

Connaître, conserver et promouvoir les arbres-habitats

Rita Bütler, Thibault Lachat, Frank Krumm, Daniel Kraus et Laurent Larrieu



Fig. 1. Un arbre-habitat comme dans les livres! Seuls les arbres les plus gros et les plus âgés abritent un grand nombre et une grande diversité de dendromicrohabitats.

La biodiversité joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Les arbres-habitats (fig. 1) sont des éléments clés pour les espèces vivant en forêt. Des spécialistes européens ont élaboré une typologie détaillée des dendromicrohabitats, petits milieux de vie portés par les arbres et qui sont indispensables à des milliers d'organismes spécialisés. La présentation homogène des formes, groupes et types de dendromicrohabitats ainsi définis facilite la mise en œuvre des recommandations dans la pratique forestière. En outre, les données homogénéisées qui résultent de l'emploi de cette typologie sont utiles pour le monitoring de la biodiversité forestière ou pour l'évaluation des résultats de mesures destinées à promouvoir cette diversité.

La grande majorité de nos forêts sont exploitées et fournissent des prestations diversifiées utiles à la société, telles que la production de bois, la protection contre les dangers naturels ou la récréation. La forêt joue aussi un rôle essentiel pour la conservation de la biodiversité. La libre évolution naturelle dans les peuplements exploités est cependant très restreinte. La gestion se concentre généralement sur les phases de croissance et sur la phase optimale, alors que les phases pionnières, de décrépitude et d'effondrement sont réduites autant que possible, voire évitées. C'est pourquoi on constate souvent un manque de vieux arbres et de bois mort. Avec les mesures et les outils de gestion appropriés, il est

pourtant possible de conserver et de promouvoir la biodiversité forestière. Un rôle particulier revient aux vieux et gros arbres, qui comportent souvent des singularités morphologiques comme les trous de pics; la présence de ces arbres-habitats, éléments clés pour les espèces vivant en forêt, dépend fortement des mesures appliquées par les gestionnaires. Le rôle essentiel de ces arbres pour la biodiversité et pour les capacités d'adaptation des forêts est de plus en plus reconnu et pris en compte dans la gestion forestière.

Arbre-habitat – dendromicro-habitat

Un arbre-habitat est un arbre sur pied, vivant ou mort, portant au moins un dendromicrohabitat (DMH). Les DMH sont des habitats de petite taille portés par un arbre et bien délimités. Ils sont indispensables à de nombreuses espèces parfois très spécialisées d'animaux, de plantes, de lichens et de champignons durant au moins une partie de leur cycle de vie (LARRIEU *et al.* 2018; fig. 2). Les DMH proviennent par exemple d'une blessure causée par une chute de pierres, d'une fente provoquée par la foudre ou de l'activité des pics. Ils

peuvent aussi être liés physiquement à l'arbre mais externes à ce dernier par exemple un nid, un lierre ou un balai de sorcière. Par le passé, on utilisait aussi l'expression «arbre-biotope» pour désigner les arbres-habitats, voire d'autres noms comme «arbres remarquables» ou «arbres Mathusalem» dans le cas d'arbres particulièrement âgés ou de grandes dimensions.

Les DMH constituent donc des refuges, des lieux de reproduction, d'hibernation et de nutrition cruciaux. Chaque espèce vit préférentiellement dans un DMH spécifique. Si un peuplement comporte des DMH diversifiés, les besoins spécifiques de nombreuses espèces sont alors satisfaits. Or, plus ces espèces sont nombreuses, plus elles assurent de fonctions écologiques telles que la pollinisation, la décomposition du bois ou la régulation des espèces à forte variation de population. Si plusieurs espèces assurent la même fonction, il en résulte une sorte d'assurance: si une espèce disparaît, une autre peut la remplacer et reprendre sa fonction (YACHI et LOREAU 1999). C'est donc un avantage pour le bon fonctionnement de l'écosystème forestier de disposer d'un nombre d'espèces aussi grand que possible, même d'espèces très discrètes et les DMH sont un des moyens d'y parvenir.

L'âge, le diamètre et l'essence influencent les dendromicrohabitats et la biodiversité qui leur est associée

Au cours de sa vie, l'arbre est exposé à des événements plus ou moins aléatoires: par exemple une chute de pierres, une tempête, la foudre ou un incendie, la chute d'un arbre voisin, de la neige lourde, la colonisation par des champignons ou le martèlement d'un pic. Ces événements laissent des traces visibles: blessures de l'écorce, branches cassées, cavités, etc. Par conséquent, lorsque l'âge et le diamètre d'un arbre augmentent, la diversité et l'abondance de ses DMH s'accroissent considérablement (BÜTLER et LACHAT 2009; VUIDOT *et al.* 2011; LARRIEU et CABANETTES 2012; fig. 3). Une étude de RANIUS *et al.* (2009) a montré que moins d'un pour cent des chênes pédonculés âgés de moins de 100 ans portaient une cavité alors que c'était le cas de 50 % des chênes de 200 à 300 ans. Quant aux chênes de 400 ans et plus, ils en avaient tous. Seuls les arbres les plus vieux et les plus gros sont susceptibles de porter plusieurs types ou tous les types de DMH (fig. 3). La valeur écologique d'un arbre augmente donc avec son âge et son diamètre. Pour remplacer un arbre-habitat âgé et porteur de plusieurs DMH, il faut compter des dizaines d'années, voire plusieurs siècles. C'est pourquoi, dans de nombreux pays européens, les arbres-habitats sont aujourd'hui mieux pris en compte. Parmi les initiatives de protection des arbres-habitats, le «Ancient Tree Forum» en Angleterre mérite d'être mentionné: depuis plus de 20 ans, les arbres dits «vétérans» (terme désignant des vieux arbres remarquables) sont inventoriés avec l'aide de la population dans toute l'Angleterre afin de mieux les connaître et promouvoir leur protection (www.ancienttreeforum.co.uk).

Hormis l'âge et le diamètre, l'essence exerce également une influence sur l'abondance et la diversité des DMH. Généralement, les essences feuillues produisent davantage de DMH que les résineux et ceux-ci apparaissent plus tôt dans la vie de l'arbre (LARRIEU et CABANETTES 2012). Si l'on compare par exemple le hêtre (*Fagus sylvatica*) et le sapin blanc (*Abies alba*) à des diamètres compris entre 25 et 50 cm, on constate que 43 % des hêtres portent déjà des DMH contre seulement 9 % des sapins blancs (tab. 1). Cette apparition précoce de DMH chez les feuillus s'explique entre autre par leur ar-

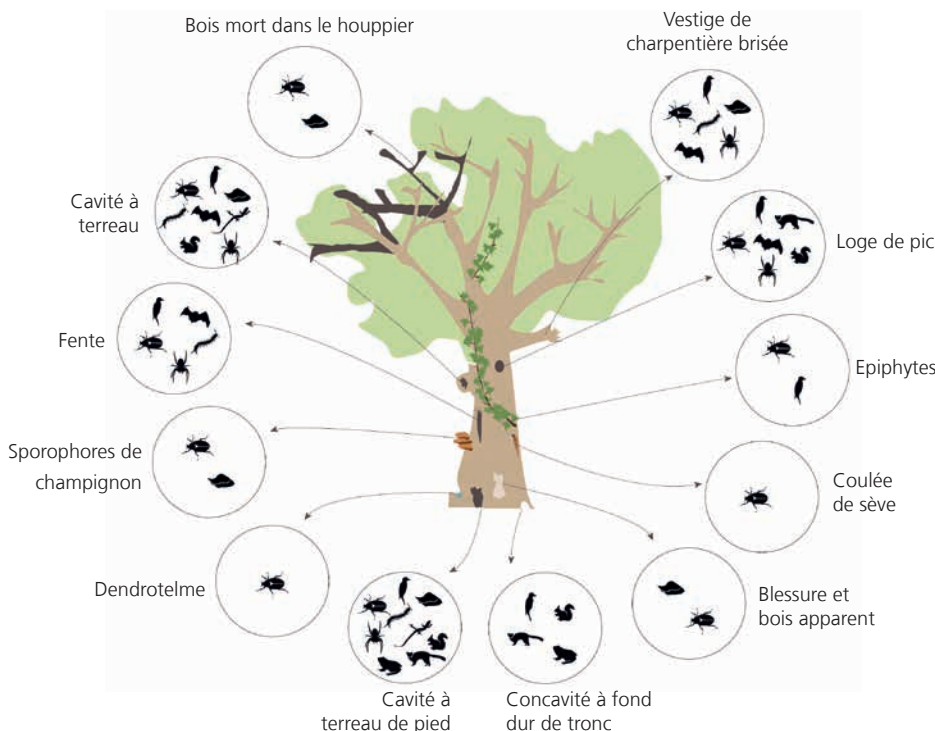


Fig. 2. Un arbre-habitat porte un ou plusieurs dendromicrohabitats qui servent d'abri, de lieu de reproduction, d'hibernation ou de nutrition et qui sont parfois même suffisants pour accueillir l'intégralité du cycle de vie de l'espèce (d'après EMBERGER *et al.* 2016, modifié).

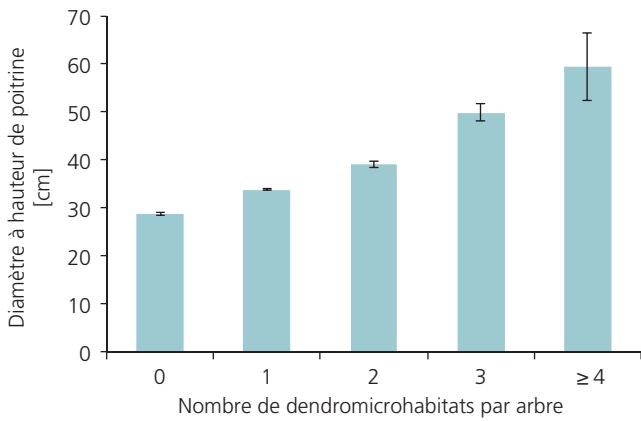


Fig 3. Seuls les plus gros arbres portent beaucoup de dendromicrohabitats. Moyennes avec erreur standard; toutes les différences entre classes sont significatives, à l'exception des classes «3» et «au moins 4». Tiré de BÜTLER et LACHAT 2009.

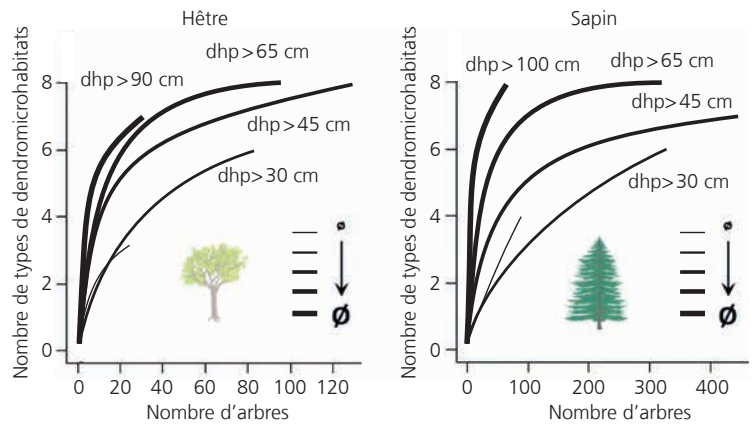


Fig. 4. Plus les arbres sont gros, moins il faut en garder dans le peuplement pour conserver la diversité des types de dendromicrohabitats. dhp: diamètre à hauteur de poitrine. Tiré de LARRIEU *et al.* 2014 (modifié).

chitecture, caractérisée par de grosses branches susceptibles de sécher et de se casser.

Certains types de DMH s'observent plutôt sur les feuillus, par exemple les dendrotelmes (cavités remplies d'eau) et les fentes, d'autres davantage sur les résineux (par exemple les balais de sorcières). Les peuplements mixtes présentent donc une plus grande diversité de DMH que les peuplements monospécifiques, surtout lorsqu'ils contiennent également des essences pionnières et secondaires telles que le bouleau et le peuplier tremble (LARRIEU *et al.* 2012).

L'exploitation forestière influe sur la diversité ainsi que sur la densité et la distribution spatiale des arbres-habitats

La densité de DMH est naturellement très forte dans les forêts: selon des études menées dans les Carpates roumaines et ukrainiennes, ainsi que dans les Alpes dinariques (COMMARMOT *et al.* 2013 ; KOZÁK *et al.* 2018), un arbre sur trois, voire sur deux, porte des DMH. Dans ces forêts mixtes, dominées par les feuillus, on a dénombré en moyenne plus de 400 DMH/ha. En Suisse, une comparaison entre des forêts non exploitées depuis au moins 30 ans et des forêts récemment exploitées dans les 5 à 10 dernières années fournit les chiffres suivants: 220 DMH/ha pour les premières et 95 pour les secondes (BÜTLER et LACHAT 2009). Cette proportion correspond aux observations faites dans des forêts de hêtres en Allemagne (WINTER et MÖLLER 2008). Dans la forêt de Steiger

Les dendromicrohabitats ne sont que temporaires

Le stade de développement d'un DMH contenant du bois en décomposition influe sur l'éventail d'espèces qu'il abrite. En guise d'illustration, nous prendrons un chêne qui, après avoir subi une blessure, laisse apparaître du bois d'aubier. Si l'arbre ne recouvre pas la blessure, celle-ci pourra évoluer graduellement vers une cavité à terreau de plus en plus volumineuse. Durant cette évolution, plusieurs stades de décomposition du bois se succèdent, parfois pendant des dizaines d'années (cf. Notice «Bois mort en forêt. Formation, importance et conservation»). Chaque stade d'évolution accueille des espèces bien distinctes, ce qui est illustré ci-dessous avec les taupins, coléoptères de la famille des Elateridae (fig. 5). Le bois découvert (tout à gauche sur la figure) n'a pas du tout les mêmes caractéristiques physico-chimiques et microclimatiques que la cavité à terreau très évoluée (tout à droite sur la figure).

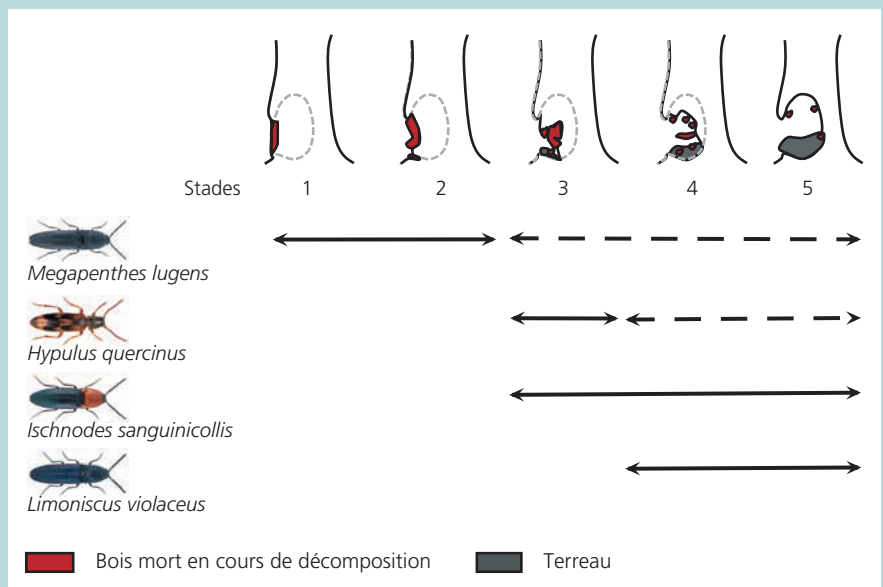


Fig. 5. Succession d'espèces de taupins (Elateridae) en fonction de l'évolution d'une cavité à terreau portée par un chêne. Les flèches en trait plein correspondent aux stades préférés par l'espèce de coléoptère; celles en traitillés indiquent que l'espèce est plus rarement présente. Dessin: Nicolas Gouix.

Tab. 1. Proportion d'arbres, par classe de diamètre, porteurs de dendromicrohabitats dans des forêts naturelles. Hêtre (*Fagus sylvatica*) et sapin blanc (*Abies alba*). dhp: diamètre à hauteur de poitrine. Tiré de LARRIEU et CABANETTES (2012).

Classe de diamètre	Arbres avec dendromicrohabitats (%)	
	Hêtre	Sapin blanc
Petits arbres (20 ≤ dhp < 25 cm)	35	6
Arbres moyens (25 ≤ dhp < 50 cm)	43	9
Gros arbres (50 ≤ dhp < 70 cm)	78	21
Très gros arbres		
dhp ≥ 70 cm	92	32
dhp ≥ 89 cm	99	
dhp ≥ 99 cm		70

(Bavière), 130 DMH/ha ont été dénombrés dans une forêt de chênes et de hêtres gérée avec une approche intégrative et des interventions régulières, tandis que 456 DMH/ha ont été trouvés dans une zone voisine non exploitée depuis plus de 40 ans (KRAUS *et al.* 2017).

Généralement, l'abondance des DMH est plus basse dans les forêts exploitées que dans les forêts naturelles. Dans une étude de LARRIEU *et al.* (2017) menée dans des forêts de feuillus du sud-ouest de la France, l'abondance des DMH est passée de 48/ha juste après la récolte du bois à 170 au cours de 70 à 80 ans sans intervention sylvicole. L'augmentation était encore plus spectaculaire pour les fructifications de champignons et les cavités de pic: en 70 à 80 ans, l'abondance des fructifications a passé en moyenne par hectare de 1,5 à 10,4 et celle des cavités de pic de 1,3 à 16,8. Ailleurs en France, dans des forêts de montagne mixtes d'épicéas, de sapins et de hêtres, la densité de DMH a doublé après 50 ans sans exploitation (PAILLET *et al.* 2017).

Des études allemandes et suisses (WINTER et MÖLLER 2008; BÜTLER et LACHAT 2009) ont mis en évidence que l'abondance et la diversité des DMH augmente avec l'âge des arbres dans les forêts naturelles. Dans les peuplements régulièrement exploités, cependant, les arbres d'âge comparable abritent moins de DMH, probablement en conséquence des mesures de soins sylvicoles et de récolte du bois qui limitent la densité des arbres-habitats car la présence de DMH déprécie parfois la qualité commerciale de l'arbre (LASSAUCE *et al.* 2013; PAILLET *et al.* 2017). Ainsi, les DMH ne peuvent se former parce que les arbres faibles, de mauvaise qualité commerciale ou déjà morts sont retirés du peuplement lors des éclaircies. Ceci concerne surtout

les feuillus. Généralement, la définition de diamètres d'exploitabilité trop faibles réduit très fortement les chances d'apparition des DMH. Cela est surtout le cas pour les conifères, qui ne portent naturellement leur premier DMH que tard dans leur vie (LARRIEU et CABANETTES 2012; LARRIEU *et al.* 2014). Un bon exemple des effets de l'intensité des éclaircies provient du nord de la forêt de Steiger (Bavière): on a constaté que dans les surfaces soumises à des éclaircies de faible intensité, le nombre de DMH est nettement plus élevé dans le peuplement et sur chaque arbre que dans les zones fortement éclaircies. Cela s'explique en partie par le regain de vitalité des arbres libérés de leurs concurrents (MERGNER 2018). Dans les forêts non soumises à une sélection artificielle pendant plusieurs décennies, les arbres forment un grand nombre de DMH en vieillissant et en grossissant.

Hormis leur abondance, la diversité des DMH au sein du peuplement et la diversité à l'échelle de l'arbre-habitat sont des aspects très importants pour la conservation des espèces. Ici aussi, les différences sont notables entre les forêts naturelles et les forêts exploitées. En Suisse, seuls 5,1 % des arbres situés en forêt exploitée étaient porteurs d'au moins deux types différents de DMH, contre 12,5 % des arbres dans des peuplements inexploités depuis au moins 30 ans (BÜTLER et LACHAT 2009). Par contre, certains types de DMH sont en moyenne plus fréquents dans les forêts exploitées (VUIDOT *et al.* 2011, LARRIEU *et al.* 2012). C'est le cas des blessures d'écorce exposant le bois, causées lors de l'abattage ou du débardage, ainsi que des dendrotelmes (cavités remplies d'eau) qui se créent souvent sur les souches dans les anciens taillis ou taillis-sous-futaie.

Durée de développement des dendromicrohabitats en forêt naturelle

La durée de formation d'un DMH est très variable: de quelques millisecondes pour la création d'une fente par la foudre jusqu'à plusieurs dizaines d'années pour le développement d'une grande cavité à terreau. Est également variable la durée pendant laquelle un DMH est utile pour un organisme qui lui est associé (cf. encadré «Les dendromicrohabitats ne sont que temporaires»). Ainsi, une coulée de sève principalement active au printemps fournit pendant quelques semaines seulement une source de nourriture à des larves de coléoptères et un dendrotelme ne permet aux larves de certains diptères de s'y développer que tant qu'il contient de l'eau. Par contre, une cavité à terreau volumineuse accueillera des populations de coléoptères spécialisés durant plusieurs décennies. Chaque DMH a donc une durée de vie certes très variable, mais toujours limitée dans le temps. Comme, de surcroît, les DMH sont par définition de petite taille et que les DMH de même type sont séparés en fonction de leur localisation dans l'arbre ou de l'espace entre les arbres-habitats, on parle de ressources temporaires discrètes (en anglais: «ephemeral resource patches»). Pour subsister après la disparition de leur DMH, les organismes associés doivent obligatoirement retrouver un DMH similaire à une distance accessible.

On sait encore relativement peu de choses sur la durée de développement des DMH. Dans les forêts naturelles mixtes des Pyrénées, les DMH se créent à peu près deux fois plus vite sur le hêtre que sur le sapin. Des modélisations indiquent des taux naturels d'apparition de 0,82–1,28 DMH par ha et par an sur les hêtres et de 0,5–0,9 DMH par ha et par an sur les sapins (COURBAUD *et al.* 2017). Au vu de ces faibles taux, environ 100 ans sans intervention sont nécessaires à des peuplements actuellement exploités pour obtenir la totalité des DMH présents en forêt naturelle. Par conséquent, il est primordial de conserver les arbres-habitats déjà présents actuellement dans nos forêts, et d'en promouvoir de nouveaux (MERGNER 2018). Les arbres-habitats candidats doivent être identifiés et préservés à un stade précoce de leur vie afin qu'ils puissent avec le temps devenir de gros arbres-habitats. Les essences pionnières et les essences secondaires à faible valeur économique méritent

une attention particulière, car elles sont les plus à même de produire rapidement des DMH.

Nécessité d'une méthodologie standardisée

Depuis quelques années, les arbres-habitats et donc leurs DMH ont pris de l'importance, tant dans les recherches en écologie forestière que dans la promotion de la biodiversité dans les forêts exploitées. Toutefois, jusqu'à une date récente, les DMH et les arbres-habitats n'ont pas été évalués ni inventoriés de manière uniforme. Très souvent, la définition même d'un DMH, ainsi que les critères de sélection des arbres-habitats ont changé au gré des études et des inventaires. Sous l'égide de l'Institut Forestier Européen (EFI), des spécialistes de toute l'Europe de l'ouest et centrale ont tout d'abord élaboré un catalogue des DMH (KRAUS *et al.* 2016), maintenant disponible sous forme d'une application pour smartphone (I+TreMs App). Depuis, ce catalogue a évolué en une typologie (Larrieu *et al.* 2018) qui fournit les bases d'une méthode d'inventaire standardisée des DMH et arbres-habitats applicable dans toutes les forêts tempérées et méditerranéennes en Europe (fig. 7).

Une méthode standardisée est également utile lors du monitoring dans le cadre d'une certification forestière ou pour l'évaluation des mesures de promotion de la diversité biologique, telle que le Conseil fédéral l'a prévu dans sa politique forestière 2020 et dans la Stratégie Biodiversité Suisse.

Typologie hiérarchisée pour divers usages

La typologie des DMH proposée par LARRIEU *et al.* (2018) est organisée hiérarchiquement (fig. 7). Le premier niveau comprend 7 formes basées sur des caractéristiques pertinentes pour la biodiversité: i) cavités au sens large, ii) blessures et bois apparent, iii) bois mort dans le houppier, iv) excroissances, v) sporophores de champignons et myxomycètes vi) structures épiphytiques, épixyliques ou parasites et vii) exsudats. Ces 7 formes sont subdivisées en 15 groupes (2^e niveau), puis en 47 types (3^e niveau). Grâce à sa structure hiérarchisée, cette typologie est utile pour des objectifs divers. Pour une sélection rapide

des arbres-habitats lors du martelage, les 7 formes peuvent suffire. Pour des inventaires forestiers et du monitoring, nous recommandons d'utiliser soit le niveau des 15 groupes soit celui des 47 types. Pour étudier les relations entre les espèces et les DMH en écologie forestière, les 47 types peuvent encore être ramifiés plus finement à l'aide de critères supplémentaires (cf. encadré «Les dendromicrohabitats sont des structures complexes»); voir le guide de poche des dendromicrohabitats (BÜTLER *et al.* 2020). Le guide de poche est disponible dans le Shop du WSL.

C'est seulement si les formes, groupes et types ainsi que les seuils d'inventaire proposés sont utilisés sans modifications (fig. 7) qu'il sera possible de réunir des données provenant de sources différentes. Une telle agrégation des données est importante tant pour la recherche que pour le monitoring et le contrôle d'efficacité des mesures subventionnées visant à promouvoir la biodiversité. Certains seuils d'inventaire proposés ont une pertinence écologique, c'est-à-dire qu'ils influencent la biodiversité associée. En l'absence de seuils écologiques connus, des spécialistes en ont fixé dans le but de réduire autant que possible les différences entre observateurs.

Description des 7 formes de dendromicrohabitats

Les **cavités** sont des trous dans le bois ou des lieux abrités situés sur le tronc ou à son pied. Elles ont été créées par des animaux tels que les pics ou des insectes vivant dans le bois, ou par les processus de décomposition du bois ou encore au bas du tronc par les empattements. De par leur microclimat tamponné, elles offrent un lieu de gîte ou de reproduction à de nombreuses espèces. Les cavités de pic (fig. 8a) jouent un rôle important pour des utilisateurs secondaires (oiseaux, chauves-souris et petits mammifères tels que le loir ou la martre, ainsi que pour des invertébrés comme les araignées, les coléoptères ou les guêpes). Selon sa localisation, en bas de l'arbre et en contact avec le sol ou en hauteur sur le tronc, une cavité à terreau (fig. 8b) servira de lieu de reproduction à des coléoptères spécialisés ou de lieu de repos à des chauves-souris ou à d'autres vertébrés tels que des amphibiens, oiseaux, lézards ou à des mammifères comme le chat sauvage. Avec l'accumulation de terreau au cours du temps, les cavités accueilleront des coléoptères de plus en plus spécialisés. De telles cavités très évoluées sont vitales par exemple pour

Les dendromicrohabitats sont des structures complexes

Les fructifications pluriannuelles de champignons sont des dendromicrohabitats bien délimités (fig. 6). Mais ils contiennent généralement divers groupes de coléoptères qui n'utilisent chacun qu'une partie bien précise du champignon. Ainsi, sur de l'amadouvier *Fomes fomentarius*, l'anobiidae *Dorcatoma robusta* ou le tenebrionidae *Bolitophagus reticulatus* se nourrissent de la trame, le ptiliidae *Pteryx suturalis* des spores contenues dans les tubes et le trogossitidae *Peltis grossa* ou le melandryidae *Melandrya dubia* du mycélium entre la fructification et l'arbre (BOUGET com. pers.). Chaque DMH est donc en fait une mosaïque de plus petits habitats. Néanmoins, pour des raisons pratiques, l'ensemble de la fructification est considéré comme un seul DMH. L'espèce de champignon, la taille de la fructification et son stade de développement influencent la composition des communautés d'espèces associées (THUNES et WILLASSEN 1997).



Fig. 6. *Fomitopsis pinicola* (à gauche), un habitat apparemment bien délimité et une coupe transversale de *Fomes fomentarius* (à droite).

















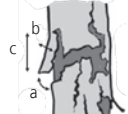



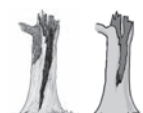

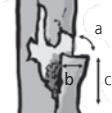



Forme	Cavités				Blessures et bois apparents		Bois mort dans le houppier
	Loges de pic	Cavités à terreau	Orifices et galeries d'insectes	Concavités	Aubier apparent	Aubier et bois de cœur apparents	Bois mort dans le houppier
Type	Loge de petite taille $\varnothing < 4$ cm 	Cavité à terreau de pied (contact avec le sol) $\varnothing > 10$ cm 	Orifices et galeries d'insectes $\varnothing > 2$ cm ou $\square > 300$ cm ² 	Dendrotelme $\varnothing > 15$ cm 	Bois sans écorce $\square > 300$ cm ² 	Cime brisée $\varnothing > 20$ cm 	Branches mortes $\varnothing > 10$ cm ou $\varnothing > 3$ cm et $> 10\%$ du houppier est mort 
	Loge de taille moyenne $\varnothing = 4-7$ cm 	Cavité à terreau de tronc (sans contact avec le sol) $\varnothing > 10$ cm 		Trou de nourrissage de pic $\nabla > 10$ cm, $\varnothing > 10$ cm 	Blessure due au feu $\square > 600$ cm ² 	Bris de charpentièrre au niveau du tronc avec bois de cœur apparent $\square > 300$ cm ² 	Cime morte $\varnothing > 10$ cm à la base 
	Loge de grande taille $\varnothing > 10$ cm 	Cavité à terreau semi-ouverte $\varnothing > 30$ cm 		Concavité à fond dur de tronc $\nabla > 10$ cm, $\varnothing > 10$ cm 	Ecorce décollée formant un abri (ouvert vers le bas) $a > 1$ cm, $b > 10$ cm, $c > 10$ cm 	Fente $L > 30$ cm, $B > 1$ cm, $\nabla > 10$ cm 	Vestige de charpentièrre brisée $\varnothing > 20$ cm, $L > 50$ cm 
	«Flute» de pic ≥ 3 loges en ligne, $\varnothing > 3$ cm 	Cavité à terreau, avec/sans contact avec le sol, ouverte vers le haut $\varnothing > 30$ cm 		Concavité racinaire $\varnothing > 10$ cm, pente du «toit» $< 45^\circ$ 	Ecorce décollée formant une poche (ouverte vers le haut) $a > 1$ cm, $b > 10$ cm, $c > 10$ cm 	Fente causée par la foudre $L > 30$ cm, $B > 1$ cm, $\nabla > 10$ cm 	
		Branche creuse $\varnothing > 10$ cm 				Fente au niveau d'une fourche $L > 30$ cm 	

Fig. 7. Typologie des dendromicrohabitats selon LARRIEU *et al.* (2018), recommandée pour leur inventaire, articulée en 7 formes, 15 groupes et 47 types. Les valeurs seuil d'inventaire doivent être respectées pour tous les relevés, afin de permettre la comparaison des données indépendamment du niveau hiérarchique utilisé (formes, groupes ou types). \varnothing diamètre; ∇ = profondeur; \square = surface; L = longueur; B = largeur. Dessins: C. Emberger, L. Apfelbacher / D. Kraus et reproductions tirées de KRAUS *et al.* 2016

le très menacé «pique-brune» (*Osmoderma eremita*). Ce coléoptère très rare ne peut survivre que dans ce type de cavité, endroit qu'il ne quitte pour ainsi dire jamais durant sa vie. Un dendrotelme est une cavité remplie d'eau, souvent temporairement. Plusieurs espèces d'insectes, notamment des diptères, et des micro-crustacés dépendent strictement de ce lieu de vie. Au total, on distingue 15 types de cavités différents.







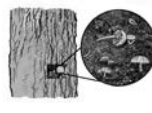













Les fentes et blessures exposant le bois de cœur ou l'aubier facilitent l'accès à de nombreux colonisateurs primaires. Elles se créent naturellement par des effets mécaniques tels qu'un bris de tronc ou de

cime par le vent, la glace ou la neige, mais aussi sous l'effet de la foudre, du gel ou d'un incendie; elles peuvent aussi résulter de l'abattage d'arbres voisins ou du débarquement de bois. Si l'arbre ne parvient pas à recouvrir sa blessure, le bois exposé évolue lentement vers une cavité. Le bois de cœur et l'aubier apparent d'un tronc ou d'une charpentièrre brisés offrent aux organismes des conditions de transition entre le bois vivant et mort. Les fentes et écorces décollées, quant à elles, sont particulièrement importantes pour le repos diurne, la reproduction ou l'hivernage de certaines chauves-souris ou la nidification de certains oiseaux, ainsi que pour des punaises

et des araignées. On distingue au total 9 types de DMH dans cette forme.

Grâce à sa situation ensoleillée, le **bois mort dans le houppier** offre des conditions microclimatiques chaudes et sèches souvent rares dans nos forêts fermées. Outre les branches mortes, les cimes sèches et les vestiges de charpentièrres brisées font partie de cette forme.

Les **excroissances**, c'est-à-dire les loupes, chancres ou balais de sorcière, sont souvent engendrées par une croissance réactive de l'arbre suite à une attaque parasitaire ou microbienne, afin de tenter d'isoler l'agent pathogène. Cette forme comprend, outre les trois types de DMH

Excroissances		Sporophores de champignons et myxomycètes		Structures épiphytiques, épixyliques ou parasites			Exsudats
Agglomérations de gourmands ou de rameaux	Loupes et chancres	Sporophores de champignons pérennes	Sporophores de champignons éphémères et myxomycètes	Plantes et lichens épiphytiques ou parasites	Nids	Microsols	Coulées de sève et de résine
Balais de sorcière ø > 50 cm 	Loupe ø > 20 cm 	Polypore pérenne ø > 5 cm 	Polypore annuel ø > 5 cm ou > 10 	Bryophytes (mousse ou hépatique) □ > 10% du tronc 	Nid de vertébré ø > 10 cm 	Microsol d'écorce 	Coulée de sève L > 10 cm 
Gourmands / Brogne > 5 gourmands 	Chancre ø > 20 cm ou grande partie du tronc couverte 		Agaricale charnue ø > 5 cm ou > 10 	Lichens foliacés ou fruticuleux □ > 10% du tronc 	Nid d'invertébré 	Microsol du houppier 	Coulée de résine, L > 10 cm 
			Pyrénomycètes ø > 3 cm ou □ > 100 cm² 	Lierre ou lianes □ > 10% du tronc 			
			Myxomycètes ø > 5 cm 	Fougères > 5 frondes 			
				Gui ø > 20 cm 			

Télécharger la typologie des DMH en plus grand au format PDF



citées, également les amas de gourmands, qui ont une origine génétique ou se développent sous l'effet de la mise en lumière subite du tronc.

Les **sporophores** sont l'organe reproducteur («fructifications») des champignons. On distingue les fructifications éphémères, vivant moins d'une année, des fructifications pérennes qui se développent sur plusieurs années. D'abondantes fructifications non seulement révèlent la présence d'un grand nombre d'espèces différentes de champignons lignivores, mais favorisent également d'autres espèces forestières telles que des coléoptères, diptères, lépidoptères ou punaises qu'ils

abritent. On rattache à cette forme les myxomycètes et elle comprend au total 5 types.

Les **structures épiphytiques** (localisées sur la plante), **épixyliques** (localisées sur le bois) **ou parasites** comprennent divers DMH tels que des bryophytes, lichens, fougères ou le gui, ainsi que les nids d'oiseaux et d'invertébrés. A part pour le gui, l'arbre ne sert ici que de support. On notera également les microsols formés dans les crevasses de l'écorce ou dans les cuvettes de fourches à partir de matière organique en décomposition, notamment des feuilles, des écorces et des mousses. Cette forme comprend 9 types de DMH.

Les **exsudats** comprennent les coulées actives de sève et de résine. Ce sont surtout des coléoptères, des diptères et des papillons qui profitent des coulées de sève.

Comment inventorier les arbres-habitats?

Les DMH sont souvent de petite dimension. Il est par exemple difficile de découvrir, à l'œil nu, une cavité de pic épeichette dans un houppier à 20 mètres du sol. C'est pourquoi nous recommandons d'utiliser une paire de jumelles. Aussi, les relevés



Fig. 8. a) Ce chêne pédonculé permet de constater que les pics utilisent parfois le même arbre plusieurs années durant pour creuser leurs cavités. Lorsqu'elles sont abandonnées, ces cavités peuvent servir à des utilisateurs secondaires tels que oiseaux, chauves-souris, rongeurs, araignées ou guêpes. b) La formation d'une cavité à terreau volumineuse demande de nombreuses décennies. Elle fait partie des dendromicrohabitats les plus rares dans les forêts exploitées. Elle est pourtant indispensable à certaines espèces de coléoptères très spécialisées. C'est pourquoi il convient de prêter une attention particulière à la conservation des cavités à terreau.

menés en l'absence de feuillage sont plus faciles à réaliser et plus exacts. La perception subjective de l'observateur joue également un rôle important dans l'exactitude des inventaires de DMH (PAILLET *et al.* 2015). Il est donc primordial de disposer d'instructions claires, ainsi que d'une méthode simple et sans équivoque.

Idéalement, les recensements se font par une équipe de deux personnes, bien qu'un observateur expérimenté puisse effectuer seul des relevés complets. Chaque arbre est inspecté de son pied à son houppier. Le mieux est de faire le tour de l'arbre une première fois pour observer la partie inférieure du tronc et une seconde fois, à une plus grande distance, pour la partie supérieure et le houppier. L'observation attentive d'un arbre nécessite entre une et trois minutes, en fonction de sa taille, du nombre de DMH, de la pente du terrain et du degré de détails du relevé. Le diamètre minimal des arbres-habitats (seuil d'inventaire) doit être fixé de façon pragmatique. Pour la recherche et le monitoring, nous recommandons d'utiliser un seuil d'environ 10–20 cm. Dans le cadre des opérations standards de gestion forestière, il est judicieux d'adapter ce diamètre au seuil d'inventaire en vigueur. En rapport avec les incitations financières, les critères de qualité et les diamètres minimaux définis par les cantons s'appliquent.

Saisie des données d'arbres-habitats à l'aide d'un smartphone

La localisation et le recensement des arbres-habitats sont une opération exigeante. Afin de faciliter cette tâche, une application pour smartphone a été développée récemment (HabiApp, fig. 9). Cette application gratuite est à disposition de la pratique forestière et des personnes intéressées dans les boutiques d'applications habituelles. Elle permet de localiser les arbres-habitats par GPS,

d'entrer de manière standardisée leurs caractéristiques (essence, diamètre) ainsi que de les photographier. L'inventaire des DMH se base sur la typologie de LARRIEU *et al.* (2018). Les données saisies peuvent servir à la planification forestière ou au monitoring sur le long terme. De plus, elles aideront à évaluer l'infrastructure écologique en forêt à différentes échelles spatiales: locale (peuplement), régionale, cantonale, voire nationale.

Combien d'arbres-habitats faut-il conserver?

Plus la densité d'arbres-habitats est forte dans le peuplement forestier, plus la biodiversité associée aux DMH s'en trouve favorisée. Néanmoins, un compromis sera recherché dans les peuplements exploités pour concilier au mieux production de bois et conservation de la biodiversité. Outre le type de forêt, il s'agit de prendre en compte l'âge des peuplements, l'intensité de gestion et la présence éventuelle d'espèces spécialisées. Dans un triage forestier à production intensive de bois et comportant peu d'îlots de sénescence ou de réserves forestières naturelles, davantage d'arbres-habitats seront nécessaires pour atténuer les effets de l'exploitation sur les organismes dépendant des DMH. En outre, des espèces fortement spécialisées ou peu mobiles nécessiteront une plus forte densité d'arbres-habitats que des espèces généralistes plus mobiles.

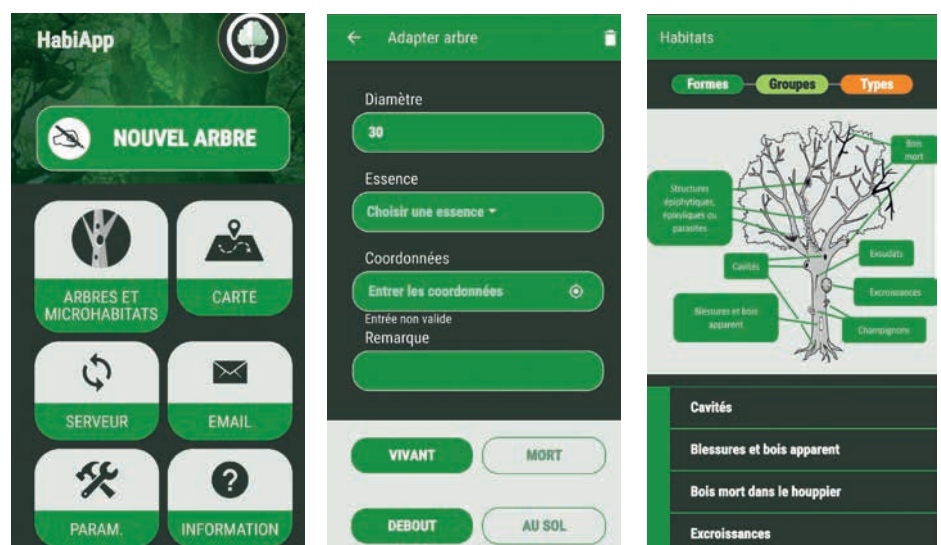


Fig. 9. Application pour la saisie des arbres-habitats par smartphone.

Un DMH est toujours temporaire (cf. encadré «Les dendromicrohabitats ne sont que temporaires»). Il peut disparaître pour trois raisons: 1) par l'abattage de l'arbre lors d'une coupe ou par sa chute naturelle; 2) par évolution naturelle vers un autre type de DMH (exemples: blessure qui évolue vers une cavité à terreau ou mort de l'arbre-habitat modifiant les caractéristiques microclimatiques); et 3) lorsqu'un DMH n'est temporairement plus utilisable par les organismes (exemple: dendrotelme qui s'assèche pendant une période sans pluie). Par conséquent, il est indispensable de recruter régulièrement de nouveaux arbres-habitats pour renouveler le stock. De plus, les DMH doivent être suffisamment nombreux et répartis de telle façon qu'ils soient accessibles aux espèces qui leur sont associées. On trouve encore peu d'informations dans la littérature scientifique sur la distribution spatiale des DMH ou sur leur dynamique temporelle. On y trouve cependant quelques recommandations sur les densités minimales d'arbres-habitats à conserver en forêt exploitée, à savoir entre environ 5 et plus de 10 arbres-habitats par hectare (SCHEIDEGGER et STOFER 2015; BÜTLER *et al.* 2013; WINTER *et al.* 2016; MERGNER 2018).

Une stratégie de gestion recommandée en faveur de la biodiversité en forêt associée aux DMH cumule deux approches complémentaires: (i) la création de réserves forestières naturelles et d'îlots de sénescence, afin d'assurer le maintien des processus naturels et (ii) la conservation d'arbres-habitats dans l'ensemble des forêts exploitées. Les surfaces sans interven-

tion forestière permettent d'atteindre une forte densité spatiale de DMH, ce qui est difficile en forêt exploitée, même avec une approche intégrative et une gestion proche de la nature (PAILLET *et al.* 2017; MERGNER 2018). Une proportion d'environ 10–20 % de surface forestière dévolue à la dynamique naturelle semble être nécessaire pour le maintien de la diversité des espèces forestières (LARRIEU *et al.* 2012; BOUGET et PARMAN 2016). Selon LARRIEU *et al.* (2014), la taille minimale des surfaces en libre évolution dans les forêts mixtes de hêtres et sapins devrait être supérieure à 10 hectares (idéalement supérieure à 20 hectares) pour que toute la diversité naturelle des DMH puisse être atteinte et conservée à long terme.

Valeurs cibles et directives

Les valeurs cibles des directives des services forestiers ou offices fédéraux sont bien inférieures aux valeurs seuils formulées par les scientifiques, car ils sont le résultat de compromis atteints dans les processus de négociation des politiques forestières. Cependant, il n'est pas sûr que ces valeurs cibles permettent effectivement de conserver les espèces liées aux DMH.

En Suisse, l'Office fédéral de l'environnement a défini comme objectif national à l'horizon 2030 le maintien de 3 à 5 arbres-habitats par hectare de forêt, en combinaison avec 2 à 3 % d'îlots de sénescence et 5 % de réserves forestières naturelles sans interventions sylvicoles (IMESCH *et al.* 2015). Le Land du Bade-Wurtemberg vise la délimitation durable d'un groupe

d'arbres-habitats – environ 15 arbres (co) dominants – par trois hectares de forêt domaniale (ForstBW 2015 et 2016). Cet objectif correspond à une distance moyenne théorique d'environ 170 mètres entre les différents groupes d'arbres-habitats. Les Bayerische Staatsforsten ont l'intention d'atteindre une densité permanente de dix arbres-habitats par hectare dans tous les peuplements d'un certain âge et gérés selon le concept «proche de la nature» (Bayerische Staatsforsten AöR 2009). Dans la forêt de Steiger, en Bavière du nord, un concept de gestion particulièrement favorable à la biodiversité a été mis en œuvre sur l'ensemble des 17 000 hectares de forêt: il comprend la conservation de 10 arbres-habitats par hectare et de 210 îlots de sénescence d'une taille de 0,3 à 20 hectares, servant de relais entre les six réserves forestières naturelles (Bayerische Staatsforsten AöR 2017). Ce concept apporte de bons résultats et a contribué à améliorer la biodiversité forestière locale. Par exemple, le coléoptère *Bolitophagus reticulatus*, une espèce qui est très rare en Suisse et menacée en Bavière et qui vit dans les fructifications de l'amadouvier *Fomes fomentarius*, s'est répandu dans toute la forêt de Steiger (ZYTYSKA *et al.* 2018).

D'autres Länder allemands comme la Hesse ou la Rhénanie-Palatinat et plusieurs cantons suisses disposent également de concepts de gestion intégrant le bois mort et les vieux arbres, y compris la promotion des arbres-habitats. En France, l'ONF, gestionnaire des forêts publiques, a édité des normes pour la conservation des arbres-habitats, obligatoires dans les forêts



Fig. 10. Les arbres-habitats sont de plus en plus souvent marqués dans les forêts exploitées, afin de garantir leur maintien à long terme: canton de Vaud (a), forêts publiques françaises (b), Bavière (c).

domaniales et recommandées dans les forêts des collectivités: au moins deux arbres à cavités et au moins un arbre mort ou sénescant par hectare (ONF 2009). En forêt privée, seuls les propriétaires certifiés PEFC et FSC s'engagent à conserver au moins un arbre âgé ou très gros ou un arbre à cavités par hectare (PEFC 2016) ou bien au moins 2 arbres-habitats vivants par

hectare (sur la base d'une liste d'une douzaine de types de DMH) et avec l'objectif d'atteindre 5 arbres-habitats à la fin de la période de gestion (FSC 2017). De tels concepts traitent également d'autres aspects pertinents pour le gestionnaire forestier, tels que la sécurité ou le marquage des arbres-habitats sur le terrain. En conclusion, tout effort de conservation

et de promotion d'arbres-habitats par des pratiques sylvicoles appropriées contribue à augmenter la biodiversité dans les peuplements forestiers. Cette diversité des espèces fournit différents services écologiques de plus en plus appréciés par la société et contribue à accroître la résistance et la résilience (adaptabilité) des forêts à la suite de perturbations.

Recommandations pour la pratique

La conservation et la promotion d'arbres-habitats devrait faire partie de toutes les interventions forestières telles que les soins sylvicoles, les éclaircies ou la récolte du bois. Par conséquent, des indications concrètes concernant le choix, le nombre et la répartition de tels arbres devraient figurer dans les directives opérationnelles des entreprises forestières.

Recommandation pour la planification forestière:

- **Délimiter des surfaces forestières sans intervention**, dévolues aux processus naturels, où les arbres peuvent vieillir et accomplir leur cycle biologique complet. Les réserves forestières naturelles et les îlots de sénescence sont deux instruments propices au maintien d'arbres-habitats en forte densité. De telles surfaces devraient être permanentes afin que toutes les phases de développement y soient représentées à terme. Les îlots de sénescence sont utiles comme relais entre des aires protégées de plus grande taille et devraient couvrir si possible plus de 10 ha.
 - Pour obtenir un réseau fonctionnel, pourvu de structures typiques des forêts naturelles, compléter les surfaces sans intervention par des **peuplements certes exploités mais riches en arbres-habitats**.
 - **Favoriser des peuplements mixtes** (lorsque la mixité est naturelle) **et comprenant des essences secondaires**, car les différentes essences portent des DMH différents. Les essences pionnières, généralement de faible longévité, contractent rapidement des DMH et contribuent fortement à leur diversité.
 - Évaluer l'impact de chaque intervention sylvicole sur les DMH et **planifier le recrutement de futurs arbres-habitats**, c'est-à-dire des arbres ayant le potentiel de porter des DMH à l'avenir. En adoptant la méthode du choix des arbres de place, les arbres-habitats peuvent être préservés, car il n'y a pas de raisons de les éliminer à cause de leur faible valeur économique. Laisser des candidats arbres-habitats et les marquer dès les éclaircies dans les jeunes peuplements. L'élimination standard des jeunes arbres à faible potentiel économique (éclaircie négative) a autrefois souvent limité la genèse de DMH (MERGNER 2018; WINTER *et al.* 2016).
- ### Recommandation à l'intérieur des peuplements:
- Viser au moins **six à dix arbres-habitats par hectare** dans les peuplements exploités, afin d'atténuer les impacts de l'exploitation forestière sur les organismes dépendant des DMH.
 - Pour le choix des arbres-habitats, mettre **l'accent sur les arbres, vieux ou gros, porteurs de DMH**. Les arbres pas trop âgés qui portent déjà des DMH en formeront très probablement encore d'autres. En général, le diamètre est corrélé positivement avec le nombre de DMH et la plus grande diversité de DMH se trouve sur les plus gros arbres. Si le diamètre est supérieur à 50 cm pour les hêtres et à 65 cm pour les sapins, il est en principe possible de conserver tous les types de DMH (LARRIEU *et al.* 2014). A partir d'un diamètre d'environ 90 cm (hêtre) et de 100 cm (sapin), les arbres portent significativement plus de DMH que les arbres plus petits (LARRIEU et CABANETTES 2012).
 - **Conserver aussi des essences pionnières et post-pionnières**, car elles contractent rapidement des DMH.
 - Viser une **combinaison d'arbres-habitats groupés et d'arbres-habitats individuels**.
 - Diversifier les DMH conservés en prêtant une **attention particulière aux DMH les plus rares** (fructifications de champignons sur les arbres vivants, fentes et coulées de sève), ainsi qu'à ceux dont le **temps de développement est particulièrement lent** (par exemple les grandes cavités à terreau).
 - Prêter une attention particulière aux **arbres-habitats en lisière** ou le long de structures linéaires telles que les berges de ruisseaux, d'étangs ou de lacs, car certains DMH tels que les coulées de sève et les fentes y sont plus nombreuses que dans les peuplements.
 - **Conserver les arbres morts sur pied** car ils portent en moyenne plus de DMH que les arbres vivants (VUIDOT *et al.* 2011) et fournissent une grande part du stock pour certains types de DMH, en particulier les fructifications de champignons lignivores et les fentes (LARRIEU et CABANETTES 2012).
 - **Utiliser la typologie de LARRIEU *et al.* (2018; fig. 7)** avec les valeurs seuil de saisie. Selon les objectifs, 7 formes, 15 groupes ou 47 types de DMH pourront être distingués.
 - **Marquer les arbres-habitats sur le terrain** (fig. 10) et saisir leurs coordonnées et autres caractéristiques (diamètre, essence, DMH), afin de garantir leur maintien à long terme. Ainsi les futurs décideurs locaux auront la possibilité de prendre en compte les arbres-habitats dans la planification forestière.

Bibliographie

- Bayerische Staatsforsten AöR, 2009: Naturschutzkonzept der Bayerischen Staatsforsten. Regensburg. 13 S.
- Bayerische Staatsforsten AöR, 2017: Naturschutzkonzept für den Forstbetrieb Ebrach. Regensburg. 84 S.
- BOUGET, C.; PARMAIN, G., 2016: Effects of landscape design of forest reserves on Saproxylic beetle diversity. *Conserv. Biol.* 30: 92–102.
- BÜTLER, R.; LACHAT, T.; KRUMM, F.; KRAUS, D.; LARRIEU, L., 2020 Guide de poche des dendromicrohabitats. Description et seuils de grandeur pour leur inventaire. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 59 p.
- BÜTLER, R.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; PAILLET, Y., 2013: Arbres-habitats, éléments clés de la biodiversité forestière, pp. 86–94. Dans: Kraus Daniel, Krumm Frank (dir.), Les approches intégratives en tant qu'opportunités de conservation de la biodiversité forestière, Institut européen des forêts. 308 p.
- BÜTLER, R.; LACHAT, T., 2009: Wälder ohne Bewirtschaftung: eine Chance für die saproxyliche Biodiversität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 160: 324–333.
- COMMARMOT, B.; BRÄNDLI, U.-B.; HAMOR, F.; LAVNYI, V. (ed.) 2013: Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; L'viv, Ukrainian National Forestry University; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. 69 p.
- COURBAUD, B.; PUPIN, C.; LETORT, A.; CABANETTES, A.; LARRIEU, L., 2017: Modelling the probability of microhabitat formation on trees using cross-sectional data. *Methods Ecol. Evol.* 8: 1347–1359.
- EMBERGER, C.; LARRIEU, L.; GONIN, P., 2016: Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Paris, Institut pour le développement forestier. 58 p.
- ForstBW (Hrsg.) 2015: Gesamtkonzeption Waldnaturschutz ForstBW. Stuttgart. 60 S.
- ForstBW (Hrsg.) 2016: Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg. Stuttgart. 44 S.
- FSC 2017: Référentiel FSCR pour la Gestion Responsable des Forêts Françaises. fr.fsc.org/fr-fr/certification/gestion-forestiere/le-referentiel-fsc-et-ses-outils (abgerufen am 31.05.2019)
- IMESCH, N.; STADLER, B.; BOLLIGER, M.; SCHNEIDER, O., 2015: Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bern, Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Vollzug 1503: 186 S.
- KOZÁK, D. *et al.*, 2018: Profile of tree-related microhabitats in European primary beech-dominated forests. *For. Ecol. Manag.* 429: 363–374.
- KRAUS, D. *et al.*, 2017: Spatially explicit database of tree-related microhabitats (TreMs). Version 1.2. Integrate+project. GBIF Dataset repository.
- KRAUS, D.; BÜTLER, R.; KRUMM, F.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; MERGNER, U.; PAILLET, Y.; RYDKVIST, T.; SCHUCK, A.; WINTER, S., 2016: Catalogue des dendromicrohabitats – Liste de référence pour les inventaires de terrain. Integrate+Document technique 13. 16 p.
- LARRIEU, L.; PAILLET, Y.; WINTER, S.; BÜTLER, R.; KRAUS, D.; KRUMM, F.; LACHAT, T.; MICHEL, A.K.; REGNER, B.; VANDERKERKHOVE, K., 2018: Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*, 84: 194–207.
- LARRIEU, L.; CABANETTES, A.; GOUIX, N.; GOUIX, N.; BURNEL, L.; BOUGET, C.; DECONCHAT, M., 2017: Development over time of the tree-related microhabitat profile: the case of lowland beech-oak coppice-with-standards set-aside stands in France. *Eur. J. For. Res.* 136: 37–49.
- LARRIEU, L.; CABANETTES, A.; BRIN, A.; BOUGET, C.; DECONCHAT, M., 2014: Tree microhabitats at the stand scale in montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *Eur. J. For. Res.* 133: 355–367.
- LARRIEU, L.; CABANETTES, A.; DELARUE, A., 2012: Impact of silviculture on dead wood and on the distribution and frequency of tree microhabitats in montane beech-fir forests of the Pyrenees. *Eur. J. For. Res.* 131: 773–786.
- LARRIEU, L.; CABANETTES, A., 2012: Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Can. J. Forest Res.* 42: 1433–1445.
- LASSAUCE, A.; LARRIEU, L.; PAILLET, Y.; LIEUTIER, F.; BOUGET, C., 2013: The effects of forest age on saproxylic beetle biodiversity: implications of shortened and extended rotation lengths in a French oak high forest. *Insect Conserv. Div.* 6, 3: 396–410.
- MERGNER, U., 2018: Das Trittsteinkonzept. Euerbergverlag. 138 S.
- ONF, 2009: Conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques. INS-09-T-71.
- PAILLET, Y.; ARCHAU, F.; BOULANGER, V.; DEBAIVE, N.; FUHR, M.; GILG, O.; GOSSELIN, F.; GUILBERT, E., 2017: Snags and large trees drive higher tree microhabitat densities in strict forest reserves. *For. Ecol. Manag.* 389: 176–186.
- PAILLET, Y.; COUTADEUR, P.; VUIDOT, A.; ARCHAU, F.; GOSSELIN, F., 2015: Strong observer effect on tree microhabitats inventories: a case study in a French lowland forest. *Ecol. Indic.* 49: 14–23.
- PEFC/FR ST 1003-1, 2016: Règles de la gestion forestière durable; exigences pour la France métropolitaine. www.pefc-france.org/media/2017/09/03-PEFC-FR-ST-1003-1-2016-regles-de-la-gestion-forestiere-durable-exigences-pour-la-france-metropolitaine.pdf (abgerufen am 31.05.2019)
- RANIUS, T.; NIKLASSON, M.; BERG, N., 2009: Development of tree hollows in pedunculate oak (*Quercus robur*). *For. Ecol. Manag.* 257, 1: 303–310.
- SCHIEDDEGGER, C.; STOFER, S., 2015: Bedeutung alter Wälder für Flechten: Schlüsselstrukturen, Vernetzung, ökologische Kontinuität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 166, 2: 75–82.
- THUNES, K.H.; WILLASSEN, E., 1997: Species composition of beetles (Coleoptera) in the bracket fungi *Piptoporus betulinus* and *Fomes fomentarius* (Aphyllophorales: Polyporaceae): an explorative approach with canonical correspondence analysis. *J. Natural History*, 31: 471–486.
- VUIDOT, A.; PAILLET, Y.; ARCHAU, F.; GOSSELIN, F., 2011: Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biol. Conserv.* 144: 441–450.
- WINTER, S.; MÖLLER, G.C., 2008: Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *For. Ecol. Manag.* 255: 1251–1261.
- WINTER, S.; BEGEHOLD, H.; HERRMANN, M.; LÜDERITZ, M.; MÖLLER, G.; RZANNY, M.; FLADE, M., 2016: Praxishandbuch – Naturschutz im Buchenwald. Naturschutzziele und Bewirtschaftungsempfehlungen für reife Buchenwälder Nordostdeutschlands. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. 186 S. ISBN 978-3-00-051827-0.
- YACHI, S.; LOREAU, M., 1999: Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 4: 1463–1468.
- ZYTYNSKA, S.E.; DOERFLER, I.; GOSSNER, M.M.; STURM, S.; WEISSER, W.W.; MÜLLER, J., 2018: Minimal effects on genetic structuring of a fungus-dwelling saproxylic beetle after recolonisation of a restored forest. *J. Appl. Ecol.* 55: 2933–2943.

Informations complémentaires

Bois mort en forêt. Formation, importance et conservation. Lachat, T. *et al.* 2019. Not. prat. 52: 12 S.

Guide de poche des dendromicrohabitats. Description et seuils de grandeur pour leur inventaire. Bütler, R. *et al.* 2020. 59 p.

www.arbre-habitat.ch
www.boismort.ch

Contact

Rita Bütler Sauvain
Institut fédéral de recherches WSL
Case postale 96, CH-1015 Lausanne
rita.buetler@wsl.ch

Thibault Lachat
Haute école des sciences agronomiques,
forestières et alimentaires HAFL
Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen
thibault.lachat@bfh.ch

Photos

Rita Bütler (fig. 1, 6 à gauche, 8, 10a),
Laurent Larrieu (fig. 6 à droite), Yoan Paillet
(fig. 10b), Daniel Kraus (fig. 10c).

Citation

BÜTLER, R.; LACHAT, T.; KRUMM, F.; KRAUS, D.;
LARRIEU, L., 2020: Connaître, conserver et
promouvoir les arbres-habitats. Not. prat.
64.12 p.

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Concept

Les résultats de la recherche sont élaborés pour constituer des pôles de savoir et des guides d'action à l'intention des acteurs de la pratique. Cette série s'adresse aux milieux de la foresterie et de la protection de la nature, aux autorités, aux écoles ainsi qu'aux non-initiés.

Les versions allemandes de cette série sont intitulées

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876.

Les éditions italiennes paraissent occasionnellement dans le périodique

Notizie per la pratica (ISSN 1422-2914).

Les dernières parutions (consultez www.wsl.ch/notices)

N° 63: Les fourmis des bois – biologie et répartition en Suisse. B. WERMELINGER 2019. 12 p.

N° 62: Le pourcentage d'abrutissement – valeur de référence pour la gestion du gibier. O. Odermatt 2018. 8 p.

N° 61: Cycles et importance de la tordeuse du mélèze. B. Wermelinger *et al.* 2018. 12 p.

N° 60: Le sol forestier vit – diversité et fonctions des organismes vivants du sol. M. Walser *et al.* 2018. 12 p.

N° 59: La forêt suisse face aux changements climatiques: quelles évolutions attendre? B. ALLGAIER LEUCH *et al.* 2017. 12 p.

N° 58: Chalcographe et micrographe. B. FORSTER 2017. 8 p.

N° 57: Le dépérissement des pousses du frêne. Biologie, symptômes et recommandations pour la gestion. D. RIGLING *et al.* 2016. 8 p.

N° 56: Développement urbain et paysager dans les zones proches des agglomérations. Exigences spatiales de l'être humain et de la nature. S. TOBIAS *et al.* 2016. 16 p.

N° 55: Le chêne face aux changements climatiques. Perspectives d'avenir d'une essence. P. BONFILS *et al.* 2015. 12 p.

Managing Editor

Martin Moritzi
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/notices

Le WSL est un institut de recherche
du Domaine des EPF.

Traduction: Philippe Domont, Zurich
Mise en page: Jacqueline Annen, WSL
Impression: Rüeegg Media AG



climatiquement neutre

powered by ClimatePartner°

Impression | ID 11726-1503-1001



Sources mixtes

Groupe de produits provenant de forêts bien
gérées et d'autres sources contrôlées

www.fsc.org Cert no. SCS-COC-100271
©1996 Forest Stewardship Council