



MOUSSES ET LICHENS DES DUNES GRISES DE NOUVELLE-AQUITAINE

Caractérisation des communautés bryo-lichéniques
et contribution à l'évaluation de l'état de conservation
de l'habitat dunes grises (HIC 2130*)



MOUSSES ET LICHENS

DES DUNES GRISES DE NOUVELLE-AQUITAINE

Caractérisation des communautés bryo-lichéniques et contribution à l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat dunes grises (HIC 2130*)

INVENTAIRES DE TERRAIN

BERNARD Émilie et BEUDIN Thomas

ANALYSE DES DONNÉES et REDACTION

BEUDIN Thomas, BERNARD Émilie et DAVID Rémi

DIRECTION SCIENTIFIQUE et COORDINATION

CAZE Grégory et LE FOULER Anthony

RELECTURE

HAUGUEL Jean-Christophe, HUGONNOT Vincent, LABROCHE Aurélien, CAZE Grégory, LAFON Pierre, LE FOULER Anthony, MONNAT Jean-Yves, PONTAGNIER Cécile, POUMARAT Serge

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent :

- à la DREAL Nouvelle-Aquitaine qui a financé ce programme ;
- aux agents de gestion de certains sites prospectés pour leur disponibilité sur le terrain et leurs nombreuses indications, en particulier Karine VENNEL et Marko JANKOVIC de la Réserve naturelle du marais d'Yves ;
- à tous les spécialistes bryologues et lichénologues pour leur aide dans les déterminations ou les confirmations, et en particulier Serge POUMARAT dont l'aide a été très importante pour les champignons lichénicoles.

RÉFÉRENCIEMENT BIBLIOGRAPHIQUE

BEUDIN T., BERNARD E. et DAVID R., 2022 - *Caractérisation des communautés bryo-lichéniques des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine (HIC 2130*) et contribution à l'évaluation de leur état de conservation*. Conservatoire botanique national Sud-Atlantique. 76 p. + annexes

CRÉDITS PHOTOS

Couverture en haut : Dunes de la pointe du Médoc (© CBNSA Émilie BERNARD), de gauche à droite : *Ptychostomum capillare* (© CBNSA Émilie BERNARD), *Cladonia verticillata* (© CBNSA Émilie BERNARD), Communauté de dunes grises acidiclinales (© CBNSA Émilie BERNARD).

PARTENAIRES FINANCIERS

Ce programme a été financé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Nouvelle-Aquitaine dans le cadre de la politique Natura 2000.



Partenaires financiers du syndicat mixte du CBNSA :



Sommaire

I.	INTRODUCTION - CONTEXTE - OBJECTIFS	4
II.	MÉTHODOLOGIE	6
II.1.	Méthode de collecte de la donnée	6
1.	Méthodes existantes	6
2.	Surface et forme du relevé	6
3.	Méthode de quantification des taxons	10
4.	Autres informations collectées et bordereau	10
5.	Déroulement d'un relevé	11
6.	Matériel nécessaire	11
II.2.	Plan d'échantillonnage	11
II.3.	Clés de détermination	12
1.	Bryophytes	12
2.	Lichens	12
3.	Champignons lichénicoles	12
II.4.	Référentiels	12
1.	Bryophytes	12
2.	Lichens	13
3.	Communautés	13
II.5.	Analyse des données	15
II.6.	Bioévaluation des taxons des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine	15
II.7.	Définition d'indicateurs pour évaluer l'état de conservation de l'HIC 2130*	16
III.	ANALYSES ET RÉSULTATS	17
III.1.	Localisation des relevés	17
III.2.	Caractérisation des communautés bryo-lichéniques des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine	19
1.	Résultats	19
2.	Comparaison avec la bibliographie	20
3.	Synsystème	26
4.	Tableaux phytosociologiques par classes	29
5.	Fiches de description	32
III.3.	Corrélation chorologique et écologique entre les communautés vasculaires et bryo-lichéniques	42
1.	Corrélation chorologique : le gradient nord-sud	42
2.	Corrélation écologique : le gradient terre-mer	44
3.	Intérêt de la prise en compte des bryophytes et des lichens pour la caractérisation des communautés vasculaires de dunes grises	45

III.4. Premiers éléments de bioévaluation sur les espèces de mousses et de lichens des dunes grises du littoral de Nouvelle-Aquitaine	47
1. Bilan sur la diversité d'espèces	47
2. Comparaison avec Jun, 2005	47
3. Espèces à enjeux de conservation	49
4. Espèces à enjeu de contrôle	65
III.5. Définition d'outils/indicateurs à partir des communautés bryo-lichéniques pour évaluer l'état de conservation des dunes grises (HIC 2130).....	66
1. État de conservation des dunes acidiclinales	66
2. État de conservation des dunes calcaires	67
IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	69
BIBLIOGRAPHIE	71
ANNEXES	77

I. INTRODUCTION - CONTEXTE - OBJECTIFS

La France, comme l'ensemble des États membres de la Communauté européenne, s'est engagée, dans le cadre de la Directive « Habitats-Faune-Flore », à assurer le maintien ou le rétablissement des habitats naturels et des espèces d'intérêt communautaire dans un état favorable.

Dans cet objectif, un réseau de sites Natura 2000 a été mis en place, sur lesquels sont élaborés et animés des documents d'objectifs. Pour mesurer l'efficacité de ce dispositif et apporter une visibilité sur les efforts supplémentaires à produire, l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire est une nécessité. La Directive « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992) impose ainsi aux États membres de réaliser une surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces listés dans cette directive (article 11) et d'en rendre compte à la Commission européenne avec une périodicité de 6 ans (article 17) : c'est l'objet du rapportage Natura 2000.

C'est dans ce cadre que depuis 2011, le Conservatoire botanique national Sud-Atlantique (CBNSA), avec le soutien de la DREAL, met progressivement en place un réseau de surveillance de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (HIC) de la région.

Compte-tenu de l'état des connaissances parfois insuffisant des communautés vasculaires, une étude phytosociologique est généralement menée parallèlement à la mise en place des suivis. En 2014 et 2015, c'est la connaissance des dunes littorales qui a été approfondie. Elles ont ainsi fait l'objet d'une typologie détaillée pour l'ensemble de l'Aquitaine en 2015 (Lafon *et al.*, 2015a). La mise en place des suivis ne concernait initialement que l'Aquitaine (Lafon *et al.*, 2015b), mais a ensuite été étendue au Poitou-Charentes (Romeyer *et al.*, 2021).

Les études sur les bryophytes et les lichens des dunes grises spécifiques au domaine atlantique sont très peu nombreuses. La thèse de R. Jun (2005) intitulée « *Les mousses et lichens des dunes grises atlantiques : caractéristiques structurales, dynamique et typologie fonctionnelle des communautés* » constitue la principale étude d'envergure réalisée à ce jour sur ces milieux en France. Cette étude pionnière a posé les bases, en particulier sur la dynamique des communautés bryo-lichéniques.

En 2014-2015, malgré leur abondance dans les dunes grises, les bryophytes et les lichens n'ont pas été étudiés par manque de spécialistes. Parallèlement à la relecture du dispositif de surveillance des dunes, une étude spécifique a donc été mise en place sur la période 2021-2022, qui vient par ailleurs compléter et détailler les résultats de la thèse de 2005. Les objectifs de cette étude sont multiples :

- **fournir des éléments de caractérisation des communautés bryo-lichéniques des dunes grises du littoral sud-atlantique** (Habitat d'Intérêt Communautaire 2130* (Bensettiti *et al.*, 2004)) ;
- **appréhender l'éventuelle corrélation chorologique et écologique entre les communautés vasculaires et bryo-lichéniques** ;
- **apporter les premiers éléments de bioévaluation sur les espèces et communautés de mousses et de lichens présents en dunes grises** ;
- **définir des outils/indicateurs à partir des communautés bryo-lichéniques pour contribuer à l'évaluation de l'état de conservation des dunes grises (HIC 2130*).**

Cette étude s'inscrit dans le cadre des objectifs en matière de bryophytes et de lichens définis pour la période d'agrément, à savoir l'amélioration des connaissances des bryophytes, des lichens et champignons lichénicoles et des communautés bryo-lichéniques. Par ailleurs, l'étude de la fonge a été officiellement ajoutée aux missions des conservatoires botaniques nationaux en 2019 (Code de l'environnement, article L414-10), ce qui légitime d'autant plus cette démarche.

Compte tenu des lacunes de connaissances sur ces groupes, il est probable que les découvertes, potentiellement très intéressantes, soient nombreuses. En revanche, les autres démarches sont plus exploratoires : les études sur les communautés sont peu nombreuses, ciblant rarement à la fois les bryophytes et les lichens ; s'agissant de la première étude bryo-lichénosociologique au CBNSA, la mise en place du protocole concernera une part importante du travail. Par ailleurs, même si les bryophytes et les lichens semblent *a priori* être d'excellents candidats pour aider à l'évaluation de l'état de conservation, la démarche reste exploratoire.

Le présent rapport reprend les quatre axes précédemment cités et détaille la méthode adoptée et les différentes conclusions pour chacun d'entre eux.

II. MÉTHODOLOGIE

L'étude des communautés bryo-lichéniques est un domaine peu développé, sans méthodologie communément utilisée comme c'est le cas en phytosociologie vasculaire. La bibliographie sur le sujet est peu abondante et peu adaptée à notre étude. Afin de répondre correctement aux questions posées lors de cette étude, plusieurs points sont à définir avant la collecte des données, en particulier le protocole des relevés avec une étude approfondie de l'aire minimale, le plan d'échantillonnage et la stratégie d'analyse des données.

II.1. Méthode de collecte de la donnée

1. Méthodes existantes

D'après la bibliographie en lichénosociologie, il existe trois méthodes pour réaliser les relevés : la méthode phytosociologique classique, le prélèvement partiel et le prélèvement intégral. Ces trois méthodes ont été comparées par Roux (1990) sur des communautés identiques afin de mettre en évidence des différences sur la pertinence des relevés effectués en fonction de la méthode utilisée :

- la méthode classique correspond au relevé phytosociologique habituel en phytosociologie vasculaire, avec un relevé effectué sur le terrain, une étude en laboratoire des taxons posant problème, et l'utilisation des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet *et al.*, 1952) ;
- le prélèvement intégral consiste à ramener l'intégralité du relevé (dalle rocheuse, branche, poteau en bois, etc.) afin de l'étudier entièrement au laboratoire, en estimant les recouvrements en pourcentages à l'aide d'une grille ;
- le prélèvement partiel consiste à réaliser un premier relevé sur le terrain et à prélever des parties aléatoirement à étudier au laboratoire.

La méthode classique est la plus simple et la plus rapide à mettre en œuvre ; le prélèvement intégral est long et impactant sur le milieu étudié ; le prélèvement partiel est quant à lui un compromis sur ces points.

La comparaison des trois méthodes par Roux (1990) montre que sur certaines communautés, le prélèvement intégral permet de noter deux à trois fois plus d'espèces que la méthode classique, ce qui rend caduque l'analyse des relevés réalisés avec la méthode classique. Le prélèvement partiel, intermédiaire en termes de qualité de relevé, a été privilégié pour cette étude. Les bryophytes et lichens des dunes sont trop imbriqués et compliqués pour faire un relevé acceptable sur place, mais le prélèvement intégral est délicat à mettre en œuvre sur un substrat sableux, destructeur sur un HIC et est chronophage, comme nous avons pu le constater lors de l'étude de l'aire minimale.

2. Surface et forme du relevé

Analyse de l'aire minimale

L'aire minimale d'une communauté correspond à la surface nécessaire pour obtenir un nombre d'espèces qui ne varie plus ou presque plus. La surface du relevé doit être supérieure ou égale à cette aire.

L'étude de la bibliographie a mis en évidence un sérieux déficit d'études et de connaissances à cet égard sur les communautés bryo-lichéniques des dunes. Les rares articles s'intéressant à l'aire minimale de communautés terricoles concernent des milieux relativement différents. Le plus semblable concerne le *Toninio-Psoretum decipientis* (groupement de tonsures sur sol plus ou moins calcaire) et donne une aire minimale de l'ordre de 500 à 1000 cm² (Khalife 1985). Les communautés dunaires ont une écologie très différente, ce qui laisse supposer que l'aire minimale peut être différente également. Il est donc indispensable d'étudier plus spécifiquement l'aire minimale des communautés dunaires avant de réaliser les relevés.

Pour déterminer cette aire minimale, un quadrat carré de 48 cm de côté, divisé en 256 sous-quadrats de 3x3 cm a été réalisé dans une dune grise semblant homogène au Porge (33). Ces sous-quadrats ont tous été prélevés et analysés au laboratoire pour déterminer les espèces présentes. Les données ont ensuite été analysées sous le logiciel R à l'aide des packages vegan (Oksanen *et al.*, 2022) et SSP (Guerra-Castro *et al.* 2021).

Dans un premier temps, la courbe d'accumulation des espèces (fig. 1) permet de constater que, si une asymptote tout à fait horizontale ne semble pas être complètement atteinte au terme de l'échantillonnage des 256 sous-quadrats, une nette rupture de pente ressort néanmoins dès les premières dizaines de sous-quadrats parcourus.

Une analyse plus fine des résultats permettrait peut-être de montrer le passage d'une communauté homogène à une ou plusieurs autres avec un lot de nouvelles espèces, en continuant les relevés au-delà d'une vingtaine de sous-quadrats, soit 180 cm² environ.

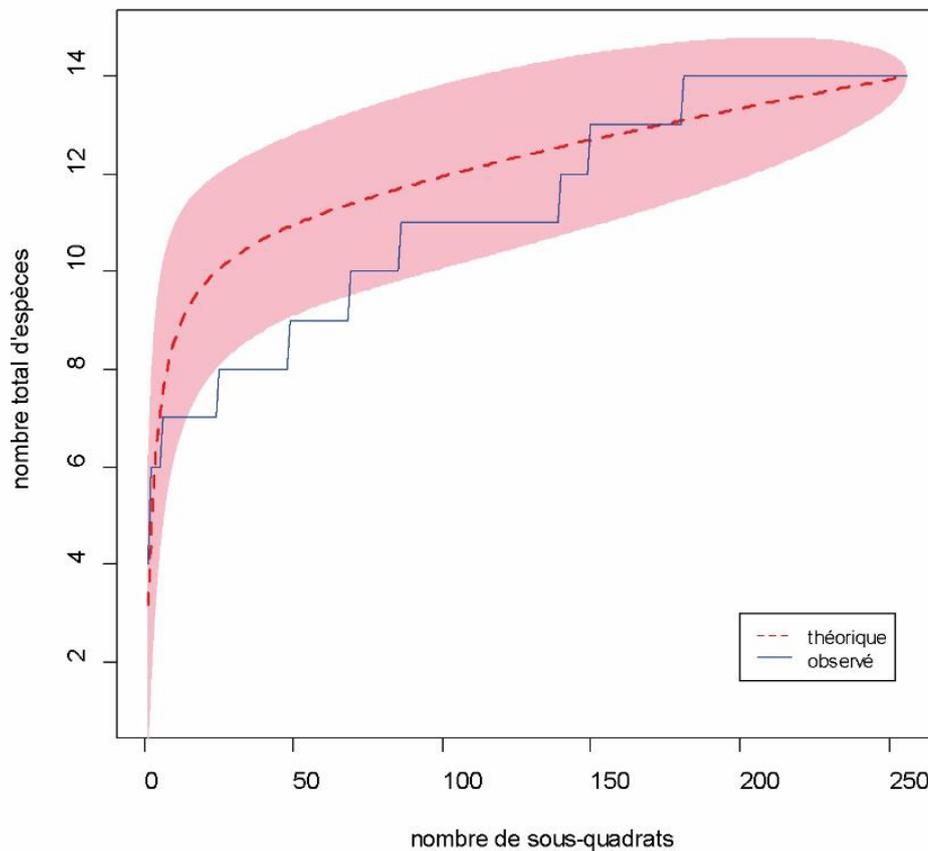


Figure 1 : Courbe d'accumulation des espèces

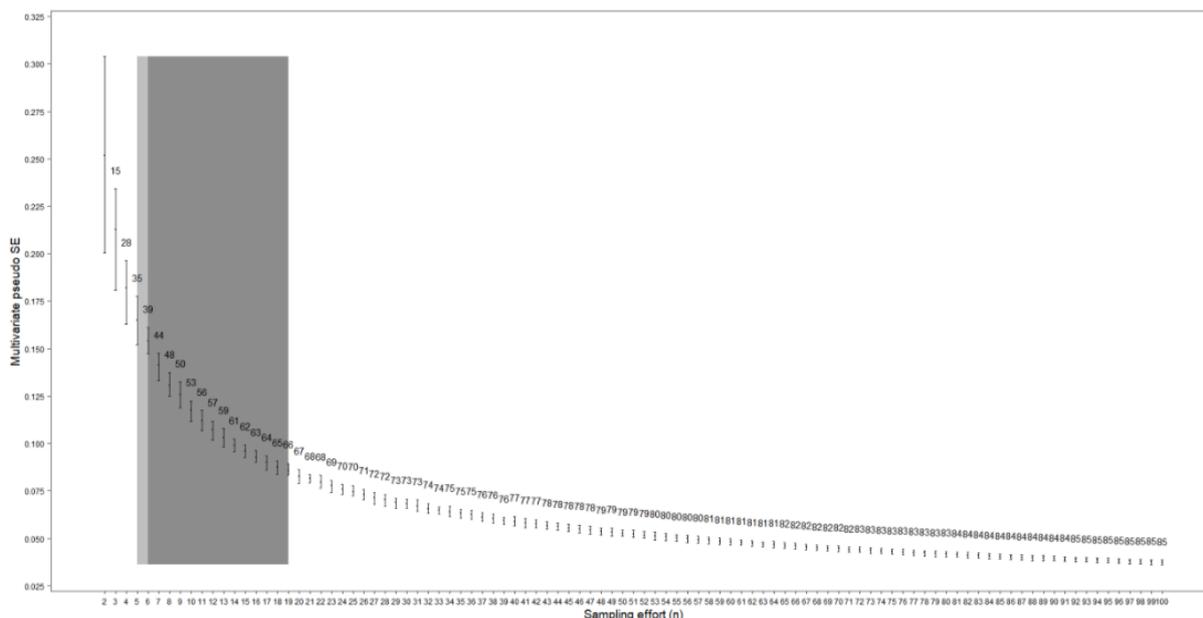


Figure 2 : Courbes d'optimisation de l'effort d'échantillonnage

La courbe d'optimisation de l'effort d'échantillonnage (fig.2) permet ensuite de préciser les choses, mettant en évidence que l'amélioration des résultats sera considérée comme sub-optimale jusqu'à une superficie équivalente à celle de 6 sous-quadrats (soit 54 cm²) et optimale jusqu'à 19 sous-quadrats (soit 171 cm²). Autrement dit, à partir de 20 sous-quadrats et au-delà, le gain en matière de richesse spécifique par rapport à l'effort d'échantillonnage consenti, pour une surface de prospection plus étendue, est considéré moins important que celui obtenu pour chacun des nouveaux sous-quadrats observés entre 1 et 19 (soit de 9 à 171 cm²).

Cette courbe d'optimisation permet également d'estimer la part de la richesse spécifique théorique qui serait contactée en fonction du nombre de sous-quadrats parcourus. En phytosociologie, l'aire minimale d'un individu d'association doit posséder 80 % des taxons de l'ensemble de cet individu. Il apparaît ainsi qu'une surface totale de 171 cm² (19 sous-quadrats) permettrait ici de contacter 66 % de toutes les espèces de la communauté, tandis qu'il faudrait en théorie prospecter 477 cm² (53 sous-quadrats) pour espérer atteindre un taux de 80% des espèces (c'est à dire qu'il faudrait devoir tripler la surface d'étude pour un gain de 14 %).

Selon le niveau d'exigence requis vis-à-vis du pourcentage d'espèces contactées grâce au dispositif d'échantillonnage, l'ordre de grandeur de l'aire minimale de prospection se situe bien en dessous de celui indiqué par Khalife (1985) pour le *Toninio-Psoretum decipientis*, si l'on se contente de 66 % de la richesse spécifique théorique. En revanche, il devient assez proche de la fourchette basse proposée par cet auteur si l'on cherche à rencontrer 80% des espèces.

🔵 Découpage du quadrat et prélèvements

Le découpage du quadrat en sous-quadrats est indispensable pour évaluer les fréquences des taxons, comme détaillé plus loin, ainsi que pour prélever certaines parties à analyser au laboratoire en s'affranchissant de tout biais observateur.

Lors de l'étude de l'aire minimale, tous les sous-quadrats de 3 cm de côté ont été étudiés. Un tel niveau de précision est inutile et prend trop de temps. L'autre extrême serait d'étudier l'ensemble du quadrat sans le découper, mais cela empêche toute analyse statistique et risque de baisser la qualité du relevé (on manque en effet moins d'espèces en étudiant plusieurs petits quadrats qu'un seul grand).

C'est pourquoi, en accord avec le choix de la méthode de prélèvement partiel, il a été décidé de maintenir le découpage en sous-quadrats mais d'en étudier seulement certains. Le quadrat général suit la grille présentée à la figure 3 et le résultat concret sur le terrain est présenté sur la figure 4.

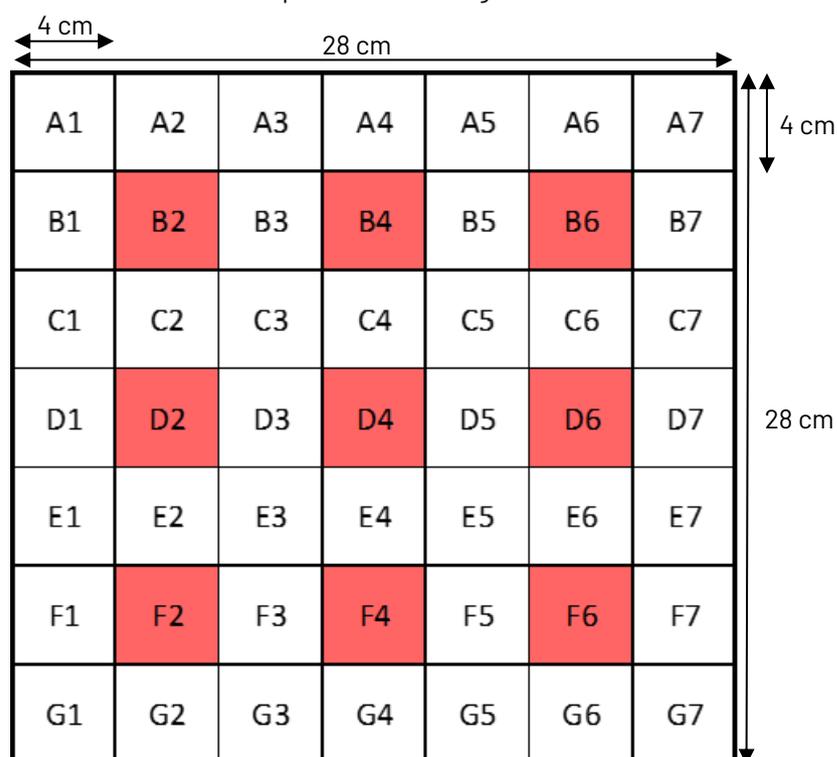


Figure 3 : Grille de prélèvement du quadrat

Sur les 49 sous-quadrats, seuls les 9 en rouge sont prélevés et étudiés au laboratoire quel que soit leur intérêt. Le reste du relevé est étudié minutieusement à la loupe sur le terrain en portant une attention particulière aux taxons qui semblent absents des 9 sous-quadrats prélevés, avec un prélèvement de tout ce qui semble pertinent. Durant l'étude de l'aire minimale, 256 sous-quadrats ont pu être étudiés en environ 5 jours, ce qui rend le temps de laboratoire, pour un relevé de ce type, largement acceptable.



Figure 4 : Quadrat utilisé pour les relevés bryo-lichénosociologiques ; 1 petit carré blanc = 4*4 cm

Surface du quadrat

L'étude de l'aire minimale a mis en évidence qu'un relevé de grande taille (de l'ordre de 1000 cm² ou plus) serait une perte de temps au regard du gain de qualité des relevés. Le seuil de 80 % de la diversité de la communauté est un bon repère. Avec un carré de 21 cm de côté (soient 441 cm²), on atteindrait 79 % de la diversité spécifique de la communauté sans risquer d'en chevaucher d'autres.

Le seuil de 21 cm n'est pas choisi au hasard. Il permet un découpage en 7x7 sous-quadrats de 3 cm de côté et est adapté au découpage choisi, avec les 9 sous-quadrats prélevés répartis équitablement.

Toutefois, bien que les 80% de la diversité captée soient l'objectif habituel lors de la réalisation d'un relevé phytosociologique, il apparaît pertinent d'augmenter la surface à 784 cm² en réalisant des sous-quadrats de 4x4 cm pour trois raisons :

- le temps supplémentaire nécessaire pour étudier un sous-quadrat de 4 cm de côté au lieu de 3 cm est négligeable, la manutention des enveloppes prenant presque autant de temps que les déterminations ;
- le gain de surface engendré permet de capter 84% de espèces au lieu de 79, ce qui, sur un nombre important de relevés, est intéressant au regard du faible temps supplémentaire passé ;
- le risque de chevaucher une autre communauté et donc de réaliser un relevé inexploitable est négligeable ; dans le cas contraire, la courbe de la figure 3 montrerait une tendance ascendante.

Au-delà en revanche, le risque de chevaucher deux communautés nous semble trop important pour un gain d'espèces captées médiocre.

Le choix se porte donc sur un **quadrat carré de 28x28 cm**.

3. Méthode de quantification des taxons

Le recouvrement noté à l'aide des coefficients de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet *et al.*, 1952) est très imprécis et soumis à un biais observateur important. Il serait plus précis de noter des pourcentages de recouvrement mais cette méthode est compliquée à mettre en œuvre sur ce type de communautés où les espèces sont très imbriquées.

L'avantage des sous-quadrats est de ne pas avoir à indiquer de recouvrements et de pouvoir raisonner en fréquences. Un taxon commun que l'on retrouve dans 8 sous-quadrats aura une fréquence de 8/9, alors qu'un taxon à une fréquence de 1/9 pourra être considéré comme plus rare dans le relevé. Le découpage de 7x7 sous-quadrats permet d'avoir une répartition homogène des 9 qui sont prélevés, ce qui empêche de manquer les taxons qui ne sont pas répartis équitablement.

Les taxons non rencontrés dans les 9 sous-quadrats mais tout de même présents dans le relevé ont théoriquement une fréquence inférieure à 1/9 (notée 0). Avec les coefficients de Braun-Blanquet, ce sont des taxons qui auraient été notés en i, r, + ou 1 ; donc la perte d'information est négligeable. Par ailleurs, même s'il est théoriquement possible que la fréquence obtenue ne reflète pas la réalité du quadrat (une espèce absente de tous les sous-quadrats mais abondante dans toutes les zones non prélevées par exemple), c'est dans les faits hautement improbable. Cette méthode est d'ailleurs régulièrement utilisée pour les suivis du fait de son efficacité.

La détermination au laboratoire donnera donc 10 listes d'espèces par relevé, qui sont ensuite condensables en une seule liste où les taxons sont affectés d'une fréquence allant de 0 (taxon absent de tous les sous-quadrats prélevés mais quand même présent dans le reste du quadrat) à 9 (taxon présent dans tous les sous-quadrats prélevés).

4. Autres informations collectées et bordereau

Pour aider à l'analyse des données, un maximum de données écologiques et stationnelles doit être relevé :

- Identification du relevé
 - Nom et organisme des observateurs
 - Nom du programme
 - Date
 - Identifiant unique
- Localisation du relevé
 - Numéro de pointage ou coordonnées GPS (WGS 84)
 - Département, commune et lieu-dit
- Données écologiques
 - Description la plus précise possible du milieu
 - Syntaxon vasculaire dans lequel est réalisé le relevé
 - État de conservation de l'habitat
 - Pente
 - Exposition
 - Hauteur et recouvrement de la strate herbacée
 - Ombrage
 - Recouvrement des strates bryophytique et lichénique
 - Recouvrement de sol nu
 - Texture du substrat
 - Humidité du substrat
 - Présence et abondance de débris coquillés
 - Présence et abondance de bois mort et/ou de débris végétaux
 - Présence de champignons avec photographie le cas échéant

Une photographie de chaque relevé est également prise.

Un bordereau spécifique a été créé pour ces relevés, celui communément utilisé au CBNSA pour la phytosociologie vasculaire n'étant pas adapté (annexes I et II). Les listes de taxons données au verso ont été réalisées en amont du terrain à partir de la bibliographie disponible et de nos connaissances ; elles permettent de gagner du temps mais ne sont pas complètement en accord avec les espèces finalement trouvées.

5. Déroulement d'un relevé

La première étape consiste à choisir l'emplacement du relevé. À grande échelle (c'est-à-dire quelques m²), les communautés bryo-lichéniques sont hétérogènes en fonction de la végétation vasculaire. Sous une touffe d'Immortelle des dunes par exemple, le cortège est soit très appauvri, soit absent. La composition en taxons ne semble toutefois pas changer tant qu'il s'agit de fourrés nains. Les relevés ont donc été positionnés dans les zones peu végétalisées où la diversité semble maximale.

À plusieurs reprises, des transects ont été effectués pour mesurer un éventuel impact de l'âge de la dune sur les communautés. Un relevé était alors effectué à chaque fois que la composition semblait varier, même de façon minime.

Une fois la localisation du relevé choisie et les informations générales notées, le relevé se déroule en trois étapes :

- d'abord, on étudie les 9 sous-quadrats et on note les espèces déterminables sur le terrain (qui seront systématiquement vérifiées au laboratoire), le fait de commencer par ces sous-quadrats permettant aux observateurs de se faire une idée des taxons les plus abondants dans le relevé ;
- ensuite, on étudie minutieusement les 40 sous-quadrats restants en cherchant spécifiquement des taxons nouveaux (ou potentiellement nouveaux) ;
- enfin, on prélève les 9 sous-quadrats pour analyse ultérieure au laboratoire.

6. Matériel nécessaire

- un quadrat carré de 28 cm de côté avec des ficelles matérialisant les sous-quadrats ;
- des loupes de terrain (x10 et x20) ;
- un GPS ;
- un couteau pour les prélèvements ;
- des enveloppes ;
- un spray d'eau pour les bryophytes et quelques lichens ;
- les réactifs usuels de lichénologie (C, K et P) ;
- des bordereaux d'inventaire ;
- un appareil photo.

II.2. Plan d'échantillonnage

La campagne de terrain s'est déroulée en deux temps : une première série de relevés à l'automne 2021 et une seconde au printemps 2022. Le choix de ces périodes dépend surtout des bryophytes dont certaines espèces de dunes nécessitent d'être fructifiées pour leur détermination, ce qui se produit plutôt de l'automne au printemps. Il était important que toutes les déterminations des relevés de l'automne soient terminées avant de réaliser ceux du printemps afin de mieux aborder les espèces présentes et d'avoir une meilleure idée des communautés sous-échantillonnées.

L'objectif initial était d'échantillonner le plus équitablement possible les trois grands compartiments de dunes grises définis par Lafon *et al.* (2015a) pour les dunes sud-atlantiques :

- sables calcaires de la Charente-Maritime au nord du Médoc ;
- sables acidoclines du Médoc aux Landes ;
- sables moyennement calcaires du sud des Landes aux Pyrénées-Atlantiques.

L'hypothèse de départ était également que les communautés bryo-lichéniques se différencient en allant de la dune grise la plus jeune à la plus fixée. Les relevés ont donc été répartis depuis les boisements jusqu'aux dunes blanches.

Seuls 15 jours ont été fléchés pour le terrain dans la mesure où la détermination des échantillons prend beaucoup de temps.

II.3. Clés de détermination

La détermination des groupes taxonomique moins étudiés oblige souvent à combiner de nombreuses clés de détermination en raison de l'absence de clés nationales récentes.

1. Bryophytes

Comme la nouvelle flore des bryophytes de France (Hugonnot et Chavoutier, 2021) n'était pas encore intégralement disponible, l'utilisation de flores étrangères ou de flores d'échelle géographique plus large s'est révélée nécessaire. La plupart des échantillons ont été déterminés à l'aide de la flore des hépatiques, mousses et fougères d'Europe (Frey *et al.*, 2006) et avec la flore des bryophytes de la péninsule ibérique et des îles Baléares (Casas *et al.*, 2006). En complément, ont été utilisés, pour le genre *Bryum sensu lato.*, la clé des *Bryaceae* d'Europe de David T. Holyoak (Holyoak, 2021) et pour les hépatiques du genre *Cephaloziella*, la flore des bryophytes de France, Volume 1, Hépatiques et Anthocérotes (Hugonnot et Chavoutier, 2021).

2. Lichens

Il n'existe pas de clé de détermination de l'intégralité des lichens de France métropolitaine, mais plusieurs ouvrages étrangers restent pertinents. Dans le cadre des dunes grises, les deux utilisés sont la clé des lichens de Grande-Bretagne et d'Irlande (Smith *et al.*, 2009) et la clé des lichens d'Europe, communément appelée « Likenoj », en espéranto, assez ancienne, dont une traduction en français existe (Clauzade et Roux, 1985).

En complément de ces clés générales, nous utilisons majoritairement des clés dédiées à un genre ou un groupe particulier. Pour les *Cladonia*, nous avons essentiellement utilisé la récente clé sur les *Cladoniaceae* du pourtour méditerranéen (Burgaz *et al.*, 2020) ; pour les *Scytinium*, une clé complète parue dans le bulletin de l'Association Française de Lichénologie (Vallade, 2019) ; pour les *Collema s.l.*, une clé ancienne mais restant pertinente (Degelius, 1954) ; enfin, pour les *Agonimia*, une clé récente et mondiale (Breuß, 2020).

3. Champignons lichénicoles

La clé la plus pertinente pour les champignons lichénicoles couvre un territoire allant des îles Canaries à la Grande-Bretagne (Hawksworth *et al.*, 2010).

Pour les dunes, il existe une clé spécifique des champignons lichénicoles parasites des *Cladonia* dans l'hémisphère nord (Zhurbenko et Pino-Bodas, 2017), et une clé de ceux parasites des *Collema s.l.* en Grèce (von Brackel et Döbbeler, 2020).

Enfin, nous avons utilisé une clé spécifique des *Phoma* parasites des *Cladonia* (Diederich *et al.*, 2007).

II.4. Référentiels

1. Bryophytes

Pour cette étude, la nomenclature taxonomique des bryophytes suit TaxRef v14.0 (Gargominy *et al.*, 2020). Cependant, il nous a semblé opportun, dans le cas de *Bryum dichotomum* Hedw., de distinguer un phénotype (appelé comme tel par D. T. Holyoak dans sa synthèse sur les *Bryaceae* d'Europe [Holyoak, 2021]) : *Bryum dichotomum* phénotype « *dunense* ». *Bryum dichotomum* Hedw. est une espèce extrêmement variable sur le plan

morphologique, ce qui a conduit à décrire de nombreuses espèces. Ce phénotype de *Bryum dichotomum* Hedw. a longtemps été individualisé en tant qu'espèce sous le nom de *Bryum dunense* A.J.E. Smith et H.Whitehouse. Il nous a semblé intéressant de souligner que les *Bryum dichotomum* trouvés lors de notre étude appartiennent tous au phénotype « *dunense* » puisque ce phénotype semble plus intimement lié aux milieux sableux et plus particulièrement aux dunes littorales, où il semble plus fréquent (Lo Giudice, 1996).

Certaines espèces ont été ramenées au groupe ou à la section, car il était impossible de les déterminer de manière fiable en présence d'individus stériles ou d'échantillons trop chétifs :

- *Ptychostomum capillare* gr. regroupe les individus stériles de *Ptychostomum capillare* et *Ptychostomum torquescens* ;
- *Bryum sect. erythrocarpa* regroupe les individus chétifs et peu propagulifères de *Ptychostomum bornholmense*, *Imbribryum subapiculatum*, *Ptychostomum rubens* et *Bryum radiculosum* ;
- *Bryum rubens* gr. regroupe les individus chétifs et peu propagulifères de *Ptychostomum bornholmense* et *Ptychostomum rubens*.

2. Lichens

En lichénologie française, le référentiel le plus à jour et communément utilisé est celui de la dernière version publiée du Catalogue des lichens et des champignons lichénicoles de France métropolitaine, ou CLF3 (Roux et coll., 2020), amendé chaque année par une publication des taxons nouvellement trouvés et des changements nomenclaturaux importants (Roux et coll., 2021 ; Roux et coll., 2022). Toutefois, dans le cadre du SINP, la base de données qu'utilise le CBNSA (Lobelia™) qui est consultable sur l'OBV-NA (Observatoire de la biodiversité végétale de Nouvelle-Aquitaine) suit TaxRef (v14.0 en 2022).

TaxRef v14.0 est très imparfait en ce qui concerne les lichens et les champignons lichénicoles, avec des taxons manquants, des rangs taxonomiques communément utilisés en France non pris en compte (chénotype, morphotype, écotype et phycotype), des noms de genres ou d'espèces pas mis à jour selon les études les plus récentes et un système de synonymie très incomplet.

Il faut donc distinguer deux étapes. Lors de la détermination, les clés utilisées sont souvent plutôt en accord avec le référentiel du CLF3, et les échantillons sont déterminés au rang le plus fin possible quel que soit le niveau de précision de TaxRef. En revanche, toutes les données sont saisies sur l'OBV-NA et donc sous TaxRef. Les informations sont alors conservées en nom cité et seront réindexées ultérieurement, lorsqu'une nouvelle version de TaxRef intégrera la mise à jour de la taxonomie des lichens.

Le principal souci de TaxRef pour cette étude est l'absence des champignons lichénicoles très rares, récemment décrits en France ou même nouveaux pour la France, découverts durant le programme. Il s'agit de *Didymocyrtis grumantiana* (Zhurb. et Diederich) Zhurb. et Diederich, *Stigmidium aquensis* (Croz. et Dughi) Cl. Roux et S. Poumarat comb. nov. in prép. (avec l'autorisation de C. Roux®) et *Pseudocercospora lichenum* (Keissl.) D. Hawksw. Les différences entre les noms TaxRef et CLF3 sont par ailleurs nombreuses.

C'est la raison pour laquelle, pour éviter de rendre illisibles les listes d'espèces par les lichénologues français (qui suivent pour la plupart le référentiel du CLF3) et pour ne pas assembler deux référentiels, nous faisons le choix, contrairement aux précédentes études du CBNSA et avec l'accord de Claude ROUX, de suivre uniquement le référentiel du CLF3 dans sa dernière version publiée.

Des réflexions sont actuellement en cours pour remédier aux lacunes de TaxRef. Dans l'attente d'une version compatible avec le référentiel du CLF3, nous arrêterons probablement de l'utiliser pour les lichens dans le cadre des rapports du CBNSA.

3. Communautés

Il faut distinguer trois types de référentiels pour les communautés de mousses et de lichens : les référentiels purement bryosociologiques, ceux purement lichénosociologiques et les mixtes. Ces trois visions des communautés posent des soucis de compatibilité car, pour des communautés probablement identiques, il est

bien souvent impossible d'établir des synonymies en raison de l'absence soit des bryophytes, soit des lichens dans les listes de taxons.

Référentiels bryosociologiques

La bryosociologie est une discipline relativement récente qui s'est surtout développée lors de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, majoritairement en Europe de l'Est et plus particulièrement en Allemagne sous l'influence de Rolf MARSTALLER. Ce dernier a publié une synthèse des groupements bryosociologiques d'Europe et des régions adjacentes en 2006 qui reprend bon nombre de ses travaux antérieurs (Marstaller, 2006).

Au même moment, en France, des bryologues produisent une synthèse des végétations connues sur le territoire en se basant sur les travaux de Marstaller. Il s'agit du Synopsis bryosociologique pour la France (Bardat et Hauguel, 2002). Ce synsystème reste toutefois très incomplet, à cause du manque d'études de terrain dans ce domaine. Par ailleurs, les auteurs ont fait le choix d'inclure la flore vasculaire pour certaines communautés en parlant de complexes bryo-phanérogamiques.

Enfin Philippe JULVE a compilé les synusies bryophytiques connues en Europe dans sa base de données : Basebryo (Julve, 1998a).

Référentiels lichénosociologiques

Pour les lichens, il n'existe pas de référentiel complet et récent des communautés. Il existe en revanche de nombreux articles qui sont des fragments de référentiel et qui détaillent le plus souvent une ou quelques classes proches.

Parmi les plus importants et récents qui concernent plus ou moins la France, on peut citer la thèse de Clothier COSTE (Coste, 2011) pour les communautés saxicoles-hydrophiles, un bulletin de l'Association Française de Lichénologie entièrement consacré à la sociologie des lichens corticoles (Van Haluwyn, 2010), un article de Roux *et al.* (2009) qui synthétise les connaissances sur diverses communautés saxicoles-calcicoles et une synthèse sur les communautés foliicoles de France méridionale (Bricaud *et al.*, 2009). En revanche, il n'existe pas de synthèse pour les communautés terricoles.

Par ailleurs, comme pour les bryophytes, Philippe JULVE a compilé les synusies lichéniques connues en Europe dans sa base de données Baselich (Julve, 1998b).

Référentiels bryo-lichénosociologiques

Le principal référentiel bryo-lichénosociologique récent en Europe est celui publié par Mucina *et al.* (2016) qui synthétise et réorganise les synsystèmes en phytosociologie vasculaire, bryo-lichénosociologie et algosociologie pour l'Europe, jusqu'à l'alliance. Cela ne permet donc pas de connaître toutes les associations décrites mais donne un squelette de synsystème.

Il reste néanmoins de grosses incohérences dans le référentiel bryo-lichénosociologique avec, par exemple, pour ce qui concerne notre étude, deux ordres identiques écologiquement mais décrits séparément par des bryologues et des lichénologues, qui n'ont pas été fusionnés. Ce cas semble récurrent sur l'ensemble du référentiel.

Référentiel du CBNSA

Même s'il n'est pas aussi complet que le référentiel des végétations vasculaires du CBNSA (Lafon *et al.*, 2021), un référentiel bryo-lichénosociologique est en cours de réalisation au CBNSA (Beudin, 2023). Il s'agit pour le moment d'une synthèse de la bibliographie mais il sera renseigné plus précisément au fil des études de communautés.

Nous faisons le choix de combiner les bryophytes et les lichens en un seul référentiel à partir de celui proposé par Mucina *et al.* (2016) malgré ses imperfections. Plusieurs arguments justifient ce choix :

- ils ne sont fixés que superficiellement au substrat (ici le sol ; les bryophytes potentiellement quelques millimètres plus profondément que les lichens), ce qui implique que l'acidité est la même pour les deux groupes ;
- les bryophytes et les lichens sont complètement imbriqués ;

- dans certains cas, l'un dépend de l'autre comme pour les lichens muscicoles.

En revanche, le choix de traiter séparément les communautés vasculaires et bryo-lichéniques peut être incohérent avec la phytosociologie sigmatiste utilisée au CBNSA, car cette méthode s'intéresse à la communauté, et ce peu importe le type biologique, incluant parfois les bryophytes et lichens.

II.5. Analyse des données

Même si la méthode de relevés employée diffère de la méthode classique de la phytosociologie sigmatiste, l'analyse des données reste similaire.

L'OBV-NA ne permettant pas encore la saisie de relevés suivant notre protocole, nous travaillons uniquement sur Microsoft Excel (2019). Les données sont saisies à leur niveau le plus fin, c'est-à-dire les sous-quadrats, pour d'éventuelles statistiques et pour trouver plus facilement les erreurs de saisie. Nous disposons donc pour chaque relevé de 10 colonnes (les 9 sous-quadrats prélevés et les espèces hors sous-quadrats trouvées en plus) (annexe III).

Une fois les données brutes saisies, elles sont rassemblées pour obtenir un relevé global avec des fréquences allant de 0 à 9 comme expliqué précédemment. C'est la dernière colonne (« global »).

Le tableau qui sera par la suite exploité pour trier les relevés est celui rassemblant tous les relevés globaux (annexe IV) ; les données précises n'ont pas été triées.

Le tri des relevés consiste en leur comparaison pour mettre en évidence leurs ressemblances et leurs dissemblances de composition bryophytique et lichénique. À l'issue de ce travail, des groupes de relevés semblables floristiquement se forment. Chacun d'entre eux constitue un syntaxon élémentaire (de Foucault, 1984).

En théorie, ces syntaxons sont comparés à ceux déjà décrits dans la littérature scientifique pour les rattacher à une association. Cependant, en bryo-lichénosociologie, les syntaxons déjà décrits en France sont loin de refléter toute la diversité des végétations (certaines classes ont été très étudiées, d'autres beaucoup moins). Les groupements d'espèces mis en évidence sont alors souvent originaux et pourraient faire l'objet d'une publication.

Les statistiques sont souvent utilisées en phytosociologie lorsque le jeu de données est très important. Ce n'est pas le cas dans cette étude (89 relevés), raison pour laquelle un tri manuel a été privilégié.

II.6. Bioévaluation des taxons des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine

La bioévaluation des taxons de bryophytes et de lichens des dunes grises est un autre objectif important de cette étude. Aucune méthode n'a été mise en place spécifiquement pour y répondre. Les relevés de communautés présentent en effet trois avantages : ils sont réalisés à des endroits riches en taxons, dans un maximum de variété de conditions écologiques, et le prélèvement systématique de portions des relevés permet une analyse fine au laboratoire.

Un inventaire de bryophytes comme de lichens ne peut pas être envisagé comme un inventaire de plantes vasculaires. Il faudrait inspecter minutieusement de grandes surfaces de sables et rapporter beaucoup d'échantillons pour viser une exhaustivité relative. Ce constat est d'autant plus vrai pour les champignons lichénicoles qui, dans la majorité des cas, sont à peine ou pas visibles à la loupe de terrain.

L'inventaire n'est donc pas exhaustif et ne l'aurait pas été avec des prospections spécifiques. Pour les bryophytes et les lichens, il semble cohérent que les espèces oubliées soient surtout occasionnelles et pas forcément inféodées aux dunes. Pour les champignons lichénicoles en revanche, le nombre de taxons non repérés est probablement important.

II.7. Définition d'indicateurs pour évaluer l'état de conservation de l'HIC 2130*

Lors de la campagne d'inventaires de terrain, des informations concernant l'état de conservation des dunes ont été collectées, notamment la présence d'espèces exotiques envahissantes, des indices de piétinement des dunes, ou l'envahissement de la dune grise par les ligneux, qui sont les principaux facteurs de dégradation des dunes littorales.

D'après ces éléments et à dire d'expert, les dunes ayant fait l'objet d'un relevé ont été classées en trois catégories d'état de conservation : favorable, moyen et défavorable.

Les dunes calcaires et acidiclinales ayant des compositions en espèces très différentes ont été analysées séparément.

Pour les analyses, les relevés en état de conservation défavorable et moyen, en trop faible nombre, ont été regroupés. Pour chaque catégorie d'état de conservation, les espèces suspectées d'être indicatrices de l'état de conservation (favorable ou défavorable) par simple comparaison des relevés bryo-lichénosociologiques, ont été identifiées par un calcul de moyenne et de médiane de fréquence dans les relevés.

III. ANALYSES ET RÉSULTATS

III.1. Localisation des relevés

Les 15 jours de terrain prévus ont été respectés. Au total, **89 relevés ont été réalisés** (fig. 5), soit presque 6 par jour en moyenne. 39 ont été réalisés dans le compartiment calcaire du nord de la zone étudiée (à partir de Vendays-Montalivet), 33 dans le compartiment acidocline (jusqu'à Léon) et 17 dans le compartiment -basocline.

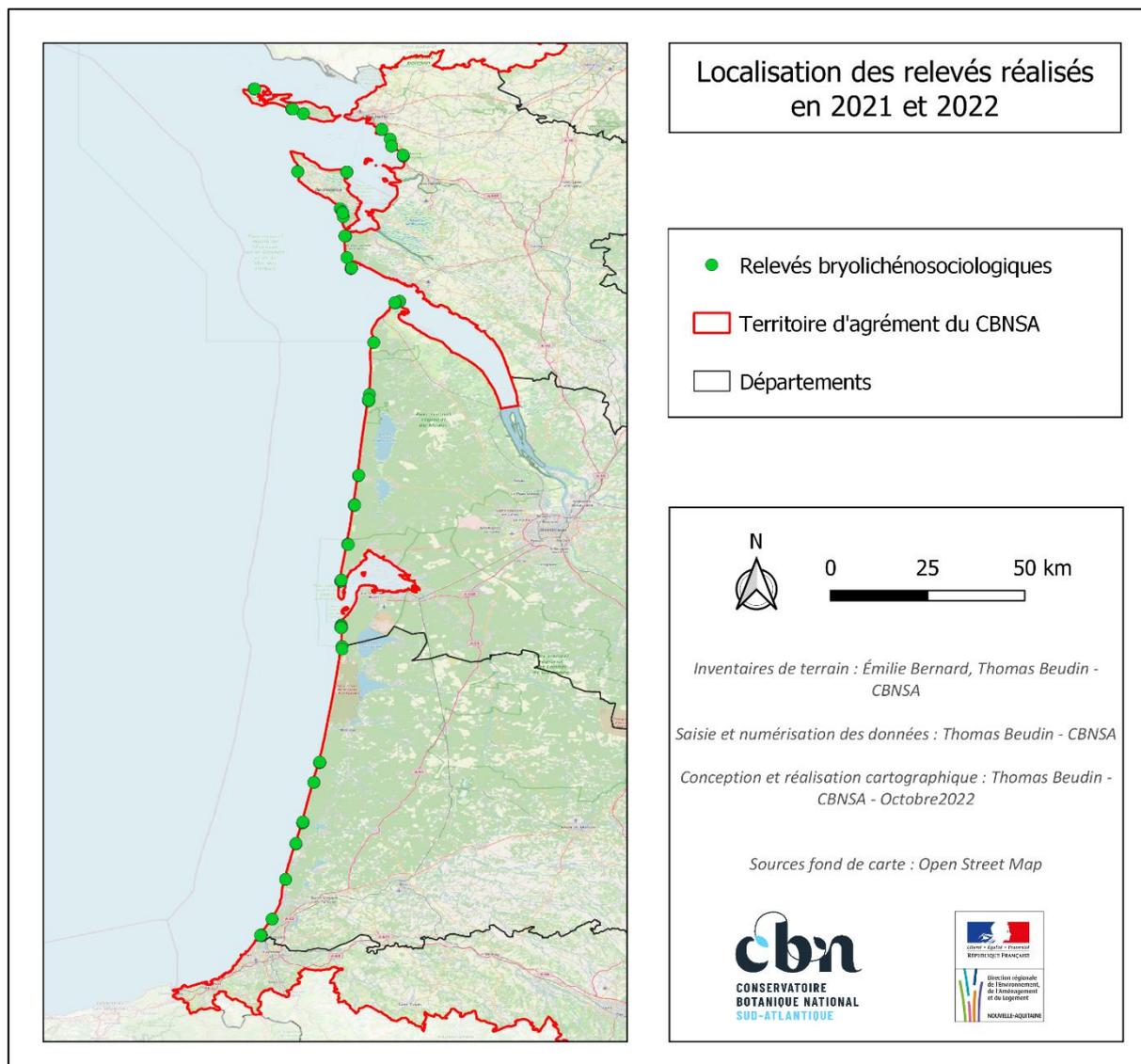


Figure 5 : Localisation des relevés réalisés en 2021 et 2022

Première campagne de terrain : octobre 2021

62 relevés ont été réalisés lors de la première campagne de terrain du 5 au 20 octobre 2021 en 10 jours de terrain répartis du nord au sud comme suit :

- Charente-Maritime (21) :
 - Île de Ré : 6 (Ars-en-Ré 2 et Bois-Plage-en-Ré 4)
 - Île d'Oléron : 7 (Boyardville 4 et Saint-Trojan-les-Bains 3)
 - La Tremblade : 2
 - Les Mathes : 6
- Gironde (24) :

- Le Verdon-sur-Mer : 4
- Montalivet : 2
- Naujac-sur-Mer : 1
- Hourtin : 5
- Lège-Cap-Ferret : 7
- La Teste-de-Buch : 5
- Landes(17) :
 - Saint-Julien-en-Born : 5
 - Lit-et-Mixe : 2
 - Moliets-et-Maa : 3
 - Seignosse : 2
 - Labenne : 2
 - Tarnos : 3

Deuxième campagne de terrain : mars 2022

27 nouveaux relevés ont été réalisés du 7 au 11 mars 2022. Lors de la première campagne de terrain, le nord des Landes n'avait pas du tout été prospecté et les relevés sur les sables acidoclinaux nous semblaient trop peu nombreux. La difficulté à trouver de nouveaux sites éloignés de ceux déjà prospectés et en bon état de conservation nous a toutefois conduits à réaliser davantage de relevés dans les dunes calcaires de Charente-Maritime.

- Charente-Maritime(13) :
 - Aytré : 2
 - Châtaillonn-Plage : 3
 - Yves : 4
 - Île d'Oléron : 4 (Saint-Georges d'Oléron 2 et Saint-Trojan-les-Bains 2)
- Gironde(6) :
 - Lacanau : 2
 - Le Porge : 4
- Landes(8) :
 - Biscarosse : 3
 - Moliets-et-Maa : 5

Il était initialement prévu d'échantillonner les dunes des Pyrénées-Atlantiques mais aucun relevé n'y a finalement été réalisé car elles sont trop dégradées. Leur surface est très limitée en raison de l'urbanisation, ce qui réduit les cortèges à des communautés basales inexploitable dans une typologie. Ces sites pourraient être visités à l'avenir dans l'objectif de mieux définir des indicateurs d'état de conservation.

III.2. Caractérisation des communautés bryo-lichéniques des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine

Les communautés bryo-lichéniques des dunes grises sud-atlantiques se répartissent essentiellement en fonction de deux critères : **l'acidité du substrat** et **l'âge de la dune**.

Il y a trois grands types d'acidité du sable sur le littoral de Nouvelle-Aquitaine :

- du nord de la région au nord du Médoc, le sable est calcaire ;
- du centre du Médoc au centre des Landes (hors Cap-Ferret), le sable est acidifé ;
- du sud des Landes aux Pyrénées-Atlantiques et au Cap-Ferret, le sable est légèrement calcaire.

D'après les observations de terrain, certaines espèces y sont indifférentes comme *Cladonia rangiformis* ou *Cladonia furcata* (mais avec des morphoses différentes selon la teneur en calcaire), d'autres sont uniquement calcicoles comme *Tortella squarrosa* ou *Syntrichia ruraliformis*, et d'autres sont uniquement acidiphiles comme *Cetraria aculeata* ou *Polytrichum juniperinum*.

L'âge de la dune grise correspond au gradient terre-mer, qui va de la lisière de la dune boisée à la limite avec la dune blanche. Entre l'océan et la dune grise (dunes embryonnaire et blanche), le sable est trop mobile et ne permet pas le développement de bryophytes ni de lichens. Ce gradient impacte aussi l'acidité du sable, avec une acidification en s'éloignant de l'océan.

La dune grise correspond à un stade fixé et lixivié par rapport aux dunes plus proches de l'océan. Elle est protégée du vent par la dune blanche, ce qui permet au sable de rester plus statique ; il va se stabiliser et ainsi permettre à des cortèges ne résistant pas à l'aspersion et l'ensevelissement par le sable de se développer. Le stade de fixation est toutefois progressif : plus on se dirige vers les fourrés dunaires, plus la dune grise est fixée, lixiviée et légèrement eutrophisée et décalcifiée.

On observe généralement une dominance de bryophytes acrocarpes et de petits lichens dans les dunes grises jeunes alors que les macrolichens et les pleurocarpes se développent plutôt sur la dune bien fixée.

1. Résultats

L'analyse des relevés permet de mettre en évidence **4 groupements dont 3 inédits**, avec parfois **plusieurs variantes**. Les tableaux phytosociologiques sont présentés à la suite de la discussion sur la bibliographie existante (Tableaux 1 et 2)

Lors des relevés, les champignons lichénicoles ont été déterminés lorsque cela était possible. Leur inventaire est toutefois très incomplet en raison de leur taille, ce qui rend impossible leur utilisation pour la description des cortèges. Par ailleurs, ils ne sont pas directement liés à l'écologie du milieu mais plutôt au lichen hôte. Lorsqu'ils semblent caractéristiques d'une communauté, c'est toujours de façon indirecte en se développant sur un lichen caractéristique. Le choix retenu est de les laisser dans les tableaux car ils peuvent apporter des informations intéressantes mais les coefficients des colonnes synthétiques sont sous-estimés. Aucun champignon lichénicole n'est considéré comme caractéristique des groupements mis en évidence.

Dunes grises sur sols subneutres à calcaires

Les dunes grises des sols plus ou moins calcaires sont celles dont les groupements mis en évidence sont les plus nets. La diagonalisation du tableau de relevés a permis de mettre en évidence **2 groupements** de dunes calcaires à rattacher la **classe des *Psoretea decipientis***.

Le **groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*** se retrouve dans les dunes calcaires jeunes. Il est caractérisé par *Agonimia vouauxii*, *Tortella flavovirens*, *Syntrichia ruraliformis*, *Enchylium tenax*, *Scytinium pulvinatum* et *Rhynchostegium megapolitanum*, qui sont accompagnés de *Tortella squarrosa*, *Ptychostomum imbricatum*, *Ptychostomum compactum*, *Bryum dichotomum* et *Cladonia pyxidata*. 3 variantes se distinguent : une variante « type » dominée par *Tortella flavovirens* formant un tapis vert-jaunâtre en mélange avec un tapis de *Syntrichia ruralis*, et la présence presque systématique sur cette dernière d'*Agonimia vouauxii* ; une variante à

Scytinium schraderi et *Streblotrichum convolutum* dans des secteurs anthropisés ; et une variante à *Brachythecium albicans* qui apparaît dans les secteurs embroussaillés.

Le **groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*** se retrouve dans les dunes calcaires plus âgées. Il est caractérisé par *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*, accompagnés de *Cladonia foliacea*, *Syntrichia ruraliformis* et *Cladonia furcata*. Il est caractérisé physionomiquement par un tapis jaunâtre de *Tortella squarrosa*, piqueté de *Cladonia rangiformis* qui est grisâtre.

Dunes grises sur sols neutro-basiques à acidiques

Les dunes grises des sols plus ou moins acides ont été plus délicates à analyser en raison de l'existence d'un groupement sur sols faiblement calcaires qui présente un cortège difficile à mettre en évidence.

La diagonalisation a permis de mettre en évidence **2 groupements** à rattacher à la classe des ***Ceratodonto purpurei*-*Polytrichetea piliferi***.

Le ***Cladonietum alpicornis*** se retrouve dans les dunes acidiques jeunes comme âgées. Il est caractérisé par *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea*, *Cladonia rangiformis* morpho. *rangiformis*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata* et *Cetraria aculeata*, accompagnés de *Cladonia pyxidata*, *Cladonia ramulosa* et *Ptychostomum capillare*. Il se caractérise physionomiquement par un tapis vert-rougeâtre de *Ceratodon purpureus* entrecoupé par des tâches jaune fluo de *Cladonia foliacea* et piqueté de *Cladonia rangiformis*, *Cladonia furcata* et de tâches foncées formées par *Cetraria aculeata*. Deux variantes se distinguent : la première, à *Ceratodon purpureus*, est caractéristique des dunes grises les plus jeunes, pouvant aller jusqu'à la marge de la dune blanche dans une forme très appauvrie (seulement quelques bryophytes), avec des acrocarpes et peu de lichens ; la seconde, à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium*, se développe dans la partie la plus fixée avec davantage de pleurocarpes et de lichens.

Le **groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*** se développe dans les dunes grises neutro-basiques âgées. Il est caractérisé par *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Racomitrium elongatum*, *Cladonia rangiformis* et *Cladonia ciliata*, accompagnés de *Tortella squarrosa*, *Scytinium intermedium*, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Tortella flavovirens* et *Cladonia foliacea*. Il se distingue des autres groupements par la présence conjointe d'espèces calcicoles et acidiphiles.

2. Comparaison avec la bibliographie

Le synsystème des communautés bryo-lichéniques du CBNSA est en cours d'élaboration. À quelques exceptions près, le synsystème de base suivi (jusqu'à l'alliance) est celui de Mucina et al. (2016). Deux classes strictement terricoles sont retenues :

- les ***Psoretea decipientis*** Mattick ex Follmann 1974 sur les sols neutres à calcaires ;
- les ***Ceratodonto purpurei*-*Polytrichetea piliferi*** Mohan 1978 sur les sols acides à neutres.

Les ***Psoretea decipientis***, sur les sols calcaires

L'analyse de la bibliographie pour les dunes calcaires est relativement riche. Divers groupements ont été décrits, que ce soit en bryosociologie, lichénosociologie, ou avec à la fois des bryophytes et des lichens. Il existe également des groupements vasculaires qui sont intéressants à mentionner.

○ Le ***Tortellion flavovirens***

L'analyse de la bibliographie de cette classe nous oriente très rapidement vers la seule alliance qui semble cohérente à la fois floristiquement, écologiquement et chorologiquement pour y rattacher des communautés de dunes grises : le ***Tortellion flavovirens*** Guerra ex Guerra et Puche 1984. Il s'agit de l'alliance regroupant des communautés des sols plus ou moins calcaires et sous l'influence des embruns marins, ou au moins à proximité immédiate du littoral si elles sont protégées des embruns.

Il s'agit d'une alliance décrite uniquement en bryosociologie. Il n'existe pas d'alliance équivalente pour le littoral en lichénosociologie. Les communautés lichéniques des sols secs calcaires de l'ouest de la France sont théoriquement classées dans le *Toninion coeruleonigrantis* Hadač in Klika 1948. Dans la mesure où l'écologie de

la première est beaucoup plus stricte que pour la seconde, nous ne les considérons pas comme synonymes pour le moment.

Nous avons trouvé pour l'Europe de l'Ouest **16 associations ou groupements décrits dans le Tortellion flavovirentis**, mais il y en a probablement d'autres car la bibliographie est compliquée à étudier de façon exhaustive. Au regard des espèces relevées sur le terrain, 5 groupements semblent intéressants à comparer aux nôtres : le *Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis* Guerra et Puche 1984, le *Tortello flavovirentis-Bryetum torquescentis* Privitera et Lo Guidice 1988, la communauté à *Tortella flavovirens*, *Cladonia convoluta* et *Pleurochaete squarrosa* Cogoni, Brundu et Zedda 2011, la communauté à *Tortella flavovirens*, *Rhynchostegium megapolitanum* et *Bryum capillare* Cogoni, Brundu et Zedda 2011, et la communauté fragmentée à *Tortella flavovirens* Cogoni, Brundu et Zedda 2011.

▪ **Le Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis**

Le *Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis* a été décrit en Espagne (Guerra et Puche, 1984). C'est une communauté très pauvre en espèces (souvent 2 à 3) des dunes grises, généralement sous des végétations de l'*Ephedro-Juniperetum macrocarpae*, sur substrat sableux, oligotrophe et xérophile. Elle n'est pas atteinte par les embruns. Le recouvrement est assez important, en moyenne de 65 à 80%.

Les deux espèces caractéristiques sont *Tortella flavovirens* et *Bryum dichotomum* phénotype « *dunense* » qui sont toujours présentes avec un recouvrement important. Les espèces compagnes citées sont *Funaria hygrometrica*, *Rhynchostegium megapolitanum* et *Tortella squarrosa*, et Privitera et Lo Guidice (1988) qui signalent cette association en Italie, ajoutent également *Aloina ambigua*, *Ptychostomum capillare*, *Barbula unguiculata*, *Pseudocrossidium hornschurchianum* et *Enchylimum* cf. *tenax*.

Cette association rappelle notre groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* des dunes grises calcaires jeunes. Il y a néanmoins plusieurs problèmes :

- le cortège est uniquement bryophytique alors que notre groupement est caractérisé par plusieurs lichens ;
- *Bryum dichotomum* phénotype « *dunense* » est présent dans seulement 2 relevés sur 25 de notre groupement alors qu'il est caractéristique du *Tortello flavovirentis-Bryetum dunense* ;
- notre groupement est caractérisé par *Syntrichia ruraliformis* avec un très fort recouvrement et *Tortella squarrosa* dans une moindre mesure, et ces deux espèces ne font pas partie du cortège du *Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis*.

Pour ces raisons, nous ne rattachons pas notre groupement au *Tortello flavovirentis-Bryetum dunense* malgré des ressemblances évidentes tant floristiques qu'écologiques. Une analyse des lichens de cette association serait à réaliser. Notre groupement pourrait aussi être un vicariant plus nordique qui se développe sous des végétations différentes et notamment moins denses.

▪ **Le Tortello flavovirentis-Bryetum torquescentis**

Le *Tortello flavovirentis-Bryetum torquescentis* a été décrit en Sicile (Privitera et Lo Guidice, 1988) comme un groupement proche du *Tortello flavovirentis-Bryetum dunense* mais sur un substrat plus stabilisé. Il est plus riche en espèces (jusqu'à 6) et le recouvrement est plus important. Physionomiquement, il forme des touffes de *Tortella flavovirens* et *Ptychostomum torquescens* imbriquées. Ces deux espèces sont caractéristiques et peuvent être accompagnées de *Barbula unguiculata*, *Tortella squarrosa*, *Ptychostomum capillare*, *Ptychostomum compactum* ou encore *Pseudocrossidium revolutum*.

On retrouve ici un élément caractéristique de nos groupements de dunes grises calcaires : *Tortella squarrosa* apparaît au fur et à mesure que le substrat se stabilise. La présence encore importante de *Tortella flavovirens* montre néanmoins que la dune reste assez jeune.

En Nouvelle-Aquitaine, *Ptychostomum torquescens* n'a pas été trouvé sur les dunes calcaires, même s'il reste probable, étant donné qu'il est impossible à distinguer de manière certaine de *Ptychostomum capillare* à l'état stérile. Les différences sont relativement importantes avec nos groupements calcicoles. Par ailleurs, aucun lichen n'a été noté ici, ce qui pose encore une fois problème.

▪ **Le Tortello flavovirentis-Pottietum crinitae**

Le *Tortello flavovirentis-Pottietum crinitae* est un autre groupement de dune grise décrit en Sicile (Privitera et Lo Guidice, 1988), des pannes dunaires périodiquement inondées par de l'eau douce lors des gros orages. La répartition serait méditerranéo-atlantique. L'espèce caractéristique est *Tortula viridifolia*, accompagnée de *Tortella flavovirens*, *Bryum dichotomum*, *Tortula caucasica*, *Pseudocrossidium revolutum*, *Barbula unguiculata* ou encore *Streblotrichum convolutum* var. *commutatum*.

Lors de nos prospections, seuls deux relevés ont été réalisés dans des pannes dunaires. Il aurait été intéressant d'en avoir davantage mais les pannes en bon état de conservation et présentant un groupement bryo-lichénique développé sont rares. Il n'a pas été possible de mettre en évidence de communauté spécifique dans la mesure où les espèces relevées ne correspondaient pas. En outre, *Tortula viridifolia* n'y a pas été trouvée donc cette association ne semble pas correspondre.

- **Le *Tortello flavovirentis-Bryetum algovici***

Le *Tortello flavovirentis-Bryetum algovici*, décrit de Sicile (Privitera et Lo Guidice, 1988), regroupe des communautés qui se développent sur des substrats sableux plus riches en limon et en argile, moins xériques que chez le *Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis* et le *Tortello flavovirentis-Bryetum torquescentis*. Il est caractérisé par *Ptychostomum compactum* que nous n'avons rencontré que dans deux relevés de dunes calcaires. Par ailleurs, ce type de substrat n'a pas fait l'objet de relevé.

- **Le *Tortello flavovirentis-Barbuletum commutatae***

Le *Tortello flavovirentis-Barbuletum commutatae* est la dernière association décrite en Sicile par Privitera et Lo Guidice (1988). Il s'agit d'un stade évolué et mature des groupements bryophytiques, sur un substrat bien fixé. Elle est caractérisée par *Streblotrichum convolutum* var. *commutatum*, accompagnée de *Tortella flavovirens*, *Bryum dichotomum*, *Didymodon acutus* et *Timmiella anomala*. Sur le tableau présenté, on remarque également la présence de *Ptychostomum capillare*, *Barbula unguiculata*, *Rhyncostegium megapolitanum* et *Pseudocrossidium hornschurchianum*. Ce cortège rappelle celui mis en évidence dans la variante à *Scytinium schraderi* et *Streblotrichum convolutum* de notre groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*, que l'on retrouve sur les dunes les plus eutrophes et dégradées.

Malgré le cortège très similaire, l'absence des lichens caractéristiques et de *Syntrichia ruraliformis* ne nous permet pas d'y rattacher notre variante.

- **Le *Toninion coeruleonigrantis***

En lichénosociologie, il n'a pas été décrit d'alliance des dunes littorales. Les communautés lichéniques des sols secs calcaires de l'ouest de la France sont théoriquement classées dans le *Toninion coeruleonigrantis* Hadač in Klika 1948. Cette alliance ne comporte pas d'association de dune grise.

Il existe en revanche un *Cladonietum convolutae* Kaiser 1926. Nous n'avons pas pu retrouver la publication d'origine. Nous nous appuyons ici sur un tableau synthétique ultérieur de Müller (1951), qui nomme cette même communauté *Cladonietum endiviaefoliae*, et que nous avons pu consulter dans la synthèse de Klement (1955).

Cette association n'a pas été décrite de dune mais de pelouses sèches calcaires, ce qui n'est pas incompatible. Elle est caractérisée par un tapis dense de *Cladonia foliacea* subsp. *endiviifolia* toujours accompagné de *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Enchylium tenax* et *Cladonia pocillum*, accompagnés de *Cladonia rangiformis*, *Cetraria aculeata*, *Cetraria islandica* et *Thalloidima sedifolium*. Cet assemblage rappelle plutôt nos cortèges de dunes âgées, avec toutefois *Enchylium tenax* qui serait incohérent.

Nous avons peu trouvé *Cladonia foliacea* subsp. *endiviifolia* dans les dunes calcaires, alors que cette sous-espèce est généralement plus calcicole que la sous-espèce *foliacea*. Par ailleurs, il n'y a aucune bryophyte de citée dans cette association alors que notre groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa* (dunes calcaires âgées) est toujours caractérisé par un fort recouvrement d'*Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*. Pour ces deux raisons, nous n'y rattachons pas nos relevés.

Il convient d'être prudent sur la valeur des deux sous-espèces de *Cladonia foliacea*. De nombreuses études ont montré qu'elles n'auraient aucune valeur génétique mais seraient seulement des morphoses liées aux conditions

environnementales (Burgaz *et al.*, 1993 ; Pino-Bodas *et al.*, 2010 ; Pino-Bodas *et al.*, 2018). Elles ne sont pas reprises dans de nombreux pays.

○ Les communautés non décrites de Cogoni, Brundu et Zedda 2011

Cogoni, Brundu et Zedda ont réalisé une étude sur les communautés bryo-lichéniques terricoles des dunes grises de Sardaigne (Cogoni *et al.* 2011). Cette étude prend en compte à la fois les bryophytes et les lichens. Sur les 5 communautés mises en évidence, 3 sont potentiellement intéressantes :

- la communauté à *Tortella flavovirens*, *Cladonia convoluta* et *Pleurochaete squarrosa*, accompagnés de *Rhynchostegium megapolitanum*, *Ptychostomum capillare*, *Ptychostomum torquescens*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia pyxidata*, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Syntrichia ruralis* et *Bartramia stricta*, des zones à aérohygrophilie élevée ;
- la communauté à *Tortella flavovirens*, *Rhynchostegium megapolitanum* et *Bryum capillare*, accompagnées de *Cladonia rangiformis*, *Cladonia pyxidata* et *Cladonia foliacea*, des zones fortement piétinées ;
- la communauté fragmentée à *Tortella flavovirens*, accompagnée de *Ptychostomum torquescens*, pauvre en espèces, des sites les plus dégradés.

La première présente un cortège très ressemblant à nos relevés de dunes plus âgées (groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*). La présence de *Cladonia rangiformis* et *Cladonia foliacea* atteste d'une certaine stabilité du substrat. Cependant, *Tortella flavovirens* et *Rhynchostegium megapolitanum* semblent chez nous caractéristiques des dunes grises calcaires les plus jeunes, et les plus âgées présentent toujours un tapis très important d'*Hypnum cupressiforme*. Il n'est donc pas possible d'établir un lien.

La deuxième ressemble plutôt aux communautés jeunes, même si la présence de *Cladonia rangiformis* et *Cladonia foliacea* est surprenante. Cela pourrait ressembler, chez nous, à des communautés intermédiaires. Ici, c'est surtout l'absence d'*Agonimia vouauxii* et *Syntrichia ruraliformis* qui nous empêche d'établir un lien entre les deux communautés, mais elles restent très proches.

Quant à la troisième, sur les sites les plus dégradés, elle ne correspond pas à nos observations dans des conditions écologiques similaires et s'apparenterait plutôt à une communauté basale à rattacher à l'alliance.

○ Les communautés vasculaires

Deux communautés vasculaires de dunes grises calcaires ont été décrites avec *Syntrichia ruraliformis* et avec quelques bryophytes et lichens : le *Phleo arenarii-Tortuletum ruraliformis* (Massart, 1908) Braun-Blanq. et de Leeuw 1936 et l'*Hornungio petrae-Tortuletum ruraliformis* Géhu et B. Foucault 1978 corr. Bioret, Caillon et Glemarec 2014.

▪ Le *Phleo arenarii-Tortuletum ruraliformis*

Cette association est signalée du nord-ouest de l'Allemagne à l'Angleterre et l'Irlande en englobant le nord de la France jusqu'à la Somme. Décrite en 1936, elle a été réétudiée de façon plus approfondie (Géhu et de Foucault 1978, Géhu *et al.*, 1983) ; nous nous appuyons donc sur ces deux études. La bryophyte dominante est *Syntrichia ruraliformis*, accompagnée de *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Peltigera rufescens*, *Hypnum cupressiforme*, *Cladonia foliacea* subsp. *endiviifolia*, *Tortella flavovirens*, *Cetraria aculeata*, *Ptychostomum capillare*, *Cladonia* gr. *pyxidata*, *Tortella squarrosa*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata* et *Evernia prunastri*. Ce cortège rappelle à la fois nos groupements jeune (*Syntrichia ruraliformis*, *Tortella flavovirens*, *Ptychostomum capillare*) et âgé (*Cladonia furcata*, *Cladonia foliacea*, *Hypnum cupressiforme*).

Deux variations sont décrites à partir de bryophytes : une à *Brachythecium albicans* des sables en voie de décalcification et une à *Homalothecium lutescens* sur sables plus calcaires et en situation plus chaude. La première confirme la compréhension de notre variante à *Brachythecium albicans* du groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* que nous retrouvons toujours sous des fourrés ou en situation embroussaillée, où le sable, fixé depuis longtemps, est plus lixivié et donc moins calcaire.

▪ L'*Hornungio petrae-Tortuletum ruraliformis*

Cette association est décrite du nord de la Bretagne dans les sites d'arrière-dune les moins stabilisés où la pelouse ne s'est pas densifiée. *Syntrichia ruraliformis* y est abondante et est accompagnée d'*Homalothecium lutescens*, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Peltigera rufescens*, *Brachythecium albicans*, *Tortella*

flavovirens, *Cladonia arbuscula*, *Tortella squarrosa*, *Ceratodon purpureus* et *Evernia prunastri*. Le cortège est quasiment identique à la précédente association ; c'est le cortège vasculaire qui les différencie. Aucune variation caractérisée par des bryophytes n'a été individualisée. Comme pour le *Phleo arenarii-Tortuletum ruraliformis*, il n'est pas possible d'établir un lien avec nos communautés bien que la similitude reste importante mais les cortèges jeunes et âgés semblent mélangés. Cela peut s'expliquer par la surface des relevés qui est beaucoup plus importante en phytosociologie vasculaire (souvent 5 à 25 m² pour les dunes), ce qui conduit inévitablement à inventorier plusieurs communautés bryo-lichéniques.

Dans les deux cas, il aurait été intéressant de savoir si *Agonimia vouauxii* est présent sur *Syntrichia ruraliformis*, d'autant qu'il est connu dans le Nord, le Pas-de-Calais et la Somme (Roux et coll., 2020).

○ Les groupes statistiques de la façade atlantique

En 2005, Raphaël Jun a réalisé une thèse sur les communautés bryo-lichéniques des dunes grises de la façade atlantique de la France. 124 relevés ont été analysés statistiquement, sans les séparer en fonction de leur écologie. Même si la méthodologie est différente, les communautés mises en évidence pourraient être semblable à celles de notre étude.

Le fait d'analyser tous les relevés ensemble ne pose pas de problème dans le cadre d'une analyse purement fonctionnelle des cortèges, mais est incompatible avec caractérisation des communautés. Il n'est donc pas possible d'établir d'équivalences strictes, mais la comparaison reste pertinente puisqu'elle concerne le même territoire.

Sur les 5 groupements mis en évidence dans la thèse, deux semblent calcicoles et ressemblent fortement à ceux que nous retrouvons. Le groupe nommé GC1 est caractérisé prioritairement par *Tortula ruraliformis*, *Tortella flavovirens* et divers *Bryum*, avec également *Enchylimum tenax* et *Brachythecium albicans*. Ce groupe ressemble énormément à notre groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*, dans lequel il manquerait essentiellement *Agonimia vouauxii*, *Scytinium pulvinatum* et *Rhynchostegium megapolitanum*. L'*Agonimia* n'a probablement pas été détecté lors des prospections ; les deux autres espèces ne se dégageaient peut-être pas lors de l'analyse statistique du fait du nombre plus important de groupes établis. L'auteur de la thèse estime que les espèces de ce groupe sont colonisatrices éphémères et colonisatrices au sens strict, ce qui est tout à fait cohérent avec un groupement pionnier qui est le premier à se développer sur un sable moyennement stabilisé.

Le groupe nommé GC2 est caractérisé par *Homalothecium lutescens*, *Cladonia pyxidata* et *Tortella squarrosa* qui sont accompagnés de *Ceratodon purpureus* et *Toninia sedifolia*. Ici, contrairement au précédent où il n'y avait que des espèces de groupements calcicoles, les groupement calcicoles et calcifuges semblent être mélangés. Il est donc plus hasardeux d'établir un lien avec l'un de nos groupements, mais il est intéressant de noter que *Tortella squarrosa* apparaît après *Tortella flavovirens* et *Tortula ruraliformis*, ce qui confirme la succession de ces espèces dans nos deux groupements calcicoles.

En conclusion, il n'est pas possible d'établir un quelconque rattachement entre les groupements de dunes calcaires que nous mettons en évidence et les 11 groupements bibliographiques présentés précédemment, malgré des similitudes importantes. La principale raison est l'absence de prise en compte des lichens caractéristiques, et en particulier *Agonimia vouauxii* pour les dunes grises les plus jeunes. Certains groupements semblent toutefois très proches et il pourrait s'agir de vicariants, les associations décrites étant essentiellement méditerranéennes.

🌿 Les *Ceratodonto purpurei-Polytrichetea piliferi*, sur les sols acides à neutres

Les communautés bryophytiques et lichénologiques ont le plus souvent été étudiées séparément. Ainsi, deux ordres et alliances distincts et cohérents pour les dunes grises acides à neutres ont été décrits en fonction du groupe taxonomique étudié :

- ***Polytrichetalia piliferi*** von Hübschmann 1975, communautés bryophytiques terricoles des dunes sèches acides sableuses des zones némorales et boréales

- ***Polytrichion piliferi*** Šmarda 1947, communautés bryophytiques terricoles des dunes sèches acides sableuses des zones némorales et boréales
- ***Peltigeretalia*** Klement 1949, communautés lichéniques terricoles des sols secs acides à neutres, vaseux et graveleux
 - ***Cladonion arbusculae*** Klement 1949 *corr.* Bültmann *in* Mucina *et al.* 2016, communautés macrolichéniques terricoles pionnières des sols oligotrophes secs, acides à neutres, vaseux et graveleux

Dans les deux alliances, des communautés dunaires ont été décrites. Dans la mesure où nous estimons qu'il est indispensable d'associer les bryophytes et les lichens dans l'étude des communautés, nous considérons que ces ordres et alliances doivent être synonymisées. Par principe d'antériorité, nous retenons les noms les plus anciennement décrits : *Peltigeretalia* pour l'ordre et *Polytrichion piliferi* pour l'alliance.

○ **Le *Polytrichion piliferi***

Nous avons recensé dans cette alliance une trentaine d'associations ou de groupements, mais il y en a sûrement davantage. Beaucoup correspondent à des communautés montagnardes.

L'inconvénient majeur est que la majorité des communautés est décrite uniquement avec des bryophytes ou des lichens. Néanmoins, 5 semblent intéressantes à comparer à nos groupements : le *Cladonietum alcicornis* Klement 1953, le *Cornicularietum tenuissimae* Krieger 1937, le *Racomitrio elongati-Polytrichetum piliferi* von Hübschmann 1967, le *Racomitrietum elongati* Marstaller 2002 et le *Polytrichetum juniperini* von Krusenstjerna 1945.

▪ **Les groupements essentiellement bryophytiques**

Le *Racomitrio elongati-Polytrichetum piliferi* est une association de bryophytes décrite en Allemagne sur des sites non littoraux ; Marstaller (2002) le complète avec davantage de relevés, dont certains intègrent les lichens. Il s'agit d'un syntaxon continental et caractéristique de dalles schisteuses ou de limons sableux.

Le *Racomitrietum elongati* est une association bryo-lichénique qui succède dynamiquement au précédent, décrit des montagnes d'Allemagne. Il se caractérise par un tapis de *Racomitrium elongatum* avec, entre autres, divers *Cladonia*.

Le *Polytrichetum juniperini* est une association bryophytique décrite en Suède, qui se développe sur substrat pierreux, et caractérisée par *Ceratodon purpureus* et *Polytrichum piliferum*.

Les cortèges de ces trois associations présentent des similarités avec ceux de nos groupements de dunes acidoclines âgées. Il s'agit toutefois de groupements non littoraux, et l'absence quasi-systématique de *Cetraria aculeata* et *Cladonia foliacea* ainsi que les différences écologiques ne nous permettent pas de rattacher nos relevés à ces associations.

▪ ***Cladonietum zopfii***

Le *Cladonietum zopfii* Krieger 1937 *corr.* est une association essentiellement caractérisée par *Cladonia zopfii*. Nous n'avons pas rencontré cette espèce, mais elle a été trouvée dans plusieurs stations sur les côtes girondine et landaise par Didier Masson, un peu à l'arrière des dunes grises, sous les pins (Masson, 2006). Il faudra donc rechercher cette association à l'avenir, plutôt sous les fourrés dunaires ou sous la lisière forestière.

▪ ***Cladonietum alcicornis***

Cette association a été décrite par Klement en 1953 dans des dunes grises au nord de l'Allemagne sur l'île de Wangerooge. Bien que le climat de la mer du Nord soit très différent de celui du sud-ouest de la France, la ressemblance avec nos groupements des dunes les plus acides est forte : on retrouve quasi systématiquement les 4 espèces caractéristiques citées par Klement, à savoir *Cladonia rangiformis*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea* et *Cetraria aculeata*.

Le cortège est complété par Drehwald (1993). Ses relevés sont plus complets et intègrent des bryophytes. Les cortèges qu'il donne sont eux aussi très proches des nôtres : *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum piliferum*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cetraria aculeata*, *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea*, *Cladonia pyxidata* en espèces caractéristiques, et plusieurs espèces compagnes que l'on retrouve dans nos relevés de

dunes âgées acidiclinales comme *Hypnum jutlandicum*, *Cephaloziella divaricata*, *Hypnum cupressiforme*, *Cladonia ramulosa* et *Campylopus introflexus*.

Dans un premier temps, nous rattachons donc nos **groupements de dunes grises acidiclinales au *Cladonietum alpicornis***, qu'elles soient jeunes ou âgées. Aucun de ces deux auteurs n'a mentionné une différence de cortège en fonction de l'âge de la dune. Dans la mesure où deux communautés se différencient très bien dans nos relevés, nous faisons le choix de **distinguer deux variations : la première de dune peu fixée à *Ceratodon purpureus*, et la seconde de dune bien fixée à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium***.

Plus tard, Paus (1997) complète le *Cladonietum alpicornis*, qu'il nomme *Cladonietum foliaceae*, en y créant deux sous-associations :

- une sous association acidiphile à *Cladonia furcata* subsp. *furcata* ;
- une sous-association plus neutro-acidicline à *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*.

Elle décrit également diverses variations, que nous ne détaillerons pas car caractérisées par des espèces absentes chez nous, et donne plusieurs synonymes au *Cladonietum alpicornis*, dont l'association à *Cornicularia tenuissima* Krieger 1937 et le groupement à *Cornicularia tenuissima* Tobler et Mattick 1938, mais que nous ne retenons pas du fait de l'absence de *Cladonia foliacea* dans leurs cortèges.

La distinction entre acidiphile et acidicline est intéressante puisque l'on retrouve la même dans nos relevés. Par ailleurs, on constate que le cortège de base du *Cladonietum alpicornis* est toujours présent dans nos relevés légèrement calcaires mais avec une disparition des espèces les plus strictement acidiphiles au profit d'espèces plus ou moins calcicoles comme dans la sous-association peu acide de Paus (1997).

Cependant, la différence d'écologie nous semble suffisante pour ne pas les rattacher à une simple sous-association du *Cladonietum alpicornis*, mais en faire une association à part entière. Nous proposons donc un **nouveau groupement, à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum***.

Le sable des dunes du sud-ouest de la France n'est jamais acide, mais seulement acidicline. Quand il est un peu calcifié, il est neutro-basicline. Nous utilisons donc ces termes pour caractériser nos groupements, même s'ils ne sont pas utilisés dans la bibliographie.

○ Les groupes statistiques de la façade atlantique

Jun (2005) a mis en évidence 5 groupes lors de son étude des groupement bryo-lichéniques des dunes grises atlantiques. Il s'agit de groupes statistiques, dont l'explication écologique est davantage basée sur le caractère pionnier ou non des espèces, en ne séparant pas de groupement acidiclinophiles et de groupements calcicoles. Certains se dégagent toutefois avec une majorité d'espèces de dunes acidiclinales, et d'autres avec une majorité d'espèces de dunes calcaires.

Il n'est pas possible d'établir une correspondance entre nos groupements et ceux de la thèse. On constate plus ou moins la même logique, mais ils semblent se chevaucher. Les groupements de la thèse mettent moins bien en évidence l'âge de la dune.

Les deux études sont toutefois complémentaires, puisque la thèse apporte des éléments statistiques intéressants que notre étude ne met pas en évidence.

3. Synsystème

Le tri des 89 relevés a permis d'en rattacher 74. Les 15 restants sont pour la plupart des relevés appauvris. Il y a également deux relevés de pannes dunaires, ce qui est malheureusement trop faible pour mettre en évidence un groupement ; il faudrait réaliser des relevés sur toute la façade atlantique pour caractériser des groupements.

Au total, ce travail a permis de mettre en évidence **1 association** et **3 groupement inédits** répartis dans **2 alliances** et **2 classes**.

Le synsystème suit le modèle habituel des catalogues de végétations du CBNSA (Lafon *et al.*, 2018 ; Lafon *et al.*, 2021) et est présenté comme suit :

CLASSE (suffixe *-etea*) Auteur(s) Année

Description de la classe

Taxons diagnostiques

Ordre (suffixe *-etalia*) Auteur(s) Année

Description de l'ordre

Taxons diagnostiques

Sous-ordre (suffixe *-enalia*) Auteur(s) Année

Description du sous-ordre

Taxons diagnostiques

Alliance (suffixe *-ion*) Auteur(s) Année

Description de l'alliance

Taxons diagnostiques

Correspondances avec les différents référentiels habitats

Sous-alliance (suffixe *-enion*) Auteur(s) Année

Description du sous-ordre

Taxons diagnostiques

Correspondances avec les différents référentiels habitats

- **Nom français de l'association**

Association (suffixe *-etum*) Auteur(s) Année

Description de l'association

Taxons diagnostiques

Correspondances avec les différents référentiels habitats

- *Sous-association* (suffixe *-etosum*) Auteur(s) Année

Le synsystème proposé est le suivant :

PSORETEA DECIPIENTIS Mattick ex Follmann 1974

Communautés bryo-lichéniques terricoles des sols subneutres à calcaires, bien éclairés

Agonimia vouauxii, *Barbula unguiculata*, *Blennothallia crispa*, *Brachythecium albicans*, *Bryum dichotomum*, *Ceratodon purpureus*, *Cladonia foliacea* subsp. *endiviifolia*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Cladonia humilis*, *Cladonia pyxidata*, *Cladonia rangiformis*, *Didymodon acutus*, *Diploschistes muscorum*, *Enchylium tenax*, *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Pseudocrossidium hornschuchianum*, *Ptychostomum capillare*, *Ptychostomum compactum*, *Ptychostomum imbricatum*, *Rhynchostegium megapolitanum*, *Scytinium pulvinatum*, *Scytinium schraderi*, *Streblotrichum convolutum*, *Syntrichia ruraliformis*, *Syntrichia ruralis*, *Tortella flavovirens*, *Tortella squarrosa*

Barbuletalia unguiculatae von Hübschmann 1960

Communautés bryo-lichéniques terricoles pionnières moyennement à fortement rudéralisées, des sols neutres à calcaires dénudés

Tortellion flavovirentis Guerra ex Guerra et Puche 1984

Communautés bryo-lichénique terricoles des sols sableux à texture fine, oligotrophes, peu compacts, sous l'influence des embruns marins, à répartition méditerranéo-atlantique

Tortella flavovirens

- **Groupe à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens***

Communauté bryo-lichénique pionnière calcicole, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques semi-fixées

Agonimia vouauxii*, *Tortella flavovirens*, *Syntrichia ruraliformis*, *Enchylium tenax*, *Scytinium pulvinatum*, *Rhynchostegium megapolitanum

Tortella squarrosa, *Ptychostomum imbricatum*, *Ptychostomum compactum*, *Bryum dichotomum*, *Cladonia pyxidata*

- variante typique
- variante à *Scytinium schraderi* et *Streblotrichum convolutum* des dunes rudéralisées
- variante à *Brachythecium albicans* en situation ombragée embroussaillée ou sous fourré

- **Groupe à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa***

Communauté bryo-lichénique pionnière calcicole, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques fixées

Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Cladonia rangiformis*, *Tortella squarrosa

Cladonia foliacea, *Syntrichia ruraliformis*, *Cladonia furcata*

CERATODONTO PURPUREI-POLYTRICHETEA PILIFERI Mohan 1978

Communautés bryo-lichéniques terricoles des sols secs acides à neutres, vaso-sableux et graveleux

Campylopus introflexus, *Cephaloziella divaricata*, *Ceratodon purpureus*, *Cetraria aculeata*, *Cladonia arbuscula*, *Cladonia ciliata*, *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cladonia humilis*, *Cladonia glauca*, *Cladonia mediterranea*, *Cladonia portentosa*, *Cladonia pyxidata*, *Cladonia ramulosa*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia verticillata*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Hypnum jutlandicum*, *Imbribryum subapiculatum*, *Peltigera canina*, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum piliferum*, *Ptychostomum bornholmense*, *Ptychostomum capillare*, *Racomitrium elongatum*

Peltigeretalia Klement 1949

Communautés bryo-lichéniques terricoles des sols secs acides à neutres, vaso-sableux et graveleux

Polytrichion piliferi Šmarda 1947

Communautés bryo-macrolichéniques terricoles pionnières des sols oligotrophes secs, acides à neutres, vaso-sableux et graveleux

Campylopus introflexus, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cladonia glauca*, *Cladonia humilis*, *Cladonia mediterranea*, *Cladonia pyxidata*, *Cladonia ramulosa*, *Cladonia rangiformis* morpho. *rangiformis*, *Imbribryum subapiculatum*, *Ptychostomum bornholmense*, *Ptychostomum capillare*

- ***Cladonietum alcicornis* Klement 1953**

Communauté bryo-lichénique pionnière calcifuge, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales semi-fixées

Cladonia rangiformis*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea*, *Cetraria aculeata

Cladonia pyxidata, *Cladonia ramulosa*, *Ptychostomum capillare*

- variante à *Ceratodon purpureus* des dunes grises acidiclinales jeunes sur substrat peu stabilisé
- variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium* des dunes grises acidiclinales âgées sur substrat bien stabilisé

- **Groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum***

Communauté bryo-lichénique pionnière neutro-basicienne, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques fixées

Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Racomitrium elongatum*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia ciliata*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata

Tortella squarrosa, *Scytinium intermedium*, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Tortella flavovirens*, *Cladonia foliacea*, *Polytrichum juniperinum*, *Cladonia arbuscula*, *Cetraria aculeata*

4. Tableaux phytosociologiques par classes

Nous ne donnons ici que les colonnes synthétiques des groupements mis en évidence. Elles sont mises en parallèle des colonnes synthétiques des groupements bibliographiques les plus pertinents parmi ceux cités plus haut, afin de mieux comprendre les ressemblances et les dissemblances ayant conduit à nos choix de rattachements.

Les tableaux complets des relevés étudiés sont présentés en annexes V et VI. Les informations complémentaires de tous ces relevés sont fournies en annexe VII.

Tableau 1 : Tableau synthétique - classe des *Psoretea decipientis*

Classe	<i>Psoretea decipientis</i>									
	Alliance	Tortellion flavovirentis									Toninian coerulogriscantis
Groupement / association	Groupement à <i>Agonimia vouauxii</i> et <i>Tortella flavovirens</i>				<i>Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis</i>	<i>Communauté à Tortella flavovirens, Cladonia convoluta et Pleurochaete squarrosa</i>	<i>Communauté à Tortella flavovirens, Rhynchostegium megapolitanum et Bryum capillare</i>	<i>Communauté fragmentée à Tortella flavovirens</i>	<i>Groupement à Cladonia rangiformis et Tortella squarrosa</i>	<i>Cladoniectum endiviaefoliae</i>
Variante	Variante typique	Variante à <i>Scytinium schraderi</i> et <i>Streblotrichum convolutum</i>	Variante à <i>Brachythecium albicans</i>	Global	-	-	-	-	-	-
Source	Beudin et Bernard 2022	Beudin et Bernard 2022	Beudin et Bernard 2022	Beudin et Bernard 2022	Guerra et Puche 1984	Cogoni, Brundu et Zedda 2011	Cogoni, Brundu et Zedda 2011	Cogoni, Brundu et Zedda 2011	Beudin et Bernard 2022	Klement 1955
Nombre de relevés	13	6	6	25	17	14	5	22	12	11
Variante à <i>Scytinium schraderi</i> et <i>Streblotrichum convolutum</i>										
<i>Scytinium schraderi</i>		V		I						
<i>Streblotrichum convolutum</i>		IV		I						
<i>Barbula unguiculata</i>		III		I	II			+		
<i>Didymodon acutus</i>		II		+						
<i>Pseudocrossidium hornsuschianum</i>		I		r						
<i>Blennothallia crispa</i> var. <i>crispa</i>		I		r						
Variante à <i>Brachythecium albicans</i>										
<i>Brachythecium albicans</i>	I		V	II					+	
Groupement à <i>Agonimia vouauxii</i> et <i>Tortella flavovirens</i>										
<i>Agonimia vouauxii</i>	V	IV	IV	IV						
<i>Tortella flavovirens</i> (+ cf.)	IV	V	IV	IV	V	V	V	V	+	
<i>Enchylium tenax</i> (var. <i>tenax</i> + var. <i>corallinum</i>)	II	II		II						V
<i>Scytinium pulvinatum</i>	III	II		II		+				
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i>	III		II	II	I	II	V			
<i>Ptychostomum imbricatum</i> (+ cf. + gr.)	III	III	I	II			I		II	
<i>Ptychostomum compactum</i> (+ cf. + var. <i>rutheanum</i>)	+	I		+						
<i>Cladonia pyxidata</i>	I		I	I		I	II		+	
<i>Pronectria diplococca</i>	+	I		+						
<i>Stigmidium aquensis</i>	+			r						
<i>Didymellopsis pulposi</i>		I		r						
<i>Bryum dichotomum</i> (= <i>dunense</i>)	+	I		+	V			+		
Groupement à <i>Cladonia rangiformis</i> et <i>Tortella squarrosa</i>										
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i> (+ cf.)			II	+					V	
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i>	II		II	II					+	
<i>Hypnum</i> gr. <i>cupressiforme</i>										
<i>Cladonia rangiformis</i> (morpho. <i>rangiformis</i> + morpho. <i>pungens</i>)	I		II	I		I	II	+	V	III
<i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>furcata</i> morpho. <i>furcata</i>			I	r		I	II		II	
<i>Cladonia foliacea</i> subsp. <i>foliacea</i>			I	r		+	II		II	
<i>Heterocephalacia bachmannii</i>	+			r					II	
<i>Didymocyrtis grumantiana</i>									I	
Hyphomycète lichénicole indéterminé									+	
Hyphomycète lichénicole indéterminé									+	
<i>Merismatium heterophractum</i>									+	
Champignon lichénicole indéterminé									+	
<i>Roselliniella cladoniae</i>									+	
<i>Cladonia foliacea</i> subsp. <i>endiviifolia</i>							V		+	V
Taxons de dunes littorales calcaires (<i>Tortellion flavovirentis</i>) et unités supérieures										
<i>Syntrichia ruraliformis</i>	V	V	V	V					V	
<i>Tortella squarrosa</i>	IV	III	IV	III	I	IV			V	
<i>Syntrichia ruralis</i>	+			r		I			I	
<i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>subrangiformis</i> (P+ r + P+ j)	II		I	I				+	III	V
<i>Ceratodon purpureus</i> (+ gr.)	III	I	III	III					II	
<i>Cladonia humilis</i> s.s.	I			I					II	
<i>Ptychostomum capillare</i> (+ cf. + gr.)	III	II	II	II	I	II	III	+	II	
<i>Bryum</i> sp. s.l.	I	I	II	I					+	
<i>Diploschistes muscorum</i>										I
<i>Cladonia pocillum</i>										V
Compagnes et accidentelles	7	0	5	10	5	6	4	4	7	4

5. Fiches de description

Les 4 groupements mis en évidence font l'objet d'une fiche de description détaillée qui suit le modèle habituel des fiches rédigées par le CBNSA pour la phytosociologie vasculaire :

Présentation générale :

Ce paragraphe centralise les informations importantes concernant le groupement avec sa position dans le référentiel syntaxonomique, une description succincte et les correspondances avec les différents référentiels d'habitats. Ce rattachement pourra évoluer en lien avec l'amélioration des connaissances sur ce syntaxon et les publications de l'UMS PatriNat sur les habitats d'intérêt communautaire.

Caractérisation floristique :

Les taxons de la combinaison caractéristique sont issus de la bibliographie et des données du terrain. Ils comprennent les caractéristiques strictes ainsi que celles des unités supérieures lorsque celles-ci sont jugées nécessaires pour une meilleure reconnaissance du syntaxon. Les compagnes rassemblent les taxons fréquents qui ne sont pas considérés comme caractéristiques car non exclusifs de cette communauté.

Chaque groupement est présenté sous toutes ses variations connues et observées pour le territoire d'étude. Enfin, les confusions possibles avec les groupements très proches, présents ou potentiels, sont rappelées.

Physionomie :

Ces informations sont données à titre indicatif après consultation de la bibliographie disponible et à partir des données collectées sur le terrain.

Synécologie :

Ces informations sont données à titre indicatif après consultation de la bibliographie disponible et à partir des données collectées sur le terrain.

Catégories des champs du tableau de synthèse écologique :

- Gradient d'humidité édaphique :

Xérophile > Mésoxérophile > Mésophile > Mésohygrophile > Hygrophile > Aquatique

- Gradient de pH :

Hyperacidiphile > Acidiphile > Acidicline > Neutrophile > Neutro-basocline > Basophile

- Gradient de trophie :

Hyperoligotrophile > Oligotrophile à Méso-oligotrophile > Mésotrophile > Méso-eutrophile à Eutrophile > Hypereutrophile > Dystrophile

- Gradient de richesse en matière organique :

Absente > Pauvre > Moyenne (Mull) > Riche (Moder, Mor et Vase) > Pure (Tourbe)

- Gradient de luminosité :

Hypersciaphile > Sciaphile > Hémisciaphile > Hémihéliophile > Héliophile

- Gradient de salinité :

Glycophile > Oligohalophile > Mésohalophile > (Eu-)halophile > Hyperhalophile

- Gradient de granulométrie :

Argileux ou tourbeux ($\emptyset > 0.002$ mm) > Limoneux ($0.002 < \emptyset < 0.05$ mm) > Sableux à graveleux ($0.05 < \emptyset < 2$ mm) > Eboulis, pierriers et graviers moyen ($\emptyset > 2$ mm) > Rochers, rocailles et murs

- Gradient de température :

Cryophile > Psychrophile > Mésotherme > Thermocline > Thermophile

- Gradient de continentalité :

Hyperocéanique > Océanique > Subocéanique > Subcontinental > Continental

Les deux derniers gradients sont en réalité une combinaison de plusieurs facteurs qui pourraient être qualifiés de macrofacteurs environnementaux.

Dynamique et végétations en contact :

Seule la dynamique naturelle est présentée ici, les évolutions temporelles dues à des modifications environnementales (dérive trophique, atterrissement, etc.) n'étant traitées que lorsqu'elles interviennent de manière récurrente.

Synchorologie :

La carte de répartition des groupements est présentée par maille Lambert 93 de 5 km de côté. Cette carte représente la synchorologie du groupement à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine. Dans la mesure où les inventaires n'ont pas pu être réalisés sur l'ensemble des mailles littorales, celles où le groupement est possiblement ou probablement présent sont indiquées à titre informatif.

Bioévaluation :

La rareté, les tendance passée et perspective évolutive, les vulnérabilités et menaces et les espèces patrimoniales connues sont traitées en détail. Un tableau récapitulatif avec le statut de la végétation sur la liste rouge des végétations de Nouvelle-Aquitaine, la rareté, la tendance passée, la responsabilité territoriale et l'évaluation patrimoniale est ensuite donné.

Le calcul de l'évaluation patrimoniale (notée de 0 à 4 points noirs) renvoie vers Caze et Blanchard (2010).

Le statut de liste rouge est calculé avec les critères UICN du mieux possible mais n'est donné qu'à titre informatif et n'a aucune valeur réglementaire.

Gestion :

La gestion proposée ici n'est pas exhaustive, seules des mesures d'ordre général pour tous les gestionnaires de milieux naturels sont proposées.

Fiche 1

Groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*



Communauté bryo-lichénique pionnière calcicole, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques fixées jeunes

Correspondances typologiques européennes :

Code Natura 2000 : 2130-2

Code EUNIS : B1.42

Position dans le synsystème :

Psoretea decipiens Mattick ex Follmann 1974

Barbuletalia unguiculatae von Hübschmann 1960

Tortellion flavovirentis Guerra ex Guerra et Puche 1984

Groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*

CARACTÉRISATION FLORISTIQUE

Combinaison d'espèces caractéristique : *Agonimia vouauxii*, *Tortella flavovirens*, *Syntrichia ruraliformis*, *Enchylium tenax*, *Scytinium pulvinatum*, *Rhynchostegium megapolitanum*.

Espèces compagnes : *Tortella squarrosa*, *Ptychostomum imbricatum*, *Ptychostomum compactum*, *Bryum dichotomum*, *Cladonia pyxidata*.

Variation : outre la communauté typique, il est possible de mettre en évidence deux variantes : la première, caractérisée par *Scytinium schraderi*, *Streblotrichum convolutum*, *Barbula unguiculata* et *Didymodon acutus* se retrouve dans les dunes les plus dégradées sur un substrat qui est très eutrophisé et où elle est très fragmentée.

La seconde, caractérisée par une très grande abondance de *Brachythecium albicans* aux dépens du reste du cortège, se

retrouve plutôt sous des fourrés ou dans des dunes très embroussaillées (ciste, ronces, bruyère, etc.). Le sable y est beaucoup plus fixé, ce qui permet d'une part aux fourrés de se développer, et d'autre part au sable d'être moins calcaire du fait d'une lixiviation plus longue des carbonates. *Brachythecium albicans* est en effet une espèce moins calcicole que le reste du cortège.

Confusion : le risque de confusion avec l'autre communauté des dunes grises calcaires, le groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*, est faible : *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* en sont absents, et il présente une physionomie très différente marquée par les pleurocarpes et les *Cladonia*.

Il existe cependant une phase de transition avec les espèces des deux groupements à ne pas confondre avec l'un ou l'autre.

PHYSIONOMIE

Groupement très largement dominé par les bryophytes, et en particulier *Syntrichia ruraliformis* qui peut atteindre un recouvrement très important, à teinte vert-brun, et ponctué par des coussins de divers *Bryum* ou *Ptychostomum* et de *Tortella flavovirens* d'un vert beaucoup clair.

Scytinium pulvinatum et *Enchylium tenax*, les seuls lichens bien visibles malgré leurs faibles recouvrement et biomasse, ponctuent ce tapis vert par leur couleur sombre. Ce sont des lichens gélatineux, donc d'autant plus visibles à l'état humide, et en particulier *Enchylium tenax* qui gonfle beaucoup plus que *Scytinium pulvinatum*.

L'espèce caractéristique du groupement, *Agonimia vouauxii*, ne participe pas du tout à la physionomie du groupement dans la mesure où il est minuscule et à peine visible, caché par *Syntrichia ruraliformis* sur lequel il se développe.

La variante à *Brachythecium albicans* est totalement différente du groupement typique : le cortège de base est identique bien qu'appauvri, mais complètement dominé par *Brachythecium albicans*, une pleurocarpe d'un vert plutôt pâle.

Hauteur moyenne : 1 à 3 cm.

Recouvrement moyen : 40 à 90%.

Espèces structurantes : *Syntrichia ruraliformis*, *Tortella flavovirens*, *Ptychostomum imbricatum*, *Ptychostomum compactum* ; *Brachythecium albicans* chez la variante éponyme.

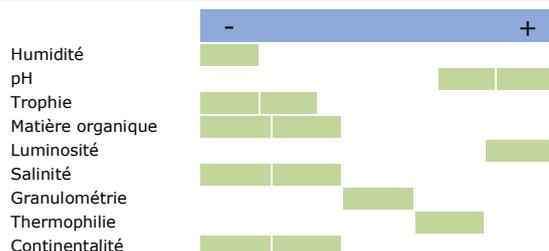
ÉCOLOGIE

Ce groupement se développe sur les dunes grises sableuses littorales fortement à légèrement calcaires les plus jeunes. On le retrouve juste à l'arrière de la dune mobile, dans la zone où le sable est suffisamment fixé pour permettre le développement de bryophytes et de quelques lichens pionniers.

Cette zone n'est pas atteinte par les embruns.

C'est un groupement héliophile, xérophile et oligotrophile.

Il se développe en sous-strate de plusieurs associations de dunes grises plus ou moins calcicoles : *Artemisia lloydii-Ephedretum distachyae*, *Artemisia lloydii-Helichrysetum stoechadis* et *Thymo drucei-Corynephorum canescens*.

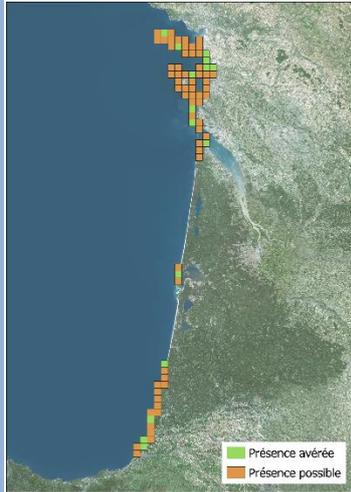


DYNAMIQUE ET CONTACTS

Dynamique : groupement pionnier qui se développe suite à la stabilisation du sable de la dune mobile, dépourvu de bryophytes et de lichens ; lorsque la dune continue de vieillir et de se stabiliser, il est remplacé progressivement par le groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa* avec une phase intermédiaire caractérisée par des espèces des deux groupements.

Contacts : pas de contact inférieur dans la mesure où c'est un groupement pionnier ; contact supérieur avec le groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*.

SYNCHOROLOGIE



Générale : groupement décrit des dunes du sud-ouest de la France mais à rechercher sur les dunes de toute la façade atlantique, de la Manche et de la mer du Nord ; *Agonimia vouauxii* est notamment connu dans le Nord, le Pas-de-Calais et la Somme. À rechercher également en Espagne où les relevés bryosociologiques rappellent cette communauté.

Nouvelle-Aquitaine : connu sur l'ensemble de la côte de Charente-Maritime, en Gironde à la pointe du Médoc et au Cap-Ferret et dans la moitié sud des Landes.

La carte de répartition représente les observations reconnues actuellement et ne se veut pas exhaustive. Ces informations proviennent des programmes engagés par les CBN et divers contributeurs en Nouvelle-Aquitaine

ÉVALUATION PATRIMONIALE

Rareté : très rare à l'échelle de la région en l'état actuel des connaissances, mais probablement seulement rare, si on considère les nombreuses mailles probables non prospectées.

Tendance passée et perspective évolutive : groupement probablement stable du fait de la relative stabilité des végétations dunaires.

Vulnérabilité et menaces : ce groupement est menacé d'une part par le piétinement, les bryophytes et les lichens y étant très sensibles, et d'autre part par la fermeture des dunes par les pins.

Espèces patrimoniales connues : *Agonimia vouauxii*, *Stigmidium aquensis*, *Pronectria diplococca*, *Didymellopsis pulposi*, *Bryum dichotomum*, *Epicladonia sandstedei*.

LR N-A	Rareté	Tend.	Resp. ter.	Eval. patr.
NM	RR ?	→	2 ?	●●

GESTION

Le maintien de ce groupement dépend essentiellement de l'ouverture de la dune grise ; en cas de fermeture progressive par les pins, une réouverture par suppression des pins est essentielle pour éviter sa disparition.

Par ailleurs, le piétinement conduirait à une disparition de la majorité des espèces et doit être évité par une canalisation des promeneurs dans les sites très fréquentés.

RESSOURCES

Auteurs : Beudin T, Bernard E.

Orientations bibliographiques principales :

Date de mise à jour : 15/11/2022

Fiche 2

Groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*



Communauté bryo-lichénique pionnière calcicole, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques fixées âgées

Correspondances typologiques européennes :

Code Natura 2000 : 2130-2

Code EUNIS : B1.42

Position dans le synsystème :

Psoretea decipiens Mattick ex Follmann 1974

Barbuletalia unguiculatae von Hübschmann 1960

Tortellion flavovirentis Guerra ex Guerra et Puche 1984

Groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa* hoc loco

CARACTÉRISATION FLORISTIQUE

Combinaison d'espèces caractéristique : *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Cladonia rangiformis*, *Tortella squarrosa*.

Espèces compagnes : *Cladonia foliacea*, *Syntrichia ruraliformis*, *Cladonia furcata*.

Variation : pas de variation mise en évidence.

Confusion : avec le groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* des dunes grises fixées faiblement calcaires, qui s'en différencie par une présence moindre des espèces calcicoles et surtout la présence de bryophytes acidiphiles comme *Polytrichum juniperinum*, *Dicranum scoparium*, *Cephaloziella divaricata* et *Campylopus introflexus*.

Il existe également une phase de transition avec le groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* avec des espèces des deux groupements et dont les relevés ne sont pas exploitables.

PHYSIONOMIE

Groupement dominé par les bryophytes, et en particulier *Tortella squarrosa* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*. Selon la présence de l'une ou l'autre, la couleur varie de vert-jaune à vert franc.

Les lichens les plus visibles sont *Cladonia rangiformis*, piqueté régulièrement parmi les bryophytes, et *Cladonia foliacea* qui a plutôt tendance à former des petits coussinets. *Cladonia furcata* peut également être abondant mais il est toujours plus discret.

Le sol nu est généralement faible dans ce groupement.

Hauteur moyenne : 1 à 3 cm.

Recouvrement moyen : 60 à 100%.

Espèces structurantes : *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Tortella squarrosa*, *Cladonia rangiformis*.

ÉCOLOGIE

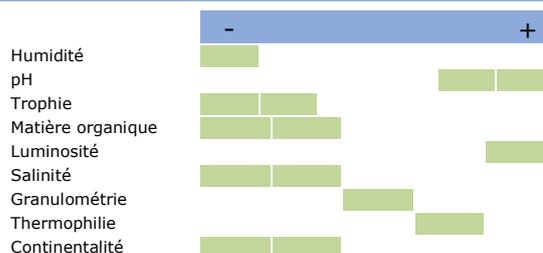
Ce groupement se développe sur les dunes grises sableuses littorales les plus fixées, fortement à légèrement calcaires. On le retrouve dans la partie la plus reculée de la dune ouverte et sous les fourrés arrière-dunaires, voire sous les pins en lisière forestière bien éclairée.

Le sable fixé depuis longtemps permet le développement des espèces à croissance plus lente, notamment les *Cladonia*.

Cette zone n'est pas atteinte par les embruns.

C'est un groupement héliophile, xérophile et oligotrophile.

Il se développe en sous-strate de plusieurs associations de dunes grises plus ou moins calcicoles : *Artemisia lloydii-Ephedretum distachyae*, *Artemisia lloydii-Helichrysetum stoechadis* et *Thymo drucei-Corynephoretum canescentis*.

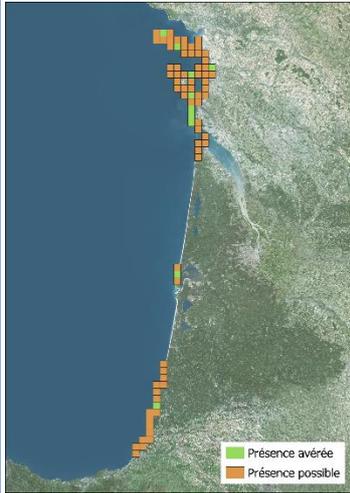


DYNAMIQUE ET CONTACTS

Dynamique : groupement pionnier qui se développe suite à la stabilisation du sable de la dune semi-fixée où les macrolichens et les pleurocarpes se développent peu. Le stade ultérieur correspond à la forêt dunaire sous laquelle se développent des groupements différents non encore étudiés.

Contacts : contact inférieur avec le groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* ; le contact supérieur, sous les pins, reste à étudier.

SYNCHOROLOGIE



Générale : groupement décrit des dunes du sud-ouest de la France mais à rechercher sur les dunes de toute la façade atlantique, de la Manche et de la mer du Nord, et potentiellement sur la façade atlantique de l'Espagne.

Nouvelle-Aquitaine : connu sur l'ensemble de la côte de Charente-Maritime, en Gironde à la pointe du Médoc et au Cap-Ferret et dans la moitié sud des Landes.

La carte de répartition représente les observations reconnues actuellement et ne se veut pas exhaustive. Ces informations proviennent des programmes engagés par les CBN et divers contributeurs en Nouvelle-Aquitaine

ÉVALUATION PATRIMONIALE

Rareté : très rare à l'échelle de la région en l'état actuel des connaissances, mais probablement seulement rare si on considère les nombreuses mailles probables non prospectées.

Tendance passée et perspective évolutive : groupement probablement stable du fait de la relative stabilité des végétations dunaires.

Vulnérabilité et menaces : ce groupement est essentiellement menacé par le piétinement, les *Cladonia* notamment y étant très sensibles.

Espèces patrimoniales connues : *Didymocyrtis grumantiana*, *Epicladonia sandstedei*.

LRN-A	Rareté	Tend.	Resp. ter.	Eval. patr.
NM	RR?	→	2?	●●

GESTION

Le maintien de ce groupement dépend de l'absence de piétinement qui conduirait à une disparition de la majorité des espèces et qui doit être évité par une canalisation des promeneurs dans les sites très fréquentés.

RESSOURCES

Auteurs : Beudin T, Bernard E.

Orientations bibliographiques principales :

Date de mise à jour : 15/11/2022

Fiche 3

Cladonietum alcicornis



Communauté bryo-lichénique pionnière calcifuge, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques fixées jeunes à âgées

Correspondances typologiques européennes :

Code Natura 2000 : 2130-2

Code EUNIS : B1.42

Position dans le synsystème :

Ceratodonto purpurei-*Polytrichetea piliferi* Mohan 1978

Peltigeretalia Klement 1949

Polytrichion piliferi Šmarda 1947

***Cladonietum alcicornis* Klement 1953**

CARACTÉRISATION FLORISTIQUE

Combinaison d'espèces caractéristique : *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea*, *Cladonia rangiformis* morpho. *rangiformis*, *Cladonia furcata* subsp. *furcata*, *Cetraria aculeata*.

Espèces compagnes : *Cladonia pyxidata*, *Cladonia ramulosa*, *Ptychostomum capillare*.

Variation : deux variantes mises en évidence ; la variante à *Ceratodon purpureus*, plutôt dans la partie semi-fixée de la dune grise, est caractérisée par la présence constante et souvent importante de l'espèce éponyme ainsi que l'absence des espèces de dune grise au substrat bien fixé telles que *Cephaloziella divaricata*, *Cladonia arbuscula*, *Cladonia ciliata*, *Dicranum scoparium*, *Cladonia portentosa*, *Hypnum cupressiforme*, *Hypnum jutlandicum*, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum piliferum* et *Racomitrium elongatum* ; la variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium*, caractérisée par la présence des espèces citées précédemment avec *Ceratodon purpureus* rarement présent et toujours avec un faible recouvrement, et dans laquelle le recouvrement d'*Hypnum cupressiforme* est toujours très important.

Confusion : ce groupement peut facilement être confondu avec le groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* qui est neutro-basiline, et de ce fait caractérisé par la présence d'espèces plus ou moins calcicoles telles que *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Scytinium intermedium*, *Tortella flavovirens* et *Tortella squarrosa*, le risque de confusion résidant dans le fait que ces espèces y sont généralement assez peu présentes, voire absentes ; *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* y est en revanche systématiquement présent à la place de la variété *cupressiforme*, avec un fort recouvrement, mais il peut parfois se retrouver dans le groupement le plus acidiphile. Dans ce cas, l'absence stricte des espèces les plus acidiphiles comme *Polytrichum juniperinum* et *Racomitrium elongatum* est un élément diagnostique supplémentaire. Le syntaxon vasculaire et la chorologie peuvent aussi aider à la détermination : *Micropyro tenelli*-*Helichrysetum stoechadis* ou *Erico scopariae*-*Sarothamnetum scoparii* en Gironde et au nord des Landes pour le *Cladonietum alcicornis* contre *Thymo drucei*-*Corynephorum canescentis*, *Festuco vasconensis*-*Cistetum salviifolii* ou *Festuco vasconensis*-*Ericetum cinerea*, dans les Pyrénées-Atlantiques, le sud des Landes ou le Cap-Ferret pour le groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*.

PHYSIONOMIE

Groupement à physionomie variable selon la variante : la variante de dune grise jeune à *Ceratodon purpureus* est plutôt basse avec un fort recouvrement de petites bryophytes, en particulier l'espèce éponyme, et des lichens gélatineux noirs des genres *Leptogium s.l.* et *Collema s.l.* parmi les bryophytes, alors que la variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium* est plus haute, et est caractérisée par la présence de *Cladonia* en touffes du sous-genre *Cladina* comme *Cladonia arbuscula*, *Cladonia ciliata* et *Cladonia portentosa* qui sont régulièrement parasités par *Bachmanniomyces punctum*, et par un fort recouvrement de la pleurocarpe *Hypnum cupressiforme* avec régulièrement *Dicranum scoparium* ou *Racomitrium elongatum* également très présentes.

Par conséquent, le sol nu est beaucoup moins représenté, voire nul, dans la variante âgée alors qu'il est toujours plus abondant dans la variante jeune.

La coloration diffère beaucoup selon l'ancienneté : la variante jeune est plutôt de la couleur du sable si le sol nu est très important, légèrement grisâtre à cause de *Cladonia rangiformis*, à plus vert-rouge si *Ceratodon purpureus* est très abondant, alors que la variante âgée est vert-bronzé en raison de l'omniprésence d'*Hypnum cupressiforme* piquetée du jaune-paille des touffes de *Cladina*.

Hauteur moyenne : 2 à 5 cm.

Recouvrement moyen : 60 à 100%.

Espèces structurantes : *Cladonia rangiformis* morpho. *rangiformis*, *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea*, *Cetraria aculeata*.

ÉCOLOGIE

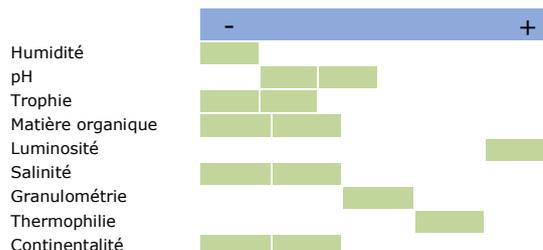
Ce groupement se développe dans les dunes grises acidoclines moyennement fixées et protégées du vent et de l'aspersion par le sable.

La variante jeune se retrouve juste à l'arrière de la dune blanche alors que la variante âgée se retrouve dans les dunes bien fixées les plus proches du boisement dunaire.

Cette zone n'est pas atteinte par les embruns.

C'est un groupement héliophile, xérophile et oligotrophile.

Il se développe en sous-strate de plusieurs associations de dunes grises neutro-acidoclines, en particulier le *Micropyro tenelli-Helichrysetum stoechadis* pour les dunes ouvertes et l'*Erico scopariae-Sarothamnetum scoparii* pour les fourrés.



DYNAMIQUE ET CONTACTS

Dynamique : groupement pionnier qui se développe suite à la stabilisation du sable de la dune mobile dépourvu de bryophytes et de lichens. La variante à *Ceratodon purpureus*, pionnière, se développe sur un sol dépourvu de bryophytes et de lichens suite à la stabilisation de la dune blanche et précède la variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium*. Cette dernière précède alors des groupements terricoles de forêts dunaires qui restent à étudier.

Contacts : pas de contact inférieur dans la mesure où c'est un groupement pionnier ; contact supérieur avec la forêt dunaire et les groupements terricoles associés.

SYNCHOROLOGIE



Générale : groupement décrit des dunes du sud-ouest de la France mais à rechercher sur les dunes de toute la façade atlantique, de la Manche et de la mer du Nord.

Nouvelle-Aquitaine : connu sur l'ensemble de la côte d'Aquitaine, du Médoc jusqu'au sud des Landes.

La carte de répartition représente les observations reconnues actuellement et ne se veut pas exhaustive. Ces informations proviennent des programmes engagés par les CBN et divers contributeurs en Nouvelle-Aquitaine

ÉVALUATION PATRIMONIALE

Rareté : très rare à l'échelle de la région en l'état actuel des connaissances, mais probablement seulement assez rare si on considère les nombreuses mailles probables non prospectées.

Tendance passée et perspective évolutive : groupement probablement stable du fait de la relative stabilité des végétations dunaires.

Vulnérabilité et menaces : ce groupement est menacé d'une part par le piétinement, les bryophytes et les lichens y étant très sensibles, et d'autre part par la fermeture des dunes par les pins.

Espèces patrimoniales connues : *Didymocyrtis cladoniicola*, *Didymocyrtis grumantiana*, *Epicladonia sandstedei*, *Lichenocodium pyxidatae*, *Micarea kemmleri*, *Pseudocercospora lichenum*, *Talpapellis beschiana*.

LR N-A	Rareté	Tend.	Resp. ter.	Eval. patr.
NM	RR ?	→	2 ?	●●

GESTION

Le maintien de ce groupement dépend essentiellement de l'ouverture de la dune grise ; en cas de fermeture progressive par les pins, une réouverture par suppression des pins est essentielle pour éviter sa disparition.

Par ailleurs, le piétinement conduirait à une disparition de la majorité des espèces et doit être évité par une canalisation des promeneurs dans les sites très fréquentés.

RESSOURCES

Auteurs : Beudin T, Bernard E.

Date de mise à jour : 15/11/2022

Orientations bibliographiques principales :

Klement, 1953

Drehwald, 1993

Paus, 1997

Fiche 4

Groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*



Communauté bryo-lichénique pionnière neutro-basiline, xérophile, psammophile, des dunes grises littorales thermo-atlantiques fixées âgées

Correspondances typologiques européennes :

Code Natura 2000 : 2130-2

Code EUNIS : B1.42

Code CORINE Biotope : 16.222

Position dans le synsystème :

Ceratodonto purpurei-*Polytrichetea piliferi* Mohan 1978

Peltigeretalia Klement 1949

Polytrichion piliferi Šmarda 1947

Groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* hoc loco

CARACTÉRISATION FLORISTIQUE

Combinaison d'espèces caractéristique : *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Racomitrium elongatum*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia ciliata*.

Espèces compagnes : *Tortella squarrosa*, *Scytinium intermedium*, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis*, *Tortella flavovirens*, *Cladonia foliacea*.

Variation : pas de variation mise en évidence.

Confusion : avec le groupement à *Cladonia ciliata* et *Hypnum cupressiforme* var. *cupressiforme* qui s'en différencie par l'absence d'espèces calcicoles, par la variété *cupressiforme* d'*Hypnum cupressiforme* – même si la variété *lacunosum* peut être trouvée occasionnellement – et par la présence de bryophytes strictement acidiphiles comme *Campylopus introflexus*, *Cephaloziella divaricata*, *Dicranum scoparium* et *Polytrichum juniperinum*.

PHYSIONOMIE

Groupement toujours dominé par *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* qui forme un tapis dense vert-doré. Il est ponctué de coussinets plus jaunâtres de *Racomitrium elongatum* et piqueté des podétions gris de *Cladonia rangiformis* qui est très présent. Des coussins jaune paille de *Cladonia* du sous-genre peuvent également être présents.

Les espèces calcicoles sont généralement peu visibles car peu abondantes ou minuscules dans le cas de *Scytinium intermedium*.

Le sol nu est quasiment inexistant dans ce groupement.

Hauteur moyenne : 2 à 5 cm.

Recouvrement moyen : 98 à 100%.

Espèces structurantes : *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Racomitrium elongatum*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia* subgen. *Cladina*.

ÉCOLOGIE

Ce groupement se développe sur les dunes grises sableuses littorales les plus fixées et plus ou moins neutres. On le retrouve dans les parties les plus reculées de la dune ouverte et sous les fourrés arrière dunaires, voire sous les pins, dans la lisière bien éclairée.

Le sable fixé depuis longtemps permet le développement des espèces à croissance plus lente, notamment les *Cladonia* du sous-genre *Cladina*.

Cette zone n'est pas atteinte par les embruns.

C'est un groupement xérophile et oligotrophile.

Il se développe en sous-strate de plusieurs associations de dunes grises neutro-baselines, en particulier le *Thymo drucei-Corynephorum canescentis* pour les dunes ouvertes et le *Festuco vasconensis-Ericetum cinereae* pour les fourrés.

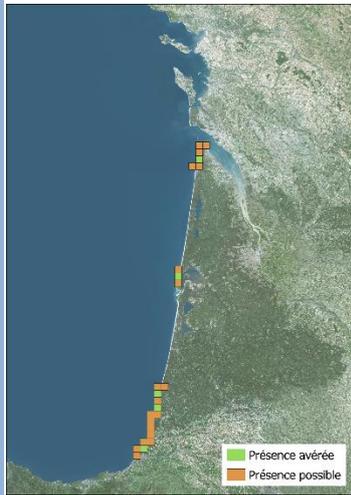


DYNAMIQUE ET CONTACTS

Dynamique : groupement pionnier qui se développe suite à la stabilisation du sable de la dune semi-fixée où les lichens et les pleurocarpes se développent peu.

Contacts : contact inférieur avec le groupement à *Ceratodon purpureus* et *Cladonia foliacea* subsp. *foliacea* ; contact supérieur inconnu.

SYNCHOROLOGIE



Générale : groupement décrit des dunes du sud-ouest de la France mais à rechercher sur les dunes de toute la façade atlantique, de la Manche et de la mer du Nord.

Nouvelle-Aquitaine : connu uniquement dans les zones où le sable n'est ni très acide, ni très calcaire : nord du Médoc, Cap-Ferret et moitié sud des Landes, et probablement présent de manière très dégradée au nord des Pyrénées-Atlantiques.

La carte de répartition représente les observations reconnues actuellement et ne se veut pas exhaustive. Ces informations proviennent des programmes engagés par les CBN et divers contributeurs en Nouvelle-Aquitaine

ÉVALUATION PATRIMONIALE

Rareté : très rare à l'échelle de la région en l'état actuel des connaissances, mais peut-être seulement rare en considérant les nombreuses mailles probables non prospectées.

Tendance passée et perspective évolutive : groupement probablement stable du fait de la relative stabilité des végétations dunaires.

Vulnérabilité et menaces : ce groupement est essentiellement menacé par le piétinement, les *Cladonia* notamment y étant très sensibles.

Espèces patrimoniales connues : *Didymocyrtis grumantiana*, *Graphium aphthosae*, *Lichenocodium pyxidatae*.

LRN-A	Rareté	Tend.	Resp. ter.	Eval. patr.
NM	RR?	→	2?	●●

GESTION

Le maintien de ce groupement dépend de l'absence de piétinement qui conduirait à une disparition de la majorité des espèces et qui doit être évité par une canalisation des promeneurs dans les sites très fréquentés.

RESSOURCES

Auteurs : Beudin T, Bernard E.

Orientations bibliographiques principales :

Date de mise à jour : 15/11/2022

III.3. Corrélation chorologique et écologique entre les communautés vasculaires et bryo-lichéniques

Lors de l'étude des communautés vasculaires de 2015 (Lafon *et al.*, 2015a), les bryophytes et les lichens n'ont pas été pris en compte dans les relevés phytosociologiques. Cela peut poser un problème pour la définition des communautés puisque rien ne prouve que la vision des auteurs aurait été la même en les incluant.

L'objectif est ici de savoir, d'une part, si les communautés vasculaires des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine sont liées écologiquement et/ou chorologiquement aux communautés bryolichéniques, et d'autre part, s'il est plus pertinent de considérer ces deux « groupes taxonomiques » séparément dans les études de végétations.

1. Corrélation chorologique : le gradient nord-sud

La région Nouvelle-Aquitaine est très étendue du nord au sud, ce qui offre une grande diversité de conditions écologiques pour les dunes grises. On prendra notamment en compte le pH du substrat et le climat. Au nord (Charente-Maritime et pointe du Médoc) et au sud (moitié sud des Landes et Pyrénées-Atlantiques), le sable est plus ou moins calcaire et riche en débris coquillers. En ce qui concerne le climat, il y a à la fois un fort gradient d'ensoleillement (de plus en plus faible de la Charente-Maritime vers le Pays Basque) et de précipitations (de plus en plus importantes du nord vers le sud).

La répartition des communautés vasculaires des dunes ouvertes est connue (Lafon *et al.*, 2015a) et désormais, celle des communautés bryo-lichéniques en Nouvelle-Aquitaine a été précisée. Elle est consultable sur l'OBV-NA (<https://obv-na.fr>). La figure 6 reprend les répartitions en Nouvelle-Aquitaine de l'ensemble de ces communautés afin de les comparer.

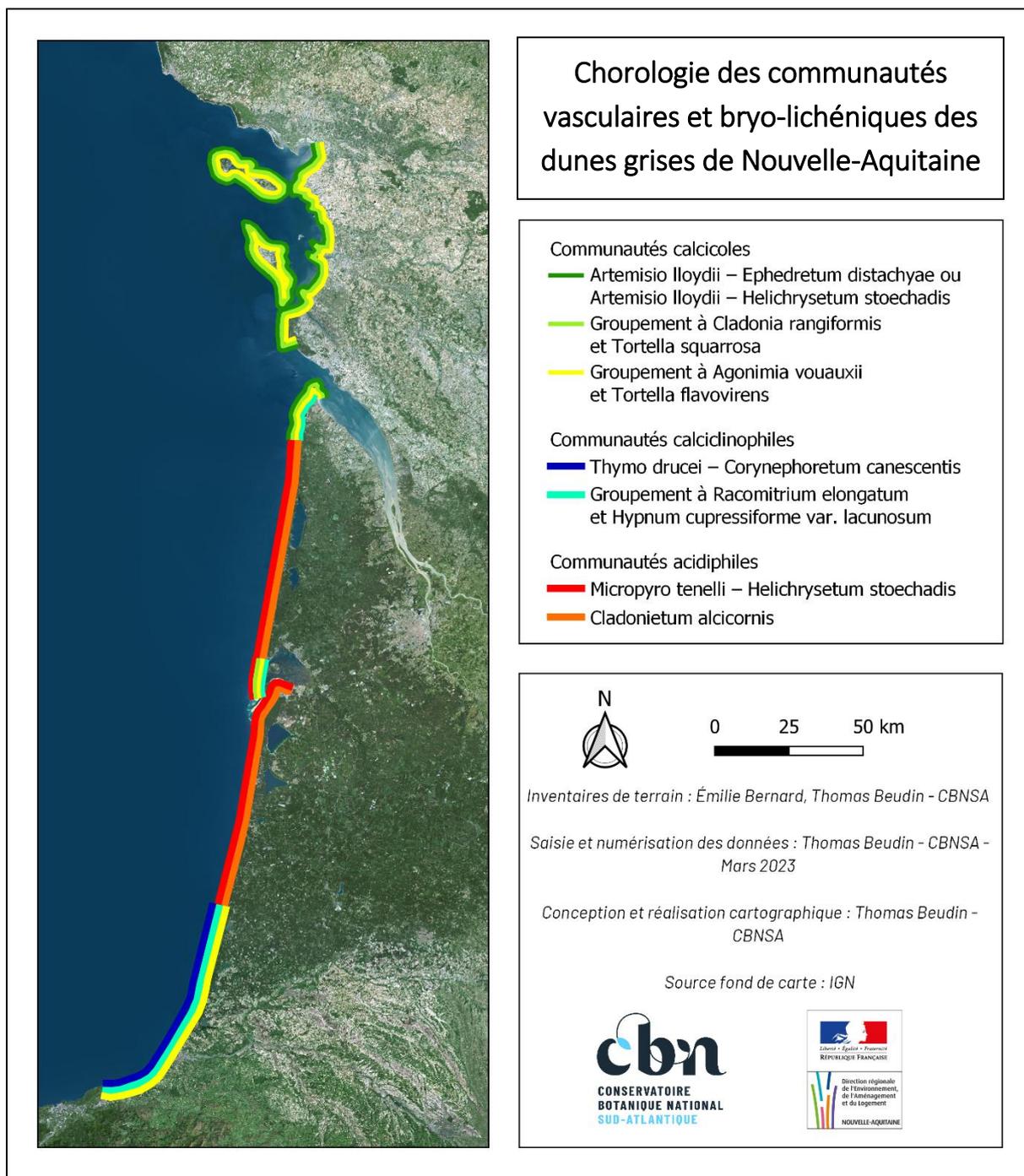


Figure 6 : Chorologie des communautés vasculaires et bryo-lichéniques des dunes grises de Nouvelle-Aquitaine

La répartition des communautés bryo-lichéniques peut-être résumée ainsi :

- les communautés calcicoles jeune (groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*) et âgée (groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*) ont la même distribution (Charente-Maritime, nord Médoc, Cap-Ferret, sud Landes et Pyrénées-Atlantiques) ;
- le groupement neutro-basiline à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* est plus restreint que les précédents, il se limite à la pointe du Médoc, au Cap-Ferret, au sud des Landes et aux Pyrénées-Atlantiques ;
- l'association acidophilophile (*Cladonietum alpicornis*) est présente du nord du Médoc (Vendays-Montalivet) au centre des Landes (vers Vielle-Saint-Girons).

Il est ainsi possible d'établir plusieurs corrélations avec la chorologie des syntaxons vasculaires :

- dans les dunes calcaires du nord de la zone d'étude, les communautés bryo-lichéniques ont exactement la même répartition que les syntaxons vasculaires (*Artemisio lloydii-Ephedretum distachyae* et *Artemisio lloydii-Helichrysetum stoechadis*), c'est-à-dire du nord de la Charente-Maritime à la pointe du Médoc avec la même limite ;
- il en est de même dans les dunes acidiclinales, où le *Micropyro tenelli-Helichrysetum stoechadis* a les mêmes limites que le *Cladonietum alcicornis* ;
- dans les dunes neutro-basiclinales, on retrouve les mêmes groupements que dans les dunes calcaires avec en plus le groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, et selon la même logique apparaît un nouveau syntaxon vasculaire (le *Thymo drucei-Corynephorretum canescentis*).

Les groupements vasculaires comme bryo-lichéniques se répartissent en fonction de la teneur en calcaire du substrat. C'est la raison pour laquelle la relation chorologique est forte.

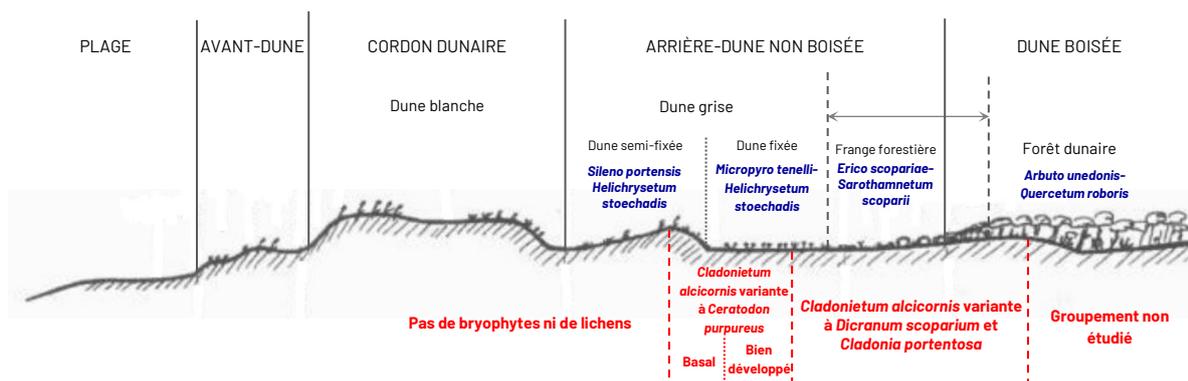
Sur le sable neutro-basycline du sud, les communautés vasculaires sont différentes alors que les communautés bryo-lichéniques sont, pour les dunes jeunes, les mêmes que sur le sable calcaire de Charente-Maritime et du nord Médoc. Il y a deux raisons à cela :

- la chorologie des mousses et des lichens est plus large que celle des plantes vasculaires ;
- les communautés bryo-lichéniques ne sont pas liées à un syntaxon vasculaire mais simplement à un substrat, donc le changement du couvert végétal n'a aucune incidence sur les bryophytes et les lichens.

Il y a toutefois un problème avec les chorologies vasculaires et bryo-lichéniques, au le Cap-Ferret. Alors que l'on y trouve du *Micropyro tenelli-Helichrysetum stoechadis* (syntaxon acidiclino-phile), les groupements bryo-lichéniques sont franchement neutro-acidiclino-philes à calcicoles. L'explication n'est pas évidente et ce point serait à approfondir, mais une hypothèse peut être avancée : depuis une trentaine d'années, une importante digue est construite par un particulier pour protéger sa maison de l'érosion marine. Il est tout à fait possible que les courants, qui vont du sud vers le nord, soient à l'origine d'un apport calcaire depuis ces blocs. Le fait que le sable légèrement calcaire s'arrête brusquement à la pointe du Cap-Ferret concorderait. Cela ne reste cependant qu'une hypothèse, qui serait à vérifier plus précisément. Par ailleurs, de nouveaux relevés phytosociologiques de la flore vasculaire pourraient être réalisés pour s'assurer que la flore est réellement similaire à celle des dunes acidiclinales du reste de la Gironde et des Landes.

2. Corrélation écologique : le gradient terre-mer

Le gradient terre-mer correspond à la succession des différents stades de la dune. Cela implique divers gradients écologiques dont les plus importants sont la fixation, la décalcification et dans une moindre mesure le léger enrichissement trophique du sable. La figure 7 reprend l'exemple possible pour une dune acidycline, typique de Gironde et du nord des Landes, avec les principaux compartiments et leurs communautés associées.



En ce qui concerne les communautés vasculaires, la succession est la suivante :

- une plage, une dune embryonnaire et une dune blanche, qui ne sont pas concernées dans cette étude ;
- une dune grise décomposée en deux compartiments (semi-fixé et fixé) au cortège végétal bien différencié (*Sileno portensis-Helichrysetum stoechadis* et *Micropyro tenelli-Helichrysetum stoechadis*) ;
- une frange forestière au sens large, allant du début du fourré pré-forestier (*Erico scopariae-Sarothamnetum scoparii*) à la frange forestière au sens strict, c'est-à-dire les premiers pins peu denses avec un sous-bois éclairé ;
- une forêt dunaire de l'*Arbuto unedonis-Pinetum pinastri*.

Pour les communautés bryolichéniques, la répartition va également des groupements les moins fixés aux plus fixés :

- une large zone sans bryophytes ni lichens allant de la plage jusqu'à une bonne partie de la dune semi-fixée, où le sable est trop instable pour permettre leur développement ;
- le *Cladonietum alcicornis* dans sa variante jeune (à *Ceratodon purpureus*), qui peut même se retrouver à proximité de la dune blanche sous une forme très appauvrie avec quelques *Bryum* s.l. à l'arrière des premières Immortelles des dunes ;
- le *Cladonietum alcicornis* dans sa variante âgée (à *Dicranum scoparium* et *Cladonia portentosa*), qui apparaît progressivement dans le *Micropyro tenelli-Helichrysetum stoechadis* avec d'abord un cortège intermédiaire entre les deux variantes et qui devient typique en se rapprochant des fourrés, pour aller jusqu'à la marge de la forêt dunaire ;
- des groupements à autres bryophytes et *Cladonia* terricoles, sous les pins, non étudiés, où l'on pourrait notamment retrouver *Cladonia zopfii* cité précédemment.

L'absence de corrélation est assez nette. La logique de progression en fonction du niveau de fixation du sable est la même, mais les limites sont différentes. **Les communautés vasculaires et bryo-lichéniques se chevauchent.**

Ce schéma serait bien sûr différent pour les dunes neutro-basicoles et les dunes calcaires en ce qui concerne les communautés, mais la conclusion serait la même.

Ce constat met en lumière un problème de sémantique : en fonction du groupe taxonomique étudié, les termes désignant chaque compartiment n'ont pas le même sens (par exemple, « dune grise jeune » dans cette étude n'est pas un synonyme de « dune semi-fixée » pour un phytosociologue, ce qui serait pourtant intuitif). Il semble en être de même pour les champignons (Guinberteau, 2011).

3. Intérêt de la prise en compte des bryophytes et des lichens pour la caractérisation des communautés vasculaires de dunes grises

Du point de vue chorologique, la figure 7 montre bien que **la non prise en compte des bryophytes et des lichens** dans l'étude de 2015 (Lafon et al., 2015a) **ne semble pas problématique** et n'aurait pas changé les cartes de répartition.

En revanche, du point de vue écologique, **leur prise en compte aurait été pertinente** et aurait pu conduire à une distinction plus fine de variantes.

En ce qui concerne la reconnaissance des syntaxons vasculaires, il est possible d'aborder la question différemment : puisqu'il y a une corrélation chorologique en fonction du pH du sol, les bryophytes et les lichens peuvent aider à la reconnaissance des syntaxons vasculaires. Le tableau 1 rassemble les taxons les plus pertinents, à savoir les plus exigeants quant au pH du sol.

Il convient toutefois de prendre ce tableau avec précaution car des exceptions peuvent exister, comme au Cap-Ferret par exemple.

Tableau 3 : Tableau de correspondance entre les végétations vasculaires et bryo-lichéniques

Écologie	Syntaxons vasculaires de dune grise	Lichens spécifiques	Bryophytes spécifiques
Dunes calcaires	<i>Artemisio lloydii</i> - <i>Ephedretum distachyae</i> <i>Artemisio lloydii</i> - <i>Helichrysetum stoechadis</i>	<i>Agonimia vouauxii</i> <i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>subrangiformis</i> <i>Enchylium tenax</i> <i>Scytinium schraderi</i> <i>Scytinium pulvinatum</i>	<i>Barbula unguiculata</i> <i>Rhynchostegium megapolitanum</i> <i>Syntrichia ruraliformis</i> <i>Syntrichia ruralis</i> <i>Streblotrichum convolutum</i> <i>Tortella flavovirens</i> <i>Tortella squarrosa</i>
Dunes acidiclinales, hors Cap-Ferret	<i>Micropyro tenelli</i> - <i>Helichrysetum stoechadis</i>	<i>Cetraria aculeata</i> <i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>furcata</i>	<i>Cephaloziella divaricata</i> <i>Ceratodon purpureus</i> <i>Dicranum scoparium</i> <i>Hypnum jutlandicum</i> <i>Polytrichum juniperinum</i> <i>Polytrichum piliferum</i>
Dunes neutro-basiclinales	<i>Thymo drucei</i> - <i>Corynephorum canescentis</i>	Peu pertinent	Peu pertinent

III.4. Premiers éléments de bioévaluation sur les espèces de mousses et de lichens des dunes grises du littoral de Nouvelle-Aquitaine

1. Bilan sur la diversité d'espèces

Sur l'ensemble des relevés, **96 taxons** dont **88 espèces** ont été inventoriés : **40 bryophytes** (37 espèces), **40 lichens** (34 espèces) et **16 champignons lichénicoles**. Les listes complètes sont présentées en annexes VIII, IX et X.

Ce bilan est très positif ; en nombre d'espèces, les dunes ne sont pas des milieux très riches, mais on peut y trouver de nombreuses espèces patrimoniales, en particulier chez les champignons lichénicoles.

2. Comparaison avec Jun, 2005

La seule étude concernant les bryophytes et les lichens des dunes non boisées atlantiques étant la thèse de Jun (2005), il est intéressant de comparer les listes d'espèces obtenues. L'aire d'étude et les protocoles sont toutefois différents.

Bryophytes

Durant sa thèse, R. JUN a inventorié 28 espèces de bryophytes sur l'ensemble des dunes de la côte atlantique. Parmi celles-ci, 7 n'ont pas été trouvées lors de cette étude : *Bryum argenteum*, *Campylopus pilifer*, *Didymodon luridus*, *Kindbergia praelonga*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus squarrosus* et *Scorpiurium circinatum*.

Bryum argenteum, *Campylopus pilifer*, *Didymodon luridus* sont des espèces probablement très occasionnelles dans les dunes et il n'est pas étonnant que nous ayons pu ne pas les rencontrer dans nos relevés.

Scorpiurium circinatum peut se trouver dans les dunes sur des sables calcaires tassés, mais elle n'a pas été trouvée lors de cette étude. *Kindbergia praelonga*, *Pleurozium schreberi* et *Rhytidiadelphus squarrosus* sont des espèces croissant sur des sols plus évolués, avec plus de matières organiques (notamment *Kindbergia praelonga* et *Rhytidiadelphus squarrosus*) et ont probablement été trouvées plus à l'arrière des dunes grises par R. JUN, à la limite avec les pins ou sous les pins, hors périmètre de notre étude.

Au contraire, lors de cette étude, parmi les 37 espèces rencontrées, 20 n'ont pas été trouvées par Raphaël Jun durant sa thèse, certaines étant relativement communes dans les dunes, comme c'est le cas pour *Ptychostomum compactum* var. *rutheanum* ou *Hypnum jutlandicum* dans les dunes acidoclines. Les *Cephaloziella* sont parmi les hépatiques les plus petites de France et ont facilement pu passer inaperçues pendant les inventaires de la thèse.

Les espèces des dunes anthropisées (*Barbula unguiculata*, *Pseudocrossidium hornschurchianum*, *Streblotrichum convolutum*) du secteur de La Rochelle sont très localisées et il est probable qu'elles ne se trouvent que rarement sur les dunes en dehors de ce secteur.

Les autres espèces ont été trouvées soit en panes dunaires, soit de manière très occasionnelle et il n'est pas étonnant qu'elles n'aient pas été trouvées durant la thèse.

Lichens

La thèse de R. JUN fait état de 37 lichens inventoriés sur toute la façade atlantique dont 16 n'apparaissent pas dans la liste de cette étude :

- *Fulgensia fulgens*, *Cladonia phyllophora* et *Squamarina* sp. ont été relevés dans des dunes nord-atlantiques à Quiberon (56) ou à Pen Bron (44), et sont donc à exclure de cette comparaison ;
- la détermination des *Cetraria* diffère entre notre étude (*Cetraria aculeata*) et la thèse (*Cetraria muricata*), mais des échantillons fructifiés des dunes landaises ont déjà été étudiés génétiquement (S. POUMARAT, comm. pers.) et c'est bien *Cetraria aculeata* qui est présent ;
- *Cladonia chlorophaea* n'a jamais été noté dans notre étude alors que c'est une espèce banale, nous l'avons donc probablement confondu avec d'autres espèces semblables ;
- *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Parmelia sulcata* et *Cladonia fimbriata* sont des espèces essentiellement corticoles, mais qui peuvent se retrouver occasionnellement dans les dunes sur des branches mortes ou même parfois sur le sol ;
- nous avons vu *Cladonia verticillata* plusieurs fois au cours du terrain mais jamais dans des relevés exploitables, donc sa présence dans les relevés de la thèse est normale ;
- *Cladonia pocillum* est une espèce très proche de *Cladonia pyxidata*, et nous n'avons pas relevé la première, qui est donc soit plus occasionnelle, soit mal déterminée, sans pouvoir conclure ; il en va de même pour *Cladonia scabriuscula* qui est proche de *Cladonia furcata* *Cladonia gracilis* est terricole mais se développe plutôt sur les sols riches en humus, rarement sur dunes, et est donc probablement occasionnel ;
- *Peltigera polydactylon* a probablement été confondue avec *Peltigera hymenina*, que nous avons trouvé (cf. remarque de C. ROUX dans Roux et coll, 2020) ; *Peltigera rufescens* est en revanche cohérente.

À l'inverse, 15 taxons sont notés dans notre étude mais pas dans la thèse :

- *Cetraria aculeata*, dont le cas est exposé ci-dessus ;
- *Cladonia macilenta*, *Parmotrema perlatum* et *Parmotrema reticulatum* ne sont généralement pas terricoles est étaient très occasionnels, donc la différence est facilement explicable ;
- *Cladonia uncialis*, *Blennothallia crispa*, *Cladonia floerkeana* et *Cladonia glauca* ne posent pas de souci de détermination mais sont occasionnels donc n'ont probablement pas été détecté lors de la thèse en raison du faible nombre de stations ;
- *Peltigera praetextata* est facile à déterminer et la plus présente donc son absence dans la thèse pose donc question ;
- *Peltigera hymenina*, comme expliqué précédemment, est sûrement juste et a été mal déterminé dans la thèse ;
- *Peltigera canina* est en revanche plus occasionnel et cohérent ;
- *Agonimia vouauxii* est abondant dans les dunes calcaires mais est difficilement détectable et n'a donc probablement pas été détecté lors des inventaires de la thèse ;
- *Scytinium intermedium*, *Scytinium schraderi* et *Scytinium tenuissimum* étaient de taille très réduite et difficilement détectables.

Il faut enfin signaler la différence de précision entre les deux études. Dans la thèse, les chémotypes, morphotypes, variétés et formes n'ont pas été indiqués :

- R. JUN a bien distingué *Cladonia arbuscula* de *Cladonia mitis*, et le chémotype P+ jaune de *Cladonia arbuscula* étant extrêmement rare, c'est sûrement le chémotype P+ rouge qui a systématiquement été trouvé comme dans nos relevés (chémotype *squarrosa*) ;
- l'absence de distinction entre les morphotypes *rangiformis* et *pungens* de *Cladonia rangiformis* dans la thèse est dommage dans la mesure où le morphotype *pungens* est davantage calcicole même si ce n'est pas tout le temps de cas, mais cette distinction est jugée peu pertinente par de nombreux spécialiste des *Cladonia* (J.-Y. MONNAT, comm. pers.) donc le choix est justifié ;
- après en avoir discuté avec R. JUN, l'absence de précision dans les morphotypes de *Cladonia furcata* est un choix dans la mesure où il existe de nombreuses formes intermédiaires, et elles n'apportent effectivement rien à la distinction des communautés ;

- la distinction des deux variétés d'*Enchylium tenax* est dommage car la variété *corallinum* est rare, mais elle n'a peut-être simplement pas été rencontrée dans les relevés de 2005 ;
- la distinction entre les deux formes de *Cladonia ciliata* (forme *ciliata* et forme *flavicans*) n'apparaît pas dans les données de la thèse mais il est précisé qu'elles ont été volontairement fusionnées, donc on peut supposer que les deux ont été vues et qu'elles n'apportaient aucun élément pour l'analyse.

Il faut toutefois rappeler qu'en 2005, la taxonomie et les référentiels en lichénologie n'étaient pas aussi développés qu'aujourd'hui, ce qui peut grandement justifier ces différences.

En conclusion, une partie des différences constatées peuvent être expliquées par la rareté dans les dunes de certaines espèces et les avancées importantes des connaissances en 16 ans. Il reste toutefois des points à éclaircir et probablement quelques erreurs de déterminations dans les deux études.

Champignons lichénicoles

Les champignons lichénicoles n'ayant pas été inventoriés en 2005, aucune comparaison n'est possible. Seul un lichen parasite des *Cladonia*, *Diploschistes muscorum*, avait été noté.

3. Espèces à enjeux de conservation

Bryophytes

4 taxons de bryophytes des dunes grises du littoral sud-atlantique présentent un enjeu de conservation.

***Bryum dichotomum* phénotype « dunense ».** Sur les 89 relevés effectués, ce phénotype de *Bryum dichotomum* a été trouvé en quatre localités le long du littoral atlantique, de Tarnos (40) à Châtellaillon-Plage (17). Il est difficile d'évaluer précisément sa rareté puisqu'il n'a pas toujours été reconnu en tant qu'espèce. Cependant, Raymond-Bernard Pierrot dans sa flore des bryophytes du Centre-Ouest (Pierrot, 1982) l'indique comme « rare » en Charente-Maritime.

Ptychostomum compactum* var. *rutheanum (Warnst.) Holyoak et N. Pedersen. Deux variétés sont décrites :

- **var. *compactum***, autoïque (organes mâles et femelles sur le même pied mais dans des inflorescences séparées), cette variété ne serait présente que dans les Alpes (ou régions alpines/haute altitude) ; les mentions de cette espèce à basse altitude seraient à confirmer ;
- **var. *rutheanum***, synoïque (organes mâles et femelles dans la même inflorescence), cette variété est présente à basse altitude, surtout sur les sables littoraux ; elle est beaucoup plus rare à l'intérieur des terres.

Sur le littoral atlantique, seul *Ptychostomum compactum* var. *rutheanum* a été trouvé, essentiellement en Charente-Maritime, et une fois en Gironde dans une panne dunaire au Verdon-sur-Mer. Il s'agit d'une espèce commune sur le littoral, dans les dunes grises, mais beaucoup plus rare à l'intérieur des terres.



Figure 8 : Feuille de *Ptychostomum compactum* var. *rutheanum* vue au microscope, grossie 40x

***Ptychostomum bornholmense* (Wink. et R. Ruthe) Holyoak et N. Pedersen.** Il s'agit d'un petit *Bryum* au sens large, des sables acides plus ou moins humides. Il est rare et disséminé en France, mais probablement sous-observé du fait de sa petite taille et de sa ressemblance avec d'autres *Bryum* de la section *erythrocarpa*. Il n'a été observé qu'en Gironde, en trois localités, sur des dunes acidiclinales. **Il s'agit de la première mention de cette espèce pour le département.**



Figure 9 : Feuille grossie 40x (à gauche) et propagule rhizoïdienne grossie 100x (à droite) de *Ptychostomum bornholmense* vues au microscope

***Tortella flavovirens* (Bruch) Broth.** Il s'agit d'une espèce presque exclusivement littorale, considérée comme très rare à l'intérieur des terres. Elle est très présente sur les dunes grises calcaires jeunes. Les régions littorales ont donc une forte responsabilité dans sa conservation.

Lichens

L'étude des lichens a permis de faire de nombreuses découvertes, avec notamment **15 ajouts au CLF3** dans les 3 départements littoraux (Charente-Maritime, Gironde et Landes). Il ne s'agit pas forcément d'espèces rares, ce qui montre bien le déficit de connaissances dans le sud-ouest de la France.

Malgré la diversité assez importante de lichens terricoles dans les dunes, le nombre de taxons à enjeu reste très limité. Les 3 principaux rencontrés sont *Agonimia vouauxii*, *Scytinium intermedium* et *Scytinium schraderi*.

Le cas de *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis* est à part : il n'est pas rare, mais notre étude a permis de séparer deux chémotypes (mêmes espèces mais présentant une différence chimique) alors qu'un seul était jusqu'alors connu en France. Il faut toutefois relativiser cette découverte dans la mesure où, dans la plupart des pays, toutes les variations de *Cladonia furcata*, y compris les deux sous-espèces, ne sont pas considérées et sont toutes synonymisées avec l'espèce (Burgaz et al., 2020).

Agonimia vouauxii (B. de Lesd.) A. M. Brand et Diederich. Ce lichen est le plus intéressant parmi ceux inventoriés. Il s'agit d'un minuscule lichen se retrouvant surtout sur les dunes littorales d'après Roux et coll. (2020), sur des substrats variables (muscirole, terricole, sur débris végétaux, etc.), toujours muscirole ou détriticoles dans tous nos relevés, trouvé la plupart du temps sur *Syntrichia ruraliformis* et quelquefois sur *Tortella squarrosa*. En 2020 (Roux et coll. 2020), il n'était connu que dans 5 départements en France dont aucun de l'ouest. Il a été trouvé dans les 3 départements prospectés (17, 33 et 40), à chaque fois dans les jeunes dunes calcaires dont il est d'ailleurs caractéristique.

C'est un lichen extrêmement discret : son thalle est granuleux-squamuleux vert et il produit des petits périthèces de 0.1 à 0.25 mm de diamètre. Il est indécélable à l'œil nu et difficilement visible à la loupe de terrain, ce qui le rend difficile à inventorier et ce qui pourrait expliquer son absence systématique dans la bibliographie.

La détermination répétée des nombreux individus a pris beaucoup de temps dans la mesure où elle nécessite de compter systématiquement les spores, qui sont au nombre de 2 dans les asques. Il a également fallu observer attentivement les brins de *Syntrichia ruraliformis* car l'*Agonimia* était parfois peu abondant.

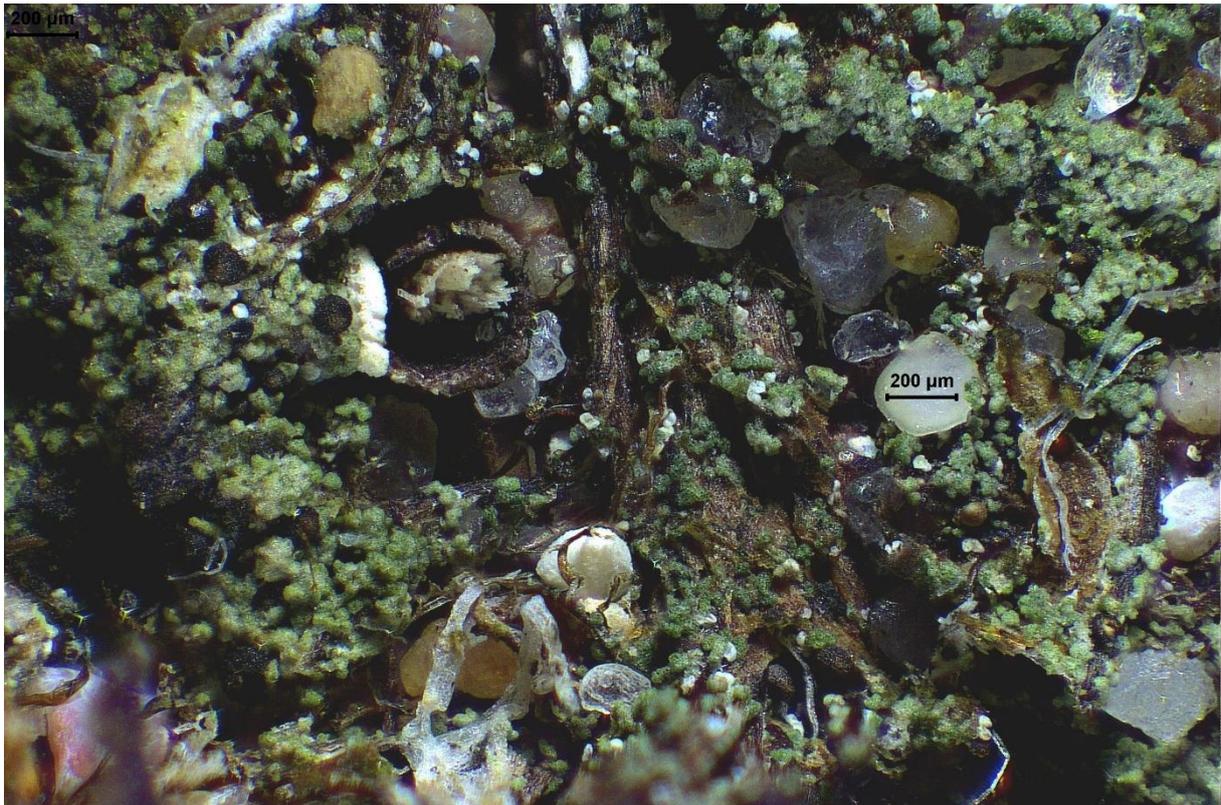


Figure 10 : *Agonimia vouauxii* parmi des grains de sable sur *Syntrichia ruraliformis*, avec des périthèces à extrémité plus claire en haut à gauche – © Thomas Beudin

***Scytinium intermedium* (Arnold) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin.** Ce lichen à thalle gélatineux fin, bleu-gris, gonfle peu à l'état humide ; il est généralement muscicole. Il a été trouvé dans les Landes dans un tapis d'*Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*. Il n'était pas typique dans la mesure où il est censé être plus gros et apothécié. Plusieurs *Scytinium* ont été trouvés, à chaque fois dans des dunes plus ou moins calcaires. Ici, il se trouvait dans le groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*. En 2020, il était connu dans 12 départements mais seulement 7 avec des données récentes.

***Scytinium schraderi* (Bernh.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin.** Ce lichen est moins rare que les deux précédents. Il est connu dans toute la France dans une cinquantaine de départements. C'est également un lichen gélatineux mais qui présente une morphologie différente de *Scytinium intermedium*. Il a un aspect plus ou moins fruticuleux et typiquement fripé, et forme des petits coussins. C'est une espèce saxicole, terricole ou muscicole mais toujours plus ou moins calcicole. Il n'est pas censé être nitrophile mais il a pourtant été systématiquement trouvé dans les dunes calcaires jeunes dégradées et eutrophes, dont il caractérise la variante concernée.



Figure 11 : *Scytinium schraderi* - © Thomas Beudin

Hormis ces trois espèces, quelques lichens patrimoniaux étaient cités dans la bibliographie par Masson (2006) : *Cladonia rangiferina* et *Cladonia zopfii* n'ont pas été trouvés. Il est probable qu'ils soient tous les deux caractéristiques de groupements plus sciaphiles typiques de la forêt dunaire et non prospectés. *Cladonia mediterranea*, qui était également cité dans cet article, ne nous semble, lui, pas très rare et a été trouvé à plusieurs reprises.

Enfin, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis* a été communément rencontré dans les dunes calcaires. C'est une sous-espèce calcicole qui est de plus en plus considérée comme synonyme de la sous-espèce type, que nous conservons ici car son écologie lui donne un fort intérêt pour la caractérisation des groupements. D'après Burgaz et al. (2020), il existe 7 chémotypes différents de *Cladonia furcata*. En France, seul le chémotype P+ rouge à acide fumarprotocétrarique était connu. Les prospections dans les dunes calcaires du Médoc jusqu'au nord de la Charente-Maritime ont permis de trouver en grande quantité un chémotype P+ jaune à acide psoromique. Cette variation chimique a été vérifiée par chromatographie sur couche mince au laboratoire de pharmacognosie de Rennes. Ce chémotype beaucoup moins commun semble exclusif sur certains sites comme l'Île de Ré. Il serait à rechercher ailleurs, par exemple à l'intérieur des terres en Charente-Maritime ou plus au nord sur la côte vendéenne. Cette découverte a permis d'intégrer une distinction entre les deux chémotypes dans le CLF, consultable dans le bilan des nouveautés publié annuellement (Roux et coll. 2022).

Champignons lichénicoles

Pour le volet lichénologique, la majorité des découvertes concerne les champignons lichénicoles. Il s'agit de champignons non lichénisés mais se développant en parasites ou parabiontes de lichens, qui sont habituellement étudiés par les lichénologues. Ils restent néanmoins peu prospectés du fait de la difficulté des prospections et des déterminations.

Les *Cladonia*, très abondants dans les dunes grises, sont le support d'une grande quantité de champignons lichénicoles. Les collématacées (*Scytinium* et *Enchylium* dans le cas présent) sont aussi des supports intéressants. Toutes les espèces ont été trouvées sur l'un de ces deux groupes.

Les **16 espèces trouvées** sont intéressantes, allant d'espèces probablement communes mais sous-prospectées à des raretés nouvelles pour la France. Elles ont toutes permis de contribuer au CLF.

Dans les descriptions qui suivent, pour éviter les répétitions, toutes les indications de rareté sont données pour la France métropolitaine et issues de Roux *et coll.* (2020). Par ailleurs, les indications du nombre de départements où les espèces sont connues sont issues de cette même référence et par conséquent ne prennent pas en compte les nouvelles données de notre étude.

***Bachmanniomyces punctum* (A. Massal.) Diederich et Pino-Bodas.** *Bachmanniomyces punctum* est probablement le plus simple des champignons lichénicoles des dunes à déceler puisque qu'il forme des gales sur les *Cladonia* du sous-genre *Cladina* ou parfois sur *Cladonia rangiformis* qui sont bien visibles à l'œil nu (1 à quelques millimètres) et généralement très abondantes. Comme il était présent la plupart du temps sur des *Cladina*, il se retrouve indirectement lié aux groupements des dunes les plus anciennes.

Chaque gale contient de nombreuses pycnides qui produisent des conidies typiques en forme de poire ou de citron. Il fructifie rarement, mais sur la figure 10, il est couvert de petites apothécies noires. C'est probablement la seule espèce de champignon lichénicole que l'on peut considérer comme « correctement prospectée » dans nos relevés.

C'est une espèce considérée comme rare et connue dans 10 départements dont seulement 6 de façon récente, mais nous l'avons trouvée relativement souvent sur tout le littoral ; nous supposons donc qu'elle est moins rare qu'il n'y paraît sans toutefois être commune.



Figure 12 : *Bachmanniomyces punctum* sur *Cladonia arbuscula* – © Emilie Bernard

***Didymellopsis pulposi* (Zopf.) Grube et Hafellner.** Cette espèce produit des périthèces peu visibles enfoncés dans le thalle de diverses collématacées, trouvée une seule fois en grande quantité sur *Scytinium schraderi* en Charente-Maritime. C'est une espèce considérée comme assez rare et connue dans 9 départements dont 5 récemment.

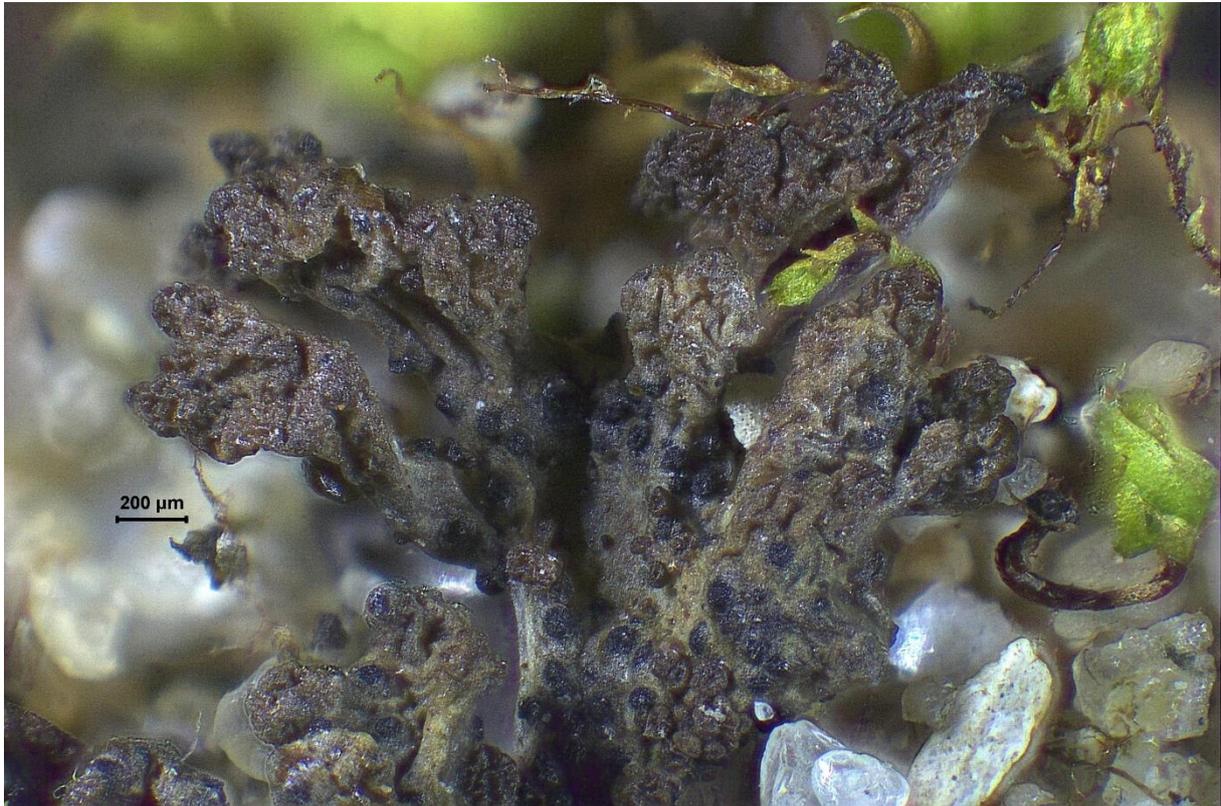


Figure 13 : Périthèces de *Didymellopsis pulposi* sur *Scytinium schraderi* – © Thomas Beudin

***Didymocyrtis cladoniicola* (Diederich, Kocourk. et Etayo) Ertz et Diederich.** Le genre *Didymocyrtis* comprend 3 espèces spécifiques des *Cladonia* ; ils se présentent sous la forme de pycnides d'environ 0.1 mm de diamètre à moitié enfoncées dans les podétions, ce qui les rend impossibles à prospector sur le terrain (rapportés par hasard) et qui passent même facilement inaperçus sous la loupe binoculaire.

Nous n'avons trouvé *Didymocyrtis cladoniicola* qu'une seule fois, au Cap-Ferret, en Gironde, sur *Cladonia rangiformis*. C'est une espèce peu notée mais considérée comme probablement assez répandue et connue dans 12 départements dont 11 de façon récente.

***Didymocyrtis grumantiana* (Zhub. et Diederich) Zhub. et Diederich.** *Didymocyrtis grumantiana* est une espèce qui n'apparaît pas dans le CLF3 ; elle a été découverte en 2020 en France dans une seule station. Nous l'avons trouvée essentiellement sur des vieux podétions mourants de *Cladonia rangiformis*, mais bien qu'il soit très facile de la manquer, même à la loupe binoculaire, elle semble être présente en grande quantité et elle est probablement bien plus présente dans nos relevés que ne le laissent penser nos données ; la raison principale serait qu'une fois que nous l'avons trouvée, nous nous sommes rendu compte qu'elle était abondante mais nous n'avons pas pu revérifier tous les relevés déjà étudiés. Nous avons donc un gros doute sur sa rareté supposée.

Compte tenu de son écologie, elle se retrouve plutôt dans les dunes âgées où les *Cladonia rangiformis* sont très développés et sec à la base.

La détermination des *Didymocyrtis* nécessite obligatoirement de mesurer les conidies à un grossissement x1000 sous huile à immersion, ce qui rend très chronophage sa recherche systématique.



Figure 14 : Pycnides de *Didymocyrtis grumantiana* sur un podétion de *Cladonia rangiformis* – © Thomas Beudin

***Epicladonia sandstedei* (Zopf) D. Hawksw.** Comme chez *Bachmanniomyces punctum*, *Epicladonia sandstedei* forme des gales contenant des pycnides. Elles sont toutefois plus petites et se repèrent plus difficilement sur le terrain, mais facilement à la loupe binoculaire.

Il est considéré comme rare et est connue dans 7 départements dont 5 de façon récente. Nous l'avons trouvé occasionnellement sur divers *Cladonia* sur l'ensemble de la côte ; sans être commun, il n'est donc probablement pas très rare.

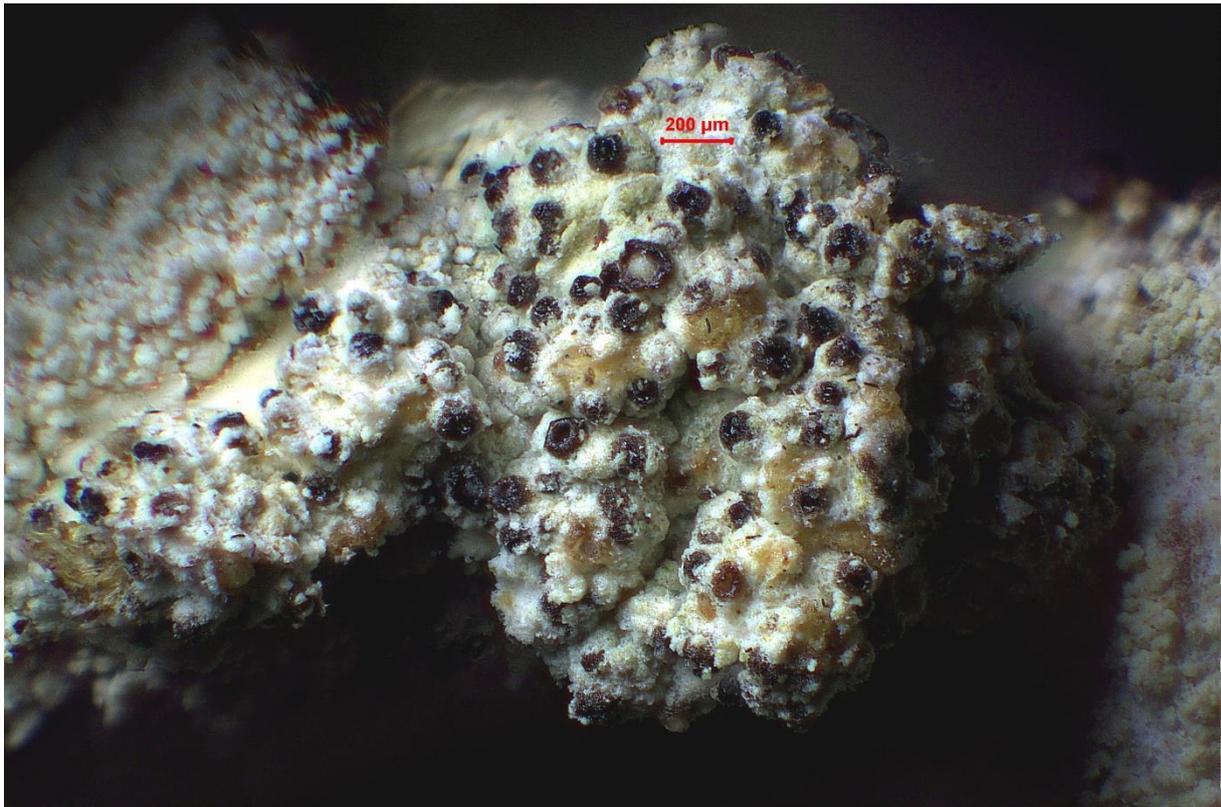


Figure 15 : Galle d'*Epicladonia sandstedei* à l'extrémité d'un scyphe sorédié de *Cladonia humilis* – © Thomas Beudin

***Graphium aphthosae* Alstrup et D. Hawksw.** Cette espèce est un hyphomycète, c'est-à-dire un champignon dans lequel les fructifications ne sont pas fermées. La détermination des hyphomycètes est souvent complexe. Cette espèce, trouvée dans les Landes, se présente sous la forme de minuscules « têtes d'épingles » à la base des podétions mourants de *Cladonia rangiformis*, mais elle peut théoriquement parasiter des lichens très divers.

Chaque « tête d'épingle » ne dépasse pas un dixième de millimètre et produit à son extrémité des conidies libres.

Elle n'était connue que dans une seule station en France et est considérée comme très rare.

***Lichenconium pyxidatae* (Houdem.) Petr. et Syd.** *Lichenconium pyxidatae* est un autre champignon lichénicole à pycnides ; elles sont noires et un peu allongées, et mesurent plus ou moins un dixième de millimètre. C'est malgré tout une espèce facile à repérer à la loupe binoculaire puisque ces pycnides sont superficielles sur le thalle du lichen hôte.

On le retrouve sur de nombreux *Cladonia*, et pas seulement sur *Cladonia pyxidata* comme pourrait le laisser croire son nom. Il n'est connu que dans 10 départements et est considéré comme assez rare, mais a été trouvé régulièrement sur les dunes grises. Il semble donc moins rare et seulement sous-prospecté.

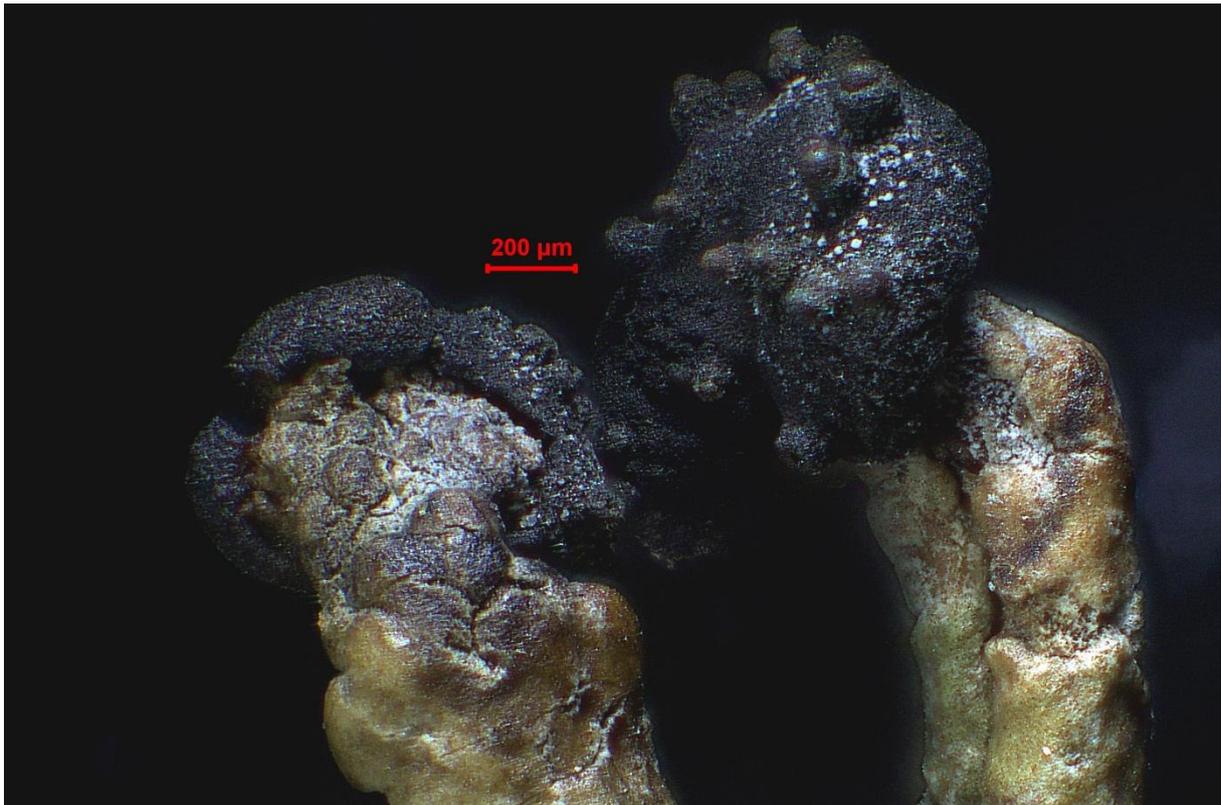


Figure 16 : Pycnides de *Lichenonium pyxidatae* sur des apothécies de *Cladonia furcata* – © Thomas Beudin

***Heterocephalacria bachmannii* (Diederich et M. S. Christ.) Millanes et Wedin.** *Heterocephalacria bachmannii* est probablement l'un des champignons lichénicoles les plus communs de cette liste, même s'il est considéré comme assez rare et qu'il n'est connu que dans 9 départements. Il a été trouvé presque systématiquement sur *Cladonia furcata*, que ce soit dans des dunes calcaires ou acidiclives. Il pouvait parfois être abondant.

Contrairement à toutes les autres espèces citées, c'est un basidiomycète ; ce groupe se différencie des ascomycètes par son mode de reproduction.

Il forme des gales rugueuses de 1 à 2 millimètres facilement visibles à l'œil nu.

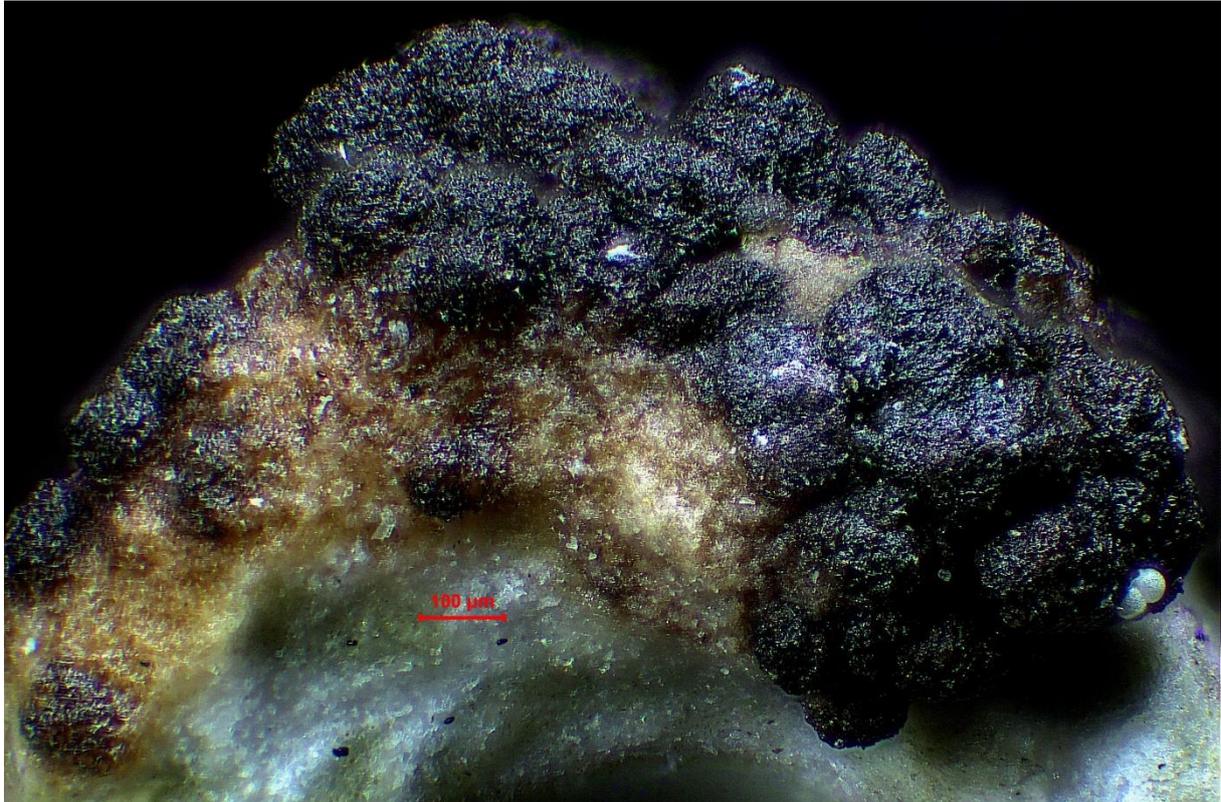


Figure 17 : Galle d'*Heterocephalacria bachmannii* sur un podétion de *Cladonia furcata* – © Thomas Beudin

***Merismatium heterophractum* (Nyl.) Vouaux.** *Merismatium heterophractum* est un autre champignon lichénicole à périthèces. Ceux-ci sont à peine visibles car ils sont presque totalement immergés dans les podétions du *Cladonia* hôte ; ils mesurent moins de 100 µm de diamètre, et seul l'ostiole, c'est-à-dire l'extrémité par laquelle sont expulsées les spores, est apparent. C'est un champignon lichénicole très rare qui n'est connu que dans 4 localités en France. Il a été trouvé sur des vieux podétions de *Cladonia rangiformis* mais, d'après la bibliographie, il peut se développer sur des hôtes très divers comme par exemple des *Peltigera* ou des *Bacidia*.

***Micarea kemmleri* Brackel.** Le genre *Micarea* comprend beaucoup d'espèces lichénisées. Ce n'est pas le cas de *Micarea kemmleri*. C'est un parasite des *Cladonia* qui a été trouvé sur les podétions de *Cladonia arbuscula* chémo. squarrosa dans les Landes. C'est une espèce considérée comme très rare qui n'était connue que dans une station découverte en 2019 dans le Puy-de-Dôme.

Comme tous les *Micarea*, il produit des apothécies lécidéines qui sont ici biatorines ; elles sont de couleur crème. Cela les rend peu visibles sur des podétions jaune paille.

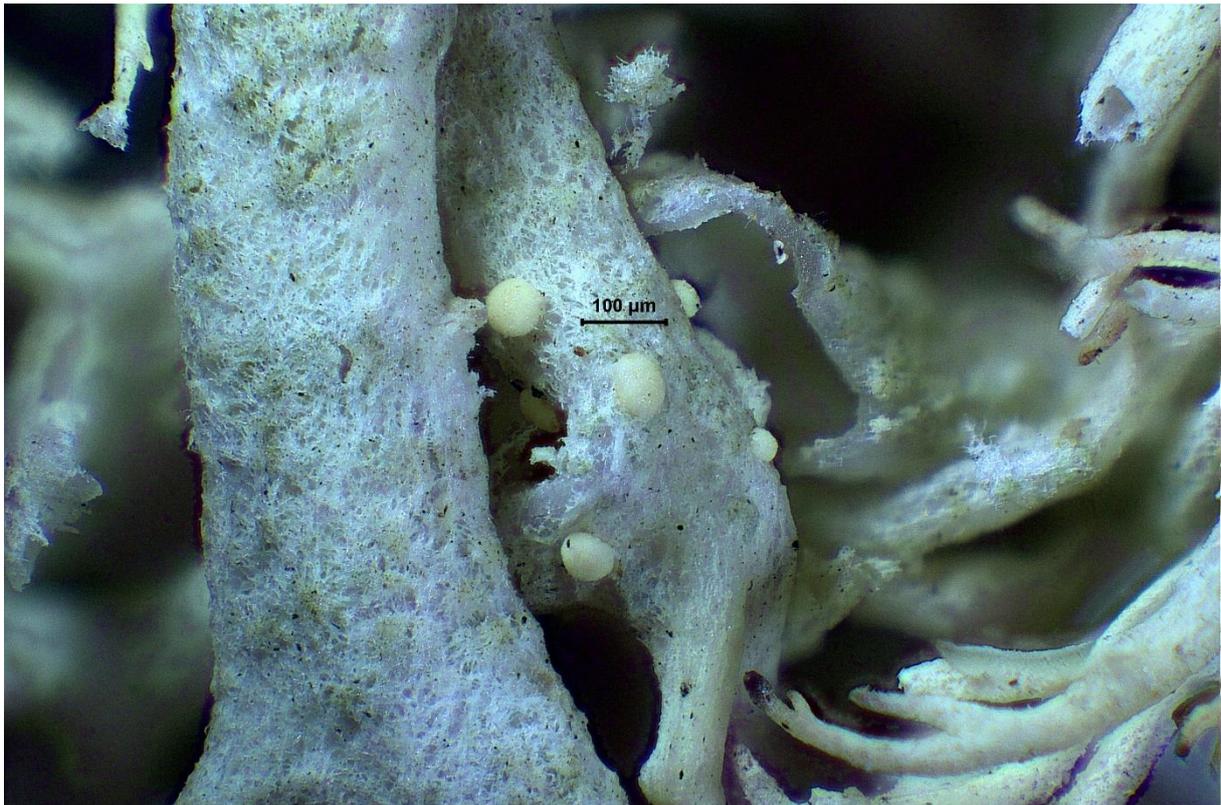


Figure 18 : Apothécies de *Micarea kemmleri* sur podétions de *Cladonia arbuscula* – © Thomas Beudin

***Niesslia cladoniicola* D. Hawksw. et W. Gams.** *Niesslia cladoniicola* produit des périthèces noirs typiquement ciliés de 0.1 à 0.15 millimètre de diamètre, et parasite les vieux podétions de *Cladonia rangiformis*. C'est une espèce considérée comme rare en France et connue dans seulement 4 départements.

Elle est difficile à détecter sur les dunes dans la mesure où elle ressemble beaucoup à *Roseliniella cladoniae* qui est également noir et cilié, mais qui est beaucoup plus abondant, rendant impensable la coupe de tous les périthèces rencontrés.

***Pronectria diplococca* Kocourk., Khodos., Naumovich, Vondrák et Motiej.** Cette espèce parasite des collematacées en formant de nombreux périthèces à spores septées. Il existe beaucoup d'espèces de champignons lichénicoles à périthèces qui parasitent les collématocées et leur détermination est complexe.

Cette espèce n'était pas connue en France et est donc extrêmement rare. Deux stations ont été découvertes en Charente-Maritime dont une avec *Stigmidium aquensis*, ce qui confère au relevé concerné une importance capitale pour la conservation de ces deux espèces.

***Pseudocercospora lichenum* (Keissl.) D. Hawksw.** Cette espèce était jusqu'alors inconnue en France, et nous ne l'avons trouvé qu'à Biscarosse dans les Landes. Comme *Graphium aphantosae*, c'est un hyphomycète, et il a lui aussi un aspect de petites « têtes d'épingles » de moins d'un dixième de millimètre à la base des vieux podétions de *Cladonia rangiformis*. Il était connu en Espagne. Son écologie est variée puisqu'il peut parasiter des lichens très divers (*Lobaria*, *Ramalina*, *Lecidella*, *Cladonia*, etc.).

En raison de leur taille, les hyphomycètes de ce type sont difficiles à repérer même à la loupe binoculaire et il est probable que certains, potentiellement très intéressants, n'aient pas été vus.

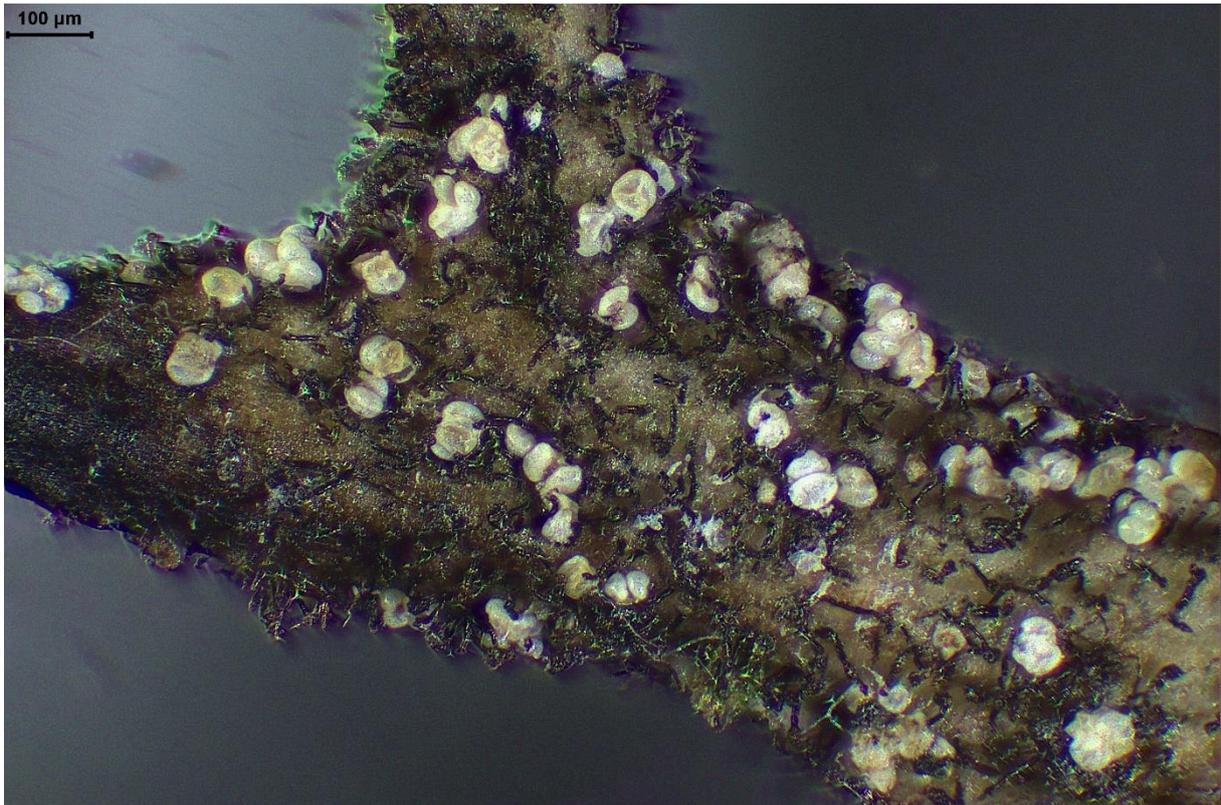


Figure 19 : Apothécies stipitées de *Pseudocercospora lichenum* sur un podétion de *Cladonia rangiformis* –
© Thomas Beudin

***Roselliniella cladoniae* (Anzi) Matzer et Hafellner.** *Roselliniella cladoniae* est très similaire à *Niesslia cladoniicola* ; il forme des périthèces noirs posés sur les podétions, qui sont couverts de longs cils noirs. Il se développe typiquement en mélange avec *Dydimocyrtis grumantiana* sur les vieux podétions mourants de *Cladonia rangiformis*.

C'est une espèce considérée comme assez rare et connue dans seulement 12 départements, mais qui semble abondante dans les dunes âgées couvertes de vieux *Cladonia rangiformis*.

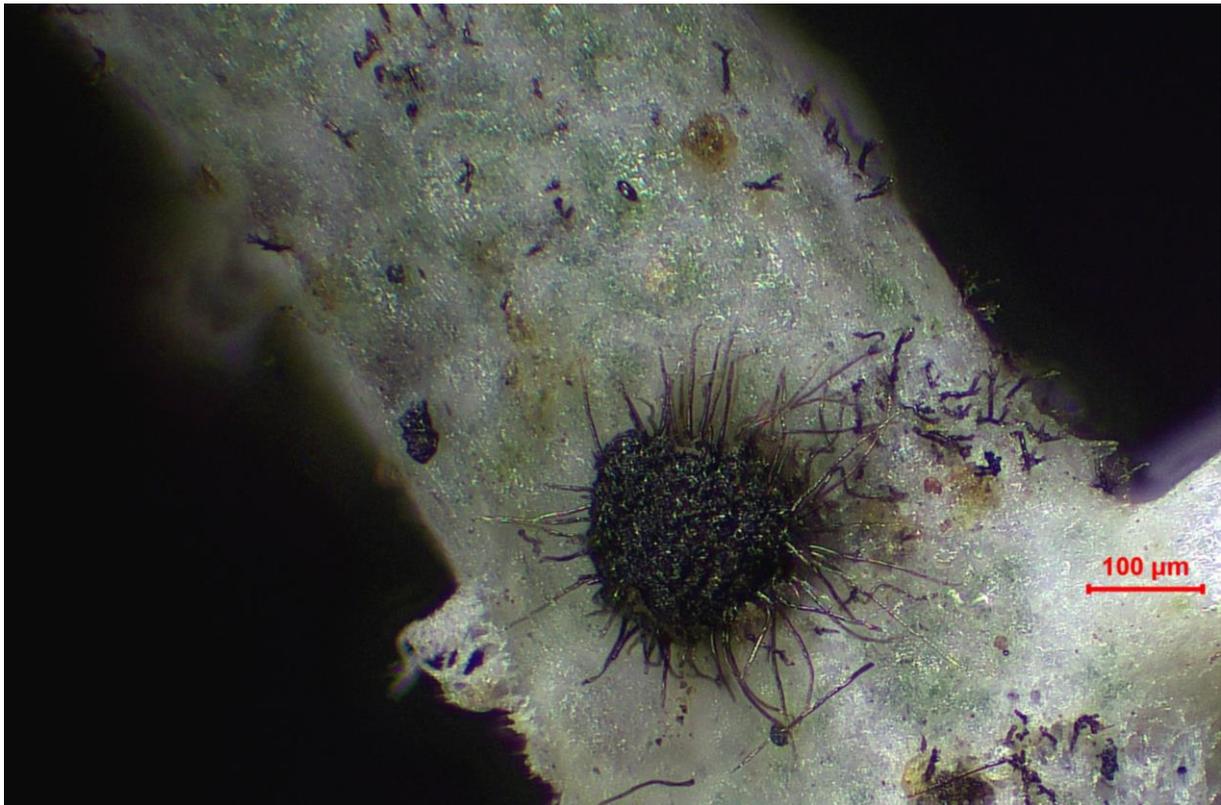


Figure 20 : Périthèce de *Roseliniella cladoniae* sur un podétion de *Cladonia rangiformis* – © Thomas Beudin

***Stigidium aquensis* (Croz. et Dughi) Cl. Roux et S. Poumarat comb. nov. in prép.** (avec l'autorisation de C. Roux®). Ce champignon lichénicole à péricèthes parasite diverses collématacées. Il n'apparaît pas sous ce nom dans Roux et coll. (2020), mais sous *Pharcidia collematis*. Cette espèce n'était connue que dans une seule station historique dans les Bouches-du-Rhône où elle avait été décrite en 1932 (Dughi, 1932) puis changée de genre (Dughi, 1941). Elle n'avait pas été retrouvée depuis et le seul échantillon disponible était le type dans une part d'herbier ; il a été étudié par Claude ROUX en 2006 qui a alors supposé que l'espèce devait être rattachée au genre *Stigidium*, mais le matériel disponible était trop peu abondant pour conclure avec certitude. La redécouverte de l'espèce en Charente-Maritime sur un thalle d'*Enchylium tenax* a ainsi permis, suite à l'analyse de l'échantillon par Serge POUMARAT et Claude ROUX, de conclure sur ce problème vieux de 16 ans et de le recombinaison dans les *Stigidium* (C. ROUX, comm. pers.).

Les noms historiques donnés étant similaires, il ne faut pas confondre cette espèce avec *Stigidium collematis* (Roux et Triebel, 1994) qui est différent.

***Talpapellis beschiana* (Diederich) Zhurb., U. Braun, Diederich et Heuchert.** Cette espèce est considérée comme commune en Belgique mais connue dans seulement deux départements en France ; elle passerait totalement inaperçue. Il est donc difficile de lui donner un statut de rareté. Nous l'avons trouvée une seule fois sur un thalle de *Cladonia ciliata* f. *flavicans*, mais elle était peut-être bien plus répandue.



Figure 21 : *Talpapellis beschiana* sur une apothécie et des podétions de *Cladonia ciliata* – © Thomas Beudin

Pour conclure, la diversité des champignons lichénicoles sur les dunes est très importante et leur étude a permis de faire de nombreuses découvertes. Leur méconnaissance conduit souvent à considérer beaucoup de taxons comme rares en France, mais pour certains, que nous avons trouvés régulièrement, un complément de données serait nécessaire ailleurs sur le territoire.

Il est important de rappeler que la réalisation d'un inventaire des champignons lichénicoles est complexe et hasardeuse dans la mesure où la plupart sont impossibles à détecter avec une loupe de terrain. Seuls 9 sous-quadrats sur 49 étaient prélevés, ce qui laisse penser que de nombreuses espèces présentes dans les quadrats n'ont pas été rapportées au laboratoire. Par ailleurs, certaines espèces étaient difficilement décelables même à la loupe binoculaire, en particulier les hyphomycètes formant des « têtes d'épingles ». À chaque fois qu'ils ont été trouvés, l'espèce était différente, ce qui laisse entendre qu'il y a beaucoup d'espèces non repérées. Enfin, dans de nombreux cas, la découverte d'une espèce nous poussait à la chercher plus attentivement, en l'ayant « dans l'œil » ; parfois, elle s'avérait être commune, donc elle avait potentiellement été omise dans beaucoup de relevés auparavant.

Pour toutes ces raisons, cet inventaire est à considérer comme **extrêmement partiel**.

La participation de Serge POUMARAT, que nous remercions tout particulièrement, a été capitale pour l'étude des champignons lichénicoles détectés. Certains n'ont pu être déterminés que grâce à son aide. C'est également lui qui a systématiquement vérifié les déterminations des nouveautés pour le CLF.

Champignons non lichénisés non lichénicoles

Le CBNSA ne disposant pas encore de compétences en mycologie, les champignons n'ont pas pu être étudiés. Leur présence dans les relevés a toutefois été notée avec une prise systématique de photos. 4 espèces ont été rencontrées (figure 20).



Figure 22 : Photos des champignons rencontrés lors des relevés – © Emilie Bernard

En haut à gauche : *Inocybe* sp., Pointe-Espagnole (La Tremblade, 17), groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*, 11/10/2021 ;

En haut à droite : *Rickenella fibula*, Cap-Ferret (Lège-Cap-Ferret, 33), groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, 05/10/2021 ;

En bas à gauche : *Hygrocybe* sp., Saint-Georges-d'Oléron (17), panne dunaire, 12/10/2021 ;

En bas à droite : *Cuphophyllus virgineus*, Le Verdon-sur-Mer (33), groupement intermédiaire de dune calcaire, 07/10/2021

S. POUMARAT a eu la gentillesse de nous confirmer ou infirmer nos propositions de « détermination visuelle », peu rigoureuses, réalisées avec l'aide du livre de Jacques Guinberteau (2010) spécifiquement dédié aux champignons des dunes.

Dans la mesure où une partie des relevés a été réalisée au printemps, ces observations ne sont qu'un tout petit échantillon des espèces à trouver. Aucun n'a d'ailleurs été noté lors des prospections de mars 2022.

Une rapide recherche de la bibliographie montre que les champignons des dunes grises du sud-ouest de la France ont été nettement plus étudiés que les bryophytes ou les lichens. Il existe plusieurs références plus ou moins anciennes (Guinberteau, 1997 ; Guinberteau, 1993 ; Guinberteau, 2007 ; Guinberteau, 2009 ; Guinberteau, 2010 ; Guinberteau, 2011 ; Guinberteau *et al.*, 1998 ; Massart, 1972 ; etc.), mais cette liste est loin d'être exhaustive.

De nombreuses espèces patrimoniales sont inféodées aux dunes et la question de la pertinence des champignons dans la caractérisation des groupements bryo-lichéniques mis en évidence peut se poser. C'est pourquoi une étude spécifique sera menée en 2023 au CBNSA par un mycologue.

4. Espèces à enjeu de contrôle

Bryophytes

La seule bryophyte exotique envahissante rencontrée dans les dunes est ***Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid.** S'agissant d'une espèce calcifuge, elle n'a été trouvée que dans les Landes et en Gironde sur les dunes acidoclines. Elle peut avoir un fort recouvrement sur les communautés sur sables acides et entrer en concurrence avec les espèces indigènes. Elle a, en outre, une forte capacité de dispersion puisqu'elle se reproduit à la fois de manière asexuée par la production de bourgeons et rameaux caduques (Verdus, 1979) et de manière sexuée avec la production régulière et en grand nombre, de capsules. Aucun moyen de contrôle n'est actuellement connu contre cette espèce.



Figure 23 : *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid. © Emilie BERNARD

Fonge

Que ce soit pour les lichens ou les champignons lichénicoles, les connaissances actuelles ne permettent pas d'évaluer l'indigénat des espèces. Par ailleurs, les modes de dispersion sont très efficaces et permettent aux espèces d'avoir des aires de répartition beaucoup plus vastes que chez la flore vasculaire ; l'indigénat et l'exotisme sont des notions qui ne peuvent pas être abordées de la même manière.

Chez les champignons non lichénisés et non lichénicoles, le CBNSA ne dispose pas de compétences pour répondre à cette question. L'étude de 2023 permettra peut-être d'apporter davantage d'éléments.

III.5. Définition d'outils/indicateurs à partir des communautés bryo-lichéniques pour évaluer l'état de conservation des dunes grises (HIC 2130)

Au titre de la directive Habitat-Faune-Flore, les États de l'Union Européenne se sont engagés à garantir le maintien en bon état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire. Tous les six ans, un exercice d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire est conduit sous la responsabilité de chacun des États (exercice dit du rapportage de l'article 17 de la DHFF).

Depuis 2011, le CBNSA, avec l'appui de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, a mis en place un réseau de placettes de suivi des habitats d'intérêt communautaire et élabore des fiches d'évaluation par habitats ou groupes d'habitats.

L'ONF a mis en place en 1997 un réseau de surveillance des dunes ouvertes littorales d'Aquitaine. Celui-ci est réévalué tous les 6 ans. En 2015, le CBNSA a proposé des adaptations méthodologiques pour que ce réseau puisse contribuer au rapportage national (Lafon *et al.*, 2015b). Une analyse diachronique de 1997 à 2021 est en cours. Dans le dispositif d'évaluation actuel, les mousses et les lichens ne sont pas pris en compte, bien qu'ils soient des indicateurs potentiels d'état de conservation.

L'étude des communautés a mis en évidence que les cortèges d'espèces sont très différents entre les dunes acidiclinales et calcaires ; il est donc préférable de les traiter séparément pour l'étude de l'état de conservation.

1. État de conservation des dunes acidiclinales

À l'heure actuelle, il existe peu de travaux portant sur l'utilisation des bryophytes et lichens pour évaluer l'état de conservation des dunes grises. Parmi eux, on peut citer la thèse de Ketner-Oostra (2006), qui traite de l'évolution des communautés de dunes grises sur sables pauvres en calcaire (proches des communautés décrites dans notre étude) avant et après les années 1970. Dans cette thèse, l'autrice constate que les populations de lichens déclinent depuis les années 70. Elle y fait l'hypothèse que les dépôts d'azote atmosphérique sur les dunes favorisent le développement de la mousse exotique envahissante *Campylopus introflexus*, au détriment des lichens typiques des dunes acides. Elle suggère également que la baisse de la diversité des lichens est un phénomène normal, lié à l'évolution des communautés dunaires : les lichens pionniers (*Cetraria aculeata*, *Cladonia foliacea*, *Cladonia furcata*, *Cladonia zopfii*) des dunes acides sont peu à peu remplacés par des espèces de mousses et des lichens plus compétitifs au fur et à mesure du vieillissement de la dune.

Dans notre étude, les dunes identifiées à dire d'expert comme étant dans un état défavorable et moyen de conservation ont une fréquence d'occurrence moyenne de 5,1 sur 9 et une fréquence d'occurrence médiane de 6 sur 9 (11 relevés) de *Campylopus introflexus*. En revanche, dans les dunes acidiclinales état favorable de conservation, la moyenne et la médiane de la fréquence d'occurrence de *Campylopus introflexus* sont plus faibles, respectivement de 2,6/9 et de 0/9 (24 relevés). La fréquence de cette mousse est donc en lien avec l'état de conservation de l'habitat. ***Campylopus introflexus* peut être utilisée comme un indicateur de dégradation.**

Les dunes grises acidiclinales assez âgées ont un recouvrement plus important en mousse qui correspond à la variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium* du *Cladonietum alcornis*. Le remplacement des lichens par les mousses sur les dunes grises pauvres en calcaire serait donc un processus naturel de l'évolution de la dune. Cependant, il est probable que ce remplacement, lors du vieillissement de la dune, soit accéléré par les capacités de développement rapide de *Campylopus introflexus*.

D'après nos relevés, **des espèces semblent disparaître plus rapidement en cas de dégradation du milieu dunaire par piétinement ou envahissement par des espèces exotiques envahissantes** (*Yucca gloriosa*, *Oenothera spp.*, etc.), en particulier ***Cetraria aculeata*** et les ***Cladonia* du sous-genre *Cladina***. Cela pourrait s'expliquer en partie par le fait que ces espèces sont les plus volumineuses (plusieurs centimètres de hauteur) et sont par conséquent très sensibles au piétinement. Elles sont aussi moins abondantes, en particulier *Cetraria aculeata* dont il n'y a souvent que quelques individus épars, contrairement à *Cladonia rangiformis* ou *Cladonia furcata* qui semblent un peu mieux résister aux dégradations. Cela reste cependant difficile à vérifier et ce ne sont que des hypothèses.



Figure 24 : *Cetraria aculeata* - © Emilie Bernard

2. État de conservation des dunes calcaires

Deux variantes mises en évidence dans cette étude correspondent à des états perturbés des dunes calcaires. La variante à *Scytinium schraderi* et *Streblotrichum convolutum* du groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* est caractérisée par des petites pottiacées rudérales, comme *Barbula unguiculata*, *Streblotrichum convolutum* et *Pseudocrossidium hornschurchianum*. Ces espèces, notamment *Barbula unguiculata* et *Streblotrichum convolutum*, sont des rudérales nitrophiles et témoignent d'un enrichissement en azote du milieu. *Pseudocrossidium hornschurchianum* apprécie les sols compactés. La variante à *Brachythecium albicans* du même groupement a, quant à elle, été relevée dans des dunes

calcaires embroussaillées ou à proximité d'arbustes. L'apparition de *Brachythecium albicans* pourrait être liée à des zones localement décalcifiées ou à des conditions où le sol est plus stabilisé.

Ainsi, **de forts recouvrements de *Pseudocrossidium hornschuchianum* ou *Barbula unguiculata* sur les dunes peuvent indiquer des dunes rudéralisées et/ou enrichies en azote**, l'origine de l'azote pouvant être atmosphérique. De même, la présence de ***Brachythecium albicans* peut indiquer une dune en train de s'embroussailler**. Cependant, pour évaluer l'embroussaillage de la dune, il semble plus pertinent de mesurer le recouvrement par les ligneux, plus visibles, que de rechercher une mousse au sol.

IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude avait pour principal objectif de décrire les communautés de mousses et lichens des dunes grises et de préciser leur répartition à l'échelle du littoral de Nouvelle-Aquitaine.

Ce travail est fondé sur une recherche bibliographique des groupements de dunes déjà décrits et sur une campagne de 15 jours de terrain réalisés en 2021 et 2022 sur l'ensemble des dunes du littoral sud-atlantique. **89 relevés bryo-lichénosociologiques** ont été réalisés selon une méthode nouvelle.

L'analyse des relevés et de la bibliographie a permis de mettre en évidence **3 nouveaux groupements**, qui ont été rattachés au synsystème bryo-lichénosociologique d'Europe (Mucina *et al.*, 2016), ainsi qu'**1 association déjà décrite** et manifestation très présente sur le littoral du Sud-Ouest. Les paramètres majeurs influençant la répartition de ces communautés sont la présence de sables calcaires et l'âge de la dune. À l'issue de l'analyse, des **fiches descriptives** des groupements ont été rédigées pour faciliter leur identification par les gestionnaires.

Les résultats de cette étude constituent les premiers éléments typologiques pour la construction du référentiel bryo-lichénosociologique du CBNSA, en se concentrant sur deux classes en particulier.

À l'issue de ce travail, il est possible de conclure qu'il existe un fort lien chorologique entre les communautés bryo-lichéniques et les communautés vasculaires, mais pas de lien écologique ; elles se répartissent globalement de la même manière du nord au sud en fonction de l'acidité du sable mais se chevauchent de la terre à la mer et répondent différemment à la stabilité du substrat.

De premiers éléments d'évaluation de l'état de conservation des dunes ont pu être proposés au regard des groupements décrits. Deux variantes du groupement des dunes calcaires semi-fixées semblent correspondre à des états dégradés de l'habitat dunaire. L'une de ces variantes, qui voit apparaître la mousse *Brachythecium albicans*, caractérise des dunes en cours d'embroussaillage. L'autre variante, constituée d'espèces nitrophiles comme *Barbula unguiculata* et *Pseudocrossidium hornschurchianum*, caractérise les dunes calcaires rudéralisées, souvent situées à proximité d'infrastructures humaines. Les dunes grises acidiclinales montrent des signes d'état de dégradation lorsque la mousse exotique envahissante *Campylopus introflexus* est abondante et lorsque certains lichens comme *Cetraria aculeata* ou les *Cladonia* du sous-genre *Cladina* disparaissent. Ces premiers éléments pourront venir en appui à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, lors des rapportage Natura 2000. Cependant, pour aller plus loin dans les analyses et pour définir des indicateurs, un protocole spécifique devrait être envisagé pour les années à venir.

Au total, **96 taxons** de mousses, lichens et champignons lichénicoles ont été inventoriés au cours de cette étude. Parmi ces espèces, certaines sont rares et/ou patrimoniales, comme *Micarea kemmleri* ou *Stigmidium aquensis* dont le nombre de stations connues en France est très restreint. Deux champignons lichénicoles sont nouveaux pour la France : *Pronectria diplococca* et *Talpapellis beschiana*, et deux autres taxons ont permis de faire évoluer la taxonomie, *Cladonia furcata* subsp. *subrangiformis* chémo. P+ jaune et *Stigmidium aquensis*. Ces découvertes ont été transmises pour ajout au Catalogue des lichens et des champignons lichénicoles de France métropolitaine et ont permis de faire progresser la connaissance sur les lichens et les champignons lichénicoles en France.

Dans la mesure où il est impossible d'être exhaustif lors d'un inventaire, en particulier avec des groupes taxonomiques peu étudiés et nécessitant plusieurs spécialistes, cette étude a des limites. Les champignons n'ont pas été étudiés. Pourtant, de nombreuses espèces patrimoniales sont inféodées aux dunes. Une étude est ainsi programmée au CBNSA en 2023 pour développer cet aspect non traité. Par ailleurs, la prospection exhaustive des champignons lichénicoles est impossible ; hormis quelques espèces telles que *Bachmanniomyces punctum*, *Epicladonia sandstedei* et *Heterocephalacria bachmannii* qui forment des galles visibles à l'œil nu, la plupart ne sont visibles qu'à la loupe binoculaire et leur découverte est souvent le fait du hasard. De nombreuses espèces ont donc été omises, potentiellement

rare ou méconnues, et un inventaire complémentaire pourrait être à envisager. Enfin, en ce qui concerne les bryophytes, la période de prospection pas toujours favorable n'a pas permis de déterminer avec certitude de nombreux *Bryum* s.l., et des espèces rares potentiellement présentes sur le littoral dunaire comme *Ceratodon conicus* et *Bryum canariense* seraient à rechercher plus spécifiquement.

Les études bryo-lichénosociologiques en Nouvelle-Aquitaine sont rares. Ce travail permet donc de mieux connaître plusieurs alliances d'un référentiel typologique en cours de construction, et mériterait d'être suivie de nombreuses autres sur des milieux différents. Pour rester dans des communautés proches, les groupements terricoles des forêts dunaires et des landes seraient par exemple très intéressants à étudier.

BIBLIOGRAPHIE

- BARDAT J. et HAUGUEL J.-C., 2002 - Synopsis bryosociologique pour la France. *Cryptogamie, Bryologie* 2002 (4) : 279-343.
- BARKMAN J.J., 1958 - *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Assen, NL : Van Gorcum.
- BENSETTITI F., BIORET F., ROLAND J. et LACOSTE J.-P. (coord.), 2004 - « Cahiers d'habitats » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. MEDD/MAAPAR/MNHN. Paris : Éditions La Documentation française, 399 p. + cédérom
- BEUDIN T., 2023 - *Référentiel des végétations bryolicheniques du territoire d'agrément du CBNSA*. Version du 03/02/2023. [Base de données interne non publiée].
- BIORET F., CAILLON N. et GLEMAREC E., 2014 - Cap d'Erquy et Cap Fréhel. Colloque international. Brest 2014. La phytosociologie paysagère : des concepts aux applications. Guide de l'excursion dans les Côtes d'Armor. *Documents phytosociologiques, Hors série n°1* : 25-61.
- BRACKEL (VON) W. et DÖBBELER P., 2020 - An addition to the knowledge of lichenicolous fungi of Greece with a key to the lichenicolous fungi on *Collema s.l.* *Folia Cryptogamica Estonica*, 57 : 147-152
- BRAUN-BLANQUET J. et DE LEEUW W.C., 1936 - Vegetationsskizze von Ameland. *Station interne de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine*, 50 : 365-367
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N., NÈGRE R. et EMBERGER L., 1952 - *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*. Paris : C.N.R.S. 297 p.
- BREUB O., 2020 - Key to the species of *Agonimia* (lichenised Ascomycota, Verrucariaceae). *Austrian Journal of Mycology*, 28 : 69-74
- BRICAUD O., ROUX C. et BÜLTMANN H., 2009 - Syntaxonomie des associations des lichens foliicoles de France méridionale. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 60 : 143-150
- BURGAZ A. R., ESCUDERO A. et AHTI T., 1993 - Morphometric variation in primary squamules of *Cladonia foliacea* and *C. convoluta*. *Nova Hedwigia*, 57 : 231-238
- BURGAZ A.R., AHTI T. et PINO-BODAS R., 2020 - *Mediterranean Cladoniaceae*. Madrid : Spanish Lichen Society. 117 p.
- CASAS C., BRUGUÉS M., CROS R. M. et SÉRGIO C. 2006 - *Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands*. Barcelona : Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques.
- CAZE G. et BLANCHARD F., 2010 - *Méthodologie de bioévaluation des habitats naturels et semi-naturels en Aquitaine et Poitou-Charentes*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud Atlantique, 39 p.
- CLAUZADE G. et ROUX C., 1985 - Likenoj de Okcidenta Europo Illustrita determinlibro. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, nouvelle série, numéro spécial 7. 893 p.
- CLÉMENT B., 1987 - *Structure et dynamique des communautés et des populations végétales des landes bretonnes*. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 1, 320 p.
- CODE DE L'ENVIRONNEMENT - Partie législative, Livre IV, Titre 1^{er}, Chapitre IV, Section 4 : Conservatoires Botaniques Nationaux, Article L414-10. Consultable sur https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038847199 [Consulté le 17 novembre 2022]
- COGONI A., BRUNDU G. et ZEDDA L., 2011 - Diversity and ecology of terricolous bryophyte and lichen communities in coastal areas of Sardinia (Italy). *Nova Hedwigia*, 92 (1-2) : 159-175

- COSTE C., 2011 - *Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles-hydrophiles*. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 1+131 p.
- DEGELIUS G., 1954 - The lichen genus *Collema* in Europe. Morphology. Taxonomy. Ecology. *Symbolae Botanicae Upsalienses*, 13 : 1-499
- DIEDERICH P., KOCOURKOVÁ J., ETAYO J. et ZHURBENKO M., 2007 - The lichenicolous *Phoma* species (coelomycetes) on *Cladonia*. *The Lichenologist*, 39 (2) : 153-163
- DIRECTIVE 92/43/CEE DU CONSEIL du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (JO L 206 du 22.7.1992, p. 7). 66 p.
- DREHWALD U., 1993 - Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens. Bestandentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme. Flechtengesellschaften. *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen*, 20 (10) : 1-222
- DUGHI R., 1932 - Une nouvelle espèce de Collemacée *Pyrenocollema aquensis* de Crozals et Dughi nov. sp. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 79 (5) : 846-850
- DUGHI R., 1941 - De la parasymbiose à la symbiose : le *Pharcidia Collematis* n. sp. *C.R. des Travaux de la Faculté des Sciences de Marseille, 1re Série*, I (IV) : 58-61
- FAVENNEC J., 2002 - Connaissance et gestion durable des dunes de la côte Atlantique. *Les Dossiers forestiers*, n°11. Office national des forêts, Paris, 394 p.
- FOLLMANN G., 1974 - Nordhessische Flechtengesellschaften I. Das *Fulgensietum fulgentis* Gams. *Hessische Floristische Briefe*, 23 : 18-25.
- FOUCAULT B. (DE), 1984 - *Systématique, structuralisme et synsystématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises*. Thèse, Université de Rouen, 674 p.
- FREY W., FRAHM J.-P., FISCHER E. et LOBIN W., 2006 - *The Liverworts, Mosses and ferns of Europe*. Colchester : Harley Books, 512 p.
- GARGOMINY O., TERCERIE S., REGNIER C., RAMAGE T., DUPONT P., DASZKIEWICZ P. et PONCET L., 2020 - *TAXREF v14, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion*. Rapport UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN). Paris : Muséum national d'Histoire naturelle. 63 p.
- GÉHU J.-M. et FOUCAULT (DE) B., 1978 - Les pelouses à *Tortula ruraliformis* des dunes du nord-ouest de la France. *Colloques Phytosociologiques*, VI : 269-273
- GÉHU J.-M., FRANCK J. et BOURNIQUE C.-P., 1983 - *Le littoral Nord-Pas-de-Calais. Synthèse phytocœnologique*. Paris : Université René Descartes, Paris V. Département de Botanique Phytocœnologie. 361 p.
- GRGIC P., 1980 - Fitocenoze briofita na vertikalnom profilu Igmana i Bjelasnice. I. Epilitska i terestrična vegetacija. *Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu*, 33 : 59-86
- GUERRA, J., 1982 - Estudio briofítico de los macizos serpentínicos de Sierra Bermeja y Sierra de Aguas (Málaga, España). *Acta Botanica Malacitana*, 7 : 151-172
- GUERRA J. et GIL J. A., 1982 - Comunidades Briofíticas Mediterraneas de Protosuelos Calcáreos Húmedos. *Folia Botanica Miscellanea*, 3 : 87-94
- GUERRA J. et PUCHE F., 1984 - *Bryum dunense* Smith & Whitehouse en la Península Ibérica y Baleares. Observaciones taxonómicas, corológicas y fitosociológicas. *Acta Botánica Malacitana*, 9 : 85-92
- GUERRA-CASTRO E. J., CAJAS J. C., SIMÕES N., CRUZ-MOTTA J. J. et MASCARÓ M., 2021 - SSP : an R package to estimate sampling effort in studies of ecological communities. *Ecography*, 44 : 561-573

- GUINBERTEAU J., 1993 - Contribution à l'étude des macromycètes psammophiles de la Côte d'Argent (littoral aquitain). II. Sur quelques taxons rares ou critiques. *Bulletin de la Société Mycologique de France*, 109 (3) : 123-147
- GUINBERTEAU J., 1997 - La mycoflore des écosystèmes dunaires du Bas-Médoc (Gironde, France). Approche écodynamique des mycoenoses dunaires atlantiques. In : FAVENNEC J. et BARRERE P. - *Biodiversité et protection dunaire*. Paris : Lavoisier, coll. Tec et Doc : 242-257
- GUINBERTEAU J., 2007 - Sur les traces de *Gyrophragmium dunalii* champignon rarissime des dunes littorales redécouvert en Aquitaine. *Bulletin de la Société Mycologique de France*, 123 (3-4) : 295-321
- GUINBERTEAU J., 2009 - Un agaric méconnu et largement répandu sur le littoral atlantique français, *Agaricus freirei*. Comparaison et confusion avec un agaric proche mais rare : *Agaricus phaeolepidotus*. *Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie*, 192 : 47-58
- GUINBERTEAU J., 2010 - Les champignons des dunes non boisées du littoral aquitain : un univers méconnu ! Place des champignons dans le fonctionnement écodynamique des dunes littorales. *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 38 (3) : 247-277
- GUINBERTEAU J., 2011 - *Le petit livre des champignons des dunes*. Bordeaux : Éditions Confluences. 107 p.
- GUINBERTEAU J., BOISSELET P. et DUPUY G., 1998 - *Leucoagaricus idae-fragum*, sp. nov., un nouveau *Leucoagaricus* des dunes atlantiques françaises de coloration rose framboise. *Bulletin de la Société Mycologique de France*, 114 (3) : 1-18
- HAWKSWORTH D. L., ATIENZA V. et COPPINS B. J., 2010 - *Artificial Keys to the Lichenicolous Fungi of Great Britain, Ireland, the Channel Islands, Iberian Peninsula, and Canary Islands*. Fourth Draft Edition for Testing Only. Consultable sur http://www.ascofrance.com/uploads/forum_file/LichenKeys2010-0001.pdf. 104 p. [consulté le 04/04/2023]
- HOLYOAK D. T., 2021 - *European Bryaceae: A Guide to the Species of the Moss Family Bryaceae in Western & Central Europe and Macaronesia*. Newbury, UK : PiscesPublications.
- HÜBSCHMANN A. (VON), 1967 - Über die Moosgesellschaften und das Vorkommen der Moose in den übrigen Pflanzengesellschaften des Moseltales. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, 2 : 63-121
- HÜBSCHMANN A. (VON), 1975 - Moosgesellschaften des nordwestdeutschen Tieflandes zwischen Ems und Weser. II. Teil : Erdmoos-Gesellschaften. *Herzogia*, 3 : 275-326
- HUGONNOT V. et CHAVOUTIER L., 2021 - *Les Bryophytes de France (Tome 1)*. Mèze : Biotope ; Paris : Publications scientifiques du MNHN. 652 p.
- JULVE P., 1998a - *Basebryo. Écologie des bryophytes d'Europe*. Version : "25/07/2014". <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm> [consulté le 04/04/2023]
- JULVE P., 1998b - *Baselich. Écologie des lichens d'Europe*. Version : "25/07/2014". <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm> [consulté le 04/04/2023]
- JUN R., 2005 - *Les mousses et lichens des dunes grises atlantiques : caractéristiques structurales, dynamique et typologie fonctionnelle des communautés*. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 1, 188 p.
- KAISER E., 1926 - Die Pflanzenwelt des Hennbergisch-Fränkischen Muschelkalkgebietes. *Feddes Repertorium*, 44 : 1-278
- KETNER-OOSTRA H., 2006 - *Lichen-rich coastal and inland sand dunes (Corynephorion) in the Netherlands : vegetation dynamics and nature management*. Wageningen : Wageningen University & Research Centre, 208 p.

- KHALIFE S., 1985 - L'Aire minimale d'un peuplement terricole lichéno-bryophytique (*Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek). *Ecologia mediterranea*, 11(4) : 11-24
- KLEMENT O., 1949 - Zur Flechtenvegetation Schleswig-Holsteins. *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein*, 24 (1) : 1-15
- KLEMENT O., 1953 - Die Flechtenvegetation der Insel Wangerooge. *Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven*, 2 : 146-214
- KLEMENT O., 1955 - Prodromus des mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. *Feddes Repertorium*, 135 : 5-194
- KRIEGER H., 1937 - Die flechtenreichen Pflanzengesellschaften der Mark Brandenburg. *Sonderabdruck aus Beihefte zum Botanischen Centralblatt*, Abteilung B, LVII (1/2) : 1-76 + pl. I-IV
- KRUSENSTJERNA E. (VON), 1945 - Bladmossvegetation och bladmos flora i Uppsala-Trakten. *Acta Phytogeographica Suecica*, 19 : 1-250
- LAFON P., LE FOULER A., DUFAY J., HARDY F. et CAZE G., 2015a - *Les végétations des dunes littorales non boisées d'Aquitaine : typologie, répartition, écologie et dynamique*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique : 114 p. + annexes
- LAFON P., LE FOULERA. et MASSART P., 2015b - *Évaluation et suivi de l'état de conservation des végétations des dunes non boisées d'Aquitaine*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 24 p. + annexes
- LAFON P., AIRD A., BEUDIN T., LE FOULER A., LEVY W., ROMEYER K., BELAUD A. et CAZE G., 2018 - *Catalogue des végétations de la Gironde. Synsystème, répartition, écologie et cortège typique*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique : 209 p.
- LAFON P., BISSOT R., GOUEL S., LEVY W., AIRD A., BEUDIN T., GUISIER R., HENRY E., LE FOULER A., ROMEYER K. et CAZE G., 2019 - *Catalogue des végétations du Conservatoire botanique national Sud-Atlantique (Aquitaine et Poitou-Charentes)*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 280 p.
- LAFON P. (coord.), MADY M., CORRIOL G., BISSOT R. et BELAUD A., 2021 - *Catalogue des végétations de Nouvelle-Aquitaine. Classification, chorologie et correspondances avec les habitats européens*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique ; Chavaniac-Lafayette : Conservatoire botanique national Massif central ; Bagnères-de-Bigorre : Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées. 265 p.
- LO GIUDICE R., 1996 - On the *Bryum bicolor* complex in Italy including *Bryum gemmilucens* Wilcz. & Dem., new species to the Italianan bryological flora. *Flora Mediterranea*, 6 : 61-67.
- MARSTALLER R., 2002 - Moosgesellschaften der Schieferhalden im Thüringer Schiefergebirge und im Frankenwald (Deutschland) - 90. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Feddes Repertorium*, 113 (5-6) : 439-470
- MARSTALLER R., 2006 - *Syntaxonomischer Konspekt der Moosgesellschaften Europas und angrenzender Gebiete*. Haussknechtia, Beiheft 13. 192 p.
- MASSART F., 1972 - Aspect de la flore fongique des dunes à couvert de pins maritimes du Porge (Gironde). *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 11 (4) : 75-78
- MASSART J., 1908 - Essai de Géographie botanique des Districts littoraux et alluviaux de la Belgique. Volume 1. *Recueil de l'Institut de botanique Léo Erreca*, 7 : 167-584

- MASSON D., 2006 - *Cladonia mediterranea*, *C. rangiferina* et *C. zopfii* (Ascomycota lichénisés, Cladoniaceae) dans les dunes littorales du sud-ouest de la France. *Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux*, 34 (2) : 151-168
- MATTICK F., 1951 - Wuchs- und Lebensformen, Bestand- und Gesellschaftsbildung der Flechten. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengechichte und Pflanzengeographie*, 75 : 378-424
- MOHAN G., 1978 - Morphogenetische, zytogenetische, ökologische und phytosoziologische Untersuchungen über die Bryophyten des Leser-Papusa Massiv. *Feddes Repertorium*, 89 : 327-344
- MUCINA L., BÜLTMANN H., DIERBEN K., THEURILLAT J.-P., RAUS T., ČARNI A., ŠUMBEROVÁ, WILLNER W., DENGLER J., GAVILÁN GARCÍA, CHYTRÝ M., HÁJEK M., DI PIETRO R., IAKUSHENKO D., PALLAS J., DANIĚLS F.J.A., BERGMEIER E., SANTOS GUERRA A., ERMAKOV N., VALACHOVIČ M., SCHAMINÉE J.H.J., LYSENKO T., DIDUKH Y.P., PIGNATTI S., RODWELL J.S., CAPELO J., WEBER H.E., SOLOMESHCH A., DIMOPOULOS P., AGUIAR C., HENNEKENS S.M. et TICHÝ L., 2016 - Vegetation of Europe : hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19 : 3-264
- MÜLLER K., 1951-1958 - Die Lebermoose Europas (Musci hepatici). In : *Dr L. Rabenhorst's Kryptogamenflora Deutschlands, Österreich und der Schweiz*, 3rd ed, Leipzig : E. Kummer, 1365 p.
- OKSANEN J., SIMPSON G. L., BLANCHET F. G. et KINDT R., LEGENDRE P., MINCHIN P. R., O'HARA R. B., SOLYMOS P., STEVENS H. M. H., SZÖCS E., WAGNER H. H., BARBOUR M., BEDWARD M., BOLKER B., BORCARD D., CARVALHO G., CHIRICO M., DE CÁCERES M., DURAND S., EVANGELISTA H., FITZJOHN R., FRIENDLY M., FURNEAUX B. R., HANNIGAN G., HILL M. O., LAHTI L., MCGLINN D., OUELETTE M.-H., CUNHA E. R., SMITH T. W., STIER A., TER BRAAK C. et WEEDON J., 2022 - *Vegan community ecology package version 2.6-2*. The Comprehensive R Archive Network <http://cran.r-project.org>. 295 p. Consultable sur : https://www.researchgate.net/publication/360782912_vegan_community_ecology_package_version_26-2_April_2022 [consulté le 04/04/2023]
- PAUS S. M., 1997 - Die Erdflechtenvegetation Nordwestdeutschlands und einiger Randgebiete. Vegetationsökologische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung des Chemismus ausgewählter Arten. *Bibliotheca Lichenologica*, 66 : 1-222 + tableaux
- PIERROT R. B., 1982 - Les Bryophytes du Centre-Ouest : classification, détermination, répartition. *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest*, nouvelle série, n° spécial, 5 : 1-123
- PINO-BODAS R., MARTIN M. P., STEINAR J. et BURGAZ A. R., 2010 - Insight into *Cladonia convoluta*-*C. foliacea* (Ascomycotina) complex and related species revealed through morphological, biochemical and phylogenetic analyses. *Systematics and Biodiversity*, 8 (4) : 575-586
- PINO-BODAS R., BURGAZ A. R., AHTI T. et STENROOS S., 2018 - Taxonomy of *Cladonia angustiloba* and related species. *Lichenologist*, 50 (3) : 267-282
- PRIVITERA M. et LO GUIDICE R., 1988 - Sulla briovegetazione psammofila della Sicilia sud-orientale. *Documents Phytosociologiques*, XI : 433-446
- ROMEYER K., DAVID R., LE FOULER A., INFANTE-SANCHEZ M., ABADIE J.-C., BELAUD A., CHABROL L., CHARISSOU I., CLÉRO C., ÉMERIAU T., FY F., HOVER A., LAFON P., LAUGAREIL S., MADY M., NAWROT O., OLICARD L., PIOCH J., VALLEZ É. et CAZE G., 2021 - Chapitre 2 : Suivi et évolution de communautés végétales sensibles au changement climatique en Nouvelle-Aquitaine. In : MALLARD F., 2021 - *Programme les sentinelles du climat - Tome X : Réponses des espèces animales et végétales face au changement climatique et pistes d'actions de conservation de la biodiversité en région Nouvelle-Aquitaine*. Le Haillan : Cistude Nature, 713 p.
- ROUX C., 1990 - Échantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevé. *Cryptogamie, Bryologie, Lichénologie*, II (2) : 95-108

- ROUX C. et TRIEBEL D., 1994 - Révision des espèces de *Stigmidium* et de *Sphaerellothecium* (champignons lichénicoles non lichénisés, Ascomycetes) correspondant à *Pharcidia epicymatia* sensu Keissler ou à *Stigmidium schaeferi* auct. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 45 : 451-542
- ROUX C., BÜLTMANN H. et NAVARO-ROSINÉS P., 2009 - Syntaxonomie des associations de lichens saxicoles-calcicoles du sud-est de la France. 1. *Clauzadeetea immersae*, *Verrucarietea nigrescentis*, *Incertae saedis*. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 60 : 151-175
- ROUX C. et coll., 2020 - *Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 3ème édition revue et augmentée (2020)*. Fontainebleau : Association Française de Lichénologie (A.F.L.), 1769 p.
- ROUX C. et coll., 2021 - Additions à la 3e édition du Catalogue des lichens de France. Liste commentée des espèces et taxons infraspécifiques nouvellement trouvés en France (du 2020/07/31 au 2021/09/19). *Bulletin de l'Association Française de Lichénologie*, 45 (2) : 219-231
- ROUX C. et coll., 2022 - Additions à la 3e édition du Catalogue des lichens de France (2). Changements nomenclaturaux importants et liste commentée des espèces et taxons infraspécifiques nouvellement trouvés en France (du 2021/09/20 au 2022/09/19). *Bulletin de l'Association Française de Lichénologie*, 47(1) : 1-30
- ŠMARDA J., 1947 - Mechová a lišejníková společenstva ČSR. *Časopis Zemského Musea v Brně*, 31 : 39-88
- SMITH C.W., APTRoot A., COPPINS B.J., FLETCHER A., GILBERT O.L., JAMES P.W. et WOLSELEY P., 2009 - *The lichens of Great Britain and Ireland*. London: British Lichen Society, 1046 p.
- TOBLER F. et MATTICK F., 1938 - Die Flechtenbestände der Heiden und der Reetdächer Nordwestdeutschlands. *Bibliotheca Botanica*, 117 : 1-70
- VALLADE J., 2019 - Clé de détermination des espèces du genre *Scytinium*. *Bulletin de l'Association Française de Lichénologie*, 44 (2) : 137-184
- VAN HALUWYN C., 2010 - La sociologie des lichens corticoles en Europe depuis Klement (1955) et Barkman (1958). Essai de synthèse. *Bulletin de l'Association Française de Lichénologie*, 35 (2) : 1-128
- VERDUS M.C., 1979. Étude biologique des Propagules de *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid. sens, restr. (*Bryopsida*, *Dicranales*) en relation avec sa dispersion. *Bulletin Mensuel De La Société Linnéenne De Lyon*, 48 : 135-143.
- ZHURBENKO M.P. et PINO-BODAS R., 2017 - A revision of lichenicolous fungi growing on *Cladonia*, mainly from the Northern Hemisphere, with a worldwide key to the known species. *Opuscula Philolichenum*, 16 : 188-2

ANNEXES

Annexe I : Bordereau utilisé pour les bryophytes

Annexe II : Bordereau utilisé pour les lichens

Annexe III : Extrait des données brutes saisies pour un relevé

Annexe IV : Extrait du tableau des relevés globaux avant leur tri manuel

Annexe V : Tableau phytosociologique diagonalisé pour les dunes calcaires

Annexe VI : Tableau phytosociologique diagonalisé pour les dunes neutres à acides

Annexe VII : Informations complémentaires des relevés phytosociologiques présentés

Annexe VIII : Liste des bryophytes inventoriées

Annexe IX : Liste des lichens inventoriés

Annexe X : Liste des champignons lichénicoles inventoriés

Annexe I : Bordereau utilisé pour les bryophytes

BORDEREAU D'INVENTAIRE DES MOUSSES DES DUNES GRISES
Région Nouvelle-Aquitaine (fleurs massifs central et pyrénéen)

Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique
Domaine de Chèze - 33950 AULNAY - Tél. 05 57 78 18 07 - Courriel : contact@cbnsa.fr

SUD-ATLANTIQUE

IDENTIFIANTS SOURCE

Nom / Organisme : **Émile BERNARD (CBNSA)**
Thomas BEUDIN (CBNSA)

Programme : **NA_N2000_DUNES_2021-2022**

IDENTIFIANTS RELEVÉ

Date : / 03 / 2022

Numéro (PNOX) :

Identifiant transect :

Relié(e) sur transect : Oui Non

N° OBV relevé phyt. :

Temps passé :

Numéro(s) photo(s) :

LOCALISATION

Coordonnées GPS du relevé : Précision (m) : Code pointage :

N W

Département : Commune : Lieu-dit :

Précisions géographiques :

DESCRIPTION DU RELEVÉ

Description du milieu :

Syntaxon vasculaire :

Commentaires :

Pente (moyenne) :

Exposition (moyenne) :

Strate herbacée : Cortège vasculaire : Recouv. bryolichénique :

Recouvrement : % Str. arborescente et arborée :

H. moyenne : cm Ombage : Lumière Mousses : %

M.-ombre Lichens : %

Ombre Sol nu : %

CARACTÉRISTIQUES DU SUBSTRAT

Texture (numérotée) : Sablieux Limoneux Argileux

Humidité : Sec Humide Engorgé

Acidité : Acide Neutre Calcaire

Débris coquilles grossiers : Absents Peu abondants Abondants

Bois mort et débris végétaux : Absents Peu abondants Abondants

Présence de champignons : Non Oui :

Commentaires :

SUIVI BOD (format répétable)

Date	Auteur	Commentaires	Ré
<input type="checkbox"/> Numéroté / /	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Saisie / /	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Validé / /	<input type="checkbox"/>

ORGANISATION DES SOUS-QUADRATS

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7

AUTRES TAXONS RELEVÉS AUTOUR DU RELEVÉ (dans le même syntaxon au sol - facultatif)

N°	Taxons	N°	Taxons
1	8	.....
2	9	.....
3	10	.....
4	11	.....
5	12	.....
6	13	.....

AUTRES TAXONS RELEVÉS AUTOUR DU RELEVÉ (substrat différent - facultatif)

N°	Taxons	N°	Taxons
1	8	.....
2	9	.....
3	10	.....
4	11	.....
5	12	.....
6	13	.....

AUTRES TAXONS RELEVÉS À PROXIMITÉ (facultatif)

Pontage GPS :

N°	Taxons	N°	Taxons
1	14	.....
2	15	.....
3	16	.....
4	17	.....
5	18	.....
6	19	.....
7	20	.....
8	21	.....
9	22	.....
10	23	.....
11	24	.....
12	25	.....

Annexe II : Bordereau utilisé pour les lichens

BORDEREAU D'INVENTAIRE DES LICHENS DES DUNES GRISES
 Région Nouvelle-Aquitaine (fleurs massifs central et pyrénéen)

Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique
 Domaine de Gèrès - 33889 AULNAY - Tél. 05 57 78 18 07 - Courriel : contact@cbnsa.fr

IDENTIFIANTS SOURCE

Nom / Organisme : **Émile BERNARD (CBNSA)**
Thomas SEUDIN (CBNSA)

Programme : **NA_N2000_DUNES_2021-2022**

IDENTIFIANTS RELEVÉ

Date : / 03 / 2022

Numéro (PNO0X) :

Identifiant transect :

Relié(e) sur transect : Oui Non

N° OBV relevé phyto :

Temps passé :

Numéro(s) photo(s) :

LOCALISATION

Coordonnées GPS du relevé : Précision (m) : Code pointage :

N W

Département : Commune : Lieu-dit :

Précisions géographiques :

DESCRIPTION DU RELEVÉ

Description du milieu :

Syntaxon vasculaire :

Pente (mesurée) :

Exposition (mesurée) :

Strate herbacée :

Recouvrement : %

H. moyenne : cm

Cortège vasculaire :

Str. arborescente et arborée :

Recouv. bryolichénique :

Ombage : Lumière

Mi-ombre

Ombre

Mousses : %

Lichens : %

Sol nu : %

CARACTÉRISTIQUES DU SUBSTRAT

Texture (numérotée) : Sablieux Limoneux Argileux

Humidité : Sec Humide Engorgé

Acidité : Acide Neutre Calcaire

Débris coquilles grossiers : Absents Peu abondants Abondants

Bois mort et débris végétaux : Absents Peu abondants Abondants

Présence de champignons : Non Oui

Commentaires :

SUIVI BDD (changer de page chaque fois)

Numérique	Date	Auteur	Commentaires	Pl.
<input type="checkbox"/> / /	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> / /	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> / /	<input type="checkbox"/>

ORGANISATION DES SOUS-QUADRATS

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7

AUTRES TAXONS RELEVÉS AUTOUR DU RELEVÉ (dans le même syntaxon au sol - facultatif)

N°	Taxons	N°	Taxons
1	8	.....
2	9	.....
3	10	.....
4	11	.....
5	12	.....
6	13	.....

AUTRES TAXONS RELEVÉS AUTOUR DU RELEVÉ (substrat différent - facultatif)

N°	Taxons	N°	Taxons
1	14	.....
2	15	.....
3	16	.....
4	17	.....
5	18	.....
6	19	.....
7	20	.....
8	21	.....
9	22	.....
10	23	.....
11	24	.....
12	25	.....

AUTRES TAXONS RELEVÉS À PROXIMITÉ (facultatif)

Pointage GPS :

N°	Taxons	N°	Taxons
1	14	.....
2	15	.....
3	16	.....
4	17	.....
5	18	.....
6	19	.....
7	20	.....
8	21	.....
9	22	.....
10	23	.....
11	24	.....
12	25	.....

Annexe III : Extrait des données brutes saisies pour un relevé

Code pointage	776	776	776	776	776	776	776	776	776	776	776
Sous quadrat	B2	B4	B6	D2	D4	D6	F2	F4	F6	Autres	Global
Observateurs	Émilie BERNARÉ										
Programme	NA_N200_DUN										
Date	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021	05/10/2021
Relevé effectué sur un transect (O/N)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Identifiant du transect	G42	G42	G42	G42	G42	G42	G42	G42	G42	G42	G42
Département	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Commune	LÈGE-CAP-FERR										
Lieu-dit	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret	Cap-Ferret
X											
Y											
Description du milieu	Dune fixée asse										
Syntaxons vasculaire	Micropyro tene										
Pente (°)	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6	1-6
Exposition	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Recouvrement strate herbacée (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Hauteur moyenne strate herbacée (cm)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ombrage	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière
Recouvrement bryophytes (%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Recouvrement lichens (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Recouvrement sol nu (%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Texture du substrat	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux	Sableux
Humidité du substrat	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec
Acidité du substrat											
Débris coquillés grossiers	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents
Bois mort et débris végétaux	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants	Abondants
Présence de champignons (basidiomycètes) (O/N)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
État de conservation	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Commentaires EDC	Présence de Yu										
Taxons (Roux et coll. 2020 + Roux et coll. 2021 + Roux et coll. 2022 pour les lichens)											
Agonimia vouauxii											
Bachmanniomyces punctum											
Barbula convoluta											
Barbula unguiculata											
Blennothallia crispa var. crispa											
Brachythecium albicans										x	0
Brachythecium cf. rutabulum											
Bryum bornholmense											
Bryum caespiticium	x										1
Bryum capillare											
Bryum cf. bornholmense											
Bryum cf. caespiticium											
Bryum cf. capillare			x			x			x	x	4
Bryum cf. compactum											
Bryum cf. radiculosum											
Bryum compactum											
Bryum compactum var. rutheanum											
Bryum dichotomum (= dunense)											
Bryum gr. caespiticium											
Bryum gr. capillare											
Bryum gr. rubens (= Ptychostomum)											
Bryum gr. torquescens											
Bryum sect. erythrospERMUM (Imbricobryum subapiculatum)											
Bryum sp.											
Bryum subapiculatum											
Bryum torquescens											
Campyladelphus chrysophyllus											
Campylopus flexuosus											
Campylopus introflexus											
Cephaloziella cf. divaricata											
Cephaloziella cf. rubella											
Cephaloziella divaricata											
Cephaloziella divaricata var. scabra											
Ceratodon gr. purpureus			x								1
Ceratodon purpureus											
Cetraria aculeata écomorpho. aculeata											
cf. Rhynchostegium sp.											
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 002											
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 805											
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 812 à périthèces en becs											
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 812 en têtes d'épingles											
Cladonia arbuscula chémo. squarrosa											
Cladonia ciliata f. ciliata											
Cladonia ciliata f. flavicans											
Cladonia floerkeana var. floerkeana											
Cladonia foliacea subsp. endiviifolia											
Cladonia foliacea subsp. foliacea	x										1
Cladonia furcata subsp. furcata morpho. corymbosa											
Cladonia furcata subsp. furcata morpho. furcata											
Cladonia furcata subsp. subrangiformis chémo. P+ jaune										x	0
Cladonia furcata subsp. subrangiformis chémo. P+ rouge											
Cladonia glauca morpho. glauca											
Cladonia humilis s.s.											
Cladonia humilis s.s.										x	0
Cladonia macilenta chémomorpho. macilenta											
Cladonia mediterranea											
Cladonia mitis chémo. mitis											
Cladonia portentosa morpho. portentosa											
Cladonia pyxidata											
Cladonia ramulosa											
Cladonia rangiformis morpho. pungens	x		x		x				x		4

Annexe IV : Extrait du tableau des relevés globaux avant leur tri manuel

Code pointage	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	
Agonimia vouauxii				9										6	2								
Bachmanniomyces punctum									0			2											
Barbula convoluta																							
Barbula unguiculata																							
Blennothallia crispa var. crispa																							
Brachythecium albicans	0			9																			
Brachythecium cf. rutabulum																							
Brachythecium gr. rutabulum																							
Bryum bornholmense						5																	
Bryum caespiticium	1										1												
Bryum capillare									5														
Bryum cf. bornholmense																		4					
Bryum cf. caespiticium																							
Bryum cf. capillare	4																						
Bryum cf. compactum																							
Bryum cf. radiculosum																							
Bryum compactum																							
Bryum compactum var. rutheanum																						9	
Bryum dichotomum (= dunense)						2																	
Bryum gr. caespiticium																							
Bryum gr. capillare			1																				2
Bryum gr. rubens (= Ptychostomum)								1															
Bryum gr. torquescens																							
Bryum sect. erythrospermum (Imbribryum subapiculatum)																							0
Bryum sp.							1			1					1								
Bryum subapiculatum																							
Bryum torquescens																							
Campyliadelphus chrysophyllus														3									
Campylopus flexuosus																							
Campylopus introflexus			9				6	1		0					1						9	2	9
Cephaloziella cf. divaricata							6											8				1	
Cephaloziella cf. rubella																							
Cephaloziella divaricata				2							1			7									
Cephaloziella divaricata var. scabra																							
Ceratodon gr. purpureus																							
Ceratodon purpureus	1		1	0	3	0	6				1			8	9			4	1			9	
Cetraria aculeata écomorpho. aculeata					2	1		0	1		2							0				0	
cf. Rhynchostegium sp.									0														
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 002																							
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 805																							
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 812 à périthèces en becs																							
Champignon lichénicole indéterminé du relevé 812 en têtes d'épingles																							
Cladonia arbuscula chémo. squarrosa								3	0			3									3		
Cladonia ciliata f. ciliata							1		1														
Cladonia ciliata f. flavicans			1			2				6	1		7								4		
Cladonia floerkeana var. floerkeana																							
Cladonia foliacea subsp. endiviifolia																							
Cladonia foliacea subsp. foliacea	1	4	4		9	9	2	5	4		6	2	0					5		1		9	
Cladonia furcata subsp. furcata morpho. corymbosa																							2
Cladonia furcata subsp. furcata morpho. furcata	0	1	4		4	1	1	6	3		4	9	2							2	4	2	5

Taxons de dunes littorales calcaires (<i>Tortellion flavovirentis</i>) et unités supérieures	
<i>Syntrichia ruraliformis</i>	7 9 6 9 9 9 9 7 7 1 7 4 9 3 8 9 9 8 8 9 8 8 9 8 1 5 6 9 8 9 7 3 1 1 1 9 6 2 4 8 0
<i>Tortella squarrosa</i>	3 3 9 2 4 9 8 1 9 8 9 2 9 1 2 2 8 2 7 1 9 9 9 9 9 9 8 9 8 7 9 3
<i>Syntrichia ruralis</i>	5
<i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>subrangiformis</i> (P+ rouge + P+ jaune*)	6 9 3* 3 0* 8* 9* 4 6 3 5 9*
<i>Ceratodon purpureus</i>	9 8 6 2 7 8 6* 4 3 0 5 9 1 5 1
<i>Cladonia humilis</i> s.s.	4 7 0 0 9 2 0 0 1 2
<i>Ptychostomum capillare</i> (+ cf.* + gr.**)	8* 5 9 5** 6 6** 2 1** 3 2** 7** 5 3** 1** 4* 1** 3* 4
<i>Bryum</i> sp. s.l.	0 1 2 1 3 1 2 1
<i>Diploschistes muscorum</i>	0 3
Compagnes	
<i>Peltigera praetextata</i>	2 3 1 2 0
<i>Scytinium tenuissimum</i>	2 2 1
<i>Cladonia ramulosa</i>	0 1 1
<i>Peltigera canina</i>	6 2
<i>Homalothecium lutescens</i>	9 2
<i>Campylopus introflexus</i>	3 1
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	1 4
<i>Epicladonia sandstedei</i>	2 1
<i>Brachythecium</i> cf. <i>rutabulum</i>	2
<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i>	3
<i>Parmotrema perlatum</i>	0
<i>Scytinium</i> sp.	4
<i>Lichenocodium pyxidatae</i>	2
<i>Cladonia subulata</i> morpho. <i>subulata</i>	0
<i>Trichostomum brachydontium</i>	2
<i>Flavoparmelia caperata</i>	2
<i>Parmotrema reticulatum</i>	0
<i>Cetraria aculeata</i> morpho. <i>aculeata</i>	1
<i>Cladonia mediterranea</i>	5
<i>Ptychostomum</i> gr. <i>rubens</i>	1
<i>Cladonia ciliata</i> f. <i>flavicans</i>	0

Annexe VI : Tableau phytosociologique diagonalisé pour les dunes neutres à acides

Classe	<i>Ceratodonto purpurei-Polytrichetea piliferi</i>																											
Alliance	<i>Cladonion arbusculae</i>																											
Groupement / Association	<i>Cladonietum alcornis</i>																											
Variante	Variante à <i>Ceratodon purpureus</i>								Relevés intermédiaires entre les deux variations								Variante à <i>Cladonia portentosa</i> et <i>Dicranum scoparium</i>								Groupement à <i>Racomitrium elongatum</i> et <i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>			
Code pointage	856	844	797	799	855	781	786	827	780	796	831	828	788	785	846	787	783	858	832	782	842	792	793	841	837	822	840	777
Syntaxons vasculaire	Pinède monospécifique	<i>Micropyro tenelli</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>	<i>Micropyro tenelli</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>	<i>Cisto salvifolii</i> - <i>Ericia cinerea</i>	<i>Erica scopariae</i> – <i>Sarothamnetum scoparii</i>	<i>Erica scopariae</i> – <i>Sarothamnetum scoparii</i>	<i>Erica scopariae</i> – <i>Sarothamnetum scoparii</i>	<i>Micropyro tenelli</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>	<i>Erica scopariae</i> – <i>Sarothamnetum scoparii</i>	<i>Micropyro tenelli</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>	<i>Micropyro tenelli</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>	<i>Erica scopariae</i> – <i>Sarothamnetum scoparii</i>	<i>Ulici europaei</i> - <i>Cytision striati</i>	<i>Arbuto unedonis</i> – <i>Quercetum roboris</i>	<i>Festuco vasconensis</i> – <i>Cistetum salvifolii</i>	<i>Artemisia lloydii</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>	<i>Thymo drucei</i> – <i>Corynephorum</i>	<i>Festuco vasconensis</i> – <i>Ericetum cinerea</i>	<i>Thymo drucei</i> – <i>Corynephorum</i>	<i>Thymo drucei</i> – <i>Corynephorum</i>	<i>Micropyro tenelli</i> – <i>Helichnysetum stoechadis</i>							
Pente (°)	6-27	<1	<1	<1	6-27	<1	<1	<1	2-6	1-6	<1	<1	<1	6-27	<1	1-6	1-6	<1	<1	6-27	<1	<1	<1	<1	<1	1-6	1-6	6-27
Exposition	E	-	-	-	NE	-	-	-	O	NO	-	-	-	NE	-	NE	O	-	-	NO	-	-	-	-	-	O	S	NE
Recouvrement strate herbacée (%)	1	10	12	8	5	15	7	7	25	0	1	2	0	10	25	1	13	2	1	0	25	4	1	10	2	8	15	2
Hauteur moyenne strate herbacée (cm)	1	1	2,5	4	1	3	1,5	2	2,5	0	2	2	0	1,5	1	3	3,5	10	1	0	3	5	2		1,5	1	1	2
Ombrage	Mi-ombre	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Mi-ombre	Mi-ombre	Mi-ombre	Ombre	Lumière	Mi-ombre	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Mi-ombre	Mi-ombre	Lumière	Mi-ombre	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière	Lumière
Recouvrement bryophytes (%)	15	5	40	4	70	2	1	15	1	10	39	48	60	70	30	59	10	70	64	80	40	40	50	30	57	20	45	63
Recouvrement lichens (%)	44	70	40	83	20	83	80	68	72	75	50	50	40	20	45	40	77	28	35	20	35	50	49	60	40	72	40	35
Recouvrement sol nu (%)	40	15	8	5	5	0	12	10	2	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0
Variante à <i>Ceratodon purpureus</i> (taxon acidiphile de dunes grises jeunes) <i>Ceratodon purpureus</i>	2 2 9 7 9 0 1 1 3																6 4											
Variante à <i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i> et <i>Cladonia portentosa</i> (taxons acidiphiles de dunes grises âgées) <i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i> <i>Hypnum jutlandicum</i> (+ cf. *) <i>Cladonia portentosa</i> morpho. <i>portentosa</i> <i>Dicranum scoparium</i> <i>Cephaloziella divaricata</i> (+ cf. *) <i>Polytrichum piliferum</i>	0 0 0 1 9 9 8 6 7 5 0 9 9 3								0 1 9 9 8 6 7 5 0 9 9 1* 1 3 1 3 1 9 9 2 6 9 3 9 7 1 9 9 2 3 6 9 3 9 7 1 1* 7 1 6 1 8 1 8								3											
<i>Cladonietum alcornis</i> (taxons acidiphiles indifférents à l'âge de la dune) <i>Cladonia mediterranea</i> <i>Bryum</i> sect. <i>erythrocarpa</i> (<i>Imbribryum subapiculatum</i>) <i>Imbribryum subapiculatum</i> <i>Ptychostomum bornholmense</i> (+ cf. *)	1								1								2 0 0 4*											

Groupement à <i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i> et <i>Racomitrium elongatum</i> (taxons calcicoles à acidiclinales)																										
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i> (+ cf.*)	8*	6	9	3	2	9	9*	9	9	8	9															
<i>Tortella squarrosa</i>										3	1															
<i>Scytinium intermedium</i>										1																
<i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>subrangiformis</i> chémo. P+ jaune												1														
<i>Tortella flavovirens</i>																					0					
Taxons de dunes acides à calciclinales âgées indifférents à l'acidité																										
<i>Polytrichum juniperinum</i>	2	1	6	1	4	6	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9	7	4								
<i>Cladonia ciliata</i> (f. <i>ciliata</i> * + f. <i>flavicans</i>)				1	9	7	6			8	5	1*	2	4	4	7		6								
<i>Racomitrium elongatum</i>				5	9	4						9		9	6	5	1									
<i>Bachmanniomyces punctum</i>								2		5	4	2		2	2	0		5								
<i>Cladonia arbuscula</i> (chémo. <i>squarrosa</i> + chémo. <i>arbuscula</i>)									3	3	2			3		0										
Taxons de dunes acides à neutres (<i>Cladonia arbusculae</i>) et unités supérieures																										
<i>Cladonia rangiformis</i> morpho. <i>rangiformis</i>	8	9	8	4	8	9	9	9	8	7	3	9	9	8	2	1	5	7	7	7	9	9	8	7	7	
<i>Cladonia furcata</i> subsp. <i>furcata</i> (morpho. <i>furcata</i> + morpho. <i>corymbosa</i> *)	1	9	5		1	1	4	8	4	2	8	9	4*	9	9	6	6	9	1	4		8	5	4*	3	1
<i>Cladonia foliacea</i> subsp. <i>foliacea</i>	9	6	9	9	4	9	6	8	9		4	4	0	2	5	5	2	2			5	6	2		4	
<i>Cetraria aculeata</i> morpho. <i>aculeata</i>	8	0			1	2	3	2	0		1				0	5					0	2		0		
<i>Cladonia pyxidata</i>	1		4		0									3						4					3	
<i>Cladonia ramulosa</i>	1	4	5								0			1							2				5	
<i>Ptychostomum capillare</i> * (+gr.)	1		2						1					8*									1			
<i>Cladonia humilis</i> s.s.			1	3													0				3			0	3	
<i>Cladonia glauca</i> morpho. <i>glauca</i>	3														1						1					
<i>Heterocephalacria bachmannii</i>	0	8							2												2	2			2	
<i>Cladonia uncialis</i> subsp. <i>biuncialis</i>														8												
<i>Cladonia subulata</i> morpho. <i>subulata</i>																					2					
Compagnes																										
<i>Campylopus introflexus</i>	8		9	2						2	1	7		0	9		1	9	9	6	9		3		1	
<i>Lichenocodium pyxidatae</i>		2															4							0	1	
<i>Didymocyrtis grumantiana</i>																		0	0				9			
<i>Roselliniella cladoniae</i>		9																				1		2		
<i>Ptychostomum imbricatum</i>						1									0											
<i>Bryum</i> sp. s.l.															1								1			
<i>Ptychostomum torquescens</i> (+ gr.*)																2*									7	
<i>Campylopus flexuosus</i>	3																									
<i>Pseudocercospora lichenum</i>		8																								
<i>Epicladonia sandstedei</i>		5																								
<i>Bryum dichotomum</i> (= <i>dunense</i>)								2																		
<i>Didymocyrtis cladoniicola</i>												1														
<i>Flavoparmelia caperata</i>																	1									
<i>Peltigera hymenina</i>																		2								
<i>Bryum</i> gr. <i>rubens</i> (= <i>Ptychostomum</i>)																								1		
<i>Micarea kemmleri</i>																								1		
<i>Talpapellis beschiana</i>																								1		
<i>Peltigera membranacea</i>																									0	
<i>Graphium aphthosae</i>																								1		
<i>Peltigera canina</i>																									3	
<i>Oxyrrhynchium</i> sp.																									1	
<i>Pseudoscleropodium purum</i>																									1	

Annexe VII : Informations complémentaires des relevés phytosociologiques présentés

Groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens*

802	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LES MATHES
803	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LES MATHES
800	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LES MATHES
806	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LA TREMBLADE
808	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	12/10/2021	SAINT-GEORGES-D'OLÉRON
818	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	13/10/2021	LE-BOIS-PLAGE-EN-RÉ
816	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	13/10/2021	ARS-EN-RÉ
789	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/10/2021	LE VERDON-SUR-MER
874	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	YVES
825	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	18/10/2021	LABENNE
824	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	18/10/2021	TARNOS
819	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	13/10/2021	LE-BOIS-PLAGE-EN-RÉ
829	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	19/10/2021	SAINT-JULIEN-EN-BORN
870	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	CHÂTELAILLON-PLAGE
868	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	CHÂTELAILLON-PLAGE
872	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	YVES
873	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	YVES
820	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	13/10/2021	LE-BOIS-PLAGE-EN-RÉ
871	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	CHÂTELAILLON-PLAGE

826	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	18/10/2021	LABENNE
834	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	20/10/2021	SOUSTONS
801	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LES MATHES
779	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	05/10/2021	LÈGE-CAP-FERRET
866	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	AYTRÉ
835	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	20/10/2021	SOUSTONS

Relevés intermédiaires entre le Groupement à *Agonimia vouauxii* et *Tortella flavovirens* et le Groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*

790	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/10/2021	LE VERDON-SUR-MER
810	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	12/10/2021	SAINT-GEORGES-D'OLÉRON
814	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	12/10/2021	SAINT-TROJAN-LES-BAINS
864	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	10/03/2022	SAINT-GEORGES-D'OLÉRON
909	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	12/10/2021	SAINT-GEORGES-D'OLÉRON
001	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	10/03/2022	SAINT-TROJAN-LES-BAINS

Groupement à *Cladonia rangiformis* et *Tortella squarrosa*

776	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	05/10/2021	LÈGE-CAP-FERRET
821	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	13/10/2021	LE-BOIS-PLAGE-EN-RÉ
002	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	10/03/2022	SAINT-TROJAN-LES-BAINS
875	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/03/2022	YVES
812	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	12/10/2021	SAINT-TROJAN-LES-BAINS
836	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	20/10/2021	MOLIETS-ET-MAA
805	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LES MATHES

804	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LES MATHES
807	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	11/10/2021	LA TREMBLADE
838	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	20/10/2021	MOLIETS-ET-MAA
815	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	13/10/2021	ARS-EN-RÉ
811	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	12/10/2021	SAINT-GEORGES-D'OLÉRON

Groupement à *Racomitrium elongatum* et *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*

793	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/10/2021	MONTALIVET
841	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/03/2022	MOLIETS-ET-MAA
837	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	20/10/2021	MOLIETS-ET-MAA
822	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	18/10/2021	TARNOS
840	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/03/2022	MOLIETS-ET-MAA
777	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	05/10/2021	LÈGE-CAP-FERRET

Cladonietum alcornis* variante à *Ceratodon purpureus

856	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	09/03/2022	LE PORGE
844	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	08/03/2022	BISCAROSSE
797	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	08/10/2021	LA TESTE-DE-BUCH
799	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	08/10/2021	LA TESTE-DE-BUCH
855	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	09/03/2022	LE PORGE

Relevés intermédiaires entre le *Cladonietum alcornis* variante à *Ceratodon purpureus* et le *Cladonietum alcornis* variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium*

781	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	05/10/2021	LÈGE-CAP-FERRET
786	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	06/10/2021	HOURTIN

827	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	19/10/2021	LIT-ET-MIXE
780	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	05/10/2021	LÈGE-CAP-FERRET

Cladonietum alcornis* variante à *Cladonia portentosa* et *Dicranum scoparium

796	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	08/10/2021	LA TESTE-DE-BUCH
831	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	19/10/2021	SAINT-JULIEN-EN-BORN
828	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	19/10/2021	LIT-ET-MIXE
788	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	06/10/2021	HOURTIN
785	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	06/10/2021	HOURTIN
846	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	08/03/2022	BISCAROSSE
787	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	06/10/2021	HOURTIN
783	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	06/10/2021	NAUJAC-SUR-MER
858	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	09/03/2022	LE PORGE
832	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	19/10/2021	SAINT-JULIEN-EN-BORN
782	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	05/10/2021	LÈGE-CAP-FERRET
842	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/03/2022	MOLIETS-ET-MAA
792	Émilie BERNARD (CBNSA), Thomas BEUDIN (CBNSA)	07/10/2021	LE VERDON-SUR-MER

Annexe VIII : Liste des bryophytes inventoriées

Barbula unguiculata Hedw.
Brachythecium albicans (Hedw.) Schimp.
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.
Bryum dichotomum Hedw.
Bryum cf. *radiculosum* Brid.
Campyliadelphus chrysophyllus (Brid.) R.S.Chopra
Campylopus flexuosus (Hedw.) Brid.
Campylopus introflexus (Hedw.) Brid.
Cephaloziella cf. *rubella* (Nees) Warnst.
Cephaloziella divaricata var. *divaricata* (Sm.) Schiffn.
Cephaloziella divaricata var. *scabra* (M.Howe) Haynes
Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid.
Dicranum scoparium Hedw.
Didymodon acutus (Brid.) K.Saito
Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst.
Funaria hygrometrica Hedw.
Homalothecium lutescens (Hedw.) H.Rob.
Hypnum cupressiforme var. *cupressiforme* Hedw.
Hypnum cupressiforme var. *lacunosum* Brid.
Hypnum jutlandicum Holmen et E.Warncke
Imbribryum alpinum (Huds. ex With.) N.Pedersen
Imbribryum subapiculatum (Hampe) D.Bell et Holyoak
Oxyrrhynchium (Schimp.) Warnst.
Polytrichum juniperinum Hedw.
Polytrichum piliferum Hedw.
Pseudocrossidium hornschurchianum (Schultz) R.H.Zander
Pseudoscleropodium purum (Hedw.) M.Fleisch.
Ptychostomum bornholmense (Wink. et R.Ruthe) Holyoak et N.Pedersen
Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak et N.Pedersen
Ptychostomum compactum var. *rutheanum* (Warnst.) Holyoak et N.Pedersen
Ptychostomum imbricatulum (Müll.Hal.) Holyoak et N.Pedersen
Ptychostomum torquescens (Bruch et Schimp.) Ros et Mazimpaka
Racomitrium elongatum Ehrh. ex Frisvoll
Rhynchostegium megapolitanum (Blandow ex F.Weber et D.Mohr) Schimp.
Streblotrichum convolutum (Hedw.) P.Beauv.
Syntrichia ruraliformis (Besch.) Mans.
Syntrichia ruralis (Hedw.) F.Weber et D.Mohr
Tortella flavovirens (Bruch) Broth.
Tortella squarrosa (Brid.) Limpr.
Trichostomum brachydontium Bruch

Annexe IX : Liste des lichens inventoriés

Agonimia vouauxii (B. de Lesd.) M. Brand et Diederich
Blennothallia crispa (Huds.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin var. *crispa*
Cetraria aculeata (Schreb.) Fr. morpho. *aculeata*
Cladonia arbuscula (Wallr.) Flot. chémo. *squarrosa*
Cladonia ciliata Stirt. f. *ciliata*
Cladonia ciliata f. *flavicans* (Flörke) Ahti et DePriest
Cladonia floerkeana (Fr.) Flörke var. *floerkeana*
Cladonia foliacea subsp. *endiviifolia* (Dicks.) Boistel
Cladonia foliacea (Huds.) Willd. subsp. *foliacea*
Cladonia furcata (Huds.) Schrad. subsp. *furcata* morpho. *corymbosa*
Cladonia furcata (Huds.) Schrad. subsp. *furcata* morpho. *furcata*
Cladonia furcata subsp. *subrangiformis* (Sandst.) Pišút chémo. P+ jaune
Cladonia furcata subsp. *subrangiformis* (Sandst.) Pišút chémo. P+ rouge
Cladonia glauca Flörke morpho. *glauca*
Cladonia humilis (With.) J. R. Laundon s. s.
Cladonia macilenta Hoffm. chémo. morpho. *macilenta*
Cladonia mediterranea P. A. Duvign. et Abbayes
Cladonia mitis Sandst. chémo. *mitis*
Cladonia portentosa (Dufour) Coem. morpho. *portentosa*
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm
Cladonia ramulosa (With.) J. R. Laundon
Cladonia rangiformis Hoffm. morpho. *pungens*
Cladonia rangiformis Hoffm. morpho. *rangiformis*
Cladonia squamosa Hoffm. var. *squamosa*
Cladonia subulata (L.) F. H. Wigg. morpho. *subulata*
Cladonia uncialis subsp. *biuncialis* (Hoffm.) M. Choisy
Diploschistes muscorum (Scop.) R. Sant.
Enchylium tenax var. *corallinum* (A. Massal.) Cl. Roux
Enchylium tenax (Sw.) Gray var. *tenax*
Flavoparmelia caperata (L.) Hale
Parmotrema perlatum (Huds.) M. Choisy
Parmotrema reticulatum (Taylor) M. Choisy
Peltigera canina (L.) Willd.
Peltigera hymenina (Ach.) Delise
Peltigera membranacea (Ach.) Nyl.
Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf
Scytinium intermedium (Arnold) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin
Scytinium pulvinatum (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin
Scytinium schraderi (Bernh.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin
Scytinium tenuissimum (Dicks.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin

Annexe X : Liste des champignons lichénicoles inventoriés

- Bachmanniomyces punctum* (A. Massal.) Diederich et Pino-Bodas
Didymellopsis pulposi (Zopf.) Grube et Hafellner
Didymocyrtis cladoniicola (Diederich, Kocourk. et Etayo) Ertz et Diederich
Didymocyrtis grumantiana (Zhub. et Diederich) Zhub. et Diederich
Epicladonia sandstedei (Zopf) D. Hawksw.
Graphium aphthosae Alstrup et D. Hawksw.
Heterocephalacria bachmannii (Diederich et M. S. Christ.) Millanes et Wedin
Lichenocodium pyxidatae (Houdem.) Petr. et Syd.
Merismatium heterophractum (Nyl.) Vouaux
Micarea kemmleri Brackel
Niesslia cladoniicola D. Hawksw. et W. Gams
Pronectria diplococca Kocourk., Khodos., Naumovich, Vondrák et Motiej.
Pseudocercospora lichenum (Keissl.) D. Hawksw.
Roselliniella cladoniae (Anzi) Matzer et Hafellner
Stigmatidium aquensis (Croz. et Dughi) Cl. Roux et S. Poumarat *comb. nov. in prép.* (avec l'autorisation de C. Roux[®])
Talpapellis beschiana (Diederich) Zhub., U. Braun, Diederich et Heuchert

Les dunes grises du sud-ouest de la France, peu étudiées en ce qui concerne les bryophytes et les lichens, ont fait l'objet de prospections spécifiques en 2021 et 2022.

Après avoir étudié en détail l'aire minimale des communautés bryo-lichénosociologiques des dunes grises, 89 relevés ont été réalisés en 2 campagnes de terrain.

Ces relevés ont permis de mettre en évidence :

- 4 groupements dont 3 originaux, répartis dans 2 alliances
- 40 bryophytes
- 40 lichens
- 17 champignons lichénicoles
- De nombreuses espèces rares ou méconnues, dont 2 nouvelles pour la France

Par ailleurs, les bryophytes et les lichens ont permis d'apporter des éléments supplémentaires pour l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire des dunes grises (2130*).



**CONSERVATOIRE
BOTANIQUE NATIONAL
SUD-ATLANTIQUE**

CONTACT

Siège du CBNSA

Domaine de Certes
47 avenue de Certes
33980 AUDENGE
Téléphone : 05 57 76 18 07

POUR EN SAVOIR PLUS :

contact@cbnsa.fr
www.cbnsa.fr
www.obv-na.fr

