FORÊT
•NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**

Améliorer la technique du détourage grâce aux indices de concurrence

Sylvain Gaudin | Étienne Berard | Jean-Baptiste Richard

CRPF Grand Est

Plusieurs grandes règles peuvent guider le gestionnaire dans le détourage des arbres-objectif. Mais l'essence, le stade du peuplement ou son contexte écologique doivent aussi être pris en compte. Ici, nous présentons un nouvel indice permettant d'affiner le travail du sylviculteur.

RÉSUMÉ

Une série d'indices de concurrence dépendant des distances ont été calculés pour des chênes dont le détourage est suivi sur un dispositif expérimental. Parmi ceux-ci, celui défini par Hegyi est le mieux corrélé à l'accroissement en circonférence des arbres désignés. Cet indice traduit de manière efficace les interventions sylvicoles et permet de comparer différentes modalités de détourage. S'il reste pour l'instant lié aux pratiques expérimentales, en raison du temps nécessaire pour collecter et traiter les données, son utilisation pourrait à terme déboucher sur des recommandations pratiques à destination des sylviculteurs.

Le détourage consiste, après désignation d’un nombre d’arbres limité, à une éclaircie localisée à leur profit. Il se pratique d’ordinaire dans les jeunes peuplements à partir du stade perchis (vers une dizaine de mètres), voire plus tôt[9]. Si cette technique a été initialement dédiée aux feuillus précieux ou à croissance rapide (frêne, grands érables, merisier, aulne glutineux…)[4], elle est également mise en œuvre pour les feuillus sociaux comme le hêtre et les chênes[2, 3, 10].

Le principe du détourage est simple mais sa mise en œuvre est plus complexe. Cet article propose donc de montrer que des indices de concurrence contribuent à mieux quantifier cette technique et ainsi à l’améliorer.

Le détourage et sa mise en œuvre

La pratique du détourage vise à optimiser la production sur quelques tiges d’élite soigneusement désignées. Il faut non seulement favoriser une croissance rapide des arbres[8], mais aussi permettre leur développement équilibré (rayon et forme du houppier, rapport hauteur sur diamètre, etc.). Sur certaines essences comme le chêne, un détourage trop intensif peut également conduire au développement de gourmands[2]. Sur beaucoup d’essences, un détourage fort induit le développement de branches basses qu’il faut tailler. Par ailleurs, les peuplements dans lesquels les interventions sont trop tardives ne peuvent subir une intervention aussi vigoureuse que dans ceux pris à temps.

Il est donc nécessaire pour chaque essence, chaque stade de peuplement et chaque contexte écologique de définir des règles pour la mise en œuvre du détourage. Celles utilisées d’ordinaire pour les jeunes peuplements réguliers (tables de production, décroissance de la densité du peuplement en fonction de l’âge, etc.) ne s’appliquent pas, en raison du caractère localisé des interventions de détourage[4].

Compter le nombre d’arbres enlevés en détourage ?
Certains sylviculteurs précisent le nombre de concurrents enlevés pour chaque arbre désigné pour quantifier le détourage[3]. C’est une première information. Cependant tous les arbres n’ont pas le même niveau de concurrence (il dépend par exemple de leur essence, de leur distance à l’arbre désigné, de leur statut social…). De plus, le nombre d’arbres enlevés par arbre désigné ne donne pas d’information sur le degré de concurrence initial ni sur celui après intervention. Si la densité initiale est faible et les houppiers volumineux, l’enlèvement de deux concurrents correspond à une opération dynamique. En revanche, en peuplement très dense issu de régénération naturelle, l’intensité de détourage correspondante sera faible.

Définir un rayon de détourage ?
Dans la mesure où il existe une relation entre le diamètre des arbres à hauteur de poitrine et celui de leur houppier, des règles de détourage ont été proposées[4, 8]. Par exemple, le rayon de détourage indicatif est obtenu en multipliant la circonférence à 1,3 m par un facteur 8. Cela signifie que pour un arbre de 50 cm de circonférence, tous les arbres situés à moins de 4 m de l’arbre désigné devront être enlevés.

Cette règle est régulièrement utilisée et permet de donner des consignes simples. Les rayons de détourage préconisés garantissent des interventions suffisamment fortes pour mettre en œuvre une sylviculture dynamique, notamment chez les feuillus précieux.

Même si le détourage est une intervention à réaliser par le haut et s’il est déconseillé d’intervenir sur des tiges clairement non compétitives[4], la notion de rayon de détourage conduit parfois à un enlèvement total des tiges et donc à la perte d’arbres de sous-étage qui pourraient être des auxiliaires sylvicoles (maintien de la diversité des essences, gainage des fûts…). Si le rayon de détourage fixé est un indicateur pour le praticien, il ne renseigne pas sur l’état de concurrence initial ni sur celui après intervention. De plus, certains gros arbres à fort pouvoir de concurrence ne sont pas enlevés s’ils sont en dehors du rayon fixé, ce qui est dommageable sur le plan sylvicole[3].

Ainsi, il existe des règles sylvicoles concernant le détourage et des suivis possibles des arbres détourés. Cependant, la concurrence concernant les arbres désignés avant ou après détourage n’est pas suffisamment quantifiée. Sa connaissance permettrait d’affiner les pratiques sylvicoles.

Le dispositif expérimental utilisé

Afin de tester d’autres méthodes prenant en compte la concurrence, un dispositif expérimental de chêne sessile dans lequel des arbres détourés sont suivis a été mis à contribution. Il se trouve à Frampas, en Haute-Marne, au sud-est du Lac du Der. Les conditions de croissance sont très bonnes pour le chêne :
- température moyenne annuelle voisine de 10 °C,
- 850 mm de précipitations bien réparties sur l’année,

- sol limoneux avec enrichissement progressif en argile en profondeur, engorgement saisonnier peu marqué et niveau trophique acidicline.

Le peuplement est issu d'une plantation dans laquelle un complément de régénération naturelle s'est installé (tableau 1). Quelques bois blancs (saules, trembles et bouleaux) n'ont pas été enlevés en dégagement. Un sous-étage de charme est bien présent.

L'objectif de ce dispositif est de comparer des arbres détourés à un âge favorable (à 18 ans, modalité 1, arbres repérés par des chiffres) avec d'autres ayant connu une désignation et un détourage tardifs (à 23 ans, modalité 2, arbres repérés par des lettres).

Chêne sessile après désignation et détourage.

Trente arbres sont suivis dans chaque modalité. Neuf autres arbres ont été désignés *a posteriori*, mais n'ont jamais été détourés. Ils servent de témoin. Le suivi de la concurrence a été implanté en 2012.

L'intérêt de ce dispositif de suivi est d'avoir des chênes ayant connu des niveaux de concurrence très variables : plusieurs détourages pour la modalité 1, un premier tardif pour la modalité 2 et aucun pour le témoin.

Quel indice de concurrence retenir ?

Historique et principe des indices de concurrence

Depuis plusieurs décennies, des indices de concurrence ont été développés et testés par les organismes de recherche[1, 5, 6, 11]. Ils ont pour finalité de quantifier la concurrence qui existe autour de chaque arbre ou de développer des modèles d'évolution des peuplements. Certains s'appuient sur des données indépendantes des distances entre les arbres (surface terrière, densité, diamètre moyen des arbres du peuplement, imbrication des houppiers…), d'autres utilisent les distances qui séparent l'arbre central de chacun de ses voisins. Plusieurs dizaines d'indices ont été proposés et comparés entre eux[6, 11].

Les indices testés

Une sélection d'indices de concurrence dépendant des distances a été faite à partir de la bibliographie existante (tableau 2). Deux autres, très simples, *M1* et *M2* définis par les auteurs ont également été testés.

Pour calculer ces indices, il est nécessaire de définir quels sont les arbres concurrents autour de l'arbre désigné qui seront pris en compte. Cela peut se faire sur des placettes à surface définie (en choisissant un rayon dans lequel tous les arbres sont comptés) ou à angle fixe (en choisissant un facteur de surface terrière). Pour certains indices, les deux options ont été mises en œuvre[6]. Nous avons donc choisi de calculer chacun des indices de concurrence sur des placettes à angle fixe et à surface fixe. Dans les deux cas, il est préférable de prendre en compte un nombre important de concurrents pour que l'indice soit performant[1]. Il semblerait en effet que la prise en compte de nombreux concurrents traduirait non seulement la concurrence entre les houppiers, mais aussi celle au niveau racinaire.

Pour la surface fixe, un rayon de 6 m a été retenu :

- Il permettait pour les arbres ayant déjà été détourés de mesurer encore des concurrents autour d'eux (certains ont déjà un rayon de détourage supérieur à 4 m).

Année	Modalité 1 (chiffres), 30 arbres	Modalité 2 (lettres), 30 arbres	Témoin (T1 à T9), 9 arbres
1989	Plantation de chêne sessile		
1990 à 2000	Entretien mécanique des cloisonnements sylvicoles, dégagements manuels contre les saules, trembles et bouleaux. Apparition d'un complément de régénération naturelle en chêne sessile et d'un recrû important de charme.		
2007	Désignation. Premier détourage. Taille et élagage des arbres désignés.		
2009		Désignation	
2011	Deuxième détourage		
2012	Complément de détourage	Premier détourage	Désignation
	C = 36,6 cm ; H totale = 10,7 m	C = 35,4 cm ; H totale = 11,5 m	C = 28,7 cm ; H totale = 10,2 m
	Installation des placettes de suivi de la concurrence autour des arbres désignés.		
2015		Deuxième détourage	
	Nouvelle mesure des placettes de suivi de la concurrence autour des arbres désignés		
	C = 45,2 cm ; H totale = 12,2 m	C = 42,7 cm ; H totale = 13,7 m	C = 35,1 cm ; H totale = 12,6 m

Tableau 1. Historique du dispositif et principales caractéristiques moyennes des peuplements (circonférence et hauteur totale : valeurs moyennes pour les arbres désignés).

- Il était cohérent avec la règle définissant le rayon de détourage comme 8 fois la circonférence.
- Il ne nécessitait pas trop de temps.

Pour des raisons analogues, le facteur de surface terrière 1 m²/ha a été retenu pour les placettes à angle fixe. Le sous-étage pouvant être très présent autour de certains arbres (nombreux chênes issus de régénération naturelle, recru de charme…), il a été décidé de retenir la valeur de 25 cm comme circonférence de précomptage. La figure 1 présente les arbres qui ont été pris en compte. Pour chacun d'entre eux, la circonférence a été mesurée au ruban, la distance à l'arbre désigné au télémètre laser ou à ultrasons et l'azimut à la boussole.

Quel indice retenir ?

Une des méthodes pour comparer les performances des indices est de chercher ceux qui sont le mieux corrélés à l'accroissement en circonférence ou en

Indice (auteur)	Année de publication	Formule
Spurr's point density	1962	$\frac{2500}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(i-\frac{1}{2}\right)\times\frac{C_i^2}{r_i^2}$
Hamilton	1969	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{C_s}\times\frac{1}{r_i^2}$
Hegyi	1974	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{C_s}\times\frac{1}{r_i}$
Martin *et al.*	1977	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{C_s}\times e^{\left(\frac{r_i}{C_i+C_s}\right)}$
Nystorm et Gemmel	1988	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i^3}{r_i\times C_s}$
M1	2017	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{r_i}$
M2	2017	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{r_i^2}$

Tableau 2. Indices de concurrence testés. L'indice **s** (sujet) correspond à l'arbre central qui est désigné. L'indice **i** désigne un des arbres en concurrence avec l'arbre central. Il y a en tout **n** concurrents autour de l'arbre central. **C** désigne la circonférence à 1,3 m. **r** est la distance entre l'arbre central et un concurrent.

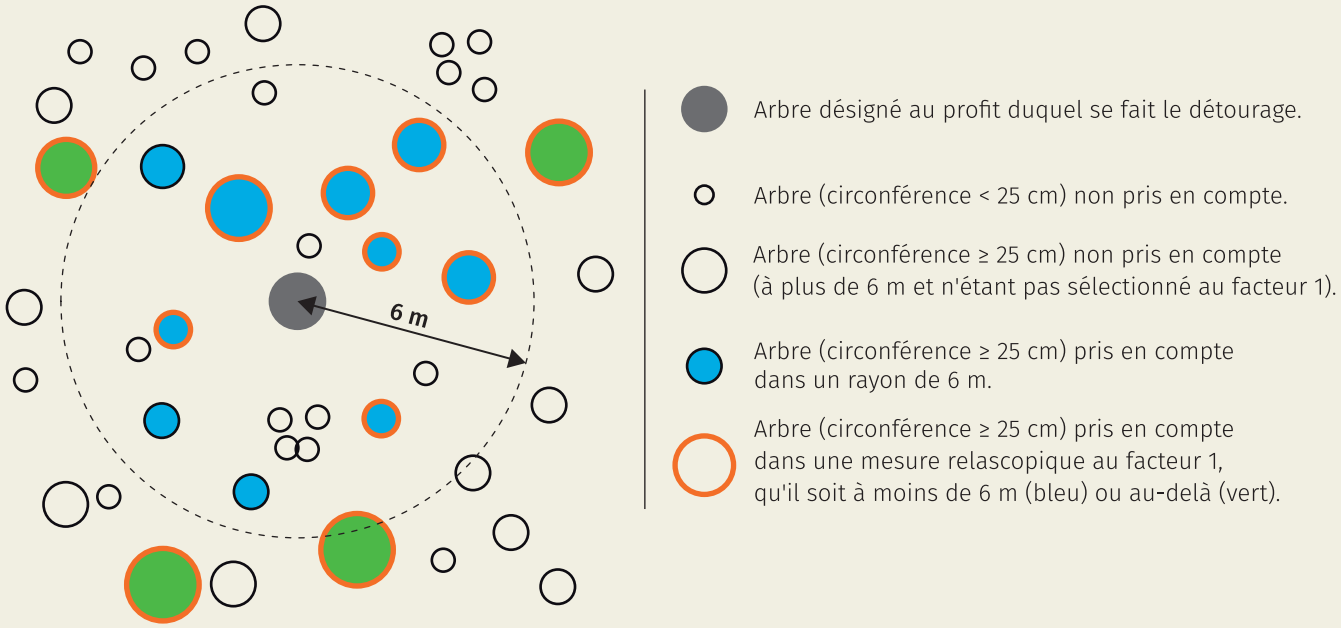


Figure 1. Arbres pris en compte pour calculer les indices de concurrence.

surface terrière[11]. L'accroissement en circonférence sur trois saisons de végétation après le détourage a été retenu. Cette période de 3 ans permet de limiter l'influence des imprécisions de mesure, par rapport à une mesure annuelle[7]. Par ailleurs, elle correspond à la durée de réaction après détourage pour le chêne[8].

La figure 2 traduit plusieurs résultats :

- Tous les coefficients de corrélation sont négatifs. Plus l'indice de concurrence prend une valeur élevée, plus la croissance est faible.
- Pour chaque indice, les résultats obtenus sur placette à surface fixe ou à angle fixe sont très proches. Il y a moins de différences entre les deux méthodes pour calculer un indice qu'entre les indices. Ainsi, le type de placette (à surface ou à angle fixe) semble peu intervenir sur les résultats avec le rayon (6 m) et le facteur de surface terrière (1 m²/ha) retenus ici.
- Parmi les indices testés, c'est celui de Hegyi mesuré sur une placette de 6 m de rayon qui est le mieux corrélé à l'accroissement en circonférence. Il explique 44 % de cet accroissement dans un modèle linéaire. Sur des peuplements de chêne analogues, un modèle reliant l'accroissement en circonférence avec deux variables : la circonférence initiale et l'intensité du détourage explique 53 % de cet accroissement[8]. Ainsi, l'indice de Hegyi peut être considéré comme assez performant.

En règle générale, il n'y a pas d'indice universel systématiquement meilleur que les autres. Cela varie non seulement selon les essences, mais également selon le stade de maturité des peuplements pour une même essence[5, 11]. Cependant, l'indice de Hegyi fait souvent partie des indices performants dans plusieurs études[1, 5, 11]. Il présente l'avantage d'être simple à interpréter (encart 1). Il servira de référence dans la suite de cet article.

Encart 1. Hegyi : un indice de concurrence simple et logique

Cet indice correspond à une somme. Donc plus il y a d'arbres, plus il y a de concurrence.

$$\text{Hegyi} = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{C_s} \times \frac{1}{r_i}$$

Plus un arbre est loin, moins il concurrence l'arbre désigné

Plus un arbre est gros par rapport à l'arbre désigné, plus il le concurrence

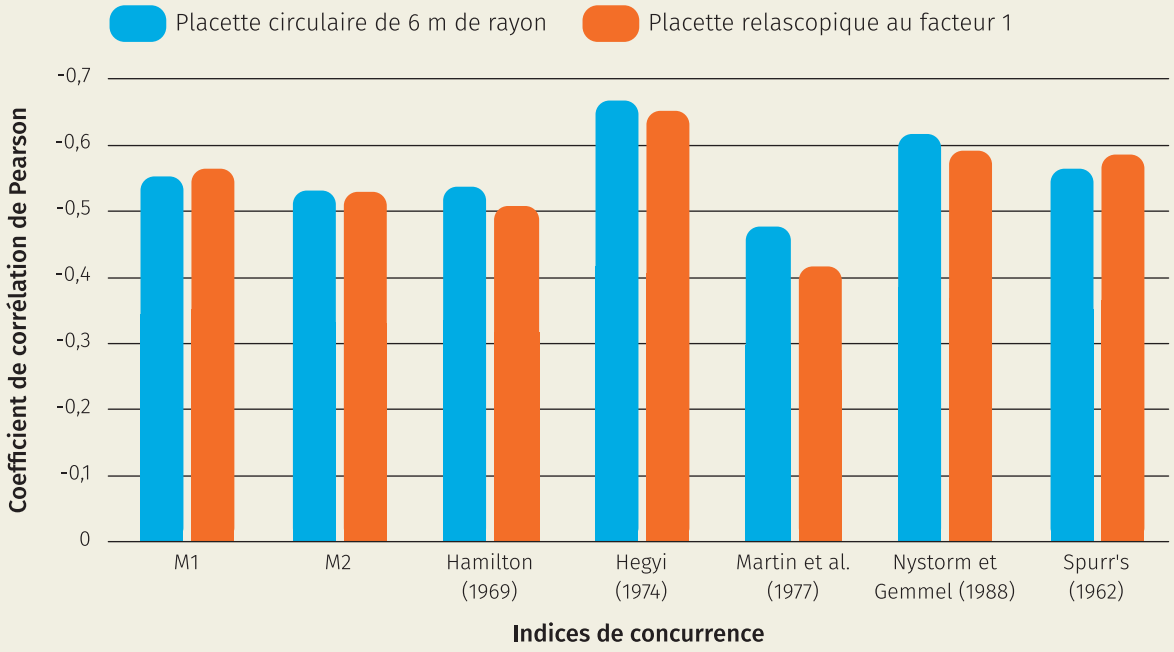


Figure 2. Coefficients de corrélation des différents indices de concurrence avec l'accroissement en circonférence sur trois années.

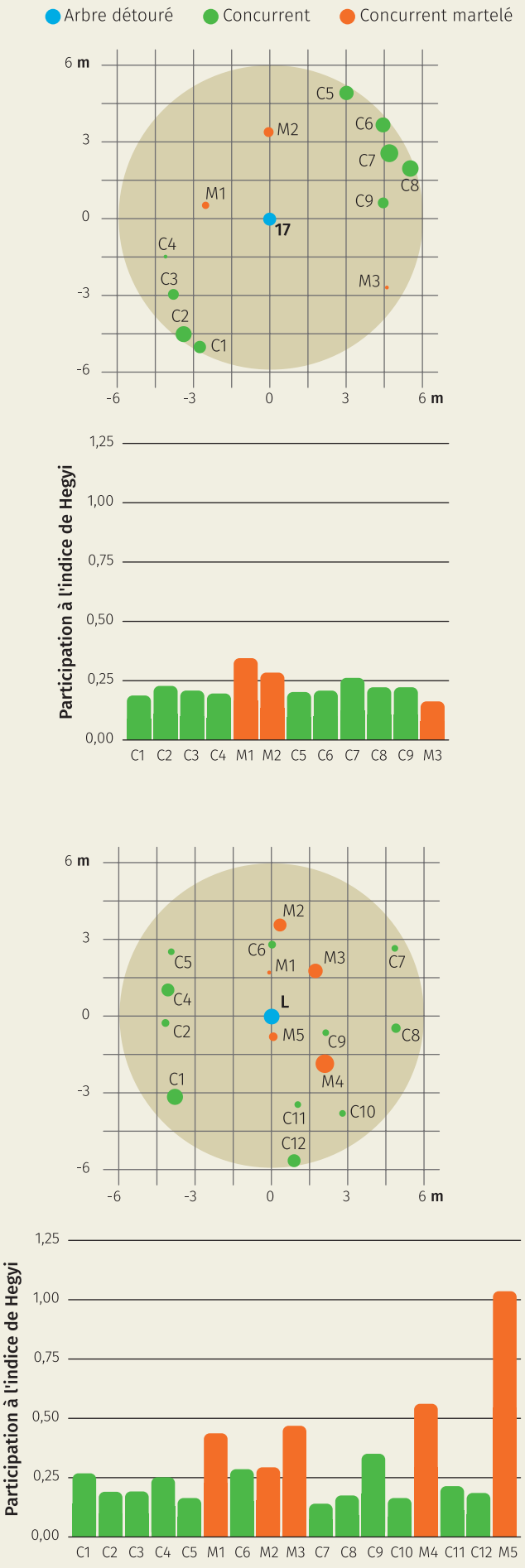
Comment utiliser concrètement un indice de concurrence ?

À l'échelle de chaque arbre désigné

La figure 3 détaille la concurrence autour de deux arbres désignés du dispositif. Elle permet de localiser les arbres et de connaître leur grosseur. Les graphiques indiquent la part de concurrence attribuée à chaque arbre selon Hegyi (l'indice de Hegyi correspond à la somme pour tous les arbres concurrents). Le détourage de 2012 a été effectué sans fixer de rayon minimal, mais avec la consigne de libérer le houppier des arbres désignés des concurrents de l'étage dominant. Les informations de concurrence n'ont été utilisées qu'*a posteriori*.

L'arbre 17 fait partie des arbres déjà détourés auparavant (tableau 1) ce qui explique un rayon de détourage déjà important en 2012. Trois concurrents ont été martelés à son profit. M1 et M2 étaient les arbres les plus concurrentiels selon Hegyi ce qui justifie leur marquage. M3 est en revanche celui qui produit le moins de concurrence. Il s'agit d'un saule. L'expérience a montré au gestionnaire qu'à l'instar des trembles, ces arbres se développaient rapidement et concurrençaient fortement les chênes désignés. C'est pour cela qu'ils ont souvent été enlevés, même lorsqu'ils ne gênaient pas encore.

Chêne désigné puis détouré par le haut, en laissant les arbres du sous-étage qui n'étaient pas des concurrents importants.



L'arbre L a connu en 2012 son premier détourage. Très majoritairement, ce sont les arbres qui apportent le plus de concurrence selon Hegyi qui ont été enlevés (seul C9, qui a été conservé, produit plus de concurrence que M2). L'indice de Hegyi est cohérent avec les choix sylvicoles des praticiens.

L'environnement de l'arbre L (figure 3) confirme que le détourage s'est surtout fait par le haut. Ainsi, un indice de concurrence peut aider à cibler les arbres à enlever en priorité sans nécessairement spécifier de rayon de détourage et en préservant le gainage.

À l'échelle de placettes d'expérimentation

L'indice de Hegyi ayant été calculé pour chaque arbre du dispositif, il est possible de réaliser des moyennes, selon l'appartenance des arbres aux différentes modalités (figure 4). Avant le détourage de 2012, contrairement à ceux de la première modalité, les arbres de la deuxième n'avaient jamais été détourés. L'indice moyen de Hegyi traduit une très nette différence de concurrence. Le détourage de 2012 a fait chuter de manière significative la concurrence dans les deux modalités. Même après ce détourage, la concurrence reste plus forte en deuxième modalité. Elle a augmenté durant les trois ans suivant le détourage, en raison non seulement de la croissance des concurrents, mais aussi d'un fort passage à la futaie des arbres du sous-étage (franchissement du seuil de 25 cm de circonférence). Même après trois saisons de végétation, la concurrence reste plus forte en deuxième modalité qu'en première.

Ainsi, l'indice de Hegyi permet de comparer les différentes modalités d'un dispositif et de quantifier l'effet des interventions. C'est un outil qui pourrait également être testé pour comparer plusieurs dispositifs entre eux.

Dans la gestion courante ?

La réalisation des mesures destinées à calculer les indices de concurrence (figure 1) et le traitement de ces données ont montré qu'il était possible d'améliorer la méthode. Il semblerait qu'une placette à angle fixe (au facteur 1 m²/ha), mais sans circonférence de pré-

Figure 3. Plan de l'environnement de deux arbres. Les tailles des points sont proportionnelles à la circonférence. La contribution de chaque arbre concurrent à l'indice de Hegyi est présentée sous forme d'histogramme.

comptage permettrait de prendre en considération les très petits concurrents s'ils sont proches de l'arbre désigné. Ce serait à tester.

L'indice de Hegyi semble être un bon outil pour quantifier les opérations de détourage. Il est cependant difficile à l'heure actuelle de fixer des valeurs de référence faute d'une base de données suffisante d'expérimentations ayant utilisé cet indice.

Il faudrait dans un premier temps tester de nouveau ces indices dans d'autres contextes (sur du chêne puis pour d'autres essences, à d'autres stades d'évolution des peuplements...). Cela donnerait un ordre de grandeur de la valeur de l'indice de Hegyi (voir celle d'autres indices, si celui de Hegyi n'est pas le plus performant) à ne pas dépasser pour garantir une croissance forte chez les arbres désignés, selon les essences et les stades de développement.

En considérant la figure 3, la valeur de 0,3 serait un ordre de grandeur de la contribution individuelle d'un arbre à ne pas dépasser pour assurer une concurrence suffisamment faible à l'arbre détouré (cas d'un premier détourage de chêne effectué pour une hauteur dominante de 11 à 12 m). En utilisant cette base comme exemple, un abaque utilisable sur le terrain est proposé (figure 5). Pour une circonférence de l'arbre désigné (*Cs*) fixée, un arbre situé en-dessous de la droite doit être considéré comme concurrent. Le cas d'un arbre désigné de 35 cm de circonférence est utilisé comme exemple. Les arbres au dessus de la droite (croix) induisent une concurrence faible. Ceux en dessous (ronds) une concurrence forte. Le choix du sylviculteur repose bien entendu sur des observations de terrain (concurrence directe des houppiers, présence d'essences à fort pouvoir compétitif, etc.), mais il peut aussi rapidement estimer ou mesurer la distance à l'arbre et la circonférence d'un concurrent pour le placer sur cet abaque et l'aider à statuer sur son potentiel enlèvement. Même s'il est prématuré de fixer des règles, la figure 5 montre qu'il est possible de traduire concrètement un indice de concurrence, d'une manière utilisable sur le terrain.

Les indices de concurrence dépendant des distances testés, et particulièrement celui de Hegyi, traduisent de manière simple la concurrence autour des arbres détourés. Même s'ils n'intègrent pas des informations complexes comme la forme des arbres ou le développement des houppiers, ils permettent de mieux suivre les dispositifs sylvicoles qui comparent les modalités de détourage. À terme, les résultats expérimentaux permettront peut-être de définir des règles concrètes de détourage utilisant un ou plusieurs indices de concurrence. ■

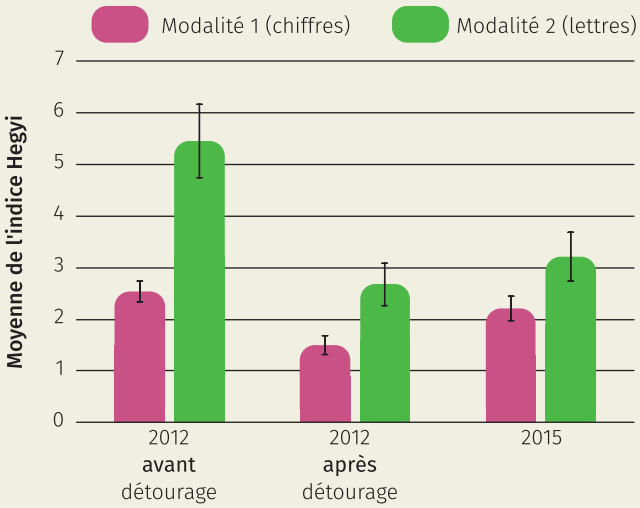
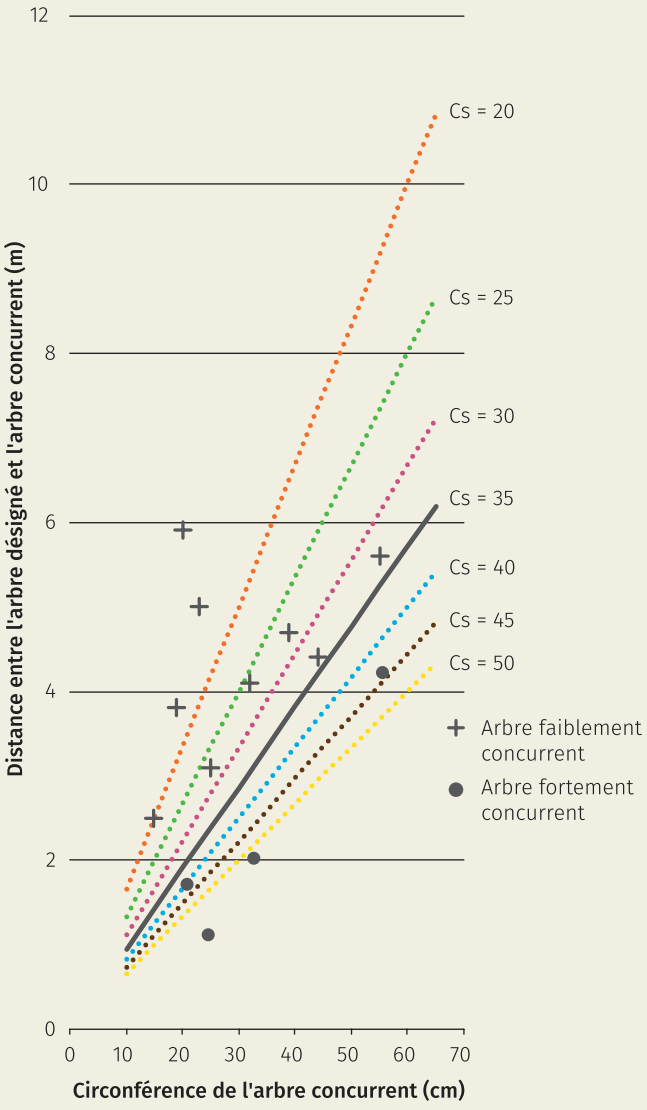


Figure 4. Valeur moyenne et intervalle de confiance de la moyenne de l'indice de Hegyi, selon les modalités et les stades d'évolution des peuplements.

Figure 5. Abaque construit pour une valeur individuelle de concurrence selon l'indice de Hegyi de 0,3. Cs : circonférence de l'arbre désigné.



POINTS-CLEFS

- Le sylviculteur peut s'appuyer sur quelques règles pour le détourage des arbres-objectif.
- La mesure d'un indice adéquat de concurrence permettrait d'affiner les pratiques sylvicoles.
- L'indice d'Hegyi est testé ici dans un dispositif expérimental.
- La mise au point d'abaque devrait permettre une utilisation de terrain simplifée de l'indice de concurrence.

Les auteurs remercient le gestionnaire de la forêt dans laquelle est implanté le dispositif expérimental (Bernard Challan-Belval) ainsi que les personnels du CRPF ayant participé aux mesures. Cet article est dédié à la mémoire de Claude Barthélémy, propriétaire de la parcelle où a été mise en place l'expérimentation et disparu depuis. Il a toujours été intéressé par nos travaux et prêt à accueillir nos expérimentations.

Journée de formation sur le chêne s'appuyant sur le dispositif de Frampas. Les souches des arbres enlevés en détourage au profit de l'arbre F sont marquées à la peinture.

Bibliographie

1 **Alemdag** I.S. (1978). *Evaluation of some competition indexes for the prediction of diameter increment in planted white spruce*. Forest Management Institute, Ottawa, Ontario, Canadian Forestry Service, 39 p.

2 **Baar** F. (2008). Sylviculture d'arbres-objectif en hêtre et chêne : retour du terrain. *Forêt Wallonne* 97 : 39-56.

3 **Baar** F., **Balleux** P., **Claessens** H., **Ponette** Q., **Snoek** B. (2005). Sylviculture d'arbres-objectif en hêtre et chêne : mise en place d'un dispositif de parcelles de démonstration et d'expérimentation. *Forêt Wallonne* 78 : 34-46.

4 **Claessens** H. (2004). Réflexion sur le détourage des feuillus à croissance rapide. *Forêt Wallonne* 71 : 3-11.

5 **Contreras** M. A., **Affleck** D., **Chung** W. (2011). Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. *Forest Ecology and Management* 262 : 1939-1949.

6 **Daniels** R. F., **Burkart** H. E., **Clason** T. R. (1986). A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. *Canadian Journal of Forest Research* 16 : 1230-1237.

7 **Gourlet-Fleury** S. (1998). Indices de compétition en forêt dense tropicale humide : étude de cas sur le dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française). *Annales des Sciences Forestières* 55 : 623-654.

8 **de Potter** B., **Perrin** J., **Ponette** Q., **Claessens** H. (2012). Détourage d'arbres-objectif : enseignements des dispositifs installés en Wallonie après six années. *Forêt Wallonne* 119 : 43-54.

9 **Rosa** J., **Picard** O. (2017). Expérimentons le(s) chêne(s) ! Acquis et besoins. *Forêt-entreprise* 237 : 36-40.

10 **Sevrin** É., **Picard** O. (2017). Enjeux de sylviculture des chênes. *Forêt-entreprise* 237 : 25-30.

11 **Tomé** M., **Burkhart** H. E. (1989). Distance-Dependant Competition Measures for Predicting Growth of Individual Trees. *Forest Science* 35(3) : 816-831.

Crédits photos. S. Gaudin (p. 56, 58, 61), J.-B. Richard (p. 64).

Sylvain Gaudin
Étienne Beraud
Jean-Baptiste Richard
sylvain.gaudin@cnpf.fr

CRPF Grand Est, Maison de la forêt et du bois
Complexe agricole du Mont-Bernard
Route de Suippes | F-51000 Châlons-en-Champagne