



Rapport d'expertise

Proposition méthodologique pour le suivi diachronique des peuplements de *Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb

Gilles Bailly, octobre 2021

Cette expertise a été réalisée par le Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés (CBNFC-ORI) à la demande de la Communauté d'agglomération du Grand Dole. Elle répond à un enjeu patrimonial identifié en forêt de Chaux, lié à la présence de *Dicranum viride*, et propose un protocole de suivi des peuplements de cette espèce accompagné d'un premier test de terrain.

CONTEXTE

La prise en compte des bryophytes (bryophytes s.s, marchantiophytes et anthocérophytes) émerge progressivement dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels. Cette intégration, encore modeste, passe par diverses modalités. Concernant les habitats forestiers, plusieurs approches sont actuellement privilégiées :

- recherche de taxons ou de micro-communautés corticoles indicateurs de l'ancienneté des massifs ;
- mobilisation du compartiment saprolognicole pour l'évaluation de la qualité de la nécromasse forestière et des stades de maturation de l'habitat (Gautrot, 2011) ;
- utilisation des bryophytes dans des problématiques de recensement des micro-habitats intra-forestiers dans l'évaluation de l'état de conservation et du degré de complexité des phytocénoses forestières (Hugonnot, 2010) ;
- évaluation de l'impact du changement climatique sur les taxons sensibles et observation diachronique des évolutions probables de la bryoflore et des micro-communautés associées (Celle, 2014).

Par ailleurs, l'inclusion de bryophytes dans les annexes de la Directive Habitats et la traduction dans le droit français des statuts de protection issus de la Convention de Berne ont sensiblement contribué à l'insertion des bryophytes dans les problématiques de conservation. Parmi celles-ci, *Dicranum viride* est plus particulièrement représenté dans les habitats forestiers du nord-est de la France.

L'inventaire général de la bryoflore par mailles kilométriques a permis de confirmer la large répartition de l'espèce dans les massifs comtois de basse et moyenne altitude. Plusieurs missions dédiées à la recherche de *D. viride* en forêt domaniale de Chaux (Bailly, 2002 ; Bailly & Greffier, 2018) ont fait émerger la nécessité de la mise en place de protocoles de suivis pour évaluer la trajectoire des peuplements de l'espèce dans divers contextes forestiers.

Cette demande recoupe un autre programme amorcé en 2021 par le CBNFC-ORI pour le compte de l'agglomération du Grand Besançon dans lequel un suivi diachronique incluant la bryoflore corticole est proposé pour équiper plusieurs îlots de vieillissement. Une recherche bibliographique a été réalisée et des contacts avec

le conservatoire botanique du Massif central, déjà engagé ce type de mission, ont été pris (Celle, 2014, 2018). Pour le suivi particulier des micro-habitats épiphytes corticoles, un dispositif inspiré de Celle (2018) a été retenu. Pratiquement, il repose sur une grille en métal galvanisé, pliable, comportant six mailles de 25 x 25 cm² superposées verticalement, subdivisées en carreaux de 5 x 5 cm².

Dans le cadre des îlots de vieillissement du Grand Besançon, l'objet est le suivi de l'évolution des micro-communautés corticoles dans le long terme. Dans le cas présent, il s'agit d'adapter la méthode au suivi diachronique d'un taxon particulier, *D. viride*. Des adaptations du protocole sont proposées à cet effet.

ÉLÉMENTS SUR L'ÉCOLOGIE DE *DICRANUM VIRIDE* EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE

Les recherches en région ont apporté des précisions sur l'écologie locale de l'espèce :

- sur le plan du macro-habitat, *D. viride* se comporte comme une espèce aérohygrophile avec un optimum dans des stations développées sur des sols à bonne rétention en eau, pouvant présenter pour certaines d'entre elles des phases d'engorgement hivernal ou printanier ; le maintien d'une canopée fermée, éventuellement renforcée par un sous-étage de taillis, semble être un facteur déterminant pour le maintien de l'espèce en station ;

- l'optimum de présence est situé dans les massifs sur sols décalcifiés (anciennes terrasses limoneuses, couvertures de limons à chailles...) de basse et moyenne altitude. Des présences sur substrat calcaire sont notées mais souvent en périphérie de stations sur couvertures limoneuses où l'espèce peut être abondante. Localement, *D. viride* est plus fréquent dans les stations mésoacidiphiles ;

- la gamme des phorophytes possibles est large avec une sensible prédilection pour le hêtre, suivi du chêne sessile et du charme. On recense les peuplements les plus importants sur les très gros bois de hêtre mais la contribution des essences est modulée par les diamètres : en forêt de Chauv, les chênes peuvent constituer de l'ordre de 40% des supports dans les gros bois ; dans les bois moyens, la contribution du charme peut être significative, de l'ordre de 40% et elle devient prépondérante dans les petits bois (près de 90%) (Bailly & Greffier, 2018). Les petits bois de hêtre, dans le contexte étudié, contribuent très peu au support des populations et aucunement ceux de chênes. Il est à noter que, dans une même parcelle, la présence de *Dicranum viride* sur des hêtres de diamètre semblable ainsi que le recouvrement des micro-communautés muscinales peuvent être extrêmement variables. Il est possible que des facteurs de facilitation interviennent en amont, peut-être l'installation préalable de champignons endocorticoles (*Ascodichaena rugosa*) en modifiant la texture de l'écorce mais cela reste à démontrer ;

- l'orientation sur le phorophyte dépend en premier lieu de l'inclinaison de celui-ci : on trouve préférentiellement *D. viride* sur la face collectant les ruissellements. Pour le reste, les orientations nord et ouest sont privilégiées ;

- des phénomènes de compétition interviennent de toute évidence au sein des micro-communautés corticoles et définissent les possibilités d'installation et de pérennisation des peuplements. *D. viride* ne paraît pas pouvoir s'installer dans les communautés bryologiques pionnières ouvertes à hépatiques et orthotrichacées. Il est par ailleurs éliminé des associations climaciques fermées de grandes pleurocarpes colonisant le pied des arbres. Il s'avère donc « coincé » entre ces deux stades et amené à migrer lentement vers le haut du phorophyte au fur et à mesure de l'extension des communautés de pied. Globalement, son micro-habitat le plus courant correspond à une structure dominée par des gazons ras d'*Hypnum cupressiforme* (association du *Dicrano scoparii-Hypnetum filiformis*) développée, *grosso modo*, entre 60 cm et quelques mètres de hauteur. Ces aspects sociologiques interviennent probablement dans la préférence de *D. viride* pour les écorces lisses : les communautés denses de pleurocarpes s'installent plus facilement sur les écorces rugueuses du chêne, ce qui laisse à *D. viride* un créneau temporel plus étroit pour s'y installer ;

- le sporophyte n'a jamais été observé dans nos régions et l'espèce se dissémine exclusivement par voie végétative à partir de la fragmentation des feuilles ; concernant la dissémination à courte portée sur le même support, le rôle synergique des limaces a été étudié pour un taxon saprologique proche, *D. flagellare*, il resterait à démontrer pour *D. viride*. Un transport sur des phorophytes voisins sur quelques dizaines de mètres par la malacofaune est également plausible et en adéquation avec la distribution observée de l'espèce dans les parcelles sous forme de « cluster » (Bailly & Greffier, 2018, Percel, 2018). Les facteurs de dissémination à plus longue portée restent méconnus, l'intervention du frottement des troncs par la macrofaune (cervidés, sangliers) est une hypothèse plausible.

HYPOTHESES DE TRAVAIL ENCADRANT LE SUIVI DES STATIONS DE *DICRANUM VIRIDE*

Ces considérations amènent à avancer quelques hypothèses de travail sur les facteurs susceptibles d'impacter le devenir des populations de *D. viride* :

- récolte ou mort naturelle du phorophyte : c'est un cas de figure trivial mais on trouve occasionnellement des peuplements relictuels, initialement localisés au pied des arbres abattus, qui se maintiennent sur la souche avant qu'elle soit fortement altérée. Par ailleurs, *D. viride* a pu être observé localement, quoique rarement, dans des communautés clairement saprologiques par exemple sur des branches écorcées ;
- mise en lumière du tronc suite à une intervention sylvicole (éclaircie, affouage, coupe de régénération) ou à un chablis. Ce cas de figure n'a jamais vraiment fait l'objet de suivi en région dans la mesure où les recherches se sont concentrées, jusqu'à présent, sur les stations favorables à l'espèce. Néanmoins des brunissements de colonies ont déjà été observés. Eu égard aux préférences écologiques de l'espèce, on peut s'attendre à ce que des mises en lumière conduisent au dépérissement des populations. L'impact d'ouvertures modérées de la canopée, suite à des chablis par exemple, reste à évaluer ;
- occasionnellement, les peuplements peuvent être impactés par la macrofaune (frottements de la base des troncs) ;
- sans les causes de perturbations précédentes, la trajectoire de l'espèce sur un phorophyte dépend essentiellement de phénomènes de compétition et de répartition de l'espace entre communautés corticales. On s'attend, globalement, à une lente migration verticale des colonies de *D. viride* au fur et à mesure de la croissance du phorophyte jusqu'à l'obtention d'un éventuel état d'équilibre lié aux caractéristiques du phorophyte, plus particulièrement son inclinaison ; l'activité de la malacofaune corticale intervient très probablement dans les dynamiques de colonisation. Les longues périodes pluvieuses comme celle de l'été 2021 pourraient être favorable à cette activité ; on notera que l'impact de la pluie provoque la brisure des feuilles de *D. viride* et initie la dissémination des colonies. Une synergie entre période pluvieuse et la recrudescence de l'activité de la malacofaune serait une hypothèse à vérifier ;
- dans un peuplement de structure stable, on peut s'attendre à ce que ce soient les variations interannuelles et l'évolution à long terme du climat qui impactent le plus fortement les populations de *D. viride*. Le ratio entre les périodes prolongées de sécheresse et les épisodes pluvieux sera probablement déterminant. Un autre impact global, imputable au changement climatique, résulte de problèmes de dépérissement affectant le hêtre à basse altitude ayant entraîné une sur-récolte de cette essence et, consécutivement, la réduction des surfaces de biotope exploitables par le dicrane vert.

OBJECTIFS ET PROPOSITION METHODOLOGIQUE

L'objectif est l'évaluation à moyen ou long terme de la dynamique des populations de *Dicranum viride* à l'intérieur des parcelles intégrées au réseau d'îlots de vieillissement du massif ; des placettes installées hors îlot peuvent faire l'objet du même protocole à titre comparatif. Deux niveaux sont pris en compte :

- la dynamique de *Dicranum viride* à l'échelle d'un « cluster » de peuplements, délimité à l'intérieur d'une placette de vingt mètres de rayon ;
- l'évolution de peuplements individualisés sur des phorophytes sélectionnés dans la placette.

Le protocole suivant est proposé :

- 1- dans une parcelle ou dans un îlot à équiper, on sélectionnera un phorophyte porteur de *D. viride* et on procédera à une géolocalisation de celui-ci à partir d'un GPS avec une précision métrique. Pour les recherches en forêt de Chaux, un Trimble TDC 110TM équipé d'Arpent GIS expertTM avait été utilisé. La précision délivrée était de l'ordre de quelques mètres, ce qui est suffisant pour le propos. Dans la mesure du possible, on sélectionnera un gros bois ou un très gros bois facilement repérable dans la parcelle ;

2- à partir de l'emplacement de l'arbre repère ou d'un autre point central géolocalisé, on relèvera l'ensemble des arbres dans un rayon de vingt mètres, y compris les cépées comportant des brins de diamètre ≥ 10 cm. Les travaux précédents en forêt de Chaux ont montré que les populations de *D. viride* se regroupaient habituellement autour de quelques phorophytes principaux sources de diaspores. On notera l'orientation des phorophytes, la distance par rapport à l'arbre repère, l'essence, le diamètre du support et la présence ou l'absence de *Dicranum viride*. Le repérage peut être fait à partir d'un double décimètre et d'une boussole de visée ; l'opération peut être facilitée par l'utilisation d'un télémètre laser ou d'un dendromètre ; pour ce type d'opération, le CBNFC-ORI s'est équipé d'un dendromètre VERTEX IV 60° HAGLOF reposant sur l'émission d'ultrasons, l'avantage étant d'ignorer les obstacles entre le point de réception et l'arbre enregistré. Il était envisagé, dans une première rédaction du protocole, de ne pointer que les phorophytes porteurs de *Dicranum viride*, solution *a priori* plus économe en temps de terrain. Cependant, prendre en considération l'ensemble des arbres de la placette ouvre la possibilité de valorisations statistiques plus poussées comme l'obtention de taux de colonisation par placette et, par la suite, le calcul d'indices de disparition et d'installation intra-placette (Percel, 2018). Par ailleurs, une fois la carte acquise, sa maintenance d'une année à l'autre demandera moins d'investissement, il suffira d'informer à nouveau la présence du dicrane vert sur les supports déjà pointés, en notant les éventuelles disparitions ou installations.

3- le nombre de phorophytes pouvant faire l'objet d'un suivi diachronique individualisé dépendra des moyens et du temps alloués, un lot d'un à cinq arbres par site de suivi paraît souhaitable. Dans la mesure du possible, on essaiera de diversifier les essences des phorophytes, la gamme de diamètres et le degré de développement des colonies de *D. viride* pour l'ensemble des parcelles équipées. Il est intéressant de disposer de plusieurs stades de colonisation par le dicrane sans privilégier les stades optimaux ce qui générerait un biais dans l'interprétation des trajectoires diachroniques de l'espèce.

4- dans le cadre du suivi des îlots de vieillissement du Grand Besançon, pour chaque phorophyte suivi, le relevé des espèces de bryophytes est réalisé systématiquement sur les deux faces nord et sud de l'arbre et en deux points, le pied de l'arbre entre 0 et 25 cm et la partie haute du dispositif entre 1,25 et 1,50 mètre. Pour le suivi particulier de *D. viride*, on propose d'adapter la méthode : la grille sera placée de manière à recouvrir, dans la mesure du possible, la zone de développement optimal de la population sans se soucier de l'orientation. Un suivi unique sera réalisé par phorophyte. En revanche, l'ensemble des mailles entre 0 et 1,50 m sera informé, soit 150 mailles de 5 x 5 cm². Les mailles vides (sans bryophytes) seront informées. Les phénomènes de compétition entre espèces de bryophytes s'avérant importants pour la dynamique du dicrane vert, l'ensemble des taxons de bryophytes sera relevé pour chaque maille. Le relevé par maille 5 x 5 cm² sera réalisé en simple présence. Si des marques manifestes d'altération du dicrane vert sont décelées (brunissement, décollement des touffes), elles seront notées dans chaque maille élémentaire. Le secteur concerné du phorophyte sera photographié avec la grille de relevé en place. Un plan rapproché du pied sera pris de manière à disposer de repères de calage pour les réitérations. Le principal dispositif de comptage repose sur un châssis rigide ce qui impose de limiter la convexité du sujet à équiper et il convient pour les gros et très gros bois. Des adaptations sont possibles, avec un dispositif plus léger, pour les bois moyens (*cf. infra*).

Deux bordereaux ont été élaborés, le premier pour la description du contexte stationnel général, le second dédié à la saisie des caractéristiques du phorophyte et à l'information des grilles de relevé. La grille de relevé est divisée en six tableaux correspondant aux six blocs de 25 x 25 cm² superposés verticalement. La liste des taxons interceptés est à consigner dans chacune des 25 cases correspondant aux mailles élémentaires 5 x 5 cm². Dans les communautés corticales, le nombre de taxons par unité de surface est rarement important, une liste d'un à cinq noms latins abrégés devrait tenir. Le dispositif permettra de comparer aisément le contenu de grilles successives et d'élaborer des statistiques de recouvrement exprimées en pourcents.

Deux types de résultats complémentaires sont attendus :

- comportement diachronique intra-parcellaire de *Dicranum viride* et corrélations avec les caractéristiques locales du peuplement (diamètre des phorophytes, importance des peuplements sur les principaux arbres-sources de diaspore) ;
- suivi individualisé du comportement des peuplements sur un lot réduit de phorophytes sélectionnés, permettant de discerner les évolutions d'origine compétitive au niveau du support de celles liées à l'évolution du phorophyte et de son environnement ou de modifications plus globales.

TEST SUR LE TERRAIN

Un test a été réalisé le 16 octobre 2021 dans l'îlot de vieillissement 06, en parcelle 64 de la forêt domaniale de Chau, sur la commune de Plumont. L'îlot avait été visité lors d'une mission précédente (Bailly & Greffier, 2018) et un groupe d'arbres porteurs avait été repéré. Un hêtre de gros diamètre portant plus de 500 touffes de l'espèce a été retrouvé et sélectionné comme phorophyte central.

Les arbres porteurs de dicrane vert ont été pointés sur un rayon de 20 m autour du hêtre TGB (très gros bois) central (tableau I, figure1). Quatorze arbres hébergeaient l'espèce dont la moitié composée de cépées de charme, éléments relictuels d'un traitement historique en taillis-sous-futaie (la parcelle a une structure de futaie régularisée dans les gros bois). Dans les gros bois, on recense deux chênes porteur (Qp 02) et dans les très gros bois un hêtre (Fs00) et un chêne pédonculé (Qr12).

Tableau n°I - Caractérisation et repérage des arbres porteurs de *Dicranum viride*.

| N° | Id phorophyte | Taxon | Port | Diamètres (cm) | Distance/centre (m) | Angle/centre (°) | Commentaire |
|----|---------------|-------------------------|---------------|----------------|---------------------|------------------|-------------------------------------------------|
| 0 | Fs00 | <i>Fagus sylvatica</i> | fût | 85 | 0 | 0 | arbre repère au centre de la placette |
| 1 | Fs01 | <i>Fagus sylvatica</i> | 2 brins | 20, 37 | 11 | 314 | |
| 2 | Qp02 | <i>Quercus petraea</i> | fût | 50 | 11 | 322 | |
| 3 | Cb03 | <i>Carpinus betulus</i> | cépée 4 brins | 9, 12, 14, 18 | 16 | 323 | |
| 4 | Bp04 | <i>Betula pendula</i> | fût | 28 | 17 | 340 | |
| 5 | Cb05 | <i>Carpinus betulus</i> | fût | 30 | 12 | 12 | |
| 6 | Cb06 | <i>Carpinus betulus</i> | cépée 3 brins | 13, 14, 15 | 15 | 27,5 | |
| 7 | Cb07 | <i>Carpinus betulus</i> | cépée 3 brins | 9, 14, 17 | 14 | 56 | |
| 8 | Cb08 | <i>Carpinus betulus</i> | cépée 2 brins | 13, 15 | 17 | 57 | |
| 9 | Qp09 | <i>Quercus petraea</i> | fût | 55 | 19 | 72 | |
| 10 | Cb10 | <i>Carpinus betulus</i> | cépée 2 brins | 5, 16 | 19 | 84 | |
| 11 | Fs11 | <i>Fagus sylvatica</i> | fût | 27 | 20 | 129 | |
| * | Qp00 | <i>Quercus petraea</i> | fût | 85 | 8 | 143 | non porteur de dicrane vert, pointé pour calage |
| 12 | Qr12 | <i>Quercus robur</i> | fût | 80 | 18 | 159 | |
| 13 | Cb13 | <i>Carpinus betulus</i> | cépée 3 brins | 15, 16, 23 | 15 | 205 | |

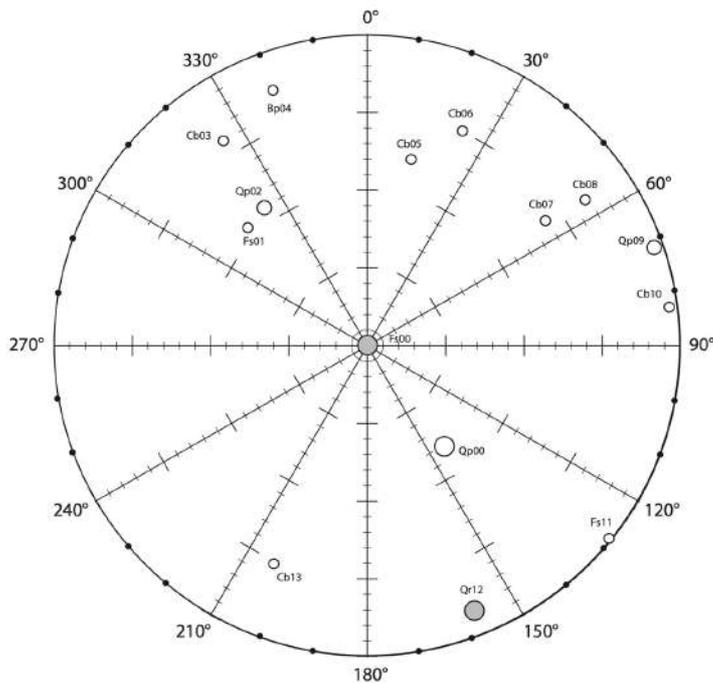


Figure n°1 - Localisation des phorophytes ; cercles gris : arbres sélectionnés pour le suivi de *Dicranum viride*.

L'opération de pointage a pris une heure avec un seul opérateur ; elle devrait être plus facile et plus rapide avec deux personnes, l'une au centre pour mesurer les angles, l'autre en périphérie pour pointer les arbres et mesurer les distances. Lors du test, seuls les arbres porteurs ont été pointés, la décision d'un relevé complet des phorophytes potentiels ayant été prise *a posteriori*.

Deux arbres ont été équipés avec la grille de relevé, le hêtre TGB central (Fs00) et le chêne pédonculé TGB (Qr12) (figures 2 et 3).



Figure n°2 - Grille de relevé bryologique en place sur le phorophyte Fs00.



Figure n°3 - Grille de relevé bryologique en place sur le phorophyte Qr12.

L'acquisition des données, comportant le choix précis de l'emplacement, le positionnement de la grille et l'information des 150 cellules a pris de l'ordre de 80 minutes pour le hêtre et 40 minutes pour le chêne. Plusieurs facteurs expliquent les différences :

- le hêtre est plus pauvre en taxons (6 *versus* 8) mais les cellules s'avèrent individuellement plus riches et plus densément peuplées, plus particulièrement dans la moitié supérieure avec des mélanges comportant davantage d'espèces intriquées donc plus longues à décrypter ;
- le fond de l'écorce du hêtre est sombre, ce qui rend la lecture plus difficile ; par ailleurs, à l'heure du relevé (milieu et fin de matinée), au 16 octobre, la lumière est rasante et la face exploitée du hêtre en WNW se trouvait en contre-jour alors que celle du chêne, en ESE, était correctement éclairée. L'utilisation d'une loupe à diodes peut pallier au problème.

L'opération de relevé peut être sensiblement accélérée avec deux opérateurs, le second notant les espèces ; un opérateur unique est obligé de se recalculer régulièrement sur la grille s'il perd sa progression en notant lui-même les listes sur bordereau.

Concernant, l'îlot O6, l'ensemble de l'opération, comprenant la cartographie des arbres porteurs, l'acquisition des relevés sur les phorophytes et la description sommaire de la placette a pris 3h40.

DIFFICULTES ET ADAPTATIONS POSSIBLES

Le dispositif de lecture est articulé au milieu, ce qui permet, dans une certaine mesure, de l'adapter à la convexité formée par la base des arbres (figure 3). Néanmoins, il est à réserver à des fûts assez réguliers sans défauts majeurs (loupe, dendrotelme, départ de branche basse.). Par ailleurs, du fait des empâtements, il est rare de pouvoir le disposer directement sur le sol ; il est donc nécessaire de noter la hauteur réelle des mailles basales et indispensable de photographier la base de la grille en place pour pouvoir la resituer correctement lors des réitérations (figure 4).



Figure n°4 - Localisation de la base de la grille sur le phorophyte F00.



Figure n°5 - Dispositif allégé en forêt de Chailluz pour les bois moyens : grille sans châssis fixée par des tendeurs.

La grille testée convient pour les gros et les très gros bois ; pour les bois moyens, les erreurs de parallaxe sont trop importantes dans les rangées latérales de cellules. Le problème a été rencontré lors du travail dans un îlot de sénescence de la forêt de Chailluz où le diamètre des plus gros arbres était compris entre 35 et 40 cm. Une adaptation est passée par l'utilisation de grilles non fixées sur châssis, tenues par des tendeurs (figure 5). Les relevés initialement prévus à partir de cadre de 5 x 5 cellules de 25 cm², ont été finalement réalisés via des cadres rectangulaires de 4 x 6 ou 3 x 8 cellules adaptés au diamètre de l'arbre support. Dans ce cas de figure, la réalisation d'un relevé sur une bande verticale de 1,5 m est plus difficilement envisageable pour des raisons de calage. Un autre assouplissement par rapport à l'approche complète est, dans ce cas, de renoncer au relevé complet à partir du pied mais de réaliser la lecture en encadrant largement de part et d'autre le peuplement de *D. viride* faisant l'objet du suivi.

RESULTATS ET INTERPRETATION

L'identification des arbres porteurs de *D. viride* dans la placette de 20 m de rayon est précisée dans le tableau I ; leur distribution est illustrée par la figure 1. Le descriptif sommaire de la placette est donné en annexe 1. Les bordereaux représentant les grilles informées pour les deux phorophytes sont en annexes 2 et 3. Les modèles de bordereaux sont livrés en accompagnement de ce rapport sous format .xlsx.

Même si le spectre floristique entre les deux grilles, avec cinq taxons communs, n'est pas très différencié (tableau II), les cartes qu'on peut en extraire sont très distinctes (figures 6 et 7).

Tableau n°II - Fréquence des taxons sur les deux phorophytes.

| | id phorophyte | Fs00 | Qr12 |
|-------|--------------------------------------------------------|-------|-------|
| | diamètre (cm) | 85 | 80 |
| | pente du phorophyte à l'endroit du relevé (°) | 75-85 | 75-85 |
| | exposition (°) | 290 | 115 |
| | exposition | WNW | ESE |
| | nombre de taxons | 6 | 8 |
| BraRu | <i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp. | - | 6,7 |
| DicVi | <i>Dicranum viride</i> (Sull. & Lesq.) Lindb. | 74,7 | 15,3 |
| FruDi | <i>Frullania dilatata</i> (L.) Dumort. | 1,3 | 6,7 |
| LejCa | <i>Lejeunea cavifolia</i> (Ehrh.) Lindb. | 1,3 | - |
| HomTr | <i>Homalia trichomanoides</i> (Hedw.) Brid. | - | 3,3 |
| HypCu | <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. | 34,0 | 66,7 |
| IsoAl | <i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov. | 52,7 | 54,7 |
| MetFu | <i>Metzgeria furcata</i> (L.) Dumort. | 12,0 | 6,7 |
| RadCo | <i>Radula complanata</i> (L.) Dumort. | 14,7 | 0,7 |

- sur le phorophyte FS00, la population de *D. viride* est très importante, l'espèce étant présente sur toute la hauteur du dispositif avec une fréquence de près de 75% et une présence dans 112 cellules. Le peuplement s'étend au-delà de la grille sous formes de touffes disjointes mais abondantes sur une hauteur évaluée à au moins six mètres. Dans le premier mètre le dicrane vert est en concurrence avec *Isothecium alopecuroides*, grande pleurocarpe structurant une formation stable de base de fût ; il est éliminé d'une partie des mailles dans un large secteur gauche de la grille. L'optimum pour le dicrane vert se situe entre 0,95 et 1,20 m avec certaines cellules saturées par cette seule espèce. Dans la partie supérieure de la grille, il compose avec *Hypnum cupressiforme* var. *filiforme* puis avec des hépatiques pionnières peu compétitives (*Metzgeria furcata*, *Radula complanata*, *Lejeunea cavifolia*, *Frullania dilatata*). La fréquence de *Metzgeria furcata* et la présence de *Lejeunea cavifolia* soulignent la tendance aérohydrophile de la micro-communauté. En revanche, le dicrane vert

est affecté de brunissement partiel dans 98% des cellules où il est présent (figure 6 et figure 8). La raison de ce brunissement n'est pas identifiée : l'exposition sur le phorophyte est favorable ; la parcelle borde une clairière permanente mais l'arbre sélectionné est situé à plusieurs dizaines de mètres de la ligne de parcelle ; on ne peut pas incriminer un effet de lisière et on n'observe pas de trouée significative dans la canopée. On peut invoquer de possibles séquelles issues des années sèches de 2019-2020. Pour cet arbre, la population de *Dicranum viride* a atteint un stade mature et n'a plus beaucoup de possibilités d'évoluer en surface ; l'aspect le plus important va être, à moyen terme, l'évolution de son état sanitaire : poursuite du brunissement et nécrose ou reverdissement de la colonie.

- sur le chêne pédonculé, le dicrane vert est en exposition a priori moins propice (ESE). Sa distribution est limitée à un îlot de touffes coalescentes entre 1 m et 1,4 m de hauteur dans 23 cellules au sein de formations assez ouvertes où il coexiste avec *Hypnum cupressiforme*. Un brunissement des touffes est noté dans 13% des cellules. Le mètre inférieur est occupé par une formation climacique d'empatement composé d'*Isothecium alopecuroides*, *Hypnum cupressiforme*, *Homalia trichomanoides* et *Brachythecium rutabulum*. La signature globale est légèrement moins aérohygrophile (moindre fréquence de *Metzgeria furcata*, absence de *Lejeunea cavifolia*) et un peu plus mésotrophe (*Homalia trichomanoides*, *Brachythecium rutabulum*). Contrairement à l'exemple précédent, sur cet arbre *Dicranum viride* reste peu concurrencé par les taxons environnants et la population a des capacités d'extension horizontale et verticale.

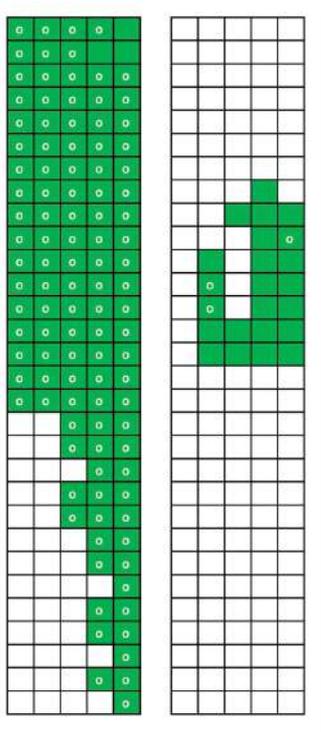


Figure n°6 - Distribution de *Dicranum viride* sur les phorophytes Fs00 (gauche) et Qr12 (droite) ; les cercles blancs signalent le brunissement d'une partie des individus dans la maille.

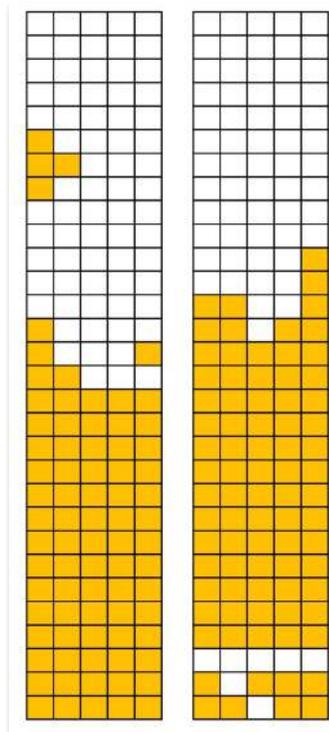


Figure n°7 - Distribution d'*Isothecium alopecuroides* sur les phorophytes Fs00 (gauche) et Qr12 (droite).

Par la suite, le degré d'évolution des deux listes floristiques pourra être évaluée au moyen de l'indice de similarité de Steinhaus. Des cartes par espèces peuvent être extraites des relevés (figures 6 et 7) ; la variation du nombre d'occurrence de chaque taxon peut être comparée entre chaque intervalle temporel et la dérive des cartes interprétée visuellement.

On recommande de réaliser les premières séries sur des intervalles temporels courts (de l'ordre d'un an) de manière à évaluer dès le départ les biais liés au positionnement des grilles : il est sans doute difficile de positionner les grilles exactement au même endroit et il faut s'attendre à des décalages de l'ordre de quelques centimètres conduisant à des translations dans les séries de cartes obtenues. Ces biais de calage vont affecter toutes les cartes spécifiques de la même manière et devraient être identifiables. Le cas échéant, ils devront être compensés pour clarifier l'interprétation des résultats.

Concernant les phénomènes de brunissement constatés dans les colonies de *Dicranum viride*, il semble nécessaire d'ajouter l'état « nécrosé » à noter pour les mailles dans lesquelles toutes les colonies s'avèreraient brunies sans que ne subsiste aucune pousse verte : dans le cas où le processus de brunissement se poursuivrait, il sera plus significatif de mentionner la présence d'une section morte du peuplement qu'une absence, les deux informations n'étant pas interprétable de la même manière.



Figure n°8 - Brunissement de *Dicranum viride* sur le phorophyte F00.

BIBLIOGRAPHIE

- Bailly G., 2002. *Dicranum viride (Sullivant et Lesquereux) Lindberg en Forêt de Chaux ; nouvelles prospections pour le programme Natura 2000*. Phytolab/DIREN Franche-Comté, 18 p.
- Bailly G. & Greffier B., 2018. *Analyse de la cohérence entre le réseau de protection actuel en Forêt de Chaux et les microhabitats à Dicranum viride (Sull. & Lesq.) Lindb. Sites Natura 2000 : ZPS « Forêt de Chaux (39/25) ZSC « Vallons forestiers, rivières, ruisseaux, milieux humides et temporaires de la forêt de Chaux » (39/25)*. Conservatoire Botanique National de Franche-Comté - Observatoire Régional des Invertébrés, 21 p. + annexes.
- Celle J., 2014. *Suivi 2013 des bryophytes des hêtraies acidiphiles du site Natura 2000 FR8301080 Gorges de l'Arzon*. Conservatoire botanique national du Massif central / Département de la Haute-Loire, 18 p.
- Gautrot Y., 2011. *La bryoflore associée au bois mort au sol en contexte forestier planitiaire. Exemple de deux massifs du Bassin parisien*. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes études, 106 p.
- Hugonnot V., 2010. *La flore bryophytique d'une Réserve Biologique Intégrale de l'ONF : le site d'Arvières (Ain)*. *Les Nouvelles Archives de la Flore jurassienne et du nord-est de la France*, **8** : 227-236.

- Percel G., 2018. *Réponse des espèces lignicoles à la disponibilité des habitats en forêt tempérée : approche multi-échelles du micro-habitat au paysage*. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, 195 p. + annexes.

▪ **Annexe 2 : relevé bryologique sur le phorophyte Fs00**

Grille d'inventaire pour le suivi diachronique de *Dicranum viride*
 CBNFC-ORI, 7 rue Voirin, 25000 Besançon. 03 81 83 58

| | |
|--------------------|----------------------|
| id placette | Parcelle 64, îlot 06 |
| date | 16/10/2021 |

| | | | | | |
|-------------------------|------|--------------------------|-----------------|--------------------------|----|
| id Phor | Fs00 | essence | Fagus sylvatica | diam (cm) à 1,3 m | 85 |
| | | distance/centre | 0 | angle (°) | 0 |
| expo support (°) | 290 | pente support (°) | 75 à 85 | ombrage (1 à 4) | 3 |

| | | | | | | |
|---------|----------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| hauteur | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,70 | A | DicVi*, LejCa, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi, HypCu, MetFu, RadCo |
| | B | DicSc, DicVi*, MetFu, RadCo | DicVi*, RadCo | DicVi*, RadCo | DicVi, HypCu, RadCo | DicVi, RadCo |
| | C | DicSc, DicVi*, RadCo | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, RadCo |
| | D | DicVi*, MetFu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, RadCo | DicVi*, MetFu |
| 1,45 | E | DicSc, DicVi*, MetFu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, FruDi, HypCu, RadCo | DicVi*, MetFu | DicVi*, FruDi, MetFu, RadCo |

| | | | | | | |
|------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,45 | A | DicSc, DicVi*, IsoAl | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, RadCo |
| | B | DicVi*, IsoAl | DicVi*, HypCu, IsoAl | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, HypCu |
| | C | DicVi*, HypCu, IsoAl | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu, RadCo | DicVi*, LejCa, RadCo |
| | D | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu | DicVi*, RadCo | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu |
| 1,20 | E | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu |

| | | | | | | |
|------|----------|----------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,20 | A | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu |
| | B | DicVi*, HypCu | DicVi* | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu | DicVi*, HypCu |
| | C | DicVi*, HypCu, MetFu | DicVi* | DicVi*, HypCu | DicVi* | DicVi* |
| | D | DicVi*, HypCu, IsoAl | DicVi*, HypCu | DicVi*, MetFu | DicVi*, HypCu | DicVi* |
| 0,95 | E | DicVi*, HypCu, IsoAl | DicVi* | DicVi* | DicVi* | DicVi*, IsoAl |

| | | | | | | |
|------|----------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,95 | A | DicVi*, HypCu, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, MetFu | DicVi*, HypCu | DicVi* |
| | B | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | C | DicSc, IsoAl | DicSc, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | D | IsoAl | DicSc, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| 0,70 | E | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |

| | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,70 | A | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | B | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | C | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | D | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| 0,45 | E | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl |

| | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,45 | A | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | B | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | C | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| | D | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl | DicVi*, IsoAl |
| 0,20 | E | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl | DicVi*, IsoAl |

▪ Annexe 3 : relevé bryologique sur le phorophyte Qr12

Grille d'inventaire pour le suivi diachronique de *Dicranum viride*
 CBNFC-ORI, 7 rue Voirin, 25000 Besançon. 03 81 83 58

| | |
|-------------|----------------------|
| id placette | Parcelle 64, îlot 06 |
| date | 16/10/2021 |

| | | | | | |
|------------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|-----|
| id Phor | Qr12 [620] | essence | Quercus robur | diam (cm) à 1,3 m | 80 |
| | | distance/centre | 18 m | angle (°) | 159 |
| expo support (°) | 115 | pente support (°) | 75 à 85 | ombrage (1 à 4) | 3 |

| | | | | | | |
|---------|---|-------|--------------|--------------|---------------------|--------------|
| hauteur | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,76 | A | HypCu | FruDi, HypCu | FruDi, HypCu | HypCu | FruDi, HypCu |
| | B | HypCu | FruDi, HypCu | HypCu | FruDi, HypCu, RadCo | HypCu |
| | C | HypCu | FruDi, HypCu | FruDi, HypCu | FruDi, HypCu | FruDi, HypCu |
| | D | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu, MetFu | HypCu |
| 1,51 | E | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu, MetFu | HypCu |

| | | | | | | |
|------|---|-------|--------------|--------------|---------------------|----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,51 | A | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu |
| | B | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu |
| | C | HypCu | HypCu | HypCu | DicVi, HypCu, MetFu | HypCu |
| | D | HypCu | HypCu, MetFu | DicVi, HypCu | DicVi, HypCu | DicVi, HypCu |
| 1,26 | E | HypCu | HypCu | HypCu | DicVi, HypCu, MetFu | DicVi*, HypCu, MetFu |

| | | | | | | |
|------|---|--------------|-----------------------------|--------------|---------------------|----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,26 | A | HypCu | DicVi, HypCu | HypCu | DicVi, HypCu | DicVi, HypCu, IsoAl |
| | B | HypCu | DicVi*, HypCu | HypCu | DicVi, HypCu | DicVi, HypCu, IsoAl, MetFu |
| | C | HypCu, IsoAl | DicVi*, IsoAl, HypCu, MetFu | HypCu, MetFu | DicVi, HypCu | DicVi, HypCu, IsoAl |
| | D | IsoAl | DicVi, FruDi, HypCu, IsoAl | DicVi, HypCu | DicVi, HypCu, IsoAl | DicVi, HypCu, IsoAl |
| 1,01 | E | IsoAl | DicVi, IsoAl | DicVi, IsoAl | DicVi, IsoAl | DicVi, IsoAl |

| | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,01 | A | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl |
| | B | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl |
| | C | IsoAl | IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl, MetFu | IsoAl |
| | D | IsoAl | IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | BraRu, IsoAl |
| 0,76 | E | IsoAl | IsoAl | BraRu, IsoAl | BraRu, IsoAl | BraRu, IsoAl |

| | | | | | | |
|------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,76 | A | HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | IsoAl |
| | B | IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | IsoAl | IsoAl |
| | C | IsoAl | IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | HypCu, IsoAl |
| | D | HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | HypCu, IsoAl | BraRu, HypCu, IsoAl |
| 0,51 | E | IsoAl | IsoAl | HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | BraRu, HypCu, IsoAl |

| | | | | | | |
|------|------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,51 | A | IsoAl | BraRu, HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | BraRu, IsoAl |
| | B | BraRu, IsoAl | HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | IsoAl | BraRu, HomTr, IsoAl |
| VI | C | HypCu | HypCu | HypCu | HypCu | HomTr, HypCu |
| | D | HypCu, IsoAl | HypCu | IsoAl | HomTr, HypCu, IsoAl | HomTr, HypCu, IsoAl |
| | 0,26 | E | HypCu, IsoAl | HypCu, IsoAl | HypCu | IsoAl |