevés conduit souvent l'opérateur à changer trop tôt de placette.

À l'échelle de l'unité de gestion, le contrôle de l'effort de recherche est primordial (voir encadré p. 152). Nos travaux ont montré que, pour un opérateur expérimenté, un effort de recherche de 3 heures, réparti en 3 passages saisonniers cumulatifs (75 min + 60 min + 45 min), permet d'obtenir une exhaustivité et une reproductibilité globalement satisfaisantes pour une parcelle d'environ 20 hectares.

CONCLUSIONS

Nous venons de voir que les objectifs d'un suivi floristique en forêt conditionnent les modalités de la réalisation du relevé proprement dit. Pour cette raison, nous ne pouvons proposer de protocole universel, standard et adaptable à toute situation, ni même une palette de 2 ou 3 protocoles standards. Cet exercice ne peut être réalisé qu'au cas par cas, une fois définis les objectifs de chaque suivi. La standardisation n'a de sens que lorsqu'il y a une réelle motivation de coordination des dispositifs de suivi en réseau cohérent.

À notre niveau, nous ne pouvons que mettre l'accent sur les facteurs à prendre en compte en fonction des objectifs poursuivis, ces derniers ne pouvant être formalisés que par les commanditaires des suivis.

Cependant, nous avons mis en avant des préconisations universelles et de bon sens qui concourent à améliorer la reproductibilité des relevés et des résultats qui en sont issus :

- faire appel à des botanistes expérimentés connaissant bien le fond floristique régional, y compris les espèces rares ou d'apparition fugace,
- utiliser des placettes de surface fixe,
- contrôler l'effort de recherche,
- prendre en compte la saisonnalité.

Ces préconisations doivent être durcies ou peuvent être assouplies en fonction des objectifs du suivi, c'est-à-dire de l'échelle de rendu des résultats, des indices de biodiversité pris en compte et de l'échelle du relevé.

Sur ce dernier point, dans le cadre de suivis floristiques mis en œuvre par un gestionnaire forestier, les relevés à l'échelle de la communauté et de l'assemblage des communautés nous paraissent pertinents et complémentaires, alors que les relevés à l'échelle du fragment de communauté sont plutôt à réserver à des dispositifs expérimentaux. Le tableau I (p. 143) résume les avantages et inconvénients des relevés à ces différentes échelles.

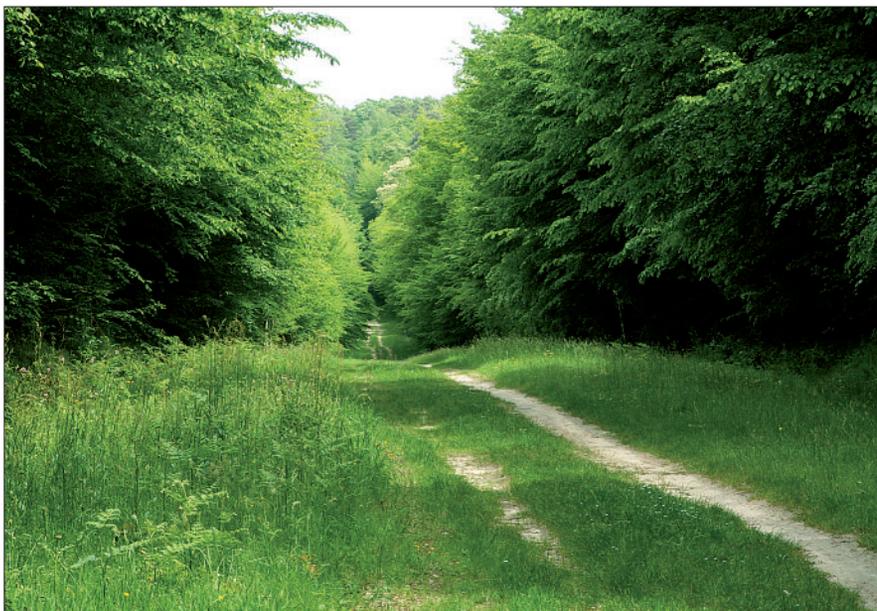


Photo 3

Les relevés à l'échelle de l'assemblage des communautés portent sur plusieurs hectares et permettent de prendre en compte la flore souvent très diversifiée liée aux milieux associés tels que clairières, fossés, chemins et lisières

Photo R. CHEVALIER

Les relevés à l'échelle de l'unité de gestion (voir encadré p. 152) permettent de suivre l'évolution du fond floristique de la forêt ou d'une partie de la forêt dans son ensemble (peuplements, milieux ouverts intraforestiers, espaces interstitiels tels que chemins, fossés..., cf. photo 3, ci-dessus) sous l'influence des changements globaux (changements climatiques, grandes évolutions de gestion, eutrophisation) et de la pression des herbivores.

Les relevés à l'échelle de la communauté autorisent le rattachement des peuplements forestiers aux syntaxons, sur lesquels reposent les classifications des habitats Corine Biotope et Natura 2000, références incontournables pour la gestion des écosystèmes européens. Par ailleurs, ils contribuent à la connaissance des interactions entre les communautés végétales et les facteurs écologiques locaux (peuplement forestier, pratiques de gestion, station forestière).

Enfin, si notre réflexion sur les relevés de végétation s'est concentrée sur les suivis, il est évident qu'elle s'applique aussi aux études floristiques menées en forêt. Par ailleurs, la majorité des considérations évoquées intéressent aussi, moyennant adaptation, l'étude de la flore d'autres écosystèmes inclus dans la forêt ou périphériques.

Grégoire GAUTIER
PARC NATIONAL DES CÉVENNES
Château de Florac
F-48400 FLORAC
(gregoire.gautier@cevennes-parcnational.fr)

Richard CHEVALIER – Frédéric ARCHAUX
UR Écosystèmes forestiers (EFNO)
CEMAGREF
Domaine des Barres
F-45290 NOGENT-SUR-VERNISSON
(richard.chevalier@cemagref.fr)
(frederic.archaux@cemagref.fr)

Remerciements

Ces réflexions ont pu être menées suite au déroulement de projets de recherche soutenus par plusieurs institutions que nous tenons à remercier :

- l'Institut français de la biodiversité (IFB), (Gosselin *et al.*, 2004) ;
- la Direction de l'espace rural et de la forêt, Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (DERF), (Archaux *et al.*, 2004) ;
- l'Office national des forêts (ONF) (Chevalier *et al.*, 2008 ; Archaux *et al.*, 2009b).

Nous remercions également les relecteurs de cet article pour leurs remarques constructives.

Relevés floristiques par parcelles entières

Depuis 2004, le Cemagref et l'ONF œuvrent à la mise au point de modes opératoires permettant de rendre les inventaires naturalistes classiques, dits à l'avancée, plus reproductibles. Le but est de suivre le fond floristique à l'échelle du massif forestier pour en évaluer l'évolution sous la contrainte des facteurs globaux que sont les changements climatiques, l'eutrophisation et l'augmentation annoncée des prélèvements de bois.

Il a alors été décidé de procéder à des relevés portant sur l'unité de gestion de référence des documents d'aménagement : la parcelle forestière. Plusieurs études se sont succédé dans les forêts domaniales de plaine : Tronçais (Allier), Montargis (Loiret), Rambouillet (Yvelines) et Chizé (Deux-Sèvres) et les résultats sont synthétisés dans le dernier rapport d'étude (Chevalier *et al.*, 2008).

Les travaux ont mis en avant le rôle crucial de l'expérience de l'opérateur, tout particulièrement pour les groupes d'espèces non forestières. Des profils opérateurs ont été définis pour comprendre les facteurs qui améliorent l'exhaustivité, notamment le nombre d'années de pratique botanique. La répartition des relevés entre plusieurs opérateurs permet d'en diluer l'effet.

Les relevés par parcelles permettent de constituer le fond floristique d'un ensemble de parcelles dans de bonnes conditions d'exhaustivité et de reproductibilité et de prédire la richesse réelle, hormis pour les espèces protégées et les espèces annuelles et bisannuelles, en raison de leur forte diffusion spatiale ou temporelle.

Ainsi, dans la réserve biologique de Chizé (Deux-Sèvres) qui comporte 154 parcelles pour une superficie de près de 2 600 ha, l'échantillonnage d'une trentaine de parcelles permet d'inventorier 355 espèces, soit 80 % des espèces estimées présentes. Augmenter l'exhaustivité est possible en échantillonnant plus de parcelles mais avec une forte augmentation du coût (il faudrait 60 à 70 parcelles pour atteindre une exhaustivité de 90 % alors qu'une quinzaine de parcelles suffisent pour un taux de 75 %).

Les résultats obtenus à l'échelle de la parcelle unitaire sont moins bons mais peuvent être améliorés en contrôlant rigoureusement le profil des opérateurs et en faisant intervenir des binômes.

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHAUX (F.), BERGÈS (L.), CHEVALIER (R.). — Techniques d'échantillonnage de la végétation pour le suivi et la caractérisation de la biodiversité : test de méthodes à l'attention des gestionnaires. — Rapport d'avancement, 3^e tranche de la Convention DERF/Cemagref n°61.45.36/01. — Nogent-sur-Vernisson : Cemagref, 2004. — 61 p.
- ARCHAUX (F.), BERGÈS (L.), CHEVALIER (R.). — Are plant censuses carried out on small quadrats more reliable than on larger ones? — *Plant Ecology*, vol. 188, n° 2, 2007, pp. 179-190.
- ARCHAUX (F.), BOULANGER (V.), CAMARET (S.), CORCKET (E.), DUPOUEY (J.-L.), FORGEARD (F.), HEUZÉ (P.), LEBRET GALLET (M.), MÂRELL (A.), PAYET (K.), ULRICH (E.), BEHR (P.), BOURJOT (L.), BRÊTHES (A.), CHEVALIER (R.), DOBREMEZ (J.-F.), DUMAS (Y.), DUMÉ (G.), FORÊT (M.), KIEFFER (C.), MIRLYAZ (W.), PICARD (J.-F.), RICHARD (F.), SAVOIE (J.-M.), SEYTRE (L.), TIMBAL (J.), TOUFFET (J.), TRIESCH (S.). — RENECOFOR - Dix ans de suivi de la végétation forestière : avancées méthodologiques et évolution temporelle de la flore (1994/95-2005). — Office national des forêts, Direction technique et commerciale bois, 2009b. — 456 p.
- ARCHAUX (F.), CAMARET (S.), DUPOUEY (J.-L.), ULRICH (E.), CORCKET (E.), BOURJOT (L.), BRÊTHES (A.), CHEVALIER (R.), DOBREMEZ (J.-F.), DUMAS (Y.), DUMÉ (G.), FORÊT (M.), FORGEARD (F.), LEBRET GALLET (M.), PICARD (J.-F.), RICHARD (F.), SAVOIE (J.-M.), SEYTRE (L.), TIMBAL (J.). — Can we reliably estimate species richness with large plots? an assessment through calibration training. — *Plant Ecology*, n° 203, 2009a, pp. 303-315.
- ARCHAUX (F.), GOSSELIN (F.), BERGÈS (L.), CHEVALIER (R.). — Effects of sampling time, quadrat richness and observer on exhaustiveness of plant censuses. — *Journal of Vegetation Science*, vol. 17, 2006, pp. 299-306.
- BRÊTHES (A.). — La Typologie des stations forestières. Recommandations méthodologiques. — *Revue forestière française*, vol. XLI, n° 1, 1989, pp. 7-27.
- BURNHAM (K.P.), OVERTON (W.S.). — Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. — *Ecology*, n° 60, 1979, pp. 927-936.
- CAMARET (S.), BOURJOT (L.), DOBREMEZ (J.-F.). — Suivi de la composition floristique des placettes du réseau RENECOFOR (1994/95-2000) et élaboration d'un programme d'assurance qualité intensif. — Fontainebleau : Office national des forêts, Direction technique, 2004.
- CHEVALIER (R.), GAUTIER (G.), ARCHAUX (F.), BERTIN (V.), DAUGE (C.), DUMAS (Y.), LEGRAND (J.-P.), MARTIN (H.), MOREAU (P.), ROYER (E.), TÉMOIN (J.-L.). — Méthode de relevé de végétation par parcelle entière dans la RBI de Chizé (79). 1) Étude de l'effet opérateur. 2) Comparaison entre parties internes et externes. 3) Test en grandeur réelle. — Rapport Convention ONF/Cemagref 2008 pour l'action "biodiversité et gestion forestière". — Nogent-sur-Vernisson : Cemagref, 2008. — 56 p.
- DELPECH (R.), DUMÉ (G.), GALMICHE (P.). — Typologie des stations forestières. Vocabulaire. — Paris : IDF, 1985. — 243 p.
- ELLENBERG (H.), WEBER (H.E.), DÜLL (R.), WIRTH (V.), WERNER (W.), PAULIßEN (D.). — Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. — Göttingen : Verlag Goltze, 1992. — 248 p.
- GÉGOUT (J.-C.), COUDUN (C.), BAILLY (G.), JABIOL (B.). — EcoPlant : A forest site database linking floristic data with soil and climate variables. — *Journal of Vegetation Science*, vol. 16, n° 2, 2005, pp. 257-260.
- GOSSELIN (M.), ARCHAUX (F.), CHEVALIER (R.), LE JEAN (Y.). — Outils de mesure de la diversité floristique en chênaie pour un suivi dans le temps à l'échelle du massif forestier. — Rapport final de convention CNRS-Cemagref n°01/C/56. Étude financée par l'IFB et la DGFAR. — Nogent-sur-Vernisson : Cemagref, 2004. — 180 p.
- GOSSELIN (M.), LAROUSSINIE (O.) (éd.). — Biodiversité et Gestion forestière : connaître pour préserver - synthèse bibliographique. — Paris : GIP Ecofor ; Antony : Cemagref, 2004. — 320 p. (Collection Études du Cemagref, série gestion des territoires, n° 20).
- GOSSELIN (F.), PAILLET (Y.). — Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité. — Nogent-sur-Vernisson : Cemagref, consultation 2009. — Site Internet : <https://gnb.cemagref.fr/>.
- GOUNOT (M.). — Méthodes d'études quantitatives de la végétation. — Paris : Masson et Cie, 1969. — 314 p.
- LE TACON (F.), SELOSSE (M.-A.), GOSSELIN (F.). — Biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et gestion forestière. Première partie. — *Revue forestière française*, vol. LII, n° 6, 2000, pp. 477-496.

RELEVÉS FLORISTIQUES POUR LE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS : ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION POUR FAIRE LES BONS CHOIX (Résumé)

Face aux multiples menaces qui planent sur les écosystèmes forestiers (changement climatique, eutrophisation, augmentation des prélèvements de bois), les gestionnaires d'espaces naturels ressentent le besoin d'y réaliser des suivis de biodiversité.

Dans ce contexte, le présent article a pour objectif de guider les chargés d'études dans le choix des modalités de réalisation du relevé floristique en forêt. Après en avoir présenté les qualités génériques (représentativité, exhaustivité, reproductibilité, faisabilité), les options de réalisation telles que la surface du relevé, la forme de la placette, la maîtrise de l'effet opérateur, la prise en compte de la saisonnalité, l'intérêt de prendre en compte l'abondance et la stratification des espèces sont discutés au regard des objectifs du suivi.

L'article ne propose pas un protocole standard mais rend compte du retour d'expérience, utile au praticien, d'une dizaine d'années d'études méthodologiques sur les inventaires floristiques, pilotées par le Cemagref de Nogent-sur-Vernisson (Loiret).

FLORISTIC SURVEYS FOR MONITORING PLANT BIODIVERSITY IN FOREST ECOSYSTEMS — MATERIAL FOR REFLECTION TO MAKE THE RIGHT CHOICES (Abstract)

Confronted with the various threats facing forest ecosystems (climate change, eutrophication, increased wood removals) managers of natural spaces feel a need to monitor biodiversity.

The aim of this article is to provide guidance for survey planners to assist them in choosing the practical methods for conducting floristic recordings in a forest environment.

It begins with a general description of the method (representativeness, exhaustivity, reproductibility, feasibility) and goes on to discuss various implementation options such as the overall surface area of the plots surveyed, the latter's shape, factoring in the operator effect, seasonality, the relevance of considering the abundance and stratification of the species, with a view to fulfilling the monitoring objectives.

The article does not propose a standard protocol and instead reports hands-on feedback from some ten or so years of studies of methodologies for floristic inventories steered by Cemagref at Nogent-sur-Vernisson (Loiret).
