

Quelques aspects de la mycoflore des dunes non boisées du littoral aquitain (France); place des champignons dans le fonctionnement écodynamique des dunes littorales.



J. Guinberteau

Unité de recherches sur les champignons
MYCSA - UPR 1264/01
INRA-Bordeaux, B.P. 81
F - 33883 Villenave d'Ornon Cedex

Résumé

Après avoir situé le contexte biogéographique de l'étude, l'auteur présente une synthèse de quinze années de recherches consacrées à la connaissance de la mycoflore des dunes atlantiques de la côte Aquitaine. Cette étude tend à combler l'absence de données scientifiques sur la composante fongique des écosystèmes dunaires littoraux aquitains.

Une importante biodiversité fongique est mise en évidence dans la partie non boisée des dunes littorales. La richesse spécifique suit une distribution inégale sur l'ensemble du cordon dunaire aquitain, apparemment corrélée et calquée sur une importante césure édaphique située dans le Bas-Médoc.

Plus qu'un catalogue d'espèces inédites, rares ou critiques, cette étude révèle une forte spécialisation et adaptation trophique des espèces réunies au sein de véritables mycocoenoses spécialisées qui se succèdent selon une certaine chronologie à travers le transect dunaire (dune blanche - dune noire).

Afin de mieux connaître ces associations fongiques, l'auteur s'attache également à appréhender le fonctionnement écodynamique de ces mycocoenoses en relation avec l'évolution géomorphologique des milieux sableux éolisés. De ce fait les champignons dunaires peuvent être considérés comme de précieux auxiliaires jouant un rôle de bioindicateur : outil du suivi de l'état du milieu dunaire au même titre que la couverture végétale reflète "l'état de santé" de l'écosystème dunaire.

Summary

To introduce scientific data in a field until now slightly investigated, a synthesis of fifteen years researches about the mycoflora of atlantic sand dunes of coastal Aquitaine is given.

A great fungal biodiversity was found. The distribution of species number observed appeared to be correlated with an edaphic caesura localized in "Bas-Médoc".

This work not only reveals the existence of unknown,

uncommon, or critical species but also trophic specialization and adaptation of this species which constituted true mycocoenoses, having spatio-temporal distribution through the transversal section of the dune (white or black dunes).

For better understanding of the relationships between the observed species, the ecodynamic equilibrium between the mycocoenoses were studied in correlation with the geomorphologic evolution of the wind sand environment. Finally, fungi of dune appear to play a role of bio-indicator and therefore could be used like the vegetation to evaluate the "state of health" of the ecosystem of the dune.

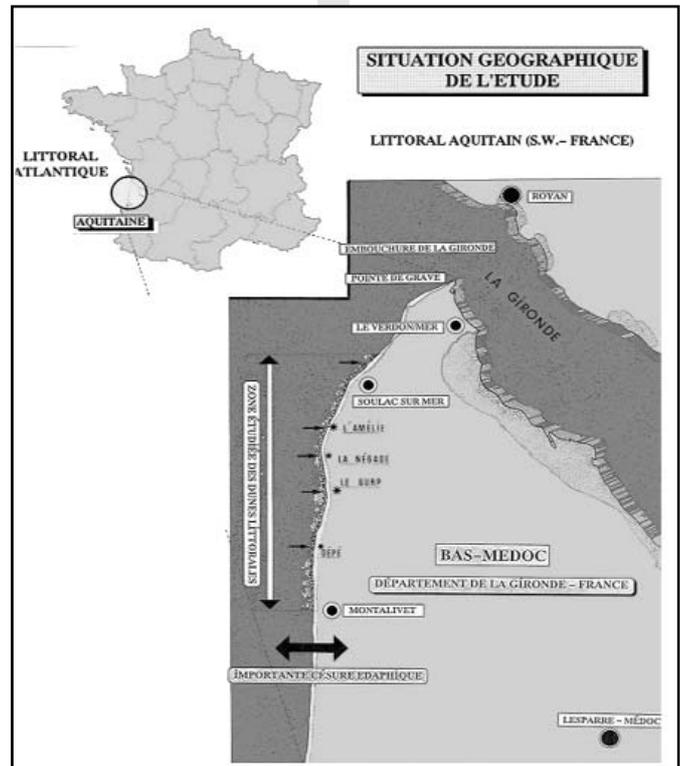
Introduction

Parmi les écosystèmes littoraux, ceux des grandes dunes bordières d'Aquitaine, montrent à l'observateur occasionnel des milieux aux conditions, à priori, particulièrement contraignantes ou hostiles à maintes formes de vie biologique. De surcroît, on peut penser hâtivement que les champignons au mode de vie hétérotrophique qui requièrent par essence même pour leurs fonctions vitales, abondance d'eau, d'humus, à l'abri d'un couvert végétal, semblent particulièrement exposés, voire évincés rapidement de tels milieux aussi rudes. En fait, la réalité est différente, et malgré les fortes contraintes physico-chimiques des milieux dunaires (aridité et chaleur extrême, mouvance et abrasion des sables éolisés, embruns et salinité, vents violents à effet desséchant...) la biodiversité fongique rencontrée sur les dunes non boisées est inattendue. Le nombre d'espèces de champignons détectés peut y être surprenant, jusqu'en situation pionnière sur le haut estran voire sur "la plage" pour utiliser un terme populaire suffisamment évocateur.

Ce fait peut expliquer que, jusqu'alors, les systèmes dunaires littoraux ont été peu ou pas explorés par les mycologues et à leur décharge il est vrai que selon les secteurs les dunes littorales peuvent être hétérogènes et

Figure 1 : Situation géographique de l'étude

La côte atlantique de l'Aquitaine est relativement inégale dans la distribution de la diversité floristique et fongique. On y observe des " hot spot " de biodiversité, qui semblent en relation complexe avec à la fois, les facteurs pédoclimatiques, biotiques, et géomorphologiques. C'est en prospectant systématiquement tout le long de la côte atlantique Aquitaine, en effectuant de multiples sondages, que nous avons pu mettre en évidence une nette coupure biogéographique se situant grosso modo au niveau de Montalivet. La richesse fongique y est nettement plus abondante et diversifiée vers le Nord - Médoc et correspond à la fois à la conjugaison de la présence d'une flore phanérogamique originale dominée par l'Ephedra, et la présence de sables coquilliers calcarifères.



synonymes parfois d'une apparente ou réelle monotonie fongique. Les sondages hebdomadaires réalisés chaque automne, depuis plus de quinze ans, nous permettent aujourd'hui de combler en partie cette absence de données sur les champignons des dunes pour le secteur biogéographique du littoral aquitain. De plus, la répartition d'une richesse fongique très inégale sur le littoral aquitain que nous avons déjà soulignée (Guinberteau 1991, Guinberteau & Courtecuisse 1993), apparemment corrélée à une importante césure édaphique située dans la partie septentrionale du cordon dunaire littoral du Bas-Médoc en Gironde (Montalivet), nous amène à présenter en priorité ces données.

Notre but est d'apporter aujourd'hui une nouvelle contribution à la connaissance de la biodiversité fongique dunaire à travers une approche taxonomique, écologique, chorologique, et sociologique des champignons psammophiles du littoral aquitain au niveau des dunes non boisées. Cette étude ne se veut pas un simple catalogue des espèces fongiques dunaires du Sud-Ouest de la France, mais plutôt une approche écodynamique des mycocoenoses dunaires en relation avec l'évolution géomorphologique des milieux sableux éolisés.

Ce travail s'inscrit dans le prolongement des travaux publiés sur ce sujet par l'auteur (Guinberteau 1991, 1993, 1995, 1996, 1997). A l'issue de cette étude à travers quelques exemples nous démontrerons que l'on peut raisonnablement envisager d'utiliser les champignons comme bio-indicateur, de l'état d'évolution

de l'édifice dunaire. Ceux-ci peuvent être un outil potentiel du suivi de l'état de santé de la dune au service du praticien ayant en charge la protection dunaire par anticipation et analyse des phénomènes.

Contexte biogéographique et pédoclimatique de l'étude : Typologie et écodynamique des dunes littorales du Bas-Médoc (Gironde)

La portion du cordon dunaire littoral étudié ici s'étend *grosso modo* de Montalivet à Soulac sur Mer, jusqu'à la pointe de Grave (Le Verdon sur Mer) (voir carte). Il s'agit des dunes bordières non boisées de la partie Nord de la Gironde au niveau de la zone du Bas-Médoc ; région soumise à d'intenses phénomènes d'érosion marine qui modifient à court terme l'évolution du trait de côte. Le recul rapide du rivage par l'action de la mer atteint ici des systèmes dunaires anciens. Plusieurs sites dénommés selon les lieux dits du Nord au Sud, ont servi de repère à nos prospections. Ce sont : le Royannais, les Cantines, les Arros (au nord de Soulac sur Mer), l'Amélie, la Pointe de la Négade (au sud de Soulac sur Mer), les dunes du Gurd et Dédé (au nord de Montalivet, commune de Grayan & l'Hôpital).

Ce secteur est constitué d'un ensemble de dunes très montueuses, d'allure chaotique, voire escarpées avec de forts tucs constitués de sable éolien moyen, délimité sur sa face maritime sous forme d'une falaise vive sableuse à paléosols. Ces falaises sableuses Nord-Médocaines, de Montalivet à Soulac sur Mer, notamment à la pointe de la Négade présentent à leur base des affleurements d'argile bleue compacte ou de sables

graveleux au sommet desquels se développent des alios puissants associés à un horizon ligniteux. Les sables anciens qui les surmontent présentent des paléosols podzoliques superposés plus ou moins évolués. Ces affleurements plus résistants que le sable contribuent à raidir le profil au sommet duquel les sables dunaires subactuels sont perchés (Barrère, 1988).

D'un point de vue édaphique, l'une des caractéristiques essentielles de cette portion du cordon dunaire nord-médocain réside dans sa composition à base de sables peu acides avec de fréquents placages de sables faiblement carbonatés (1% de calcaire environ) en surface ou à partir d'une certaine profondeur. De nombreuses plantes calcicoles au niveau de la dune bordière et des ourlets préforestiers signent cette présence de calcaire dans les dunes. Ce sont les orchidées calcicoles, rares par ailleurs sur la côte aquitaine, mais bien représentées sur la côte charentaise de l'autre côté de l'estuaire: *Cephalanthera longifolia*, *Ophrys sphegodes* = *O. aranifera*, *O. apifera*, *Epipactis phyllanthes*, *Platanthera chlorantha*. Au niveau de la strate arbustive, plusieurs espèces attestent également de la présence de carbonates dans les sables dunaires : le Troène (*Ligustrum vulgare*), et le Garou (*Daphne gnidium*).

Symétriquement, nous pouvons observer de place en place des îlots ou plages de décalcification très nette avec le développement notamment de la Canche blanchâtre (*Corynephorus canescens*), indicatrice d'acidification en mosaïque.

C'est également dans cette zone Nord du cordon littoral aquitain que se développent de vastes et superbes tapis à base d'*Ephedra* (*Ephedra distachya*) caractéristique des lettes ou lèdes (dune noire fixée) particulièrement favorable à la biodiversité fongique.

Il est à remarquer que la limite sud de la présence des tapis d'*Ephedra* au niveau des lettes coïncide et semble en étroite corrélation avec l'existence d'une césure édaphique située au sud de Montalivet (Gironde) au-delà de laquelle vers le sud les sables dunaires sont de nature siliceuse et acide, ce qui modifie profondément le cortège fongique jusqu'à l'embouchure de l'Adour.

Sur le plan climatologique, l'extrémité septentrionale de la côte aquitaine au niveau du Bas-Médoc, possède un climat de type aquitain à forte affinité avec celui du littoral saintongeais. Avec une pluviosité modérée, elle représente le pôle sec de la côte aquitaine (750 à 800 mm de moyenne annuelle). Il s'agit d'un climat relativement chaud avec fort risque de déficit hydrique estival qualifié de subméditerranéen (Savoie 1991).

- Vents assez forts, dominants de secteur ouest, ayant un puissant impact géomorphologique (ensablement, déflation, mitraillage et embruns).

- Fréquente succession d'étés secs (pluviosité totale inférieure à 70 mm de Juin à Août).

- Douceur des températures : 13,1°C de moyenne annuelle.

- Forte insolation avec plus de 2100 heures/an.

En résumé:

Cette portion du cordon dunaire Nord-Médocain, siège de notre étude, se caractérise :

- par une forte érosion marine se traduisant par un net recul du trait de côte avec l'absence notable de dune embryonnaire et la présence d'une falaise vive sableuse abrupte au contact du haut estran.

- par une activité intense des phénomènes d'éolisation, de déflation et de mobilité dunaire avec déstabilisation transverse de l'édifice dunaire (brèche, couloir, sifflement, caoudeyre, pourrière, etc.) ayant pour conséquence géodynamique la déstabilisation du tapis végétal avec répercussion sur la mycoflore. (voir figure 2).

- par la présence d'une végétation dunaire originale en relation avec les sables carbonatés ou coquilliers qui empreignent profondément la nature et la biodiversité de la mycoflore en prise directe avec ces deux composantes majeures.

- par un ensemble de dunes bordières plus apparentées à celui du domaine charentais qu'à celui du domaine aquitain où, d'un point de vue mycologique comme du point de vue floristique, cette zone originale du Bas-Médoc semble le pendant symétrique de la côte charentaise en parfaite continuité malgré l'estuaire de la Gironde.

Matériel et méthodes

Les relevés mycologiques sont effectués non pas sur placeaux permanents mais par prospection systématique de l'ensemble du cordon dunaire à raison d'au moins deux relevés hebdomadaires ou plus, durant la période propice à la poussée fongique : octobre, novembre jusqu'à mi décembre. Les échantillons sont photographiés *in situ*, puis récoltés et individualisés dans des boîtes compartimentées. Une fiche descriptive complète macroscopique et microscopique munie d'un numéro d'identification, accompagne chaque échantillon qui sera ensuite conservé en herbier sous forme d'exsiccatum, obtenu par séchage modéré à l'aide d'un dessiccateur de type Dörrex â. L'identification taxonomique basée sur la structure anatomique en microscopie photonique est réalisée à l'aide d'une bibliographie spécialisée, flores usuelles et monographies. Les espèces critiques, rares ou nouvelles sont envoyées pour avis consultatif auprès du laboratoire de cryptogamie de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille (Dr R. Courtecuisse), ou auprès de M. Bon à la Station d'Etudes en Baie de Somme (St Valéry sur Somme). La méthode utilisée pour décrire les communautés fongiques par mycocoenologie ascendante (Courtecuisse, 1988) consiste à noter ou à replacer chaque champignon récolté dans le contexte phanérogamique et phytosociologique (syntaxon) dans lequel il pousse. Ainsi, on a essayé de déterminer pour chaque espèce, le "profil phytosociologique préférentiel" au sein des dunes du littoral aquitain.

L'édifice dunaire : typologie et fonctionnement.

Le transect dunaire étudié ici est constitué d'une suite de faciès paysagers parallèles au rivage, qui se succèdent chronologiquement de la mer vers le continent en séquences suivantes (Fig. 2) :

1 - Le haut de plage au niveau des laisses de haute mer avec parfois pour mémoire formation d'une banquette de haut de plage totalement absente dans la dition étudiée.

2 - La Dune embryonnaire ou Dune initiale quasi inexistante dans le cas traité ici, en raison d'un système dunaire régressif par forte érosion marine avec budget sédimentaire largement négatif.

3 - La Dune blanche ou Dune mobile attaquée brutalement dans son glacis externe, sous forme d'une falaise sableuse abrupte, éolisée. Quant à son plateau dunaire en partie sommitale il est parfois réduit à d'anciens tucs, entaillés de caoudeyres, de siffle-vent ou de couloirs de déflation (*Euphorbio-Ammophiletum arenariae*).

4 - La Dune semi-fixée (parfois dénommée Dune grise) ou talus interne de la dune blanche ou talus d'équilibre, siège des abrupts d'envahissement ou pourrières très fréquents ici dans cet édifice dunaire très déstabilisé (*Festuco-Galietum arenarii*). Une des plantes caractéristiques de cette séquence à demi-fixée est l'Armoise, qui piège le sable en transit sous forme de plaques de bossellement.

5 - La Dune noire fixée ou lette grise située en partie

basse sous forme d'une vaste dépression interdunaire ou gouttière longitudinale orientée Nord - Sud, dénommée localement lette ou lède, encore bien représentée sur certains secteurs du Bas-Médoc, malgré un faciès régressif (*Artemisio-Ephedretum distachyae* dominant, et *Sileno-Helichrysetum stoechadis*).

6 - Les Ourlets & Manteaux préforestiers représentent les fourrés arbustifs de la frange forestière relativement bien présents au niveau de deux associations végétales ligneuses : *Daphno-Ligustretum vulgaris* (*Daphne gnidium* ou «Garrou» & Troëne) et le *Rubio peregrinae-Cistetum salvifolii* («Garance voyageuse» & Ciste à feuilles de Sauge)

7 - La Dune boisée à couvert de pin maritime (*Pinus pinaster*) et chêne vert (*Quercus ilex*) : *Pino-Quercetum ilicis* (non étudiée ici).

De ce transect théorique existent une foule de situations geomorphologiques caractéristiques des milieux meubles mobiles, facilement éolisés, et constitués par les sables d'origine marine. C'est ainsi que par érosion marine et éolienne, de multiples formations entaillent ou « engraisent » la dune (brèches, siffle-vent, caoudeyres, plaques de déflation, plaques de bossellement, abrupts d'envahissement et pourrières, tucs, etc.) et qui façonnent au fil du temps et des tempêtes successives, ce paysage de dunes. Ces mouvements intenses de transit sableux, aboutissent aussi à complexifier l'ordre logique des différentes parties du tran-

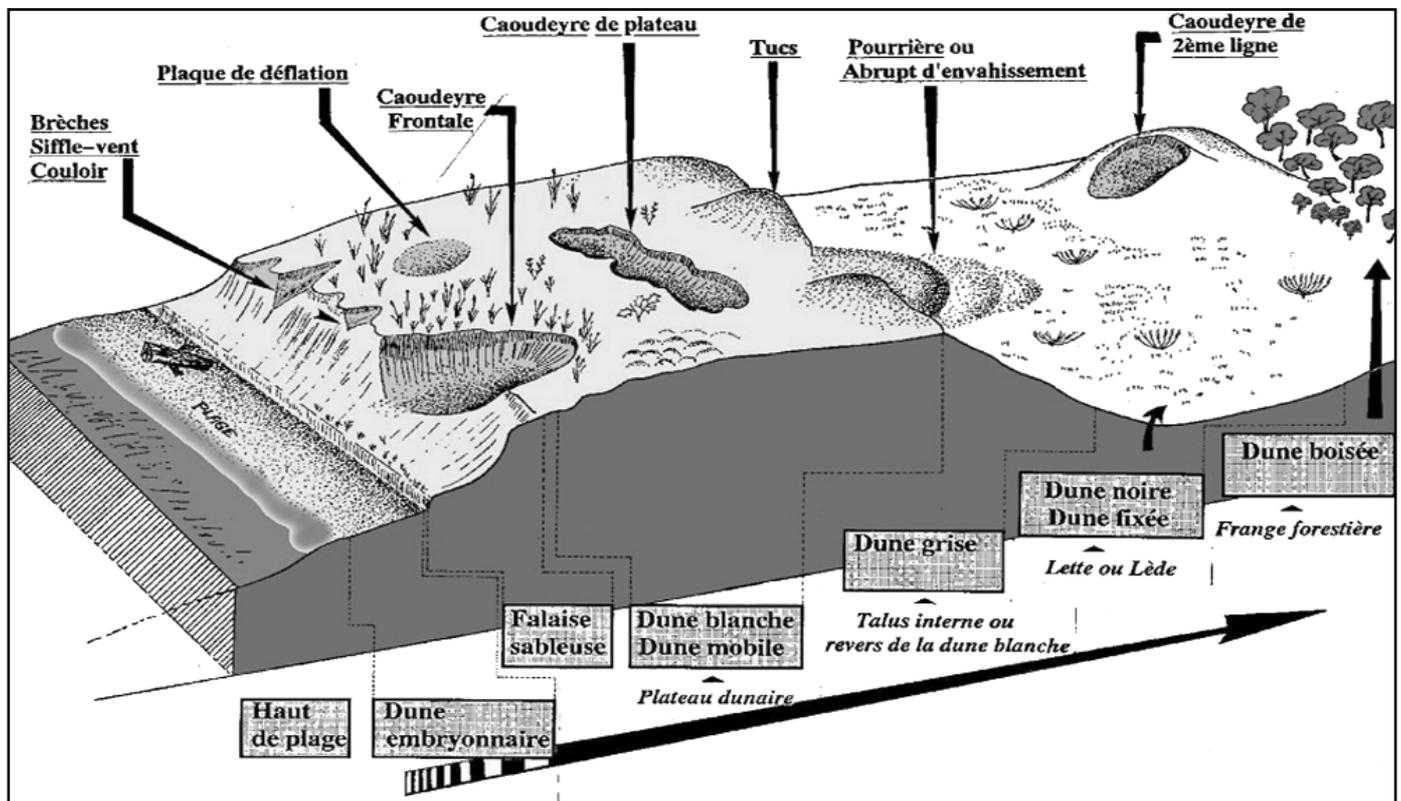


Figure 2 : Coupe schématique de l'édifice dunaire (cas du Bas-Médoc, Gironde - France)

sect dunaire. On remarquera que ces faciès sont loin d'être figés, et que des transgressions transverses viennent bousculer l'ordre des choses ou la chronologie! Ainsi il n'est pas rare de voir des lambeaux d'une ancienne dune grise en front de mer, et une dune blanche très mobile se former ou déborder très en arrière!

Spécialisation, adaptation des champignons psammophiles et répartition spatiale des types biologiques au sein du transect dunaire (Voir schéma synoptique : Fig. 3)

L'une des caractéristiques majeures des écosystèmes dunaires littoraux est la nature et l'extrême pauvreté trophique des sols sableux à base essentiellement minérale (quartz) de type oligotrophe et halophile. A priori, dans ces sols la fraction carbonée (C) peut être extrêmement réduite et limitante normalement à toute forme de vie fongique, hétérotrophe par définition. En fait, c'est la composante édaphique, support de la végétation, qui va sous-tendre toute une chronologie d'espèces fongiques spécialisées en conditions pionnières, réparties spatialement tout le long du transect dunaire : Océan ® Continent. Schématiquement, on peut observer que de la dune blanche mobile où le taux de matière organique est le plus faible (sable blanc) à la dune noire fixée nettement plus enrichie en humus et à fortiori aux fourrés forestiers, on change radicalement de types de fonctionnement biologique. D'une mycoflore saprophytique pionnière, voire lignolytique ou cellulolytique hautement spécialisée, avec adaptation mycélienne rhi-

zomorphe ou à pseudorhize (avec espèces greffées sur tiges ou chaumes d'oyat dressés ou enfouis), succède une mycoflore nettement plus humicole-fimicole voire graminicole en liaison directe et étroite avec l'enrichissement organique du milieu (strate bryo-lichenique et crottes de lapin). Cette typologie graduelle de fonctionnement biologique trouve son paroxysme avec le cortège des champignons mycorhiziens symbiotiques localisés à l'extrémité du transect dunaire, au niveau des fourrés arbustifs, manteaux préforestiers, et la dune boisée à couvert de pin maritime ou de chênes verts (stade climacique). Par analogie, on peut y observer graduellement en marge forestière face océan, une première frange ou vague d'espèces constituée par des champignons mycorhiziens pionniers (« early stage fungi ») caractéristiques des sols dunaires encore peu chargés en matière organique en conditions halophiles et sur arbre-hôte encore jeune (cas des *Hebeloma cylindrosporum* et *H. cistophilum*, *Rhizopogon*, *Telephora terrestris*). Ceux-ci vont être relayés plus à l'intérieur du massif par les mycorhiziens de stade plus tardif ou de stade adulte (« late stage fungi ») qui sont plus avides de matière organique et se réclament d'un fonctionnement photosynthétique de la plante-hôte plus efficace (ex. Amanite, Russule, etc.)

C'est ainsi que d'Ouest en Est, on peut observer progressivement un changement qualitatif et quantitatif au sein des populations de champignons de la dune blanche à la dune boisée en passant par la dune grise fixée. Les contraintes de chacun de ces milieux succes-

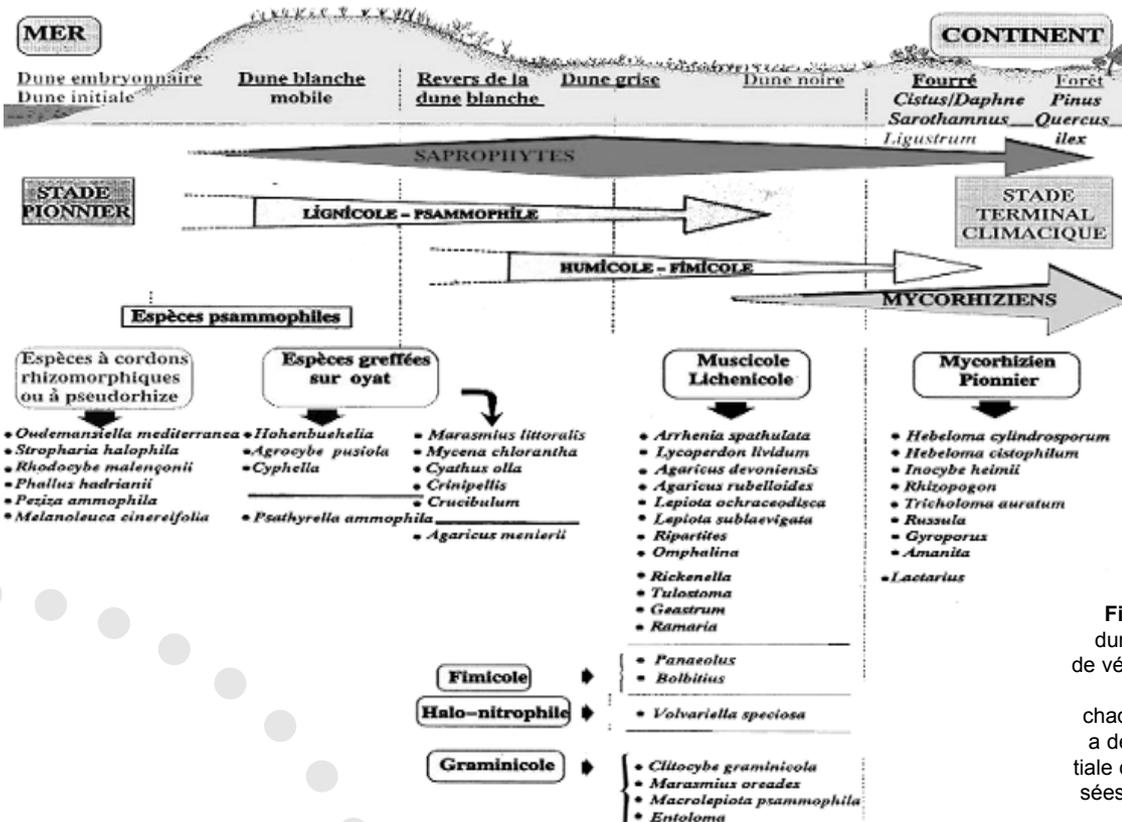


Figure 3 : A travers le transect dunaire, comme il y a des types de végétation distribués parallèlement et caractéristiques de chaque séquence de la dune, il y a de même une succession spatiale d'espèces fongiques spécialisées et adaptées à chaque partie de la dune.

sifs (salinité, ensablement, mobilité sableuse, abrasion, alimentation en eau, xéricité et thermophilie, etc.) amènent ces espèces à développer des adaptations indispensables à leur survie. Un premier gradient concerne la distribution des champignons selon leur mode de vie ou de nutrition. En l'absence d'arbres ou d'essences ligneuses sur la dune non boisée, seuls les champignons saprophytes peuvent s'y développer et s'y maintenir. Parmi cette flore fongique, on y distingue plusieurs types écologiques chez ces champignons qui ont des modes de vie et niches écologiques spécialisées et diversifiées:

- halophile ou halo-nitrophile, caractérise des espèces supportant bien les embruns et des doses massives de sodium
- lignicole psammophile, greffé sur tige ou chaume des oyats ou autres plantes.
- bryo-lichenicole ou bryotrophique vivant sur mousses.
- humicole, fimicole, coprophile, caractérise des espèces vivant sur l'humus, ou les déchets animaux, fèces, fermentescibles ou non, etc.

Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la forêt et des dunes boisées, les champignons mycorhiziens ou symbiotiques prennent le relais des précédents. Toutefois ces premiers mycorhiziens sont dits pionniers, par leur position écologique marginale par rapport à la forêt proprement dite.

Parfois cet ordre logique est bouleversé par suite d'une avancée brutale des dunes blanches mobiles. L'interpénétration ou l'intergradation des différents stades d'évolution de la dune, amène à une plus grande complexité sous forme de mosaïque de la couverture végétale. Ainsi il n'est pas rare de voir des champignons mycorhiziens fructifier carrément dans la dune blanche ou dans une avancée brutale d'une pourrière au sable nu dépourvu de toute matière organique et de tout arbre. Le cas par exemple du champignon mycorhizien du pin maritime, l'*Inocybe heimii* (*I. caesariata*) est symptomatique et signe indubitablement la présence sous-jacente d'une ancienne pinède en fin d'achèvement par ensablement. Ce n'est pas à proprement parler un mycorhizien juvénile de stade pionnier mais plutôt un mycorhizien des pins maritimes adultes qui s'exprime après ensevelissement de l'arbre-hôte.

Mycocoenoses dunaires : approche sociologique des communautés fongiques sabulicoles

Les champignons des dunes non boisées étudiés ici, ont été identifiés et replacés selon une approche zonale calquée sur les séquences géomorphologiques et en relation avec le profil de végétation du transect dunaire. Les résultats globaux sont présentés ici sous forme d'un tableau synthétique (voir figures 4 & 5).

Biodiversité fongique des dunes littorales d'Aquitaine: des espèces méconnues, rares ou nouvelles

Nous avons déjà été amenés à signaler des dunes d'Aquitaine, plusieurs espèces rares ou nouvelles pour le territoire national dans des publications précédentes (Courtecuisse & Guinberteau, 1985, Guinberteau, 1991, Guinberteau & Courtecuisse, 1993). Dernièrement, nous venons de publier comme espèce nouvelle une magnifique lépiote (coulemelle s.l.) qui n'était pas connue (*Macrolepiota psammophila** Guinb.). Sans parler d'un endémisme authentique, nous pensons que cette espèce trouve ici, dans cet écosystème dunaire original bas-médocain, son berceau d'élection (Guinberteau, 1996). Nombre d'espèces fongiques méditerranéo-atlantiques très originales et très rares ailleurs, sont également très bien représentées et hautement significatives de cette portion du littoral Aquitain :

- *Oudemansiella mediterranea* * (Pacioni & Lalli) Horak
- *Rhodocybe malençonii* * Pacioni & Lalli
- *Limacella subfurnacea* Contu
- *Stropharia halophila* * Pacioni fo. *occidentalis* Courtecuisse, Bon & Guinberteau.
- *Bolbitius variicolor* Atk.
- *Agrocybe pusiola* (Fr. : Fr.) Heim
- *Hohenbuehelia petaloides* (Bull. : Fr.) Schulzer
- *Agaricus menieri* Bon
- *Leucoagaricus subolivaceus* Migliozi & Perrone
- *Sericeomyces menieri* (Sacc.) Contu
- *Lepiota sublaevigata* Bon & Boiffard
- *Lepiota brunneolilacea* * Bon & Boiffard
- *Lepiota ochraceodisca* Bon
- *Mycena chlorantha* var *caespitosa* Courtecuisse & Guinberteau
- *Phallus hadriani* Vent : Pers.
- *Phallus arenarius* nov. sp. ad. int. Guinberteau
- *Tulostoma kotlabae* Pouzar
- *Amanitopsis mairei* Foley fo. *supravolvata* (Lanne) Rom. ex Lanne
- *Morchella spongiola* Boudier var. *dunensis*
- *Gyrophragmium dunalii* * (Fr.) Zeller 1943
- *Geastrum pseudolimbatum*

* (Voir planches croquis, pp 12 à 14)

Cette liste de champignons psammophiles rares loin d'être exhaustive, démontre à quel point cette portion dunaire du littoral médocain mériterait un statut particulier et prioritaire de protection.

A titre d'exemple, la découverte aquitaine récente d'*Oudemansiella mediterranea* dans une amphihaie du Gurg (Guinberteau, 1991) fut l'occasion de signaler cette rare espèce officiellement comme nouvelle pour la mycoflore française (Guinberteau & Courtecuisse, 1993).

C'est la seule station connue suffisamment prolifique et productive (suivie régulièrement depuis plus de dix ans) que nous ayons sur le territoire national. D'un point de vue chorologique, ces récoltes atlantiques françaises sont très intéressantes, l'espèce n'étant connue jusqu'ici que des dunes des régions plus méridionales (Italie méditerranéenne et tyrrhénienne), Sardaigne, Tunisie, Espagne.

D'autres taxons originaux issus de ces mêmes dunes sont à l'étude et justifient pleinement une stratégie de prise en compte de la biodiversité par une gestion conservatoire raisonnée des dunes littorales (Favennec, 1996).

D'autre part, nous voudrions insister sur la très grande originalité de cette mycoflore profondément typée et marquée par son caractère méditerranéo-atlantique qui trouve son berceau d'élection dans cette portion restreinte du cordon dunaire du Nord de l'Aquitaine. Cette biodiversité et grande originalité sont directement corrélées, non seulement avec la nature du micro climat et composition particulière neutrobasocline de ces dunes, mais également avec la flore et végétation dunaire qui sont très différentes de la majorité des dunes littorales du Sud Aquitaine. La présence de belles lettres colonisées et fixées par de vastes tapis d'*Ephedra* (*Ephedra distachya*), conjuguées à de belles mosaïques bryo-lichenique (du *Phleo-tortuletum*), ceinturées par des ourlets et manteaux préforestiers très riches en arbrisseaux, ou sous- arbrisseaux, comme le *Daphne gnidium* (Garou) et le troène (*Ligustrum vulgare*), contribuent favorablement à l'expression de cette mycoflore unique d'intérêt patrimonial. Paradoxalement, ces dunes très chaotiques sont aujourd'hui gravement menacées, non pas par la convoitise d'une urbanisation sauvage et galopante, mais par la pratique inconsidérée des véhicules tout terrain et moto cross, pourtant formellement interdite dans ces milieux. Les lettres subissent à l'heure actuelle de profondes incisions de la couverture végétale, au niveau des tapis d'*Ephedra* avec une forte reprise des phénomènes de déflation. L'action conjuguée d'une forte érosion éolienne et du recul important du trait de côte par érosion maritime, ajoutée à cette dégradation d'origine anthropique, font peser une grave menace à cet écosystème dunaire d'intérêt biotique et patrimonial pourtant majeur.

Rôle bioindicateur des champignons psammophiles: outil potentiel du suivi de "l'état de santé" du milieu dunaire

La dynamique d'évolution des milieux dunaires est souvent très vive et nécessite un suivi continu et attentif de la part des gestionnaires, afin de pouvoir anticiper si possible les phénomènes de grande ampleur (phases d'érosion marine et éolienne, phase d'accrétion, phénomènes de rudéralisation ou d'eutrophisation par anthropisation des dunes, surpiétinement et dévégétalisation etc.).

Afin de surveiller l'évolution des zones dunaires sensibles, les gestionnaires disposent actuellement d'outils spécialisés d'observation portant en particulier sur les évolutions du cortège floristique, de la morphologie dunaire et du déplacement du trait de côte. La cartographie, l'étude des bilans sédimentaires côtiers, les inventaires spécifiques et l'observation en continu de transects matérialisés sur le terrain, sont des outils essentiels de ce suivi.

Au sein du fonctionnement de l'écosystème dunaire, nous avons tenté de démontrer l'importance de la composante fongique et de sa biodiversité au même titre que la couverture végétale spécialisée est partie intégrante d'une dune "en bonne santé".

A l'appui de leur spécialisation, à travers le transect dunaire, selon une répartition zonale ou spatiale telle que nous l'avons vu, nous savons qu'il y existe entre végétaux et champignons, une forte interdépendance trophique quasi indissociable. Toute action destructive sur l'un ou l'autre des partenaires aura une répercussion préjudiciable automatique engendrant de profondes modifications au niveau du fonctionnement de la dune. Plusieurs types d'exemples de bio-indication due aux champignons peuvent être observés et potentiellement utilisés : symptômes d'une perturbation du milieu.

1 - Espèces indicatrices des dunes fixées régressives en voie de dévégétalisation au niveau des dunes noires à Immortelle (*Helichrysetum*). Deux espèces d'Hygrophores (*Hygrocybe aurantiolutescens* et *H. conicoïdes*) notamment, montrent une prédilection caractéristique pour les zones décapées, mises à nue, au niveau des plaques de déflation, fond de caoudeyre, mais seulement subordonnées à un ancien *Helichrysetum*. L'apparition de ces deux espèces est annonciateur d'un faciès régressif d'une dune noire fixée à *Helichrysum*.

2 - De même on peut observer *Lepiota brunneoilacea*, espèce neutrobasophile, caractéristique des zones d'accrétion ou d'engraissement par saupoudrage ou ensevelissement d'une ancienne lette, notamment au niveau des plaques de bossellement, pourrière étalée. Cette espèce saprophyte fréquente les zones semi-fixées à armoise (*Artemisia campestris* ssp *maritima*) et signe du même coup la présence d'une accumulation sableuse, par piégeage au niveau des touffes d'armoise et recouvrement d'une ancienne lette ou dune végétalisée à *Helichrysum*, par exemple.

3 - Par analogie, avec la plante *Corynephorus canescens*, indicatrice d'acidification de la dune, la présence ou la prolifération de *Mycena chlorantha* var. *caespitosa* indique une nette tendance à l'acidification de l'écosystème dunaire.

4 - L'apparition d'une fructification massive et grégaire du champignon symbiotique mycorhizien, *Inocybe heimii* = (*Inocybe caesariata*) sur de vastes étendues de "sables neufs" (pourrière), signe la présence sous-jacente d'une ancienne pinède constituée par des pins

TRANSECT DUNAIRE	ASSOCIATIONS VEGETALES	DESCRIPTEURS FONGIQUES
Dune embryonnaire	Euphorbio-agropyretum	PEZIZA AMMOPHILA STROPHARIA HALOPHILA
Dune blanche	Euphorbio-ammophiletum	OUDEMANSIELLA MEDITERRANEA PHALLUS HADRIANII
Dune grise	Festuco-galietum	RHODOCYBE MALENCONII AGARICUS MENIERII
Dune noire	Artemisio-ephedretum	LEPIOTA OCHRACEODISCA MARASMIELLUS MESOSPORUS
	Sileno-helichrysetum	MYCENA CHLORANTHA L. PSEUDO-HELVEOLA var. sabulosa
Fourré arbustif	Daphno-ligutretum	LIMACELLA SUBFURNACEA MACROLEPIOTA PSAMMOPHILA
Forêt	Pino-quercetum	RUSSULA AMOENICOLOR

Figure 4. De même qu'il existe différentes communautés végétales ou " associations végétales " par type de dune au sein du transect, de même on peut établir un parallèle au niveau des communautés fongiques caractéristiques de chaque partie de la dune (mycocoenoses). Ici nous citons simplement à titre d'exemples quelques champignons descripteurs indicateurs des différentes parties du cordon dunaire.

nouveaux et torturés par des épisodes successifs d'envelissement. Cette espèce est par conséquent caractéristique des édifices dunaires à abrupt d'envahissement actif.

5 - Dans les dunes à forte pression anthropique et touristique, il n'est pas rare de voir proliférer un autre champignon halo-nitratophile *Volvariella speciosa* var. *gloiocephala* au profit de dunes eutrophisées avec la présence de nombreux déchets abandonnés par les laisses de haute mer. Le transport éolien des déchets de la plage vers la dune et fourrés dunaires, favorise la prolifération de cette espèce qui n'est pas à proprement parler un champignon psammophile dunaire mais un indicateur d'eutrophisation azotée à tendance graminicole. A l'aide de ces quelques exemples, on peut mieux percevoir les possibilités d'utilisation des champignons à des fins de bio-indication pour l'analyse et le suivi de l'état de santé du milieu dunaire et sur l'évolution de la biodiversité de l'écosystème.

Remerciements

Cette synthèse partielle, fruit de longues et minutieuses observations renouvelées et études de terrain établies au fil des sorties dominicales d'automne, n'aurait pu voir le jour sans le concours fidèle de ma tendre épouse. Dotée d'une patience à toute épreuve, d'un sens aigu de la découverte pour la quête de la "pièce rare", et d'une inlassable ardeur à parcourir un milieu ingrat sur des kilomètres de dunes mouvantes et chaotiques, je tiens à lui exprimer ma fidèle admiration et mes plus chaleureux remerciements.

Je tiens également à associer mes remerciements Marcel Bon et Régis Courtecuisse qui ont été mes Maîtres de mycologie et les pionniers de la «Mycologie dunaire».

Bibliographie

Barrère, P. & O.N.F. (1988) Mémento technique des dunes du littoral aquitain. Université de Bordeaux III - 10 fiches, 65 pages.
Bon, M. (1970). Flore héliophile des macromycètes de la zone mariti-

me picarde. Thèse Doctorat d'Université en pharmacie. Université de Lille.II. Bull. Soc. Mycol. Fr. 86 (1) : 79-213.

Bournerias, M. & Mansion, D. (1996). La biodiversité végétale du littoral. La Garance Voyageuse 33, 10-16.

Courtecuisse, R. (1985). Transect mycologique dunaire sur la Côte d'Opale (France). 1ère partie : Les groupements héliophiles et arbustifs de la xérosère. Doc. Mycol. 57-58, 1-115.

Courtecuisse, R. & Guinberteau, J. (1985) *Mycena chlorantha* fo. *caespitosa* Courtecuisse & Guinberteau fo. *nov.* Doc. Mycol. 16 (61), 51-54.

Courtecuisse, R. (1988). Les peuplements fongiques arénicoles des zones littorales occidentales françaises. Chorologie et Mycocoenologie. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Paris XI (Orsay) : 391pp. (2 vol.).

Guinberteau, J. (1979). Quelques caractères de la macroflore fongique du Sud-Ouest français. In Mushroom Science X (Part I) p 797-810. J. Delmas Ed. Proceedings of the Tenth International Congress on the Science and Cultivation of edible fungi. France 1978.

Guinberteau, J. (1991). Contribution à l'étude des macromycètes psammophiles de la Côte d'Argent (littoral Aquitain). I. Etude chorologique et morphologique de *Lepiota brunneoilacea* Bon & Boiffard. Doc. Mycol. 21 (81), 57-65.

Guinberteau, J. & Courtecuisse, R. (1993). Contribution à l'étude des macromycètes psammophiles de la Côte d'Argent (Littoral Aquitain). II - Sur quelques taxons rares ou critiques. Bull. Soc. Mycol. Fr. 109 (3), 123-147.

Guinberteau, J. (1996). Une nouvelle espèce de Macrolépiote psammophile des dunes atlantiques du Bas-Médoc (Gironde-France): *Macrolepiota psammophila* sp. *nov.* Doc. Mycol. 26 (102), 1-11.

Guinberteau, J. (1997). La mycoflore des écosystèmes dunaires du Bas-Médoc (Gironde, France) - Approche écodynamique des mycocoenoses dunaires atlantiques. p 242-257. In « Biodiversité et Protection dunaire » J. Favennec. Co-édit. ONF, Lavoisier Tec & Doc., 311pp.

Lahondère, C. (1980). La flore et végétation phanérogame dans les dunes du Centre-Ouest p 113-171 in "la Vie dans les dunes du Centre-ouest - flore et faune". S.B.C.O. Ed. Numéro spécial 4 - 213 pp
Lanne, C. (1993a). *Amanita supravolvata* Lanne Doc. Mycol. 23 (91), 17-22

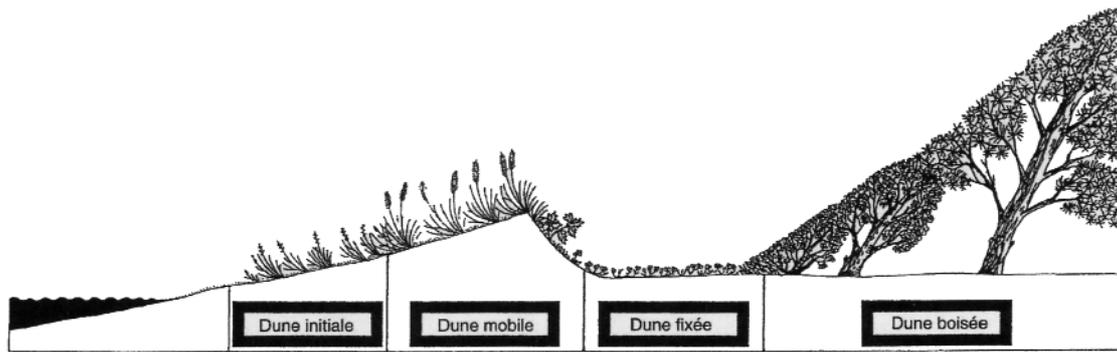
Lanne, C. (1993b). *Amanita supravolvata* Lanne Doc. Mycol. 23 (89), 45-55

O.N.F. (1996). L'O.N.F. et l'espace littoral. Dossier "Pour une gestion durable" O.N.F. Ed. 59 pp.

Pinho-Almeida, F. & Batista-Ferreira, J., 1992 - Fungos de dunas do litoral sul e oeste de Portugal. Portug. Acta. Biol., Sér. B, 16, 61-80.

Sandras, M. (1980). Etude de la flore mycologique dans les dunes du Centre-ouest. p 25-81 in "La Vie dans les dunes du Centre-Ouest - flore et faune". S.B.C.O. Ed. Numéro spécial 4. 213 pp.

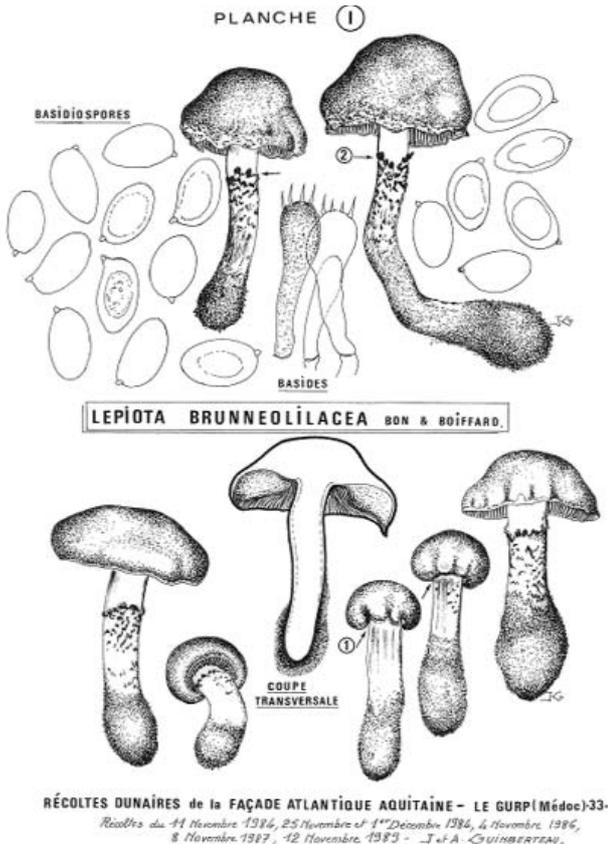
Savoie, J.M. (1991). Flore et Végétation de la dune Nord de l'Amélie. C.E.L.R.L. Ed., 12 pp.



Dune blanche	Dune grise	Dune noire	Dune noire	Fourrés arbustifs
Euphorbio-Ammophiletum arenariae	Festuco-Galietum arenarii	Artemisio-Ephedretum distachyae	Sileno-Helichrysetum stoechadis	Daphno-Ligustretum vulgaris
Caractéristiques <i>Psathyrella ammophila</i> <i>Peziza ammophila</i> <i>Oudemansiella mediterranea</i> <i>Stropharia halophila</i> <i>fo. occidentalis</i> <i>Phallus hadriani</i> <i>Agrocybe pusiola</i> <i>Melanoleuca cinereifolia</i> <i>Sericeomyces menierii</i>	Caractéristiques <i>Macrolepiota psammophila</i> nov. sp. <i>Lepiota brunneollivacea</i> <i>Agaricus menierii</i> <i>Agaricus koelionensis</i> <i>Melanoleuca cinereifolia</i> <i>Phallus hadriani</i> <i>Phallus impudicus</i>	Caractéristiques <i>Lepiota ochraceodisca</i> <i>Lepiota sublaevigata</i> <i>Lepiota pseudohelveola</i> var. <i>sabulosa</i> <i>Lepiota echinella</i> forma <i>Leucoagaricus litoralis</i> <i>Sericeomyces subvolvatus</i> <i>Agaricus devoniensis</i> <i>Agaricus rubelloides</i> <i>Agaricus porphyrizon</i> <i>Agaricus xanthodermus</i> <i>Rhodocybe malenconii</i> <i>Rhodocybe fallax</i> <i>Limacella subfumacea</i> <i>Clitocybe graminicola</i> <i>Galerina unicolor</i> <i>Marasmius oreades</i> <i>Arthenia spathulata</i> <i>Omphalina pyxidata</i> <i>Omphalina barbularum</i> <i>Rickenella fibula</i> <i>Bolbitus vitellinus</i> <i>Lycoperdon lividum</i> <i>Tulostoma mammosum</i> <i>Tulostoma kollabae</i> <i>Geastrum schmidelii</i> = <i>G. Nanum</i> <i>Geastrum pseudolimbatum</i>	Caractéristiques <i>Mycena chlorantha</i> var. <i>Caespitosa</i> <i>Marasmius litoralis</i> <i>Marasmius oreades</i> <i>Cyathus olla</i> <i>Hygrophorus aurantiolescens</i> var. <i>pseudoconica</i> <i>Hygrophorus conicoides</i>	Caractéristiques <i>Ramaria ochraceovirens</i> <i>Limacella subfumacea</i> <i>Lepiota griseovirens</i> <i>Lepiota josserandii</i> <i>Lepiota forquignonii</i> <i>Leucoagaricus georginae</i> <i>Macrolepiota psammophila</i> nov. sp. <i>Lepista sordida</i> <i>Entoloma sericeum</i> <i>Hebeloma cistophilum</i> <i>Hebeloma cylindrosporium</i> <i>Inocybe caesariata</i> <i>Rhizopogon luteolus</i> <i>Amanitopsis mairei</i> var. <i>supravolvata</i> <i>Tricholoma terreum</i> <i>Tricholoma squarrulosum</i> <i>Tricholoma auratum</i> <i>Tricholoma pessundatum</i> <i>Gyroporus castaneus</i> <i>Amanita gemmata</i> <i>Amanita muscaria</i> <i>Telephora terrestris</i> <i>Discinella boudierii</i> <i>Flammulina velutipes</i> <i>Rickenella fibula</i>
Occasionnels <i>Rhodocybe malenconii</i> <i>Lepiota brunneollivacea</i> <i>Macrolepiota psammophila</i> <i>Volvariella speciosa</i> <i>Bolbitus vitellinus</i> <i>Cyathus olla</i> <i>Leucoagaricus litoralis</i> <i>Limacella subfumacea</i>	Occasionnels <i>Cyathus olla</i> <i>Crucibulum laeve</i> <i>Ripartitius</i> <i>Hohenbuehella</i> sp.	Occasionnels <i>Phallus hadriani</i> <i>Marasmius litoralis</i> <i>Agaricus koelionensis</i> <i>Volvariella speciosa</i> <i>Ramaria ochraceovirens</i> <i>Cyathus olla</i> <i>Stropharia coronilla</i> <i>Lepiota brunneollivacea</i>	Occasionnels <i>Macrolepiota excoriata</i> <i>Lepiota brunneollivacea</i> <i>Lycoperdon spadiceum</i> <i>Omphalina lilacinicolor</i> <i>Gyrophragmium dunalii</i> <i>Crinipellis stipitarius</i>	Occasionnels <i>Pleurotus pulmonarius</i> <i>Agaricus porphyrizon</i> <i>Lepiota sublaevigata</i> <i>Lepiota echinella</i> <i>Macrolepiota procera</i> <i>Leucocoprinus cepaestipes</i> <i>Leucocoprinus brebissonii</i> <i>Leucoagaricus fuliginobrunneus</i> var. <i>citrifolius</i> <i>Russula torulosa</i> <i>Lactarius deliciosus</i> <i>Helvella lacunosa</i> <i>Tricholoma cingulatum</i> <i>Phallus hadriani</i> <i>Pholiota highlandensis</i> <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> <i>Gymnopilus penetrans</i> <i>Lepista inversa</i> <i>Volvariella speciosa</i> <i>Tephroclype sphaerosporum</i>

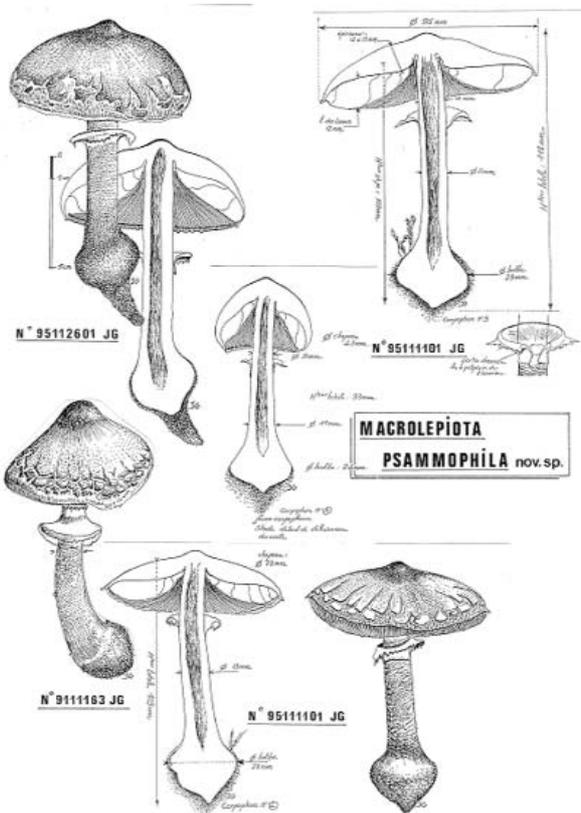
Figure 5 :

Liste non exhaustive d'espèces rattachées à chaque séquence zonale de la dune en relation avec les unités de végétation dunaires respectives. Certaines espèces nous semblent des caractéristiques exclusives, alors que d'autres peuvent être transgressives ou appartenir typiquement à d'autres phytocoenoses ou mycocoenoses. Il n'est pas rare que la même espèce puisse être retrouvée sur l'ensemble du profil dunaire à travers chaque stade du transect. Cette constatation semble être même caractéristique des milieux dunaires régressifs où l'on assiste à une attaque de systèmes dunaires anciens et où chaque espèce transgressive devient alors un indicateur d'un stade relique sous-jacent. Nous avons démontré maintes fois ce phénomène pour des champignons à tendance sub-sylvatique situés normalement au niveau des fourrés préforestiers (exemple de *Limacella subfumacea*) ou des clairières steppiques xérophiles (*Macrolepiota psammophila*) qui peuvent s'aventurer à l'opposé, carrément dans la dune blanche loin du "profil phytosociologique préférentiel" de l'espèce, par avancée de la dune blanche sur des forêts littorales anciennes englouties. Pour chaque séquence du transect, nous avons essayé néanmoins de dégager une communauté fongique caractéristique du degré d'évolution de la dune. D'emblée, on peut aisément observer que le maximum de biodiversité fongique se situe au niveau de la dune noire végétalisée. Cet enrichissement graduel en nombre d'espèces de cette zone dunaire est en parfaite corrélation, non seulement avec l'augmentation de la biodiversité végétale, mais aussi avec la quantité de matière organique fixée, de la réserve en eau piégée par condensation dans la strate bryo-lichénique (*Phleo-tortuletum*) et avec la situation basse des lettres subhumides où la nappe phréatique est parfois affleurante (nombreuses plantes indicatrices d'hydromorphie : *Carex arenaria*, fourrés à *Salix*, *Iris foetidus*, *Erica scoparia* etc.). Il est à noter également que dans la dition étudiée, les lettres à tapis fortement couvrant d'Ephedra (*Artemisio-Ephedretum distachyae*) sont beaucoup plus riches d'un point de vue biodiversité fongique que les lettres plus acidophiles et aux effets environnementaux moins tamponnés, à base d'immortelle (*Sileno-Helichrysetum stoechadis*). Il est vraisemblable que des phénomènes de facilitation dus en particulier à l'Ephedra, jouent en faveur de l'installation des espèces fongiques. Par contre, sur le plan strictement patrimonial, c'est la dune blanche quoique moins riche en nombre d'espèces, qui renferme les espèces fongiques les plus remarquables et d'intérêt majeur.



Lepiota brunneolilacea

Cette lépiote très toxique et mortelle, appartient aux espèces de lépiotes de taille modeste que l'on a pour habitude de séparer des grandes " macrolépiotes " sur le critère arbitraire et grossier de la taille. Ici malheureusement cette distinction est malaisée, car l'espèce peut être très charnue et de taille respectable, comme un gros " Rosé des prés " ! De plus sous l'effet des vents de sable, le chapeau de cette espèce peut perdre complètement sa coloration et ornementation par décapage complet. Cette lépiote mortelle peut prendre alors une véritable allure de " rosé " des prés ou des dunes, à s'y méprendre ! Cette espèce des dunes, a déjà provoqué au moins un accident mortel en Bretagne.



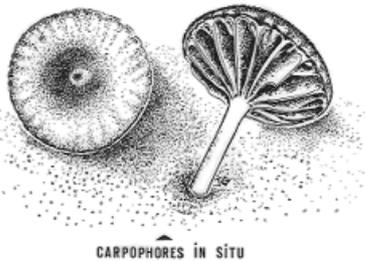
Macrolepiota psammophila

A l'intérieur des premiers fourrés dunaires, juste à la frange forestière, fructifie une espèce xéro-thermophile très adaptée à ces conditions steppiques particulièrement chaudes et sèches. Cette espèce de macrolépiote, qui a sans doute été longtemps ignorée ou confondue, a été décrite très récemment en 1996. Depuis elle est observée fidèlement en arrière-dune littorale de l'Aquitaine, des côtes charentaises, jusqu'en Bretagne, et est hautement caractéristique de ce genre d'habitat.

De plus l'espèce est aussi régulièrement observée et reconnue du littoral de la côte cantabrique en Espagne et de plusieurs sites de la péninsule ibérique.

D'une façon transgressive et hors de sa niche écologique stricte, nous trouvons périodiquement cette espèce carrément sur la dune blanche mobile, lors des épisodes de fortes érosions dunaires. Cette espèce peut alors fructifier abondamment, parmi la couverture de branchages et houppiers de pins morts, apportés artificiellement par les gestionnaires forestiers afin de stabiliser les dunes.

OUDEMANSIELLA MEDITERRANEA



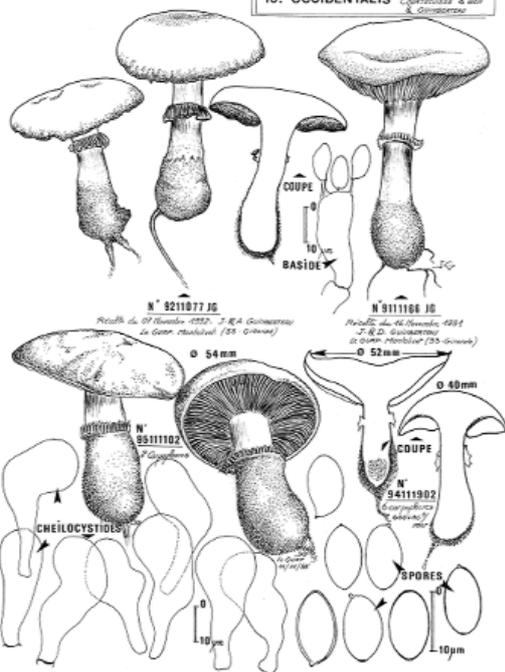
Oudemansiella mediterranea

C'est ici l'espèce dunaire la plus exceptionnelle et la plus rare du littoral atlantique français. Il s'agit en fait d'un champignon à distribution circum-méditerranéenne, qui remonte épisodiquement du Maroc et de la péninsule ibérique et du Portugal, jusque chez nous (littoral aquitain et vendéen). L'espèce à la fructification capricieuse, ne fructifie pas tous les ans dans les quelques rares stations aquitaines que nous avons pu détecter et suivre au fil du temps.

Cette espèce est vraiment typique du haut de la dune blanche à oyat, particulièrement sur le glacis externe des " tucs " (face océan) et à orientation S -SW. D'un point de vue adaptatif, cette espèce a développé un stipe ou pied étonnamment allongé sous forme d'une pseudorhize prenant naissance très profondément dans le sable fluide et mobile, en relation avec la plante-hôte et son rhizome. D'un point de vue taxinomique et anatomique, cette espèce est aussi un cocktail de singularités, comme en témoignent les multiples essais ou tentatives de classification des auteurs : Genres Hydropus, Flammulina, Oudemansiella, Xerula, etc.

STROPHARIA HALOPHILA

fo. OCCIDENTALIS Courtyouss & Desb. & Guignard



Stropharia halophila

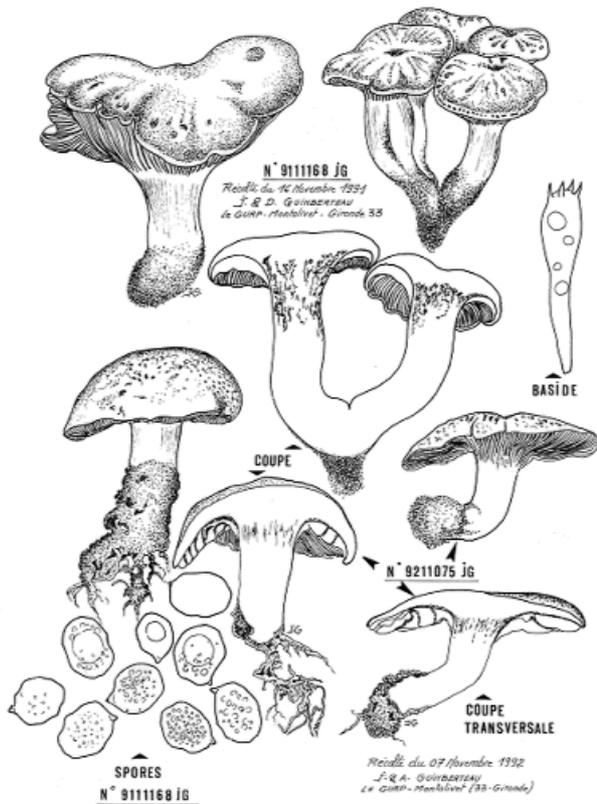
Cette très belle espèce charnue, que l'on trouve ponctuellement au pied du talus continental ou revers interne de la dune blanche, ne dédaigne pas les sables mobiles non fixés ou très faiblement végétalisés par les touffes d'Armoise, en dune semi-fixée. C'est son optimum écologique.

La présence de cette espèce semble très liée à la mobilité sableuse et à la dynamique de la dune blanche. Cependant il n'est pas rare de pouvoir trouver cette espèce à l'état relictuel, dans les lambeaux de tapis

d' Ephedra distachya (Raisin de mer), dans une situation transgressive au bord de la falaise d'une dune blanche, côté océan!

Cette espèce est remarquable par sa morphologie, ses couleurs variables gris sepia, mastic alutacé, à brun de corne, mais aussi très décolorantes pouvant être complètement blanches chez certains spécimens albinos, même jeunes.

Son odeur remarquable, qualifiée parfois de rance par erreur, rappelle étonnamment les huîtres fraîchement ouvertes! Cette odeur que j'ai qualifiée ainsi, n'est pas du tout désagréable et au contraire de composante très suave! Son abondance ou sa rareté est aussi fonction des années.

RHODOCYBE MALENÇONII PACIONI & LALLI**Rhodocybe malençonii**

Cette singulière espèce au chapeau jaune citron très décolorant, et à l'anneau très profondément strié à sa face supérieure, comme beaucoup de strophaires, est certainement la plus halophile de tous les champignons du littoral ou de la dune. En effet, ce champignon occupe une niche écologique pionnière, située la plus en avant du front de dune côté océan, au niveau des dunes embryonnaires ou du glacis externe de la dune blanche.

Cette espèce supporte des taux élevés de sodium, déposé par les embruns, piégés par condensation et ruissellement au niveau des oyats et des tiges de chiendent maritime. Il n'est pas rare également de trouver les chapeaux émergeant à peine du sable, complètement laciniés et déchiquetés par les vents de sable très violents en front de dune. D'autre part comme beaucoup de strophaires, cette espèce est très facilement putrescible et attaquée précocement par des bactéries et levures, qui lui confèrent des taches rougeâtres. L'espèce est également très adaptée au milieu sableux mobile par la présence d'un thalle ou réseau mycélien sous forme de cordons rhizomorphiques et d'une rhizomorphe très robuste et développée en prolongement du pied ou stipe. De plus sa silhouette obconique, en forme de toupie renversée visible surtout sur une coupe transversale, est caractéristique de l'espèce.

Gyrophragmium dunalii

Cette rare espèce peut abonder et s'exprimer majoritairement dans une zone bien précise du transect dunaire (qui va de l'océan à la dune boisée). Cette zone prioritaire de fructification se situe précisément à l'interface ou à la zone de contact de la dune blanche mobile et de la dune grise fixée ou végétalisée (cette dernière étant située à un niveau topographique plus bas et toujours en contre-bas de la dune blanche).

Il s'agit donc, de la zone de contact ou de déferlement des sables neufs très mobiles et perchés de la dune blanche sur la dune grise végétalisée, où le couvert végétal de cette dernière se trouve enfoui et recouvert périodiquement (à chaque épisode "tempétueux").

Or il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit d'une espèce saprotrophe-humicole, à comportement biotrophique très proche du genre *Agaricus* et même de plus en plus assimilée comme un authentique *Agaricus*. La niche écologique du *Gyrophragmium* est donc en étroite liaison ou dépendance avec cette strate organique "compostée" qui lui est absolument vitale au sein des sables dunaires, par définition très pauvres en matière organique. D'ailleurs la robustesse et l'abondance des sporocarpes de certaines années semblent corrélées avec les épisodes ou phases antérieures de déferlement - ensevelissement ou de répit (dans l'avancée de la dune blanche sur la dune grise).

Si cette localisation écologique et fonctionnelle du *Gyrophragmium* paraît assez pointue et fidèle, cela ne veut pas dire pour autant qu'on ne peut pas le trouver de façon plus sporadique et à l'état "relictuel" au sein de la dune grise très fixée (stable) ou très fortement végétalisée voire évoluant vers la dune boisée. Les spécimens sont alors moins luxuriants et souvent rares et très disséminés.

