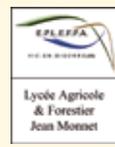




Un ouvrage précurseur, simple de lecture, très illustré, qui explique comment arbres et champignons ne font qu'une seule réalité et comment la myco-sylviculture est à même de répondre aux enjeux d'une gestion globale et réellement durable de la forêt. Arbres, champignons, biodiversité et sols forestiers doivent et peuvent être gérés ensemble.

Un ouvrage précurseur également par les informations qu'il révèle sur la vie des cèpes, champignon roi en France comme dans de nombreux Pays d'Europe et du monde. Un «manuel» destiné aux gestionnaires et propriétaires forestiers, «aux animateurs-nature» et enseignants mais bien plus largement aux amoureux de la nature.

www.micosylva.com // www.eplefpa65.educagri.fr/MICOSYLVA/index.html



Sylviculture & Champignons Comestibles

L'exemple du Sud-Ouest de la France



La myco-sylviculture comme outil d'une gestion forestière multi-fonctionnelle et durable

Conception et réalisation : Imprimerie Bataillon & Bataillon, Scrlor.

Sylviculture & Champignons comestibles, L'exemple du Sud-Ouest de la France



Cet ouvrage est réalisé dans le cadre du projet Micosylva.

Micosylva est un projet scientifique et technique européen cofinancé par des aides FEDER-INTERREG. L'objectif est de promouvoir en Europe une gestion multifonctionnelle et durable des forêts qui intègre et valorise les fonctions écologiques, socio-économiques des champignons sylvestres comestibles.

Afin de réaliser ce projet, sur la base d'une coopération entre 8 partenaires, espagnols, français et portugais, un réseau de 18 zones myco-sylvodémonstratives a été mis en place dans le sud-ouest de l'Europe (appelé aussi espace SUDOE).

Fort de ce réseau de référence, la finalité du projet est de construire durablement dans l'espace SUDOE, une stratégie commune de préservation des écosystèmes forestiers tout en y montrant le rôle essentiel des champignons.

Édition

Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Chambre d'Agriculture des Hautes-Pyrénées

Coordination

Jean Rondet - Lycée Agricole et Forestier Jean Monnet-Vic en Bigorre - Ministère de l'Agriculture
Nathalie Seegers - Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Anaïs Zimmerlin - Thomas Borderie - Chambre d'Agriculture des Hautes-Pyrénées

Avec la collaboration de

Mathieu Bajard - Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Gilles Corriol - Conservatoire Botanique National Midi-Pyrénées
Carole Hannoire - Conservatoire Botanique National Midi-Pyrénées
Mathilde Harel - CRPF Midi-Pyrénées
Laurent Larrieu - CRPF Midi-Pyrénées
Adrien Peyrat - Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Benoît Peyre - Chambre Economique de Corrèze
Vincent Pontois - Office National des Forêts
Laurent Rigou - Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne

Autres personnes ayant contribué au contenu de l'ouvrage :

Fabienne Lassudrie-Gareyte - Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Nicolas Fedou - Chambre d'Agriculture de la Dordogne
Jacques Guimbertau - INRA, Bordeaux
Frédéric LEDUN - CRPF Aquitaine
Patrick REY - CRPF Aquitaine
Jean-Claude Martegoutte - Lycée Agricole La Peyrouse-Coulounieix Chamiers-Ministère de l'Agriculture
Jean GARBAYE - INRA Nancy
Fernando MARTINEZ PEÑA - DIF Valonsadero - Soria- Castille et Leon
Christianne COLOMBEL - Lycée Agricole et Forestier Jean Monnet-Vic en Bigorre - Ministère de l'Agriculture
Jean RONDET et Françoise BOUTET - Dessins et aquarelles



Introduction

LA « MYCOSYLVICULTURE » une sylviculture rentable et globale **4**

Chapitre 1 : Généralités

LES CHAMPIGNONS dans les écosystèmes forestiers **6**

- 1 - Qu'est ce qu'un champignon ?
- 2 - Qu'elle est la fonction de la mycorhize
- 3 - Combien de champignons différents existent-ils en forêt ?
- 4 - Combien de champignons mycorhiziens vivent-ils sur le système racinaire d'un arbre? La biodiversité en champignons mycorhiziens est-elle nécessaire ?
- 5 - Comment gérer la biodiversité fongique ?

SCHÉMA DE SYNTHÈSE 1 :

Entre le sol et les arbres : le travail essentiel des champignons

SCHÉMA DE SYNTHÈSE 2 :

Les champignons mycorhiziens

LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS favorables aux cèpes **12**

- 1 - Les cèpes : définition
- 2 - Des espèces à large écologie
- 3 - Cycle de développement des cèpes
 - 3.1 - L'installation des mycorhizes
 - 3.2 - La croissance mycélienne
 - 3.3 - L'initiation fructifère
 - 3.4 - La fructification
- 4 - Synthèse

Chapitre 2 : La myco-sylviculture à travers des exemples du Sud-Ouest

DIAGNOSTIC MYCO-SYLVICOLE à l'échelle parcelle **22**

- 1 - La démarche
- 2 - Les acteurs du diagnostic myco-sylvicole
- 3 - Les outils du diagnostic myco-sylvicole

La chênaie du massif Double Landais

La chênaie du massif Nord-Dordogne

Le taillis sous futaie du massif Sud Dordogne

Le verger de châtaigniers : un modèle Périgourdin

LA MYCOSYLVICULTURE à l'échelle massif : La Forêt de Dordogne **34**

- 1 - Une forêt diversifiée
 - 2 - La production de champignon
 - 3 - La gestion de la forêt
 - 4 - Un exemple : le massif Sud-Dordogne
 - a - Une production de cèpes directement liée à la sylviculture du châtaignier.
 - b - Un marché aux cèpes organisé
 - c - Perspectives
- Conclusion : Vers une « mycosylviculture » en Dordogne

Chapitre 3 : Modèles de gestion myco-sylvicole

PROPOSITIONS DE BASE de la myco-sylviculture **40**

- > Présentation
- 1 - Agir sur la composition du peuplement
 - 2 - Agir sur la dynamique de croissance des arbres
 - 3 - S'adapter au climat et agir sur le climat du sous-bois
 - 4 - Tenir compte du sol
 - 5 - Agir sur la matière organique

Taillis avec réserves

Enrichissement du taillis de châtaigniers

Reboisement en plein : exemple du chêne rouge

Taillis simple mixte

Futaie feuillue

Renouvellement du taillis de châtaignier

LE DÉTOURAGE **56**

- 1 - Une technique adaptable partout
- 2 - Description de la technique
- 3 - Les techniques d'exploitation

BIBLIOGRAPHIE **58**

REMERCIEMENTS **59**

LA « MYCOSYLVICULTURE » une sylviculture rentable et globale

Le mot mycosylviculture met en évidence la place des champignons («myco») dans les écosystèmes forestiers et dans la gestion forestière.

La production de champignons comestibles au service de la gestion forestière.

Au départ, le mot nouveau de mycosylviculture désignait une sylviculture orientée vers une production de champignons comestibles et donc une forme de sylviculture spécialisée. En effet, la production naturelle de champignons comestibles représente bien souvent une valeur économique supérieure à celle du bois dans de nombreux massifs forestiers et cela justifie sans doute que les gestionnaires s'interrogent sur la façon de gérer cette ressource fongique.

Par la suite, on s'est aperçu que la ressource bois et la ressource champignons pouvaient être gérées en même temps. Nous savons en effet que les champignons comestibles les plus recherchés (cèpes, lactaires délicieux, amanites des césars) sont plutôt des champignons qui fructifient dans des peuplements en forte croissance et dans des milieux suffisamment ouverts aux pluies. Autrement dit, ces champignons fructifient le plus abondamment dans des forêts gérées, éclaircies et exploitées. En nous basant sur ce constat général, nous pouvons considérer que loin de s'opposer, les objectifs de production de bois et de champignons concourent à rentabiliser les travaux liés à la gestion des peuplements. Actuellement, des formes d'organisations sociales se développent pour permettre un respect de la propriété et une valorisation des champignons par les propriétaires privés ou publics des forêts. La démonstration que les champignons sont des

produits d'une gestion forestière est un argument important pour les actions locales de sensibilisation destinées à éduquer le public et à modifier les comportements de cueillettes abusives.

La mycosylviculture considère que «arbre» et «champignons» ne font qu'un seul organisme.

La notion de mycosylviculture a récemment évolué, en particulier à travers un programme de coopération européenne associant de nombreux organismes et experts du monde entier. Les membres du Comité scientifique de ce projet, appelé «Micosylva», se sont attachés à établir une définition plus riche de la mycosylviculture.

L'évolution de la notion de mycosylviculture est ainsi le résultat d'une mise en relation de trois disciplines jusqu'ici trop séparées ou trop spécialisées car «centrées» sur leurs objets d'études principaux : les sciences et techniques forestières (centrées sur le fonctionnement des arbres et des peuplements d'arbres), la mycologie (centrée sur la détermination et le fonctionnement des champignons, la pédologie (centrée plus sur les aspects physico-chimiques que sur les caractéristiques biologiques des sols).

La nouvelle mycosylviculture se base sur une réalité biologique encore très souvent ignorée : les arbres n'existent pas en forêt en tant que réalités autonomes. Autrement dit, les arbres ne sont pas que des arbres ! Il nous faut expliquer cela : De la même façon que les lichens sont constitués de deux types d'organismes, des algues et des champignons, les arbres sont en fait également constitués de deux types d'organismes : une plante et une communauté de champignons intimement associés aux racines de cette plante. L'arbre et les champignons forment en commun des organes mixtes «mi-racine, mi-champignon» appelés «mycorhizes». Le concept d'«arbre»

a été bien sûr inventé bien avant que l'on ne puisse observer à l'aide de loupes et microscopes ces mycorhizes et bien avant que l'on ne découvre que l'arbre ne peut absolument pas vivre sans ses partenaires champignons. Pourquoi cette réalité est-elle encore aujourd'hui largement ignorée ? Sans doute parce que nous n'avons pas inventé de mot nouveau, à la place de «arbre», au moment de la découverte du rôle des champignons et des mycorhizes !

Comprendre que l'«arbre» est un organisme mixte, «mi-plante-mi champignons», favorise une compréhension plus riche de l'écosystème forestier.

La prise en compte simultanée des arbres et des champignons racinaires conduit par évidence à considérer l'écosystème forestier de manière enfin globale, c'est à dire à mieux intégrer l'ensemble des caractéristiques de l'écosystème forestier :

- L'écosystème forestier est constitué de trois éléments, indissociables, comme trois pièces d'un puzzle : le peuplement d'arbres, le sol et puis entre les deux, une «interface champignons mycorhiziens». Cette interface fait le lien entre le sol et les racines des arbres. Gérer une forêt revient donc à gérer ces trois parties d'un même ensemble et non seulement le peuplement d'arbres.

- La forêt n'est pas faite d'arbres séparés car les filaments mycéliens des mêmes champignons relient les arbres entre eux. On découvre aujourd'hui que des informations (sous forme de «signaux molé-



culaires») sont transmises entre les arbres à travers ces réseaux de mycéliums. La «forêt» est ainsi de ce point de vue un seul et même organisme géant avec des mécanismes de régulation assurés par les champignons.

- Un bon fonctionnement de la forêt repose sur une diversité importante de champignons ayant chacun des fonctionnements particuliers et complémentaires. Or, cette indispensable diversité de champignons est conditionnée par une diversité d'essences dans le peuplements. De plus, la diversité des champignons est favorisée par une diversité de classe d'âges, la présence d'arbres morts, des litières riches, une structure verticale complexe.

- Le fonctionnement du sol conditionne directement le fonctionnement des champignons mycorhiziens et donc de la nutrition des arbres.

> Un nouveau regard sur la gestion forestière :

Intégrer aujourd'hui cet ensemble d'informations conduit à porter un autre regard sur la gestion forestière. Ce point de vue plus global conduit à intégrer de nouveaux facteurs essentiels de l'écosystème dans les travaux de diagnostic préalables aux décisions d'aménagement et de mieux prendre la mesure de l'importance de notions comme la «biodiversité forestière» ou le «fonctionnement des sols».

Dans ce sens, la mycosylviculture est une sylviculture qui veut compléter les règles classiques de la sylviculture par des règles favorisant la durabilité des écosystèmes forestiers à travers une optimisation des conditions de fonctionnement des communautés fongiques. Au sein de ces communautés fongiques, certaines espèces comestibles peuvent être favorisées par le choix de certaines modalités parmi les conduites sylvicoles. La mycosylviculture favorise ainsi durabilité et multi-fonctionnalité.



Peuplement d'arbres, «interface fongique» et sol : trois pièces d'un puzzle.

LES CHAMPIGNONS dans les écosystèmes forestiers

1 - Qu'est ce qu'un champignon ?

Les champignons que nous rencontrons en forêt vivent sous deux formes principales : un réseau de mycélium qui vit toute l'année caché du regard et des fructifications qui apparaissent occasionnellement et de manière fugace. Les fructifications sont d'abord très petites (primordias) puis grossissent en quelques jours, le plus souvent, pour donner les « champignons » qui sont en fait des sporophores (« qui portent des spores »).



Mycélium vu au microscope.
Photos J. Guinberteau
INRA Bordeaux.



a) Mycélium

Le mycélium est constitué de files de cellules allongées (hyphes). Le mycélium se ramifie. L'eau et les substances solubles peuvent circuler d'une cellule à l'autre, comme dans des tubes en quelque sorte.

b) Primordias

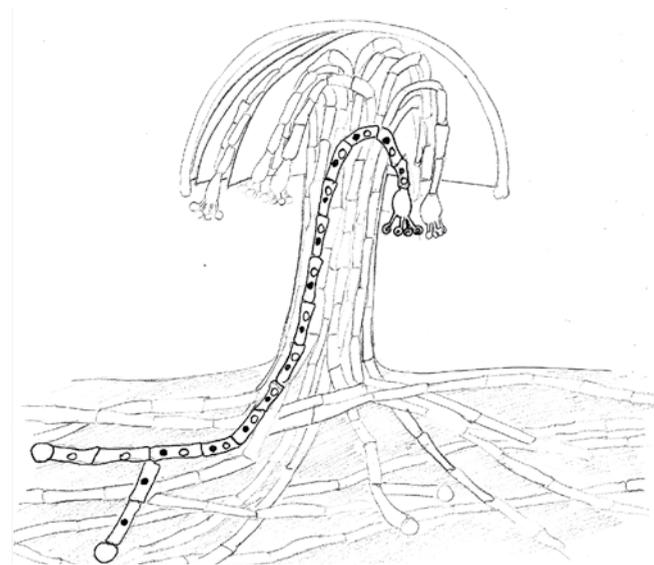
Du mycélium cultivé au laboratoire sur un milieu de culture se met à fructifier : le mycélium forme des « primordias » de 1 à quelques millimètres, ébauches de champignons.

c) Sporophore

Le sporophore est constitué du même type de cellules que le

mycélium. Les hyphes mycéliens s'organisent en donnant les formes typiques des champignons que nous connaissons.

Au niveau des tubes ou des lamelles, certaines cellules se spécialisent et produisent les spores¹.



Il existe trois sortes de champignons dans la forêt.

Les champignons ne peuvent pas fabriquer leur matériaux cellulaires à partir du CO₂ et de l'eau comme le font les plantes grâce à la photosynthèse. Ils ont besoin de trouver des sources de sucres et

¹ Les spores germent en donnant des filaments de cellules ne comprenant que la moitié du matériel génétique de l'espèce (cellules à un seul noyau). Deux mycéliums issus de spores se rencontrent pour donner un mycélium constitué de cellules avec le matériel génétique complet. (deux noyaux par cellule). Seul ce mycélium génétiquement complet est fertile. Dans le substrat, on va rencontrer un mélange des mycéliums des deux sortes, monocaryotique (cellules à un seul noyau) et dicaryotique.

autres molécules organiques pour se nourrir. Au cours de l'évolution, les champignons forestiers ont développé trois types de « stratégie alimentaire ».

Les champignons saprotrophes décomposent la matière organique de la litière forestière composée par les branches, les brindilles, les feuilles des arbres ou des végétaux de la strate herbacée. En faisant ainsi, ils en recyclent les éléments nutritifs. Dans le même temps, ces champignons « débarrassent » continuellement le sous-bois de la matière organique morte, fonction indispensable également bien sûr !

Chaque espèce est spécialisée pour se nourrir aux dépens d'un substrat particulier : le mycélium des pleurotes par exemple se développe à l'intérieur du bois car les cellules mycéliennes produisent des enzymes qui attaquent la cellulose et la lignine, molécules qui composent justement l'« armature » du bois. D'autres espèces décomposent les feuilles, les aiguilles des résineux, les cônes, les déjections animales, etc...



Les champignons parasites se développent aux dépens de tissus vivants, affaiblissant puis tuant ainsi les plantes qu'ils parasitent pour se nourrir. Des champignons parasitent des feuilles d'arbres. D'autres espèces parasitent les racines.

Malgré l'idée négative que nous en avons, les champignons parasites ont le rôle important de rééquilibrer les écosystèmes. En éliminant certains arbres affaiblis, ils favorisent de nouvelles trouées de



régénération et l'apparition ainsi d'une nouvelle biodiversité. Certains champignons sont parasites d'insectes ravageurs et ils régulent ainsi ces populations.

Les champignons symbiotiques (ou mycorhiziques ou mycorhiziens) constituent environ cinquante pour cent des champignons d'une forêt.

Ils vivent en symbiose avec des plantes, les arbres en particulier. Leur mycélium s'installe autour et à l'intérieur des jeunes racelles des arbres. La racelle et le mycélium forment un organe mixte, mi-champignon et mi-racine, appelé « mycorhize » (de « myco » = champignon et « rhize » = racine). Les cellules fongiques vivent ainsi au contact des cellules de l'arbre. Les cellules de l'arbre donnent aux cellules de champignons des sucres et d'autres molécules organiques solubles.



1 *Marasmius hudsonii* : champignon saprotrophe spécialisé exclusivement dans la dégradation de la litière de houx.

2 *Auricularia auricula-judae* : champignon saprotrophe lignicole, venant préférentiellement sur sureau noir (*Sambucus nigra*), mais parfois sur d'autres feuillus.

3 *Laricifomes officinalis* parasitant un mélèze. (Photos : G. Corriol)



1 Mycorhizes.

2 Mycélium.
Chez cette espèce, les filaments mycéliens se regroupent pour former des cordons résistants aux stress climatiques et augmentant la capacité des champignons à prospecter le sol loin des racines.
(Photos J. Garbaye)

Le champignon apporte aux cellules de l'arbre de l'eau, des minéraux (du phosphore en particulier).

On sait maintenant que les mycélium de certains champignons mycorhiziens s'alimentent à la fois au dépens de la sève des arbres et au dépens de la matière organique des sols comme le font les champignons saprotrophes. Ainsi, ils peuvent par exemple dégrader des protéines pour s'alimenter mais aussi pour apporter de l'azote aux arbres.

Les champignons mycorhiziens sont apparus sur la terre et ont évolué en même temps que les plantes avec lesquelles ils ont développé cette symbiose obligatoire. Ils ne peuvent vivre sans les arbres et ces derniers ne peuvent pas, dans les conditions naturelles, se développer sans leurs partenaires fongiques.

2 - Quelle est la fonction de la mycorhize ?

Le mycélium péritrophe, qui se développe à partir du manteau de la mycorhize, pénètre le sol à distance et multiplie considérablement le rayon d'action de la racine et la surface d'échange avec le sol. Le mycélium est en cela considérablement plus efficace que ne le sont les seuls poils absorbants d'une racicelle non mycorhizée. C'est donc le mycélium qui va rechercher l'eau et les substances nutritives. D'autre part, le mycélium produit des substances (acides organiques, enzymes) qui lui permettent de rendre solubles des minéraux ou des composés organiques qui sinon ne seraient pas disponibles pour les racines. Les champignons ont de nombreux autres rôles, que l'on découvre à peine : protection des systèmes racinaires contre des champignons parasites, production d'hormones végétales participant à la régulation de la physiologie de l'arbre, régulation du fonctionnement d'un peuplement d'arbres d'essences différentes, un même mycélium reliant plusieurs systèmes racinaires d'arbres

différents et permettant la circulation de «signaux moléculaires» entre plusieurs arbres.



3 - Combien de champignons différents existent-ils en forêt ?

Le tableau suivant montre l'importance de la diversité des champignons en forêt : 75% des 20 000 champignons français vivent en forêt. Les chiffres montrent également l'importance de la forêt pour

la biodiversité fongique : 60% des 20 000 champignons français vivent exclusivement en forêt.

	Nombre d'espèces	Espèces uniquement forestières	Espèces présentes en forêt
Insectes	35 000	?	30%
Champignons	20 000	60%	75%
Plantes vasculaires	6 000	10%	65%
Mollusques terrestres	600	?	?
Oiseaux nicheurs	285	20%	40%
Mammifères	120	30%	60%
Reptiles	40	0%	25%
Amphibiens	40	5%	30%

Comparaison de la diversité des champignons avec celle d'autres groupes taxonomiques et importance de la forêt pour cette diversité.
(France Métropolitaine) (Gosselin et Gosselin, modifié Gilles Corriol, Laurent Larrieu)
Valeurs estimées et arrondies.

4 - Combien de champignons mycorhiziens vivent-ils sur le système racinaire d'un arbre ? La biodiversité en champignons mycorhiziens est-elle nécessaire ?

Quel que soit le mode de régénération, le très jeune arbre s'associe spontanément à des champignons préexistants dans le sol sous forme de spores ou de mycélium. Devenu adulte, un arbre est associé à un cortège fongique constitué de plusieurs dizaines d'espèces au moins de champignons mycorhiziens (dont seules quelques espèces fructifient chaque année).

Cette diversité s'explique par le fait que tous les champignons sont différents. Toutes les mycorhizes ont les mêmes fonctions générales mais leurs caractéristiques font que chacune est plus habile dans

une fonction précise. La mycorhize d'un lactaire a un manteau lisse qui s'applique directement contre un résidu organique d'où il extrait directement les éléments nutritifs grâce aux enzymes sécrétés. Au contraire, la mycorhize de bolet possède un mycélium qui forme des cordons (constitués de nombreux filaments disposés en faisceaux) qui peuvent aller chercher les substances nutritives (et l'eau) jusqu'à 10 cm de la racicelle (distance considérable du seul point de vue de la racicelle !). Certains champignons sont particulièrement «doués» pour récupérer l'azote à partir des protéines (contenues par exemple dans des racines mortes, des cadavres d'animaux de la micro ou mésofaune) tandis que d'autres champignons sont très actifs pour altérer les minéraux. Cette diversité permet au peuplement forestier de s'adapter aux évolutions de l'écosystème : évolution du peuplement lui-même du stade juvénile à un stade mûre, variations de la composition de la litière (et donc du sol et des ressources nutritionnelles), variations annuelle et interannuelle du climat. Cette biodiversité fongique est particulièrement cruciale dans un contexte de changement climatique. La biodiversité fongique augmente la «résilience» d'un peuplement forestier (= sa capacité à retrouver un bon état après un épisode climatique difficile).

5 - Comment gérer la biodiversité fongique ?

Deux règles de base permettent de protéger une biodiversité fongique :

- Protéger les sols et la matière organique revient à protéger le milieu de vie des mycorhizes.
- Favoriser la diversité des essences d'arbres dans le peuplement.

Chaque essence a tendance à apporter un cortège de champignons spécifique. Ainsi un peuplement monospécifique sera toujours plus pauvre en biodiversité fongique qu'un peuplement plurispécifique.

SCHÉMA DE SYNTHÈSE 1

Entre le sol et les arbres : le travail essentiel des champignons



Champignons mycorhiziens :

- Solubilisation éléments minéraux (+ protéines, cellulose, etc...)
- Absorption Eau
- Phosphore, Azote...
- Protection Systèmes racinaires
- Régulation fonctionnement du peuplement (« Hormones »).

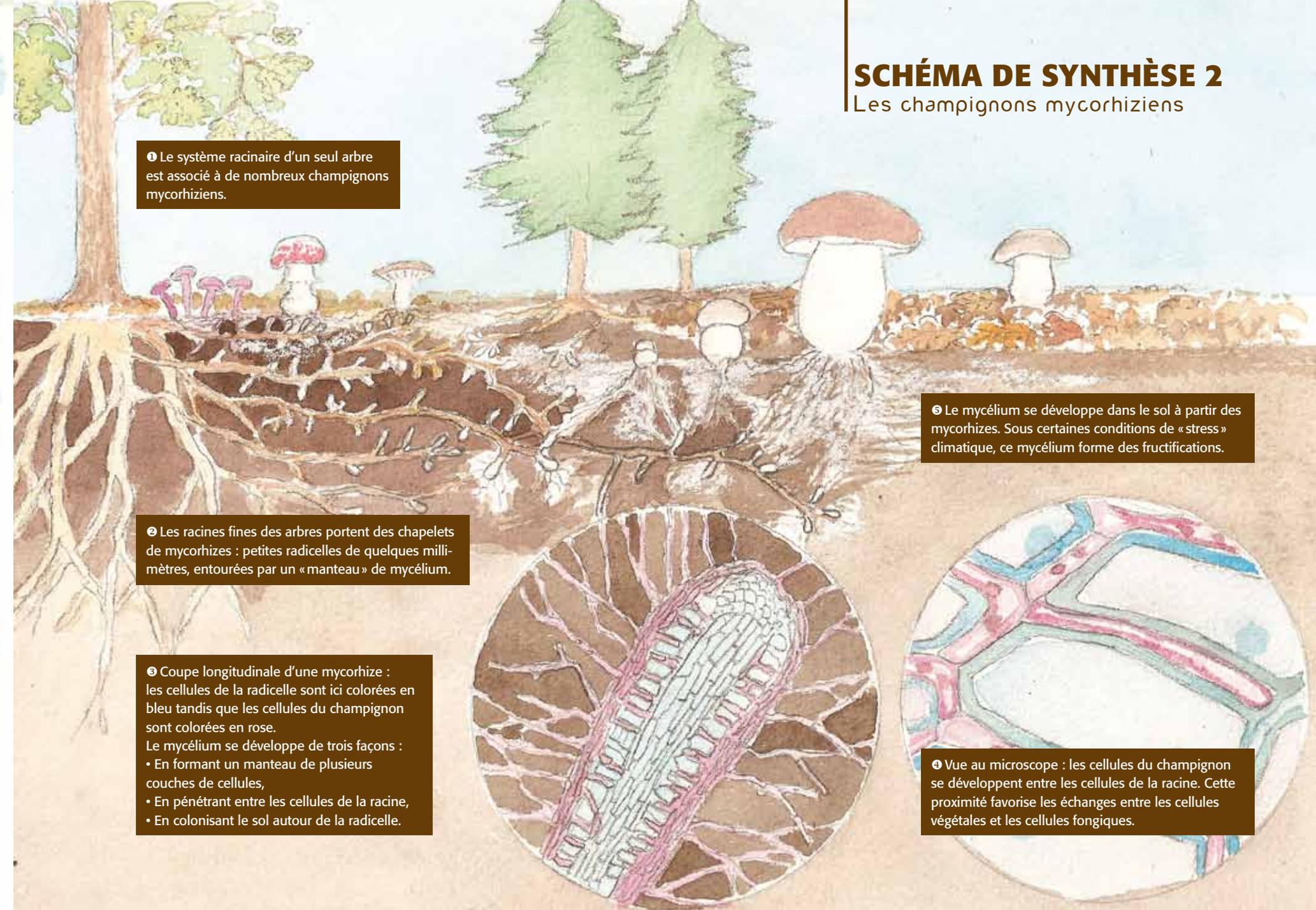
Champignons saprotrophes et parasites de faiblesse :

Recyclage de la matière organique :

- Décomposition litière, humification,
- Recyclage des éléments nutritifs,
- Renouvellement de l'écosystème.

SCHÉMA DE SYNTHÈSE 2

Les champignons mycorhiziens



❶ Le système racinaire d'un seul arbre est associé à de nombreux champignons mycorhiziens.

❷ Les racines fines des arbres portent des chapelets de mycorhizes : petites racelles de quelques millimètres, entourées par un « manteau » de mycélium.

❸ Coupe longitudinale d'une mycorhize : les cellules de la radicelle sont ici colorées en bleu tandis que les cellules du champignon sont colorées en rose.

Le mycélium se développe de trois façons :

- En formant un manteau de plusieurs couches de cellules,
- En pénétrant entre les cellules de la racine,
- En colonisant le sol autour de la radicelle.

❹ Le mycélium se développe dans le sol à partir des mycorhizes. Sous certaines conditions de « stress » climatique, ce mycélium forme des fructifications.

❺ Vue au microscope : les cellules du champignon se développent entre les cellules de la racine. Cette proximité favorise les échanges entre les cellules végétales et les cellules fongiques.

LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS favorables aux cèpes

1 - Les cèpes : définition

L'usage populaire et maintenant commercial du terme «cèpe» est réservé par tradition à seulement un petit nombre d'espèces de Bolets, souvent confondues car elles partagent un certain nombre de caractères morphologiques. Les cèpes appartiennent aux Boletaceae qui regroupe trente genres dont 12 en Europe.

Parmi les 300 espèces connues du genre *Boletus*, la section *Edules* comprend un petit nombre d'espèces : *Boletus edulis* (Le «Cèpe de Bordeaux»), *B. aestivalis* (Le «Cèpe d'été»), *B. aereus* (le «Tête de nègre» ou «Tête noire» ou «Cèpe bronzé»), *B. pinophilus* (le «Cèpe des pins de montagne» ou «Cèpe acajou»), *B. mamorensis* («Cèpe de la Mamora»), *B. carpinaceus*, *B. betulicola*...

Les Cèpes ont des caractères communs : pores très fins, blancs puis jaunes verdâtres et enfin verts olive à maturité, chair blanc immuable par exposition à l'air, pied obèse et puissant, charnu ventru, doté d'un réseau ou réticule en relief. Ils se distinguent cependant nettement par certains caractères :

Boletus edulis



- Cuticule visqueuse et revêtements piléique gras au toucher même par temps sec.
- Chapeau brun obscur à brun noisette, fortement décolorant.
- Marge crispée, munie d'une frange ou marginelle discolore blanche très typique et discriminante.

- Pied initialement blanc ou légèrement beige, jamais très coloré.



Boletus aereus

- Cuticule à tendance plus sèche, subveloutée, rarement humide.
- Chapeau lisse.

- Coloration soutenue, souvent obscure, brun marron noirâtre à brun café foncé avec forte tendance à se décolorer par zones en ocre cuivré vers un beige café au lait.
- Pied à coloration typique brun miel, à fauve cuivré (tirant sur le jaune) à réseau limité au sommet du pied, au plus jusqu'au 1/3.
- Chair très ferme, plus dense et consistante, blanc pur.



Boletus aestivalis

- Cuticule et revêtements piléiques veloutés (peau de chamois), feutrés à tendance très sèche, voire craquelée par sécheresse.

- Coloration claire, brun noisette, café au lait à brun beige pâle ou brun châtain (confusion possible avec *B. aereus*) à brun roussâtre (confusion possible avec *B. pinophilus*).
- Marge concolore, jamais discolore blanchâtre.
- Pied très concolore avec le chapeau, souvent muni d'un fort réseau en relief, développé jusqu'à la base (mais pas toujours !).
- Saveur plus douce, savoureuse, sucrée, goûteuse.



Boletus pinophilus

- Cuticule brillante grasse.
- Chapeau non lisse mais un peu rugueux, fripé veiné.

- Coloration typiquement roux-acajou, roux-cuivré.

- Marge pruveuse blanchâtre particulièrement visible dans les plis.
- Pied brun ocracé ou brun roussâtre, à silhouette obèse.
- Pores présentant spécialement une coloration ferrugineuse, plus particulièrement visible en vue tangentielle.

2 - Des espèces à large écologie

Les cèpes sont des espèces très ubiquistes, en particulier *B. edulis*, *B. aestivalis*, *B. pinophilus*.

Les observations révèlent des fructifications de ces espèces associées à une bonne diversité d'arbres-hôtes et d'habitats forestiers.

Arbres-hôtes	Fagaceae (Hêtre, Chênes, Châtaignier)	Pinus (Pin sylvestre)	Abiea (Sapin pectiné, Sapin de Vancouver)	Picea (Épicéa commun,...)	Betula (Bouleau)
<i>Boletus edulis</i>	TC	TC	TC	TC	TC
<i>B. aestivalis</i>	TC	?	?	?	?
<i>B. pinophilus</i>	C	C	C	C	
<i>B. aereus</i>	VC-R				

TC = Très Commun, C = Commun, R = Rare

(Les informations concernant la fréquence d'apparition des cèpes dans les habitats forestiers concernent les fructifications et non une présence sous forme de mycorhizes. Une essence peut être associée à une espèce de cèpe sans permettre sa fructification).

Les fructifications de cèpes sont particulièrement fréquentes et abondantes sous *Épicéa commun* (essentiellement *B. edulis*), *Sapin pectiné* (*B. edulis* et *B. pinophilus* dans une moindre mesure), *Pin sylvestre* (*B. pinophilus* en France et *B. edulis* et *B. pinophilus* en Espagne), *Pinus taeda*, *Sapin de Vancouver* (*Abies grandis*) (*B. edulis*), *Châtaignier* (les quatre espèces), *Hêtre* (*B. edulis* et *B. pinophilus*), *Cistus ladanifere*.

Les cèpes sont donc des champignons qui fructifient dans une grande diversité de peuplements forestiers, régulièrement (chaque année en règle générale) et souvent en grandes quantités.

Des enquêtes françaises et espagnoles menées dans des Régions et territoires de cueillette et collecte commerciale de cèpes montrent ainsi l'importance des «productions» de cèpes, le terme production étant mis en italiques pour indiquer qu'il s'agit bien sûr de productions (pour l'instant) non gérées et non programmées. On parle ici de production de champignons «sauvages», bien que des fructifications importantes de ces champignons soient associées essentiellement à des forêts montrant des caractères propres de forêts gérées, comme nous l'expliquerons plus loin.

Le tableau suivant donne pour exemple des données fiables concernant les productions de cèpes dans un territoire de moyenne montagnes françaises du Massif Central. Les jeunes plantations résineuses, installées dans certaines conditions que nous évoqueront plus loin, sont les plus productives. Il s'agit ici des cèpes effectivement commercialisés après récolte à un stade encore jeune «hyménium blanc».

Futaie, futaie/taillis, Chêne Hêtre, Châtaignier	85.000 ha	10 kg/ha	850 T
Futaie (plantations) épicéa commun et de sapin pectiné	22.500 ha	60 kg/ha	1350 T
Taillis /Futaie Épicéa sapin dominants	1.250 ha	30 kg/ha	40 T
Futaie et futaie Taillis Pin sylvestre	7.740 ha	10 kg/ha	80 T

(enquête Creuse, 1990. «Économie et écologie des cèpes en Creuse» - J. Rondet, 1990)

Un autre exemple bien étudié concerne une forêt de 12 000 ha de Pins sylvestres de la province de Soria, en Castille et Léon.

Cette forêt gérée produit une moyenne de 40 Kg/ha/an de cèpes de deux espèces : *B. edulis* et *B. pinophilus*.

En conclusion : des espèces associées à de nombreuses essences différentes, présentes dans des milieux diversifiés, fructifiant souvent abondamment « des espèces intéressantes pour la gestion myco-sylvicole ».

3 - Cycle de développement des cèpes

Pour faire l'état des lieux des connaissances et des hypothèses sur l'écophysiologie des cèpes, il semble utile d'organiser les informations en les rattachant à quatre phases d'un cycle de développement. Ce cycle est représenté sur le schéma suivant, qui met en évidence les facteurs de l'écosystème qui sont en relation avec ce cycle : l'atmosphère et le climat, le peuplement forestier et plus généralement l'ensemble des plantes (= la phytocénose), le sol.



La fructification dépend des phases précédentes. C'est pourquoi l'importance d'une récolte ne peut s'expliquer qu'en tenant compte de l'ensemble des phases de développement précédentes et des conditions qui entourent chacune d'entre elles.

3.1 - L'installation des mycorhizes

On pense que le cèpe se transmet d'un arbre à l'autre (en particulier d'un arbre déjà mycorhizé par le cèpe à un jeune arbre voisin non encore mycorhizé) par le biais du mycélium. Le mycélium déjà installé sur des racines peut se développer dans le sol, rencontrer de nouvelles racelles et s'y installer pour former de nouvelles mycorhizes.

Cependant, il est probable que les spores peuvent être impliquées dans la mycorhization d'arbres s'installant en premier sur une parcelle dépourvue d'arbres auparavant : prairies, landes. On imagine ainsi que les essences pionnières (qui s'installent donc en premier) comme le bouleau (*Betula pendula*) et le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) se mycorhizent facilement grâce aux spores de cèpes présentes dans le sol et qui germent au contact des radiceles. Une fois la mycorhization installée sur ces essences, le mycélium peut se propager sur des systèmes racinaires voisins. Le dessin ci-dessous résume ces modes possibles de propagation.



Les conséquences sont nombreuses en terme de reboisement. Il semble intéressant de favoriser une mycorhization naturelle

des essences de reboisement en prévoyant dans les mélanges des essences pionnières. Une fois mycorhizées, ces essences deviennent des essences « vectrices » de mycélium. Les cèpes étant très ubiquistes comme nous l'avons vu, des mélanges très divers peuvent être utilisés.

Ces hypothèses peuvent expliquer les observations comparatives faites dans le Massif Central dans des jeunes plantations résineuses réalisées d'une part sur terrains nus (prairie, terre agricole) et d'autre part sur lande arborée issue d'une recolonisation spontanée de prairies ou terres abandonnées par l'agriculture. La production de cèpes sous jeunes résineux (Epicéa commun en particulier) est abondante quand la plantation a été réalisée sur un précédent « landes arborées » et anecdotique quand la plantation a eu lieu directement sur terre agricole ou prairie.

Importance de la strate herbacée pour la mycorhization par les cèpes



Les strates à éricacées (à *Calluna vulgaris* en particulier) d'une part et à *Molinia cerulae* sont très favorables aux cèpes. Une hypothèse suggère des effets allélopathiques exercés par ces plantes vis à vis d'autres mycorhiziens, favorisant ainsi indirectement les cèpes.



1 Schématisation d'une mycorhization d'un jeune chêne à partir de mycélium provenant des racines d'un bouleau. La présence de callune favoriserait une prédominance du cèpe par rapport à des champignons concurrents.

2 Callune, Molinie, Fougère aigle : trois plantes qui favorisent le développement des cèpes.

Importance de la nature des sols sur la mycorhization par les cèpes.

D'une manière générale, une corrélation inverse existe entre fertilité du sol et nombre de mycorhizes. Les champignons mycorhiziens ayant pour les arbres-hôtes la fonction de les aider dans leurs fonctions nutritionnelles (en minéraux, azote et eau), leur activité sera d'autant plus nécessaire dans les stations peu fertiles et sans doute dans les situations de concurrence forte entre les arbres. Toutefois, dans le cas des cèpes, il n'existe pas nécessairement de corrélation étroite entre le nombre de mycorhizes de cèpes et sa présence active dans les sols. L'« activité biologique » des cèpes est peut-être plus liée à un développement mycélien important qu'à une multiplication du nombre des mycorhizes. Cette hypothèse est posée par un certain nombre des participants du programme Micosylva (J. Garbaye, A. Fortin, J. Guinberteau, F.M. Peña, J. Rondet notamment).

Dans les sols du réseau de parcelles Micosylva, la situation des racines fines mycorhizées dans les différents horizons du sol montre bien une relation avec la nature des sols. D'une manière générale,

les racines mycorhizées se situent essentiellement dans les premiers centimètres de sol (0 à 5 cm pour certains sols et jusqu'à 0 à 20 cm pour d'autres sols).

Toutefois, la densité et la répartition des mycorhizes de cèpes ne pourront être efficacement étudiées en relation avec les sols qu'à l'aide des outils de la biologie moléculaire. Les équipes espagnoles du programme Micosylva ont entrepris ces études.

3.2 - La croissance mycélienne

Des recherches restent à faire pour confirmer les hypothèses que nous formulons ici.

Hypothèse 1 :

Les cèpes poussant très rapidement après l'initiation fructifère liée à la pluie (de l'ordre de la dizaine de jours), cette fructification abondante pourrait s'expliquer par une redistribution rapide de réserves préalablement stockées sur une période longue (de l'ordre de plusieurs mois) dans le mycélium. Un développement important de mycélium dans le sol serait un préalable à une bonne fructification. Par ailleurs, un réseau important de mycélium semble nécessaire pour pouvoir capter rapidement l'importante quantité d'eau nécessaire aux fructifications en croissance.

Hypothèse 2 :

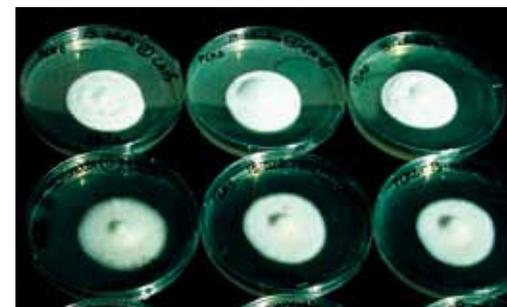
Le type de fonctionnement précédent évoque le fonctionnement d'un champignon saprotrophe de litière. Dans ces cas là, bien étudiés dans le cadre des cultures de champignons saprotrophes (pieds bleus, pleurotes...), l'importance de la fructification est étroitement corrélée avec la densité mycélienne dans le substrat. L'hypothèse

2 propose que les cèpes aient un fonctionnement mixotrophique, c'est à dire pour une part symbiotique mais aussi pour une part saprotrophe. La balance entre les deux types de fonctionnement pouvant peut-être varier d'ailleurs selon les types d'habitats forestiers et peut-être les saisons de fructification.

Hypothèses sur les conditions climatiques favorables à la croissance mycélienne de cèpes dans les sols :

S'il n'a pas été possible jusqu'ici de suivre la croissance mycélienne dans un sol naturel, on a pu cultiver au laboratoire des «souches» mycéliennes issues de «bouturage» (ou «clonage») de fragments de fructifications (= «sporophores») récoltées dans différents écosystèmes.

Les mycéliums sont cultivés en boîtes de pétri, qui peuvent être placées dans des enceintes à différentes températures. Il est ainsi possible de comparer la croissance de «colonies mycéliennes» (issues donc de la même «souche»). Les résultats sont intéressants pour deux raisons. a) Les gammes de températures permettant une bonne croissance sont assez étroites. Les croissances sont bonnes aux alentours de 18°C et jusqu'à 25°C environ. En deçà et au-delà les vitesses de croissance chutent rapidement. b) Il existe des différences entre les optimums de croissance des différentes souches et ces différences apparaissent en relation avec la provenance des fructifications. Des cèpes récoltés dans des habitats de régions plus chaudes donnent des mycéliums dont l'optimum de croissance est élevé (22 à 25°C par exemple) alors que des fructifications récoltées dans des habitats de Régions plus froides donnent des mycéliums ayant un optimum de croissance aux alentours de 18-20°C.



Conséquences en terme de gestion forestière :

L'ouverture des milieux forestiers (par éclaircies) favorise le réchauffement des sols des sous-bois du fait d'un ensoleillement direct. Les mesures de température effectuées en sous-bois montrent en effet qu'un peuplement fermé permet rarement aux sols de parvenir à une température nécessaire à une forte croissance mycélienne (20°C) alors que l'ouverture du milieu permet habituellement de gagner en moyenne quelques degrés. L'élévation moyenne de 5°C constatée permettrait ainsi aux sols d'être beaucoup plus longtemps à une température favorable à la croissance du mycélium de cèpes. Cela apparaît évident quand nous comparons des «sommets de température» comme on le fait pour des cultures de plantes au champ (par exemple le maïs).

Conséquences sur la variabilité des productions annuelles :

Il est possible que les conditions de températures annuelles aient une influence importante sur les fructifications de cèpes, par le biais d'une influence sur l'élaboration d'un potentiel mycélien dans les sols. L'importance des fructifications annuelles repose sans doute sur une addition de conditions complémentaires et pas simplement sur les événements qui président aux dernières phases de développement (initiation fructifère et fructification).

Par exemple, la comparaison des sommes de température d'un territoire du Département de la Dordogne en France (territoire où les récoltes de cèpes sont importantes mais varient beaucoup d'une année à l'autre) révèle des différences importantes d'une année à l'autre.

Cependant, il est possible qu'il y ait deux modèles de développement des cèpes : un modèle annuel pour les cèpes fructifiant en automne (productions principales de *B. edulis* et *B. pinophilus*) et un modèle bisannuel pour les cèpes poussant tôt en été (productions principales de *B. aestivalis* et *B. aereus*). Les cèpes d'automne pourraient se développer à partir de mycélium formé la même année tandis que les cèpes d'été pourraient se développer à partir de mycélium formé l'année précédente. D'autre part, il est nécessaire de tenir compte des conditions de pluviométrie qui influent sur l'humidité des sols et par ce biais sur les conditions de croissance mycélienne. Les pistes d'études sont donc intéressantes mais complexes.

Hypothèses sur les conditions nutritionnelles favorables à la croissance mycélienne de cèpes dans les sols :

A l'évidence, certaines litières forestières semblent très favorables aux productions de cèpes. Les litières formées par des aiguilles de pins (*Pinus sylvestris*), d'épicéas (*Picea abies*), des mélanges d'aiguilles ou de feuilles et d'éricacées mortes (Litière formée par *Calluna vulgaris* par exemple), la litière formée par la Molinie (*Molinia cerulæ*) sont particulièrement intéressantes. Par ailleurs, des observations visuelles semblent montrer une dégradation de ces litières par le mycélium que l'on attribue au cèpe par évidence d'une proximité avec des jeunes sporophores par exemple, mais sans la certitude encore aujourd'hui que pourraient donner les outils de la biologie moléculaire.


Cultures mycéliennes
en boîte de pétri de
différentes espèces
de cèpes.
(Photo J. Guinberteau)

3.3 - L'initiation fructifère

Il est maintenant démontré que la pluie est un facteur essentiel initiant le processus de fructification. Dans le cas des espèces fructifiant en automne, un abaissement de la température (abaissement de 5°C des températures moyennes, pendant quelques jours en général) est de plus nécessaire, avant ou pendant l'épisode pluvieux.

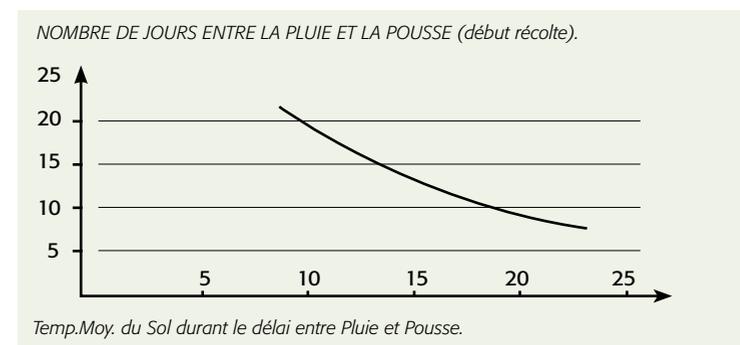
Pour vérifier l'hypothèse d'une induction des pousses par les pluies, une approche intéressante a consisté en particulier à étudier la relation entre d'une part le délai (y sur le schéma ci-contre) entre la pluie et le début de la fructification (premiers sporophores récoltés) et d'autre part la température moyenne (x sur le schéma) du sol pendant cette période.

Un réseau de placettes forestières (dans le Sud-Ouest de la France et en Dordogne en particulier) a eu pendant quelques années comme l'un des objectifs principaux d'observer les effets des pluies sur les fructifications, en notant parallèlement les températures (air et sol) et les variations d'humidité du sol à l'aide de tensiomètres. Sur ces placettes, la pluie a pu être remplacée efficacement par une irrigation.

Une relation statistique existe bien entre ces deux facteurs : nombre de jours entre le délai Pluie→Pousse («D») et «T moy» dans le sol. Plus il fait froid et plus le délai est long. Cela signifie que les phénomènes biologiques correspondant au passage du stade de croissance mycélienne au stade de fructification sont plus lents sous des températures froides. Au contraire, si il fait chaud (20°C et plus), le processus est rapide : 8 jours après la pluie, les premiers cèpes sont prêts à cueillir.

La relation statistique entre D et T moy implique qu'il y a également une relation statistique entre Pluie et fructification.

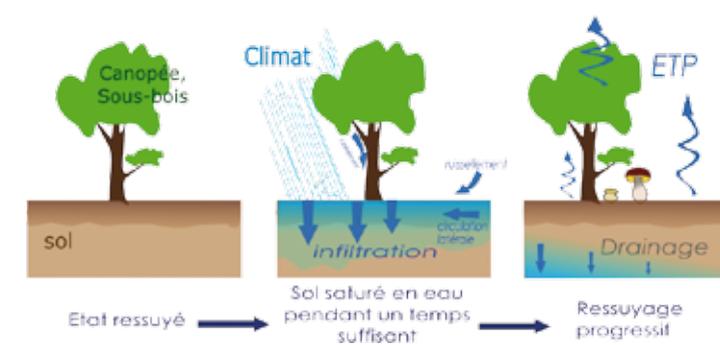
Quand le sol est froid (9°C), il faut environ 20 jours pour que les cèpes apparaissent (au stade cueillette). Quand il fait chaud (20°C), le délai est voisin de 10 jours.



L'initiation fructifère correspond à une modification brusque du fonctionnement du mycélium. Jusqu'à cette pluie, le mycélium est dans une phase de croissance. La pluie interrompt cette croissance pour orienter différemment le fonctionnement du mycélium. Celui-ci interrompt sa croissance «centrifuge» pour «réagir» en s'agréant pour former des petites masses sphériques appelées «primordia». Comment agissent les pluies sur le mycélium pour modifier ainsi son fonctionnement ? Plusieurs hypothèses sont envisageables (asphyxie, modification brutale de la composition gazeuse de l'atmosphère du sol, lessivage brusque des substances nutritives solubles du sol) mais il est certain que la pluie doit être suffisante pour bien hydrater le sol. Il semble même que le mycélium doive être provisoirement noyé.

Selon les sols, la quantité d'eau nécessaire peut être très différente, de très faible (quelques mm) à très importante (de l'ordre de 100 mm). Un horizon assez imperméable du sol peut ralentir le drainage de l'eau en profondeur et favoriser son accumulation au-dessus. Si cet horizon est peu profond, le sol situé au-dessus peut se saturer

avec une faible pluie. Il s'agira alors d'un sol bien sûr très favorable à des initiations fructifères répétées ne demandant pas de pluies importantes.



a) Schéma résumant les facteurs hydriques liés à l'initiation fructifère



b) Installation d'une station météo sur une «parcelle Micosylva» des Hautes-Pyrénées



c) Repérage spatial (piquetage) + date + poids moyen sur une parcelle de Dordogne (*Castanea sativa*, verger à fruits)

3.4 - La fructification

Le début de la fructification se passe dans les premiers cm du sol. Les dernières phases se déroulent pour une part en dehors du sol.



Primordia de cèpe (1mm environ) dans le sol et fructification de *Boletus pinophilus* dans une Châtaigneraie de Dordogne.

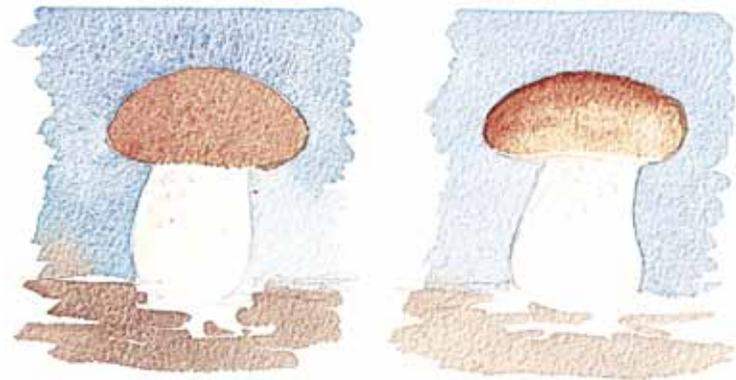
Le processus est encore mal connu et il est nécessaire de multiplier les observations in situ pour mieux en décrire les étapes.

Les données dont nous disposons correspondent aux valeurs des

températures et de l'humidité du sol (données tensiométriques). mesurées pendant les fructifications

Températures :

Dans les conditions du Sud-Ouest français, la fructification des cèpes demande des températures > 7°C pour *B.edulis* ou 10°C pour les espèces plus thermophiles. Par ailleurs, il semble que des températures > 25°C environ limitent la fructification. Il s'agit ici des températures mesurées dans les premiers cm du sol. Pour les minima, il faut considérer les moyennes de température. Pour les maxima, il semble que quelques heures à des températures excessives puissent être limitantes. Il faut donc considérer plutôt les températures maxi quotidiennes. C'est un facteur limitant sans doute très important en année très chaude.



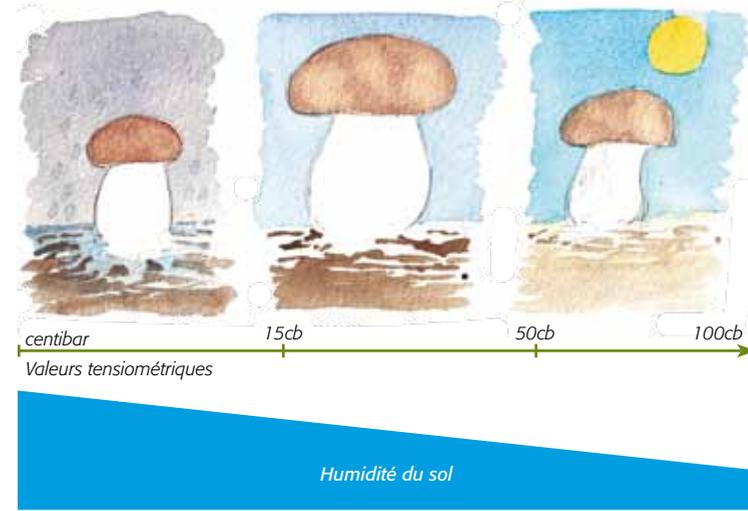
10°C < Fructification > 27°C
Boletus aereus
B.aestivalis

7°C < Fructification > 25°C
Boletus edulis

Humidité du sol :

Dans le Sud-Ouest français, une humidité optimale pour la fructification de deux espèces de cèpes (*B.aereus* et *B.aestivalis*) a été bien évaluée à l'aide de tensiomètres.

Une humidité optimale permet une croissance jusqu'à un poids moyen/cèpe de 200 g.



Ces données sur le climat du sol sont très importantes d'une part pour mieux comprendre les facteurs qui limitent certaines années la fructification mais aussi pour orienter la gestion mycosylvicole afin d'influencer favorablement ce climat du sol.

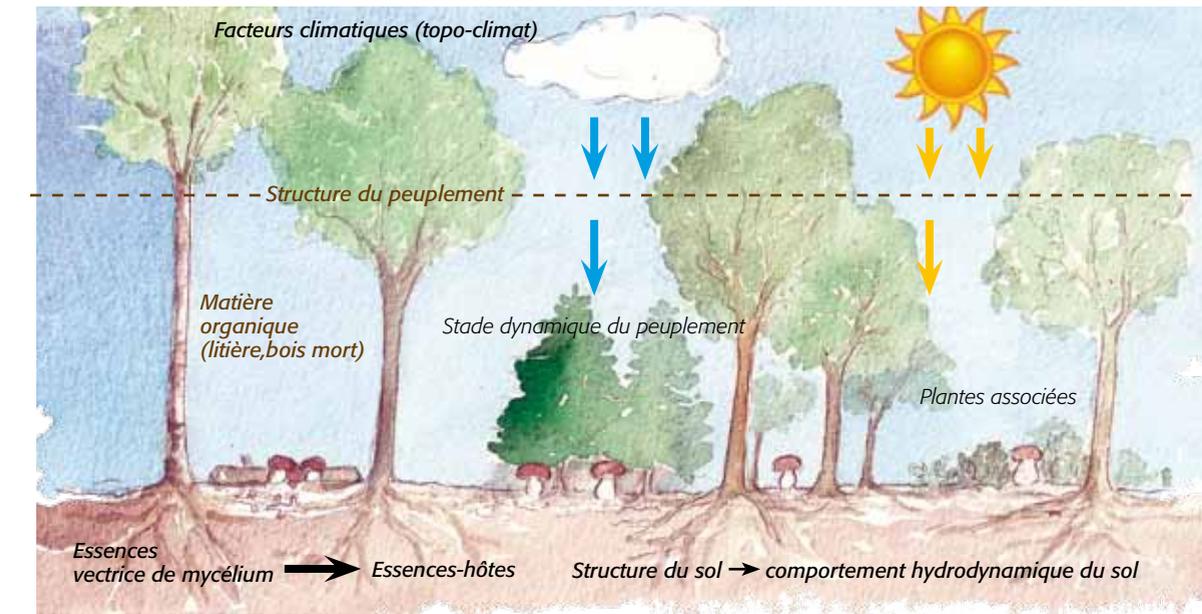
4 - Synthèse

Le développement des cèpes est conditionné par de nombreux facteurs de l'écosystème. Certaines relations sont bien observées tandis que d'autres sont encore hypothétiques.

La **mycorhization** par les cèpes suppose des essences-hôtes favorables, des essences vectrices de mycélium et certaines plantes associées de la strate herbacée sont favorables.

Une **bonne croissance mycélienne** est supposée être un facteur nécessaire à une future bonne fructification mais cela demande à être vérifié par des recherches précises, basées sur des observations et sur les techniques de caractérisation des mycéliums par les techniques de la biologie moléculaire.

Le mycélium est supposé pouvoir dégrader efficacement certaines matières organiques difficilement utilisables par d'autres organismes (litières résineuses par exemple, riches en composés aromatiques, en polyphénols. Litières riches en tanins,...). Si cela était vérifié, cela confirmerait l'un des rôles écologiques majeurs des cèpes, en tant qu'organismes essentiels dans le recyclage des éléments nutritionnels de ces matières organiques. Cela pourrait expliquer aussi les fortes productions de cèpes dans des écosystèmes riches en ces types de litières (peuplements résineux en particulier). Enfin, cela mettrait



ainsi l'accent sur l'importance de la gestion des litières forestières dans la production de cèpes.

L'initiation fructifère dépend des variations de température (pour les cèpes fructifiant en automne) et de variations importantes de l'humidité des sols (pour toutes les espèces). Le programme Micosylva, par une comparaison de différents «sols cépiers», a permis de préciser les relations entre nature des sols et initiation fructifère.

La **fructification** ou croissance des sporophores est une phase très sensible également au climat. Des seuils de température et d'humidité du sol existent. Ces seuils doivent être sans doute précisés dans les différents écosystèmes forestiers par des observations simples de données du climat du sol. En effet, il existe peut-être une certaine diversité intraspécifique

(au sein de chaque espèce de cèpe) du point de vue de ces exigences climatiques. La structure du peuplement doit être étudiée pour réduire les variations climatiques en sous-bois et dans le sol. Dans une réflexion à long terme sur les objectifs de gestion d'un massif forestier, une production fongique pourra être particulièrement recherchée dans des parcelles ayant une situation favorable du point de sa localisation topographique.



Le schéma ci-contre rappelle les éléments essentiels conditionnant le développement des cèpes.

DIAGNOSTIC MYCO-SYLVICOLE à l'échelle parcelle

1 - La démarche

Le diagnostic myco-sylvicole : une démarche globale pour étudier les potentialités d'un écosystème forestier et faire des propositions de gestion.

La définition d'un plan de gestion d'un écosystème forestier suppose au préalable une définition claire des objectifs que nous avons pour cette forêt : Voulons-nous simplement produire des champignons ? Ou bien du bois et des champignons ? En préservant une biodiversité intéressante ?

L'approche myco-sylvicole propose de s'intéresser à une gestion globale qui intègre ces trois objectifs, la préservation de la biodiversité pouvant être considérée comme une condition de la durabilité des productions des quelques espèces d'arbres et de champignons d'importance économique et sociale.

Pour établir des principes de gestion et définir les techniques à mettre en oeuvre pour opérer une telle gestion, un préalable est d'estimer le « potentiel myco-sylvicole » d'une forêt à travers une série d'analyse des composantes de l'écosystème. Cette série d'analyse constituera un « diagnostic mycosylvicole ». Cela revient à dire que ces analyses doivent permettre d'évaluer les « points forts » et les « points faibles » de l'écosystème du point de vue de sa capacité à accueillir la biodiversité et de sa capacité à produire du bois et/ou des champignons.

Quels sont les critères du diagnostic myco-sylvicole ?

A l'occasion du projet de coopération européenne Micosylva, des scientifiques et techniciens ont pu travailler ensemble pour définir ces critères et proposer des méthodes pour les analyser.

Ce travail a été fait à l'occasion d'études concrètes d'écosystèmes très différents.

L'aquarelle présentée ci-contre illustre un travail mené au Portugal, dans un peuplement de chênes verts producteurs de champignons comestibles et abritant par ailleurs une activité d'élevage.

Le même travail a été fait, dans le Sud-Ouest de la France en **Dordogne, Hautes-Pyrénées et Corrèze** sur les quatre écosystèmes présentés dans les pages suivantes et quatre autres présentés dans un ouvrage complémentaire de celui-ci (cf. 4^e de couverture).

La comparaison des études menées sur un ensemble diversifié d'écosystèmes forestiers a conduit à définir quatre critères d'analyses et des propositions de gestion, généralisables et transposables à tous les cas concrets :

- I. Diagnostic forestier** : Historique, contexte socio-économique, état sanitaire, structure et gestion du peuplement.
- II. Diagnostic sol** : Organisation, forme d'humus, niveau de fertilité, comportement hydrodynamique.
- III. Diagnostic mycoécologique** : Etude des cortèges fongiques mycorhiziques, saprotrophes humicoles, saproxyliques et interprétation en relation avec le fonctionnement de l'écosystème.
- IV. Diagnostic biodiversité et évaluation de la capacité d'accueil en biodiversité** (utilisation de l'indice de biodiversité potentielle L.Larrieu et P.Gonin).
- V. Propositions de gestion.**

Sur la base de ce diagnostic global, le gestionnaire pourra décider d'une gestion adaptée.

2 - Les acteurs du diagnostic myco-sylvicole



Illustration d'un diagnostic myco-sylvicole, mené par un groupe franco-portugais constitué par des membres du réseau Micosylva.

Le diagnostic a ici trois objectifs :

- Mieux comprendre les causes du dépérissement des chênes verts et chênes liège du Sud du Portugal.

- Définir un mode de gestion qui assure une amélioration des peuplements et une meilleure valorisation des champignons comestibles (*Amanita Caesarea*, *Bolet Aerus*, *Terezia arenaria*, *Choiromyces gangliiformis*).

- Proposer un modèle alternatif d'agro-système.

3 - Les outils du diagnostic myco-sylvicole

L' Inventaire pied à pied

L'inventaire « pied à pied » est réservé aux placettes Micosylva. Il répond à plusieurs objectifs :

- Établir un diagnostic précis de la placette (état zéro) qui permettra à terme d'effectuer des suivis de l'évolution des peuplements (naturelle ou gestion forestière),
- Élaborer les outils pédagogiques nécessaires à la formation des gestionnaires et propriétaires forestiers (martelodrome),
- Permettre, au travers de l'outil cartographique, de localiser facilement divers éléments sur le terrain (régénération, carpophores), chaque arbre étant repéré individuellement,
- Décrire finement la topographie de la placette.

L' indice de biodiversité potentielle (IBP)

L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP), a été conçu par le CRPF Midi-Pyrénées (Larrieu et Gonin, 2009), afin de proposer un outil simple et rapide aux gestionnaires forestiers pour :

- Estimer la biodiversité potentielle du peuplement, c'est-à-dire sa capacité d'accueil en espèces et en communautés, sans préjuger de la biodiversité réellement présente qui ne pourrait être évaluée qu'avec des inventaires complexes, non opérationnels en routine.
- Diagnostiquer les facteurs améliorables par la gestion.

L' Analyse de sol

Les solums de chaque placette ont fait l'objet d'une analyse sur la base d'un diagnostic terrain et d'analyses en laboratoire. L'exploitation de ces données permet de décrire les caractéristiques physiques (notamment le comportement hydrodynamique) et chimiques des sols.

Le risque de toxicité à l'aluminium typique de certains sols acides ainsi que la teneur en phosphore ont été évalués.

Le suivi des conditions météorologiques

Sur chaque placette, différents paramètres météorologiques (Température et Hygrométrie de l'air à 2m, Pluviométrie, Vent Rayonnement solaire, ETP, Humectation du sol à l'aide de tensiomètres) ont été mesurés et enregistrés sur toute la durée du projet.

Le suivi des conditions météorologiques est particulièrement important pour caractériser au mieux les facteurs qui conditionnent la croissance mycélienne et l'initiation fructifère, en amont des « pousses » de champignons.

L'humectation du sol permet également de mieux décrire le fonctionnement hydro-dynamique des sols.

L' Inventaire fonge/flore

En complément de relevés phytosociologique, les inventaires mycologiques ont été réalisés sur la totalité de chaque placette, et dans tous les cas sur une surface minimale de 2000 m². Afin de repérer un maximum d'espèces, les échantillonnages ont été répartis sur toute la période du projet, et tous les substrats ont été examinés (sol, litière, bois morts au sol ou sur pied, ...). L'inventaire fongique s'est focalisé sur les fructifications. Toutes les Agaricales (ss. lato) terricoles, les Aphyllophorales terricoles (Ramaria, Cantharellus, hydnes...), les Gastéromycètes ont été inventoriés. Les Ascomycètes terricoles (non lichénisés) de plus de 1 cm de diamètre ont également été étudiés. Les autres champignons ont été étudiés autant que possible.

Un indice d'intérêt des communautés fongiques saproxyliques est calculé pour chaque placette à partir d'un système de bioévaluation en cours de construction (Corriol, inédit).

L'inventaire des champignons « cibles » : les Cèpes

L'inventaire des Cèpes s'est fait au travers de l'observation de leurs fructifications. Pour chaque carpophore, une série d'informations a été notée : la date de la récolte, le nombre de Cèpes et le poids total de la récolte, la localisation individuelle des Cèpes. Par la suite, ces informations ont été reportées sous SIG.

On trouvera sur les sites Web Micosylva (cf. 4^e de couverture) une description détaillée des méthodes d'analyses. Certaines ont une vocation de Recherche ou de pédagogie. D'autres, simples d'application et peu coûteuses, sont conçues pour être utilisées par les gestionnaires.

Un site situé en bordure étang :
- effet lisière
- humidité



L'irrigation du peuplement a permis de cumuler une série d'observations déterminantes dans la connaissance des phases de déclenchement et de développement des pousses de cèpe d'été.



Une production de cèpes d'été localisée en bordure d'étang. Moyenne : 16.5 kg/ha



Le sol sablo-limoneux est lessivé. Réserve utile 70 mm.

LA CHÊNAIE

du massif Double Landais

1 - Historique et gestion du peuplement

Futaie régulière de chênes pédonculés en mélange avec des feuillus précieux (alisier torminal, merisier). Le peuplement est en cours de transition entre la futaie jeune et la futaie adulte. **Surface** : 0 ha 75. **Densité** : 339 tiges/ha. Surface terrière : 26.8 m². Le sous-bois est entretenu par 1 à 2 passages de gyrobroyeur an. La parcelle, située en bordure d'étang, est irriguée par un canon mobile. L'objectif du propriétaire est la récolte de cèpes ; le bois est destiné au chauffage.

2 - Le sol

Le sol est sablo-limoneux sur un système « sables du Périgord ». **0-50cm** : texture grossière sablo-limoneuse- bonne porosité – bonne répartition des racines- présence de tâches d'oxydation sol très clair « délavé » réserve utile de ce 1^{er} compartiment de sol = 70 mm. **Au delà 50cm** : zone argileuse compacte - zone de rupture vis à vis de la circulation de l'eau. pH acide = 5.4. Ce sol est relativement bien pourvu en élément minéraux avec comme facteur limitant : une CEC très faible.

3 - La flore

La flore est typique d'un sol acide et hétérogène avec des zones plus ou moins fermées , des zones très sèches , une bordure d'étang plus humide. Présence en abondance sur toute la bordure d'étang de la fougère aigle.

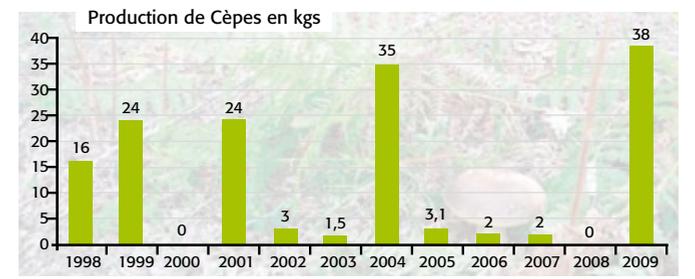
Des espèces hygrophiles : ajonc nain, molinie (espèce qui tolère également des sols secs).

Des espèces xérophiles : potentille des montagnes, germendrée scorodoire.

Des espèces héliophiles : brachypode penné , bruyère cendrée, épervière piloselle.



- 1 Bruyère cendrée.
- 2 Ajonc nain.
- 3 Molinie.



4 - Les champignons

Deux espèces de cèpes sont récoltées : *Boletus aestivalis* (cèpe d'été) et *Boletus aereus* (cèpe tête noire). Cortège fongique associé : amanite citrine, russule noirissante, bolet noirissant... La répétition des irrigations (apports = 100 mm) a généré des modifications du cortège fongique (apparition du bolet raboteux). Sur la production de cèpes, des relevés sont réalisés depuis 1998. Moyenne = 16.5 kg de cèpes /ha /an.

5 - Propositions de gestion

- Exploiter progressivement les chênes destinés au bois de chauffage
- Favoriser par détournage la croissance des merisiers et de alisiers
- Enrichissement en ligne ou par bosquets (chêne sessile, chêne rouge, sapin de Vancouver...).

Un peuplement très ouvert
conséquence de la tempête
de 1999.



Un potentiel de production de
80 kg/ha.



Le sol est profond avec une
prospection homogène des
racines. La quantité d'eau
nécessaire pour saturer ce sol
est de 70 à 80 mm.



LA CHÊNAIE du massif Nord-Dordogne

1 - Historique et gestion du peuplement

Futaie régulière de chênes pédonculés de 80 ans et plus, en mélange avec des bouleaux et des sapins pectinés. **Surface** : 0 ha 35.

Le peuplement a été fortement endommagé par la tempête de 1999 avec 40% du peuplement détruit ; la densité actuelle est de 257 tiges/ha. Surface terrière = 13m²/ha. Le sous-bois est régulièrement entretenu par 1 à 2 passages de broyeur/an. L'objectif du propriétaire est principalement la récolte des cèpes ; le bois est destiné au chauffage à l'exception de quelques bois de charpente.

2 - Le sol

Le sol est sablo-limoneux sur un système « roches cristallines grenues ». Sur un profil > à 1m50, on distingue 3 ensembles : **0-70 cm** : texture grossière limon-sable qui s'affine en profondeur, présence de nombreuses racines et radicules / **70-110 cm** : arène granitique compacte - peu de racines / **Au-delà 110 cm** : texture argileuse moyennement compacte, bonne prospection racinaire.

Le sol est très acide (pH = 3.8 en surface) ; les teneurs en éléments minéraux sont plus importantes en profondeur avec une carence en phosphore sur l'ensemble des horizons. La réserve utile du 1^{er} horizon (0-70) = 85 mm ce qui semble être la quantité d'eau nécessaire au déclenchement d'une fructification importante.

3 - La flore

La flore est typiquement acidiphile avec la présence d'éricacées comme la callune et la bruyère cendrée, de graminées comme la danthonie et la canche flexueuse. La flore est très diversifiée avec une prédominance des espèces de lumière ou de demi-ombre.



1 Canche flexueuse.
2 Bruyère cendrée.
3 Callune.

4 - Les champignons

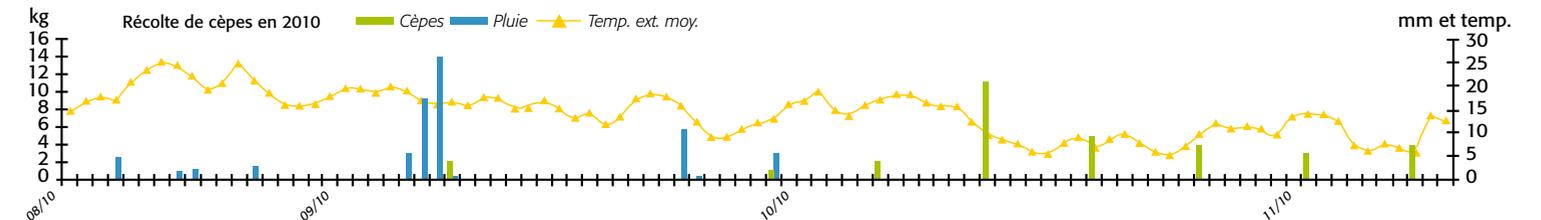
Les principales espèces de cèpes récoltées sont *Boletus edulis* (cèpes d'automne) et *Boletus aereus* (cèpe tête noire).

Récolte 2010 : 32 kg avec une période très sèche (du 25/06 au 18/08 : pluviométrie = 0) et un cumul de pluie du 18/08 au 30/09 de 45mm.

5 - Propositions de gestion

Evolution naturelle : régénération des chênes pédonculés, essence qui présente en Dordogne des signes de dépérissement. Propositions :

- Exploitation progressive des arbres (charpente- chauffage).
- Enrichissement en ligne ou par bosquets, à base chênes sessiles ou de chênes rouges mélangés avec des sapins pectinés et des épicéas.



Le taillis de chênes – charmes se referme, présence de réserves de chênes de qualité.



Potentiel de production 60 kg/ha de cèpes d'été.



Sol à « 2 réservoirs » communicants. Il nécessite 70 à 80 mm pour être saturé.



LE TAILLIS SOUS FUTAIE du massif Sud Dordogne

1 - Historique et gestion du peuplement

Taillis de châtaigniers et taillis de charmes avec futaie de chênes. Le peuplement est jeune avec une majorité de perches et de petits bois.

Surface : 0 ha 65 avec une densité de 934 tiges/ha.

Surface terrière : 29.2 m²/ha.

La dernière coupe rase date de 1960.

Le taillis a été éclairci en 2006 et les bois morts sur pied sont enlevés régulièrement. Le propriétaire a un double objectif :

- récolter des champignons.
- produire du bois : les petits bois sont destinés au chauffage et à la papeterie alors que les tiges d'avenir (chênes et châtaigniers) pourront être valorisés en charpente ou parquet.

2 - Le sol

C'est un sable limoneux argileux sur une formation du sidérolithique. **0-50 cm** : la texture est grossière ; les racines et radicelles sont concentrées dans l'horizon humifère car au dessous , le sol est compacté. La vitesse de ressuyage est rapide.

A partir de 50 cm : on trouve la roche mère avec une structure feuilletée et une bonne prospection racinaire. Ce 2^e compartiment joue un double rôle vis à vis de l'eau : plancher temporaire + 2^e réservoir. La vitesse de ressuyage est beaucoup plus lente.

Réserve utile : 70 mm.

Le pH est très acide (4.7) ; la teneur en éléments minéraux est élevée par rapport à la CEC faible (6.2).

3 - La flore

La flore est peu diversifiée (onze espèces recensées), due à un

milieu très ombragé et à la dominance du lierre : brachypode des bois, carex glauque... Elle est caractéristique de sols acidiphiles et sableux : chèvrefeuille des bois, fougère aigle...



1 Fougère aigle.
2 Interview de la propriétaire du site lors de la visite des partenaires du projet Micosylva (octobre 2010).

4 - Les champignons

Les espèces récoltées sont les 2 cèpes d'été : Boletus aereus (cèpe tête noire) et Boletus aestivalis (cèpe d'été), présence de cantharellus cibarius (girolle). En 2009 et 2010, il n'y a pas eu de pousse significative avec une pluviométrie insuffisante et tardive (lorsque les températures chutent en dessous 8°C, les cèpes d'été poussent plus difficilement. La dernière récolte date de 2006 avec une estimation de 60 kg/ha.

5 - Propositions de gestion

L'atout de ce peuplement est sa diversité d'essences. L'objectif est d'éviter la fermeture du milieu et de favoriser la croissance des arbres d'avenir :

- Éclaircir régulièrement le taillis de charmes.
- Détourner les chênes de qualité.



Verger de châtaignier. Planté en 1975 sur une ancien bois producteur de cèpes.



Une production mixte :
- 1 500 kg de châtaignes
- 281 kg de cèpes, (moyenne/6 ans)

Les radicelles et les mycorhizes se situent dans les 1^{er} cm du sol. Au delà le sol est très compacté 10 mm d'eau suffit pour déclencher une pousse.



LE VERGER DE CHÂTAIGNIERS

un modèle Périgourdin

1 - Historique et gestion du verger

A l'origine, taillis mélangé à base de bouleaux et de châtaigniers producteur de cèpes. Plantation du verger en 1975 - 1ha70. Variété Marigoule (ou M15) 10 m x 12 m - production de châtaignes = 1.5 tonnes/an. Depuis la plantation, aucune fumure - 2 passages de gyrobroyeur/an.

2 - Le sol

Limon argilo sableux sur un système « sables du Périgord ». Sur un profil d'1 m de profondeur, tout paraît se dérouler dans les 1^{er} cm de sol avec une forte concentration de radicelles et de réseau mycélien. Au-delà 5 cm, le sol est extrêmement compacté : la limite entre litière et sol constitue une barrière infranchissable à la fois pour les racines mais aussi pour l'eau. Le travail du sol (culture de céréales) pendant 5 ans entre le défrichement et la plantation peuvent expliquer la détérioration du sol initialement fragile (par comparaison, le sol forestier situé tout contre le verger présente un profil totalement différent avec une répartition racinaire sur toute la profondeur du sol. La réserve utile (RU) de ce sol est très réduite (5 à 10 mm) ; une petite quantité d'eau suffit à le saturer ; cela explique la fréquence des pousses. Présence de matière organique en abondance mais peu dégradée : C/N = 46 d'où l'intérêt de la présence du mycélium comme « agent » de dégradation de la litière. pH = 4,4 à 5. Le sol est plutôt bien pourvu en éléments minéraux.

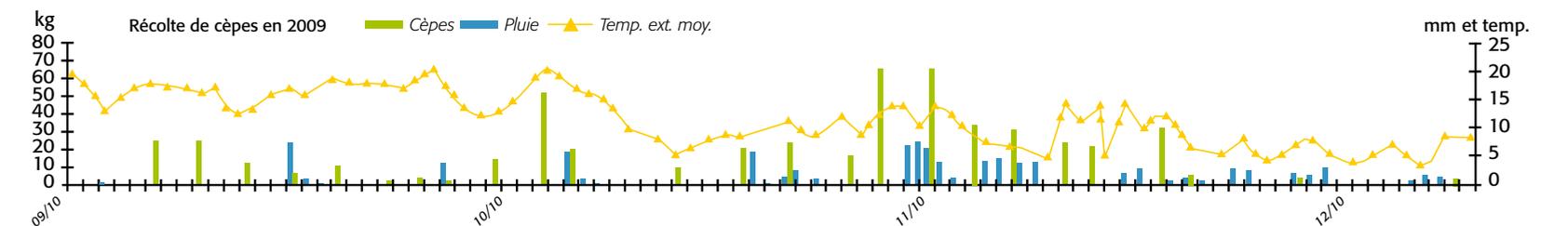
3 - La flore

La flore herbacée et arbustive est typiquement acidophile : bruyère cendrée, callune, ajoncs et très diversifiée. Un grand nombre d'espèces est mésoxérophile (sol ni trop sec, ni trop humide) et héliophile (milieu ouvert) ; la présence d'espèces comme la molinie et la mélampyre des prés indiquent que ces sols présentent de grandes variations d'humidité. Nombreuses graminées prairiales (agrostide, flouve) favorisées par le gyrobroyage.

4 - Les champignons

Les 4 espèces de cèpes nobles sont récoltées : *Boletus edulis* (cèpe de Bordeaux), *Boletus aestivalis* (cèpe d'été), *Boletus aereus* (cèpe tête noire), *Boletus pinicola* (cèpes des pins).

En 2009, 8 pousses sont comptabilisées entre le 02/09/2009 et le 09/12/2009. Le cortège fongique associé caractérise également ce sol atypique régulièrement saturé en eau mais également très séchant : on retrouve des espèces typiques des écosystèmes chauds et secs : *astraeus hygrometricus* (géastre en étoile), *scleroderma citrinum*, (*scléroderme vulgaire*), *psilolithus tinctorius* et à l'opposé des espèces exigeantes en eau comme *leccinum aurantiacum* (bolet orangé). On observe les espèces régulièrement associées aux cèpes *amanita muscaria* (amanite tue-mouches), *chalciporus piperatus* (bolet poivré).

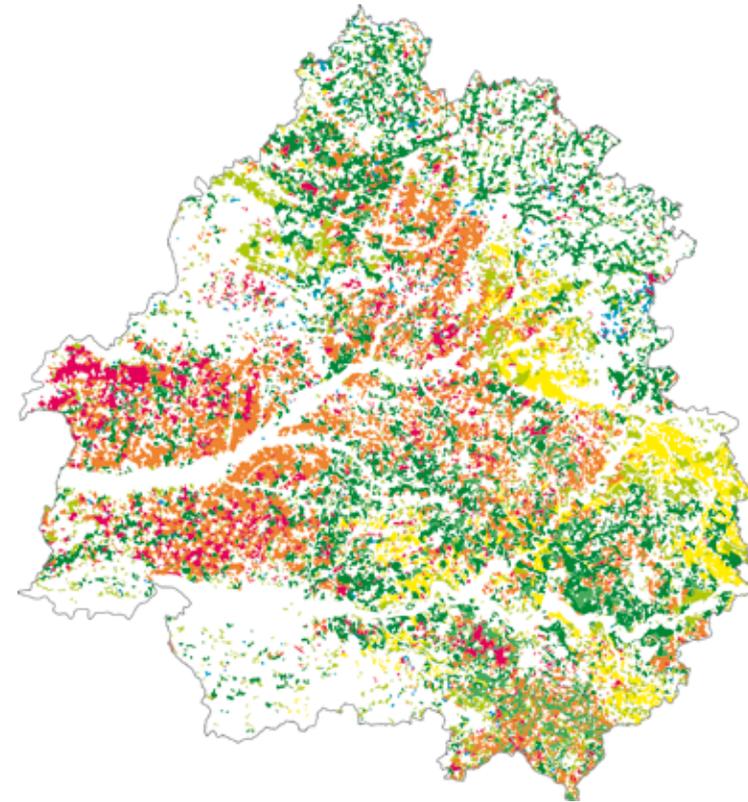


LA MYCOSYLVICULTURE à l'échelle massif : La Forêt de Dordogne

La Dordogne est le 3^e département français par sa surface boisée. 417 000 ha de forêt, une surface qui a doublé en 150 ans. La forêt recouvre 45% de la surface du département. Le taux de boisement peut être supérieur à 60% dans certaines zones.



- Futaie de chênes (chênes nobles)
- Mélange futaie de chênes nobles et Taillis (châtaigniers)
- Taillis de feuillus (châtaignier)
- Taillis de chênes pubescents
- Boisement de feuillus (châtaigniers)
- Futaies de conifères (pins maritimes)
- Mélange mixtes de résineux et de feuillus (Futaies de pins maritimes et taillis de châtaigniers)



Source : carte issue du poster « Nature et Paysage » élaboré par le CAUE de la Dordogne et édité par le Département en 2000, IFN (autorisation N° 991192/DT).

1 - Une forêt diversifiée (source IFN - Interbois Périgord)

TAILLIS SIMPLE OU MÉLANGÉ

Châtaigniers : 20.4 % - Chênes : 39.5 %- Charmes, autres : 7.5 %



avec réserves

Chênes pédonculés - Pins maritimes : 24.7 %
Pins sylvestre : 5 % - Autres résineux : 2.9 %

FUTAIE



Sur le plan géologique, la Dordogne est une zone intermédiaire entre :

Le massif central

- Roches cristallines formées à l'ère primaire
- Sols sur roches granitiques du Nord Est

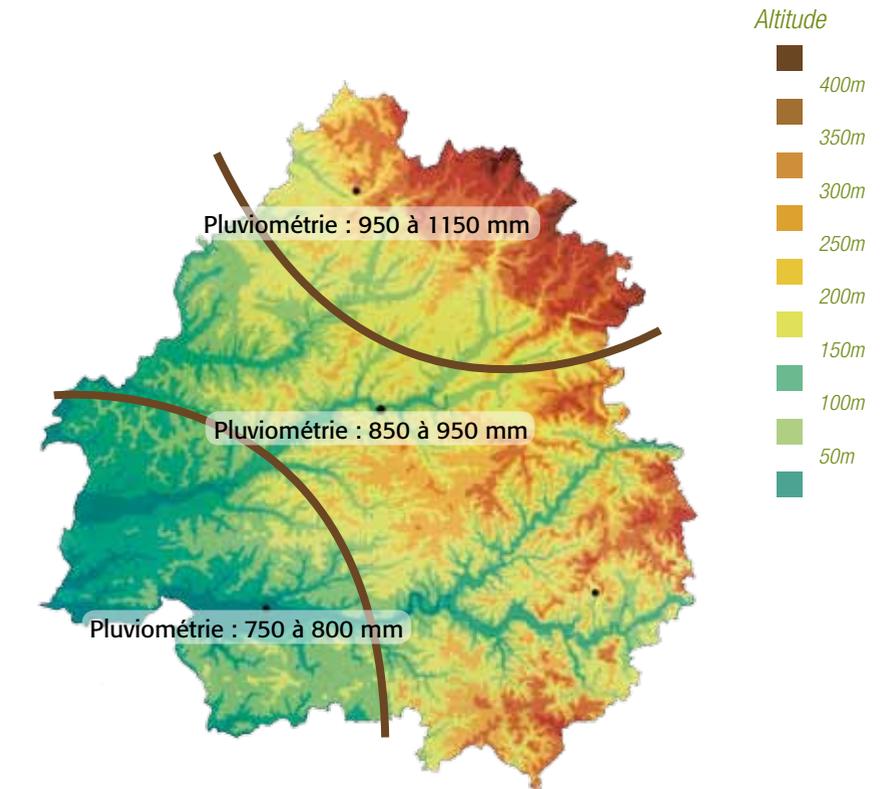
et le bassin aquitain

- Dépôts calcaires du jurassique et du crétacé à l'ère secondaire
> Causses périgourdins
- Dépôts sédimentaires dus à l'érosion du massif central à l'ère tertiaire
> Sables, graviers, argiles caractéristiques de la Double, du Landais et de la Bessède
- Dépôts sédimentaires pyrénéens à l'ère tertiaire
> calcaires, molasses du Bergeracois



- Sols sur roches cristallines (profonds acides, parfois hydromorphes)
- Sols sur sédiments anciens (profondeur variable, acides)
- Sols sur dépôts détritiques silicieux (profonds, souvent très acides, engorgement possibles)
- Causses du jurassique (sols extrêmement minces, filtrants, caillouteux)
- Causses du crétacé (sols minces, filtrants, caillouteux)
- Terres de groies (sols peu épais, forte pierrosité)
- Terres de champagnes et d'Issigeac (sols blanchâtres)
- Calcaires tertiaires et terreforts (texture fine)
- Boulbène (sols profonds, sables fins et argiles, acides)
- Graves (sols profonds, sables fins et argiles, acides)
- Terrasses et bas-fonds inondables (sols profonds, alluvions, engorgement possible)

La diversité des sols périgourdins, mais aussi un relief et un climat varié avec des influences continentales et atlantiques sont la clef d'une mosaïque de paysages. De l'épicéa, du chêne pédonculé sur les sols acides, profonds et arrosés du nord du département jusqu'au chêne vert des coteaux calcaires et secs du Sarladais, la végétation est également très riche en diversité :



Source cartes : CAUE de la Dordogne.

2 - La production de champignons

la forêt périgourdine (composée à 63% de mélanges futaie/taillis, à 67% de feuillus) est largement propice à la production de champignons sylvestres comestibles. Les principales espèces récoltées : les cèpes, les girolles, les trompettes de la mort, les pieds de mouton...

Les cueilleurs plus avertis consomment également l'orange (amanite des Césars), le lactaire délicieux, le bolet bai, quelques espèces de russules...



L'espèce la plus convoitée est le cèpe dont l'appellation comprend 4 espèces :

Cèpes d'été

Cèpe d'été
Boletus aestivalis



Cèpe tête noire
ou tête de nègre
Boletus aereus



Cèpes d'automne

Cèpe des pins
Boletus pinophilus



Cèpe d'automne
ou cèpe de Bordeaux
Boletus edulis



Les 4 espèces sont récoltées en Dordogne avec une prédominance des espèces d'été (cèpe tête noire et cèpe d'été) sous les chênes, les châtaigniers et les charmes. Les cèpes d'automne sont récoltés plus tardivement et en quantité moins importante sauf dans le massif du Nord Est de la Dordogne où cette espèce est largement répandue (forêts de chênes, d'épicéas). A noter, la présence des cèpes de pins (*Boletus pinophilus*) exclusivement dans cette zone.

En Dordogne, la cueillette des cèpes est avant tout une tradition et un art de vivre. Il est très difficile d'estimer les quantités de cèpes récoltées dans les forêts périgourdines. Une large partie est auto-consommée. La récolte et la commercialisation ne sont pas organisées à l'exception des marchés de Villefranche du Périgord et de Monpazier. Ces deux marchés ouvrent spécialement en période de cueillette. Ils garantissent l'origine des champignons. En effet, seuls les propriétaires du canton et des communes voisines (détenant une carte délivrée par la mairie), sont



autorisés à vendre sur le marché. Ces marchés sont ouverts à la fois aux grossistes, aux professionnels (restaurateurs, conserveurs) mais aussi aux particuliers. Au-delà du marché du frais, un potentiel de développement important existe en Dordogne autour de la gastronomie et du tourisme ; la demande de cèpes en conserve (séchés, cuisinés...) est loin d'être satisfaite. Plus largement encore, la découverte et la connaissance des



champignons comestibles (et non comestibles) offre un champ immense de possibilités.



3 - La gestion de la forêt A qui appartient la forêt ?

La forêt périgourdine est privée à 99%. Avec environ 100 000 propriétaires dont plus de 80% détiennent moins de 4 ha, la surface boisée est très morcelée. Seulement 50% de la production annuelle de bois est récoltées.

Les volumes de bois récoltés annuellement se répartissent de la manière suivante :

- Bois d'œuvre 40%
- Bois d'industrie 54%
- Bois de chauffage 6%



Ratio bois d'œuvre / bois d'industrie < 0,5

Côté champignons : le vieillissement des peuplements et la fermeture des milieux entraînent une diminution des zones de productions ; la cueillette est souvent localisée dans les bordures et les lisières.

A l'inverse, une forêt exploitée et gérée est favorable à la production de cèpes



4 - Un exemple : le massif Sud-Dordogne

a - Une production de cèpes directement liée à la sylviculture du châtaignier.

Le massif forestier de 31 200 ha représente 60% de la surface totale de ce secteur. 60% de cette surface est constituée de taillis de châtaigniers simples ou sous futaies de pins maritimes (50 à 80 réserves/ha). Le massif concentre une grande partie des taillis de châtaigniers de qualité du département (sols acides et profonds avec une bonne capacité de drainage). Ratio bois d'œuvre/bois d'industrie = 0.5 (fabrication de parquets, de lambris...). Le taillis est exploité régulièrement environ tous les 40 ans.

Historiquement, une sylviculture traditionnelle ancrée dans l'économie locale et liée à l'activité agricole.

Une étude de la DDAF, réalisée dans les années 80, mettait en évidence tous les facteurs favorables :

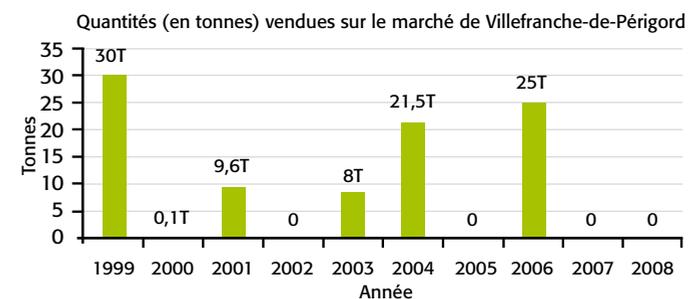
- Une ressource abondante et de qualité.
- 60% de la forêt appartenait aux agriculteurs ; les revenus tirés de la forêt pouvaient représenter jusqu'à 45% du revenu des exploitations agricoles (coupe de 1 à 2 ha/an).
- Le bois était exploité, trié par les agriculteurs. Les industries de transformation du bois d'œuvre se sont développées sur place : fabrication de parquets, lambris, piquets.

100% de la ressource était exploitée (contre 50% dans le reste du département).

b - Un marché aux cèpes organisé

Ce n'est pas un hasard si les deux marchés organisés pour la commercialisation des cèpes, Villefranche du Périgord et Monpazier, sont situés dans ce massif. La production de cèpes est importante et régulière, à l'image de la sylviculture.

L'exemple du marché de Villefranche du Périgord représente une zone de collecte de 10 000 ha. Ce marché rayonne bien au-delà du département : les restaurateurs, les particuliers viennent de toute l'Aquitaine et de Midi-Pyrénées pour s'approvisionner en cèpes de châtaigniers réputés pour leur qualités gustatives.



Le tableau ci-dessus illustre le caractère aléatoire de cette production ; en moyenne, une année sur trois est très productive. Malgré cela, les cèpes avec le marché organisé comme outil de commercialisation est un atout de développement économique important.

c- Perspectives

L'impact des agriculteurs sur la forêt a été divisé par deux. Aujourd'hui, seulement 25 à 30% de la forêt appartient aux agriculteurs. La récolte est également en baisse : diminution du nombre d'agriculteurs et de bûcherons professionnels. Le stock sur pied vieillit et se déprécie : roulure au delà 40 ans. Une partie croissante des surfaces en taillis de châtaigniers déperit : vieillissement de l'ensouchement, accidents climatiques, attaques de champignons parasites.

Selon la qualité du sol et l'état du taillis plusieurs solutions sont possibles pour remettre en production des boisements :

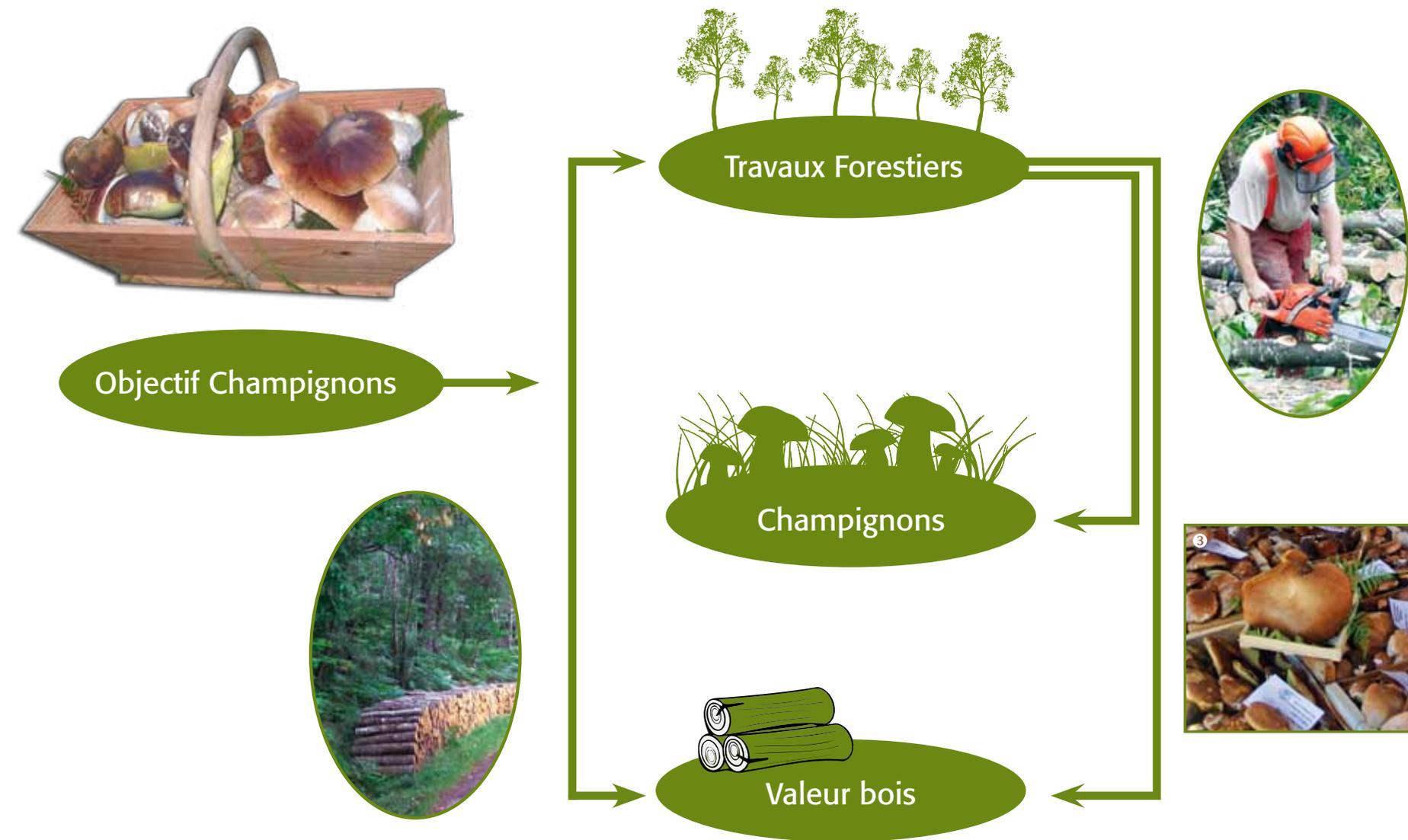
- Reboisement en plein,
- Enrichissement,
- Régénération naturelle pour repartir sur des franc-pieds.

Conclusion : Vers une « mycosylviculture » en Dordogne

Le massif Sud-Dordogne est un exemple où la sylviculture classique est aussi un exemple de mycosylviculture.

Comment combiner sylviculture et productions de champignons ?

C'est la question que nous nous sommes posés sur les principaux modèles forestiers périgourds. Intégrer les champignons à la valeur globale du peuplement forestier peut être un argument supplémentaire pour entreprendre des travaux de gestion sylvicole.



PROPOSITIONS DE BASE de la myco-sylviculture

> Présentation

L'enjeu est de trouver une synergie entre la sylviculture et la mycologie.

Nous avons expliqué en introduction qu'il est essentiel de mettre en relation aujourd'hui la sylviculture qui s'intéresse au développement des arbres et la mycologie qui s'intéresse au développement des champignons. Ces organismes vivent ensemble dans les écosystèmes forestiers, depuis leur origine sur la terre. Les articles précédents ont rappelé les liens très étroits existant entre les **arbres**, les **plantes** en général, les **champignons**, le **climat**, la **matière organique** (litières, bois morts...), le **sol**. La mycosylviculture veut proposer des modes de gestion qui tiennent compte de ces six facteurs, dans le but d'optimiser le fonctionnement de l'écosystème. Ainsi, on peut produire à la fois du bois et des champignons, tout en préservant le capital pour l'avenir : la biodiversité et les sols.

Il nous semble utile de proposer des recommandations générales concernant successivement les six facteurs énoncés ci-dessus.

1 - Agir sur la composition du peuplement

Recommandations de base : Favoriser la diversité d'essences.

Du point de vue de la mycosylviculture, chaque essence a ses qualités principales : produire du bois d'oeuvre de qualité, apporter une litière intéressante pour le fonctionnement de l'humus, de la conservation des sols et donc de la nutrition des arbres, être un bon «hôte» pour des champignons comestibles à bonne valeur commerciale.

Cet ensemble de qualité peut être réuni dans un peuplement constitué d'essences aux qualités complémentaires (mélanges rési-

neux-feuillus plutôt que seuls résineux, mélange Pin maritime - Pin sylvestre plutôt que Pin maritimes seuls,...).

En myco-sylviculture, un peuplement mélangé valorisera mieux et durablement, un biotope (sol+climat) qu'un peuplement monospécifique. Trois raisons à cela : (a) les systèmes racinaires n'exploitent pas le sol de la même façon et les besoins des arbres ne sont pas équivalents. Un mélange (surtout si il est inspiré d'un mélange rencontré dans un type d'habitats naturel) utilisera les ressources du milieu de manière plus équilibrée. (b) un mélange d'essences abrite une plus grande diversité de champignons. Cette diversité fongique assure une meilleure efficacité des systèmes racinaires pour absorber l'eau, les minéraux, l'azote des sols. (N'oublions pas que les mycéliums des champignons assurent un relais essentiel entre racines et sol). (c) Un mélange d'essences présentera une plus grande capacité d'adaptation aux aléas climatiques d'une année à l'autre et au stress climatiques en années difficiles. Cela peut s'expliquer par des caractéristiques différentes des arbres et par les arguments présentés en b. Cette plus grande «adaptabilité» favorise la durabilité des productions de bois et de champignons.

2 - Agir sur la dynamique de croissance des arbres

La production de bois et une production importante de champignons (cèpes, lactaires) reposent sur une bonne dynamique de croissance des arbres. Les éclaircies favorisent la photosynthèse des arbres. Les produits de la photosynthèse profitent au développement des arbres mais aussi au développement de champignons mycorhiziens comme les cèpes. La présence d'arbres jeunes dans les peuplements favorisent également ces espèces. Dans ce sens, un mélange d'arbres d'âges différents est intéressant (obtenu en particulier par un traitement irrégulier des peuplements).



3 - S'adapter au climat et agir sur le climat du sous-bois

Le climat général se traduit au niveau d'un territoire localisé et d'un massif forestier par une diversité de topo-climats. Les topo-climats en exposition Nord ou Sud ne sont pas les mêmes. La gestion forestière peut tenir compte de cela en favorisant telles essences au Nord et telles autres au Sud. De même, en climat du Sud-Ouest, les cèpes fructifiant en Automne «préfèrent» les bonnes expositions. Dans les montagnes du Nord de la Région de Catalogne en Espagne, les lactaires délicieux fructifient au contraire plutôt dans les pentes Nord, moins exposées aux rayonnements solaires trop intenses.

Il est aujourd'hui facile, en utilisant un programme informatique, de visualiser sur un territoire forestier les parcelles qui reçoivent le plus de rayonnement solaire et celles qui en reçoivent le moins. On peut ainsi réaliser une carte visualisant par exemple trois types de parcelles : rayonnement reçu faible, moyen, élevé.

La même chose pour l'eau qui s'accumule plus ou moins dans le sol en fonction de la position de la parcelle dans la pente du terrain. (Une parcelle située en bas de pente reçoit de l'eau qui circule à la surface ou dans le sol des parcelles situées au-dessus). Nous pouvons aussi croiser ces deux types d'informations pour caractériser des parcelles en fonction des deux paramètres combinés (rayonnement reçu, accumulation d'eau) et représenter ces informations sur une carte. Celle-ci permet de définir des objectifs et techniques de gestion différents selon les situations topographiques des parcelles.

Le climat du sous-bois dépend de la structure du peuplement. Un peuplement très éclairci reçoit au sol plus d'eau et plus de rayonnement solaire. Les effets positifs sont : (a) un meilleur fonctionnement des systèmes racinaires, plus actifs en sol réchauffés, (b) une meilleure pénétration des pluies qui favorisent l'initiation fructifère des champignons, (b) un recyclage plus rapide de la matière organique.

Cependant, un milieu trop ouvert est plus sensible au dessèchement, en période de climat est très chaud et sec. La préconisation est de ce fait de deux ordres : (a) ne pas éclaircir de manière homogène et créer ainsi une alternance de zones plus fermées et de zones plus ouvertes. (b) favoriser une structure verticale riche au sein du peuplement avec un étage dominant qui reçoit bien le soleil au niveau des houppiers des arbres mais aussi des arbres et arbustes des sous-étages qui peuvent protéger le sol d'un rayonnement solaire direct sur l'ensemble de la surface du sol.

La végétation herbacée (arbustes, plantes herbacées, mousses) protège également les fructifications du rayonnement solaire et des vents secs. Elle laisse au sol une matière organique morte qui protège physiquement les fructifications (fougères mortes par exemple) mais aussi stocke de l'eau. Cette eau est libérée sous forme de vapeur d'eau quand l'air devient sec et cela maintient une atmosphère

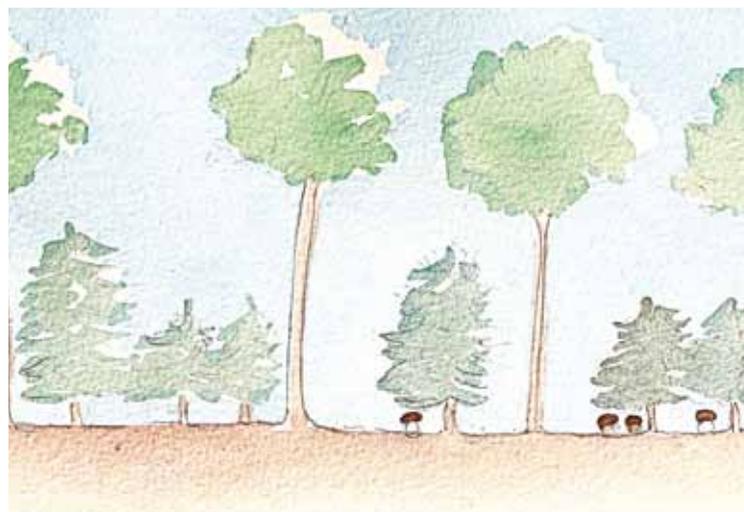


Diversité d'essences
et stratification.



① *Éclaircie par débourrage => mosaïque de milieux ouverts et plus fermés.*

② *Sous-étage « protecteur » pour les fructifications.*



humide à proximité immédiate des fructifications. La litière au sol est enfin très importante pour réguler le climat sur les quelques cm

de la surface du sol. Ce «tapis» de matière organique constitue un «tampon hydrique» entre l'atmosphère et le sol. Le mycélium s'alimente en eau en grande partie dans cette matière organique. Les primordia apparaissent le plus souvent également dans ce milieu organique qui doit donc être favorisé et en tous cas protégé. Les bois morts participent pour une grande part à cette litière forestière et ils ont trois rôles : stocker de l'eau pour les champignons, restituer à terme au sol une source d'humus importante, abriter une biodiversité (champignons décomposeurs, insectes...) nécessaire au fonctionnement durable de l'écosystème forestier.

4 - Tenir compte du sol

Pour un gestionnaire forestier qui veut valoriser au mieux son capital sol à travers des produits forestiers, les champignons représentent une alternative intéressante pour valoriser des sols peu fertiles. Dans ces sols difficiles, les champignons mycorhiziens sont particulièrement nécessaires à la nutrition des arbres. Etant nécessaires, ils sont bien présents.

Qu'est-ce qu'un sol peu fertile ? Ce peut être un sol pauvre en éléments minéraux mais aussi très souvent un sol peu profond, ou encore un sol souffrant de certains problèmes de circulation d'eau. Dans ces situations, la production de bois peut être pénalisée mais à l'inverse la production de cèpes peut être abondante. Les champignons peuvent alors représenter la ressource principale. La préconisation peut être ici de bien différencier dans un massif forestier, les parcelles plutôt favorables au bois et les parcelles plutôt favorables aux champignons. Dès lors, il est possible d'adapter sa sylviculture aux deux situations.

Tenir compte du sol, c'est aussi le protéger du tassement et de l'érosion (attention en particulier aux conditions de débardage !) en

visualisant bien que les premiers centimètres du sol abritent la plus grande part de l'«appareil nutritionnel» de l'arbre – les racines fines mycorhizées prolongées par les réseaux de mycélium – et la plus grande part du «réservoir nutritionnel» des arbres. Ce «réservoir» est en effet en grande partie constituée par la matière organique issue de la litière de feuilles, d'aiguilles et de bois mort. En effet, l'arbre se nourrit chaque année en grande partie grâce au recyclage des éléments contenus dans cette litière.

Protéger le système nutritionnel (racines + champignons) c'est également protéger le potentiel (mycélium) qui donnera ensuite les fructifications.

5 - Agir sur la matière organique

Habituellement, certaines options de gestion conduisent à agir sur la matière organique, sans en percevoir le plus souvent les conséquences à long terme. Une option habituelle consiste à vouloir «nettoyer» son bois en évacuant les bois morts. C'est une erreur des trois points de vue signalés dans le point précédent : cela entraîne une perte de biodiversité, de capacité de stockage d'eau et de protection pour les champignons et une source d'humus en moins. L'option d'exporter des rémanents pour une utilisation en bois énergie (plaquettes) peut conduire à un appauvrissement du milieu, dommageable si on se trouve dans une situation de sols déjà appauvris au départ.

La matière organique est essentielle à la biodiversité fongique et au fonctionnement d'espèces comme les cèpes. Les bois morts favorisent souvent et protègent les fructifications en créant des microhabitats favorables. Dans des pentes soumises à l'érosion, des branchages peuvent retenir les litières de feuilles qui constituent aussi des milieux favorables. Les litières constituées par les parties

mortes de certaines plantes sont très favorables, sans doute parce qu'elles servent de substrat nutritionnel pour les cèpes : la litière d'éricacées (les bruyères et la callune), la litière de molinie, sans doute aussi de la fougères aigle. Beaucoup d'observations restent à faire et d'autres à confirmer.

Dans certaines expérimentations, un broyage (une fois par an) de la strate herbacée à éricacées semble intéressant. Ce broyage accélère la transformation de la matière organique par les champignons qui sont spécialisés pour dégrader ces matières assez difficiles à dégrader. Il semble que les cèpes en fasse partie.

La prudence commande cependant de ne pas chercher à trop accélérer la transformation de la matière organique au risque à terme de déséquilibrer les bilans humiques.

En somme, la matière organique du sol semble avoir pour les cèpes les rôles qu'ont les substrats de cultures pour les champignons saprophytes de culture (Pleurotes, Champignons de Paris...).



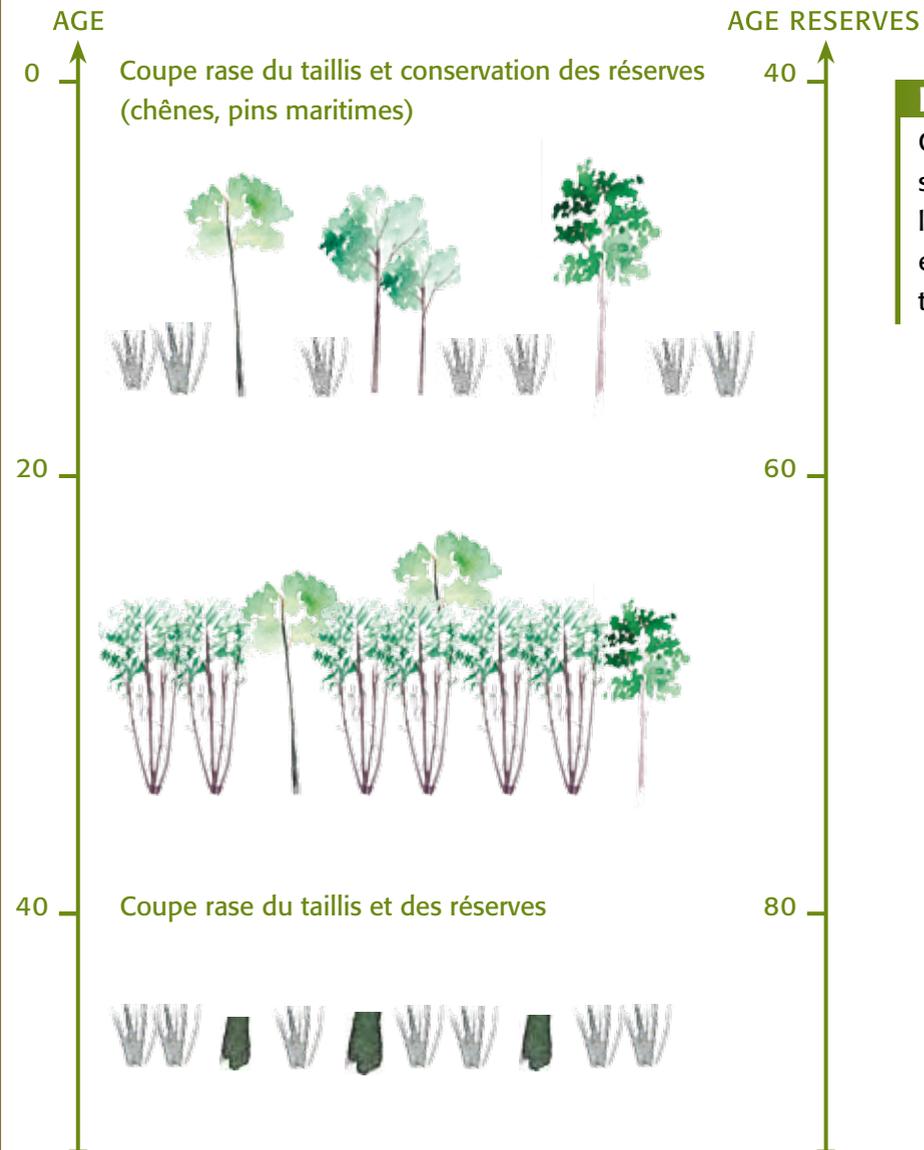
Les pages suivantes vont ainsi présenter des modèles de mycosylviculture. Ce sont des propositions pratiques, des adaptations des modèles actuels. Nous souhaitons qu'après avoir étudié ces modèles, le lecteur puisse transposer ces idées aux écosystèmes forestiers qu'il connaît et qu'il souhaite gérer.



Une façon d'agir sur le climat du sol : favoriser la présence du bois mort qui augmente la réserve en eau disponible pour les fructifications et qui protège ces dernières.

TAILLIS AVEC RESERVES

SYLVICULTURE CLASSIQUE



INFORMATIONS

Ce type de boisement est très présent en Dordogne. Les plus grosses réserves sont exploitées en priorité ce qui conduit progressivement à une baisse de la qualité des peuplements. Lorsque les réserves sont exploitées en totalité et lorsque la régénération naturelle est faible, ces taillis avec réserves se transforment souvent en taillis simple.



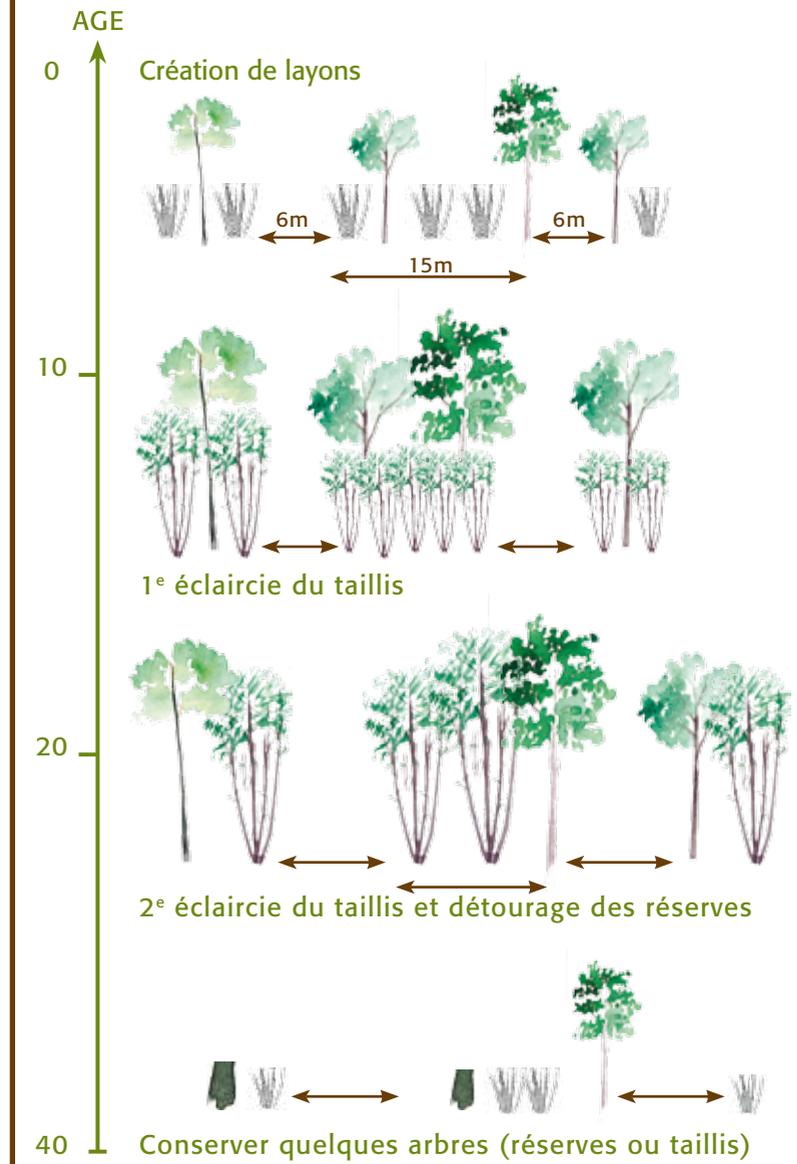
1 Taillis châtaigniers avec réserves.



2 Coupe rase du taillis.

	+	Exploitation très simple
	-	Appauvrissement du taillis en réserve Forte baisse de la qualité des peuplements
	+	Diversité des essences
	-	Fermeture du milieu après 25 ans Production de cèpes localisée dans les bordures ou clairières A la coupe rase, rupture dans la production de cèpes

MYCOSYLVI-CULTURE



Les travaux réalisés permettent d'entrer plus facilement dans le peuplement forestier, ils facilitent ainsi les travaux sylvicoles. Les layons ainsi que les éclaircies créent des puits de lumière dans le peuplement et contribuent à une augmentation de la production de cèpes.

CONSEILS

- Entretenir régulièrement les layons.
- Favoriser les futures réserves en réalisant des détournages.



1 Création de layon dans un taillis de chênes avec réserves.

2 Régénération bruyères après création d'un layon.

	+	Amélioration globale du peuplement Augmentation de la quantité de bois d'oeuvre
	-	Augmentation du nombre d'interventions
	+	Ouverture du milieu (layons et éclaircies) Entrée en production plus rapide et maintien dans le temps des quantités produites
	-	

Les distances entre les layons sont données à titre indicatif, elles seront ajustées au cas par cas.

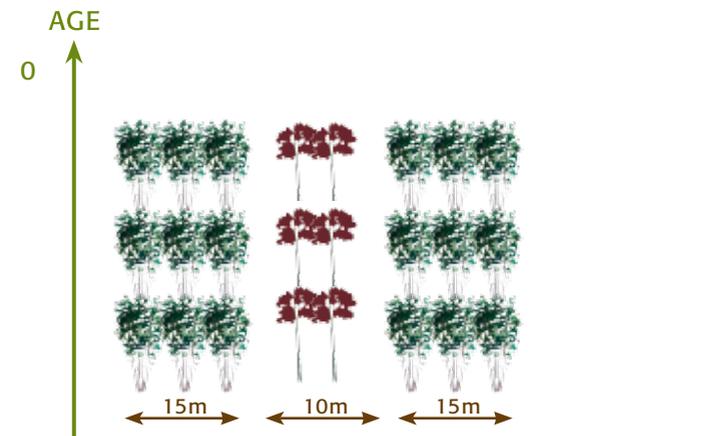
ENRICHISSEMENT DU TAILLIS DE CHÂTAIGNIERS

SYLVICULTURE CLASSIQUE

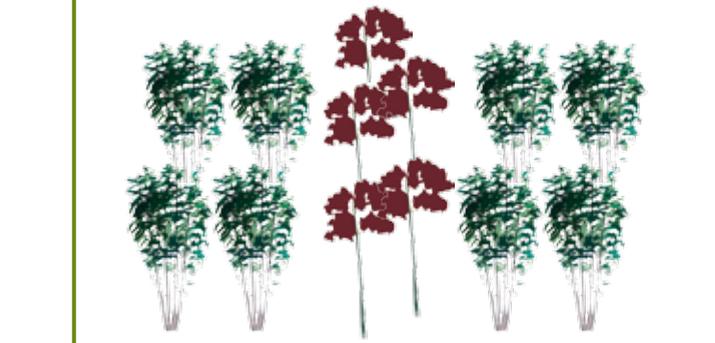
L'objectif est d'augmenter la production de bois d'œuvre du peuplement.

INFORMATIONS

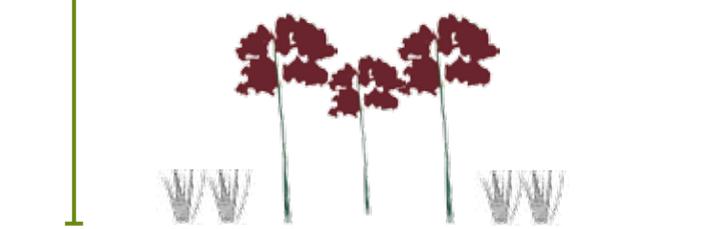
- Ouverture de bandes d'enrichissement : 6m à 12 m.
- Inter-bande : 15 à 20 m.
- Densité : 400 arbres/ha chênes rouges ou pins maritimes.
- Maîtriser le taillis pour limiter la concurrence avec les arbres mis en place.



15 Eclaircie taillis et futaie 200 arbres / ha + élagage



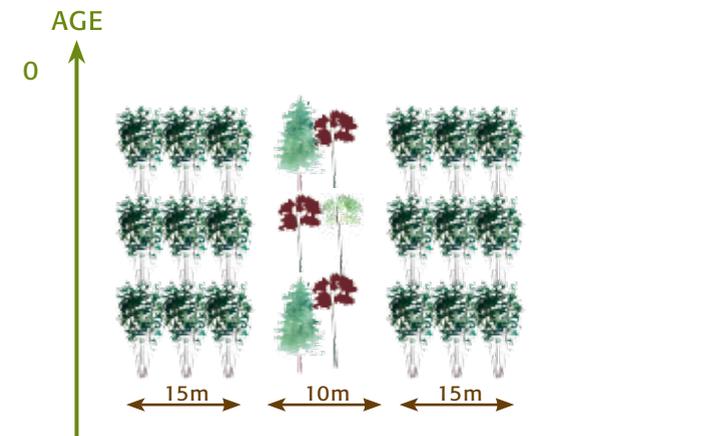
30 Exploitation taillis – éclaircie futaie 100 arbres / ha



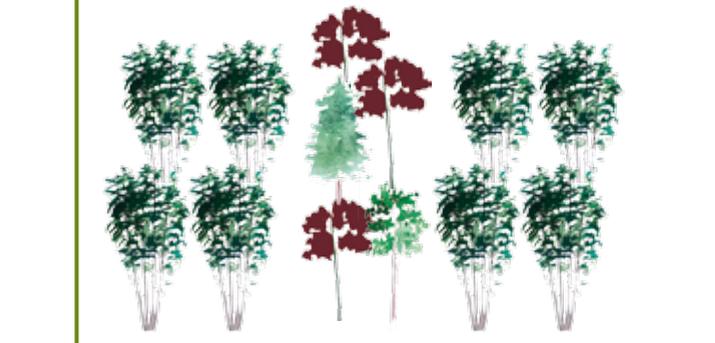
1 Bande d'enrichissement de pins maritimes.
2 Pintaillisen ligne 3 ans.

	+	Coût faible par rapport à un reboisement en plein Augmentation de la quantité de bois d'oeuvre Ré-introduction de réserves dans le taillis
	-	Nécessité d'introduire des essences à croissance rapide Entretiens réguliers indispensables Maîtriser le taillis pour limiter la concurrence avec les arbres mis en place
	+	Ouverture du taillis Production relancée si l'essence introduite est favorable aux champignons
	-	Enrichissement avec des pins maritimes moins favorable

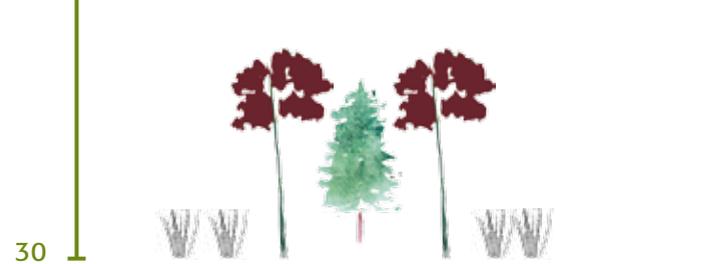
MYCOSYLVI-CULTURE



15 Éclaircie taillis et futaie + élagage



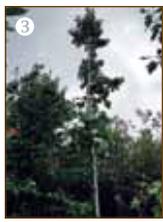
30 Exploitation taillis – éclaircie futaie



Ouverture de bandes d'enrichissement :
- 300 arbres / ha essence objective : chênes rouges, pins maritimes
- 100 arbres / ha essence de bourrage : épicéas, pins sylvestres, sapins pectinés, bouleaux...

CONSEILS

- Diversifier les essences dans la bande d'enrichissement.
- Entretenir régulièrement les bandes reboisées.
- Conserver des réserves lors de l'exploitation.

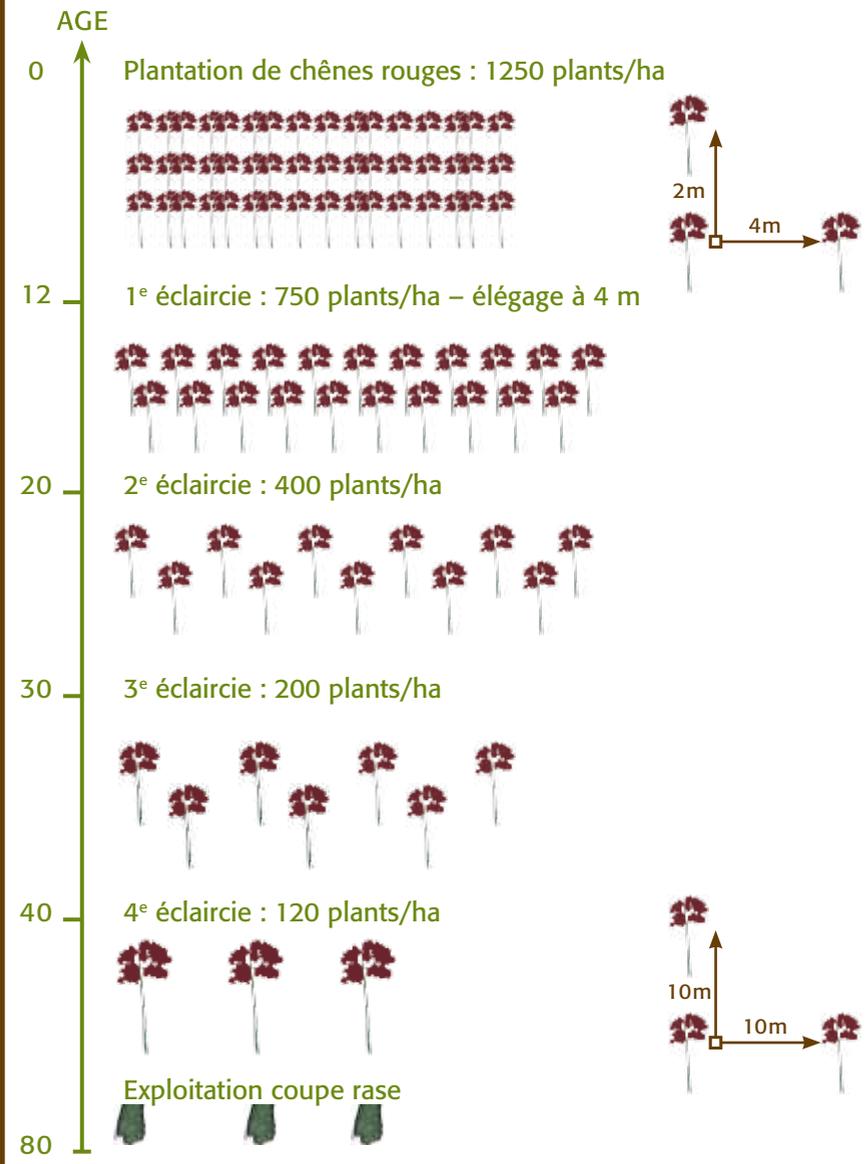


1 Bande de chênes rouges 12 ans après 1ère éclaircie et élagage avant (côté gauche) et après (côté droit) éclaircie du taillis.
2 Chênes rouge.
3 Chêne rouge 12 ans après détourage.

	+	Introduction d'une diversité des essences
	-	Adapter les entretiens en fonction des essences Entretien régulièrement Difficulté de gérer la concurrence entre les différentes essences
	+	Augmentation du potentiel mycorhizien Diversification des essences
	-	Risque de fermeture du milieu

REBOISEMENT EN PLEIN : EXEMPLE DU CHÊNE ROUGE

SYLVICULTURE CLASSIQUE



L'objectif sylvicole est la production de bois d'oeuvre de qualité.



1 Jeune plantation de chênes rouges.
2 Plantation de chênes rouges - 30 ans.

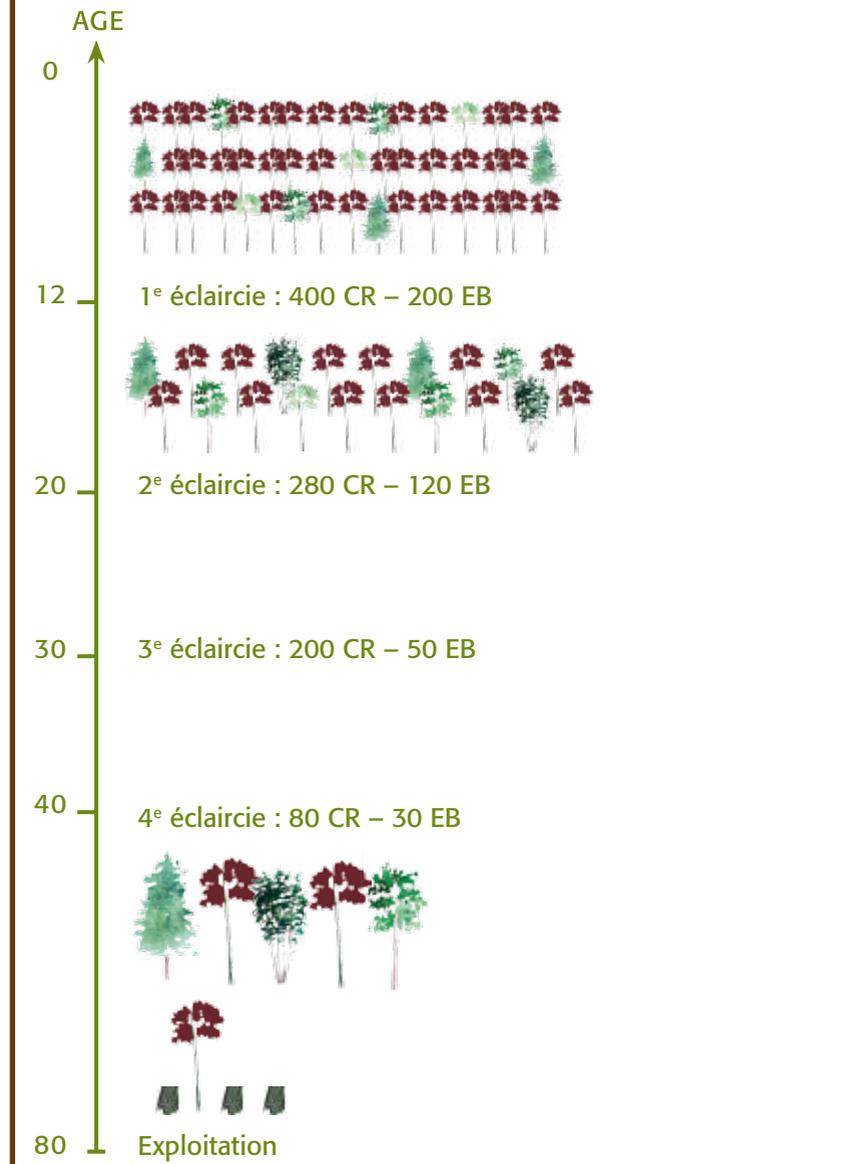
CONSEILS

- Adapter l'essence au sol.
- Protéger les plantations contre le gibier.
- Faire un travail préalable du sol avant la plantation.



	+	Production de bois d'oeuvre Facilité de régénération naturelle
	-	Coût de mise en place élevé
	+	Coupe rase = essence productive précoce après précédent favorable
	-	Risque de fermeture du milieu après 25 ans Mono essence

MYCOSYLVICULTURE



Plantation : 800 chênes rouges (CR) – essence objective.
400 essences de bourrage (EB).
Epicéas, pins sylvestres, charmes, châtaigniers, bouleaux, sapins pectinés, hêtres.

CONSEILS

- Entretenir les inter-bandes régulièrement.
- Conserver la diversité des essences de bourrage.
- A l'exploitation : conserver quelques arbres en bosquets.



1 Jeune boisement mélangé.
2 Peuplement de chênes rouges + bouleaux + épicéas + châtaigniers.

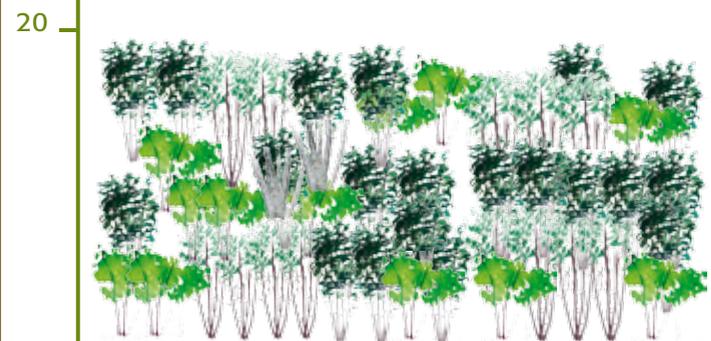


	+	Coût de mise en place moins élevé en fonction des essences de bourrage
	-	Difficulté de gérer la concurrence entre les différentes essences
	+	Diversité d'essences Détourage des chênes rouges en conservant les essences de bourrage
	-	Risque de fermeture du milieu

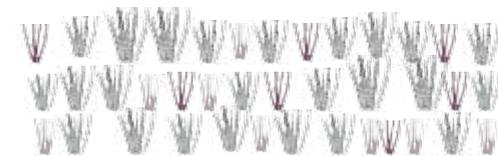
TAILLIS SIMPLE MIXTE

SYLVICULTURE
CLASSIQUE

AGE
0 Repousses du taillis de chênes, charmes, châtaigniers...



40 Coupe rase



INFORMATIONS

- Modèle caractéristique en Dordogne ; ces peuplements à base de taillis souvent médiocres sont destinés à produire du bois de chauffage.
- Aucune intervention : le châtaignier, lorsqu'il est présent, prend rapidement le dessus sur les autres essences. Par la fermeture du milieu, les pousses de champignons se limitent aux bordures de chemins et de près.

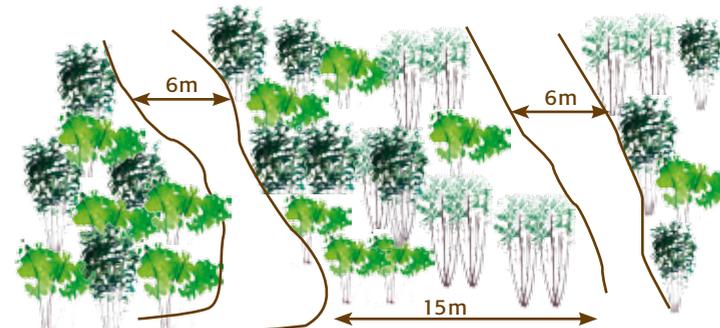


Taillis chênes - châtaigniers

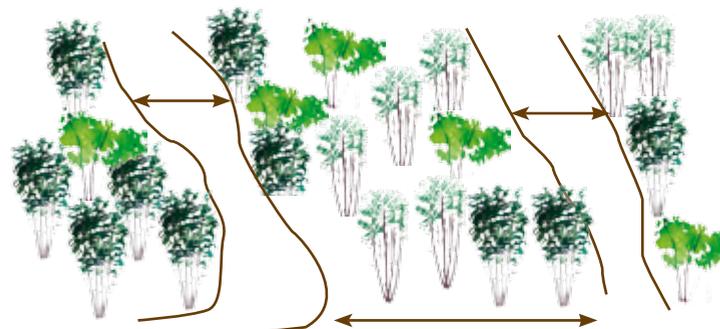
	+	Système très simple
	-	Pas de bois d'œuvre
	+	Diversité des essences
	-	Milieu dense et fermé

MYCOSYLVI-
CULTURE

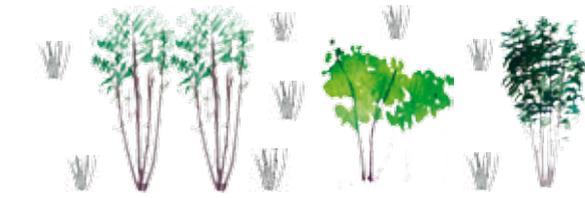
AGE
0 Repousses du taillis de chênes, charmes, châtaigniers...



Eclaircie en conservant la diversité des essences



Exploitation : conserver 100 à 200 tiges/ha



CONSEILS

- Dès l'exploitation, ouvrir des layons qui seront entretenus régulièrement.
- Pour augmenter la quantité de bois d'œuvre, il est possible de basculer vers d'autres techniques sylvicoles (enrichissement – détournage).
- L'exploitation échelonnée des inter-bandes permet de conserver une production de cèpes plus durable.
- Important : conserver un équilibre entre les différentes essences.



	+	Accès au peuplement facilité
	-	La valeur du peuplement reste faible
	+	Ouverture du milieu
	-	

- ① Eclaircie taillis chênes - charmes.
- ② Eclaircie taillis de châtaigniers.

FUTAIE FEUILLUE

SYLVICULTURE CLASSIQUE

Ce type de peuplement se met en place après une régénération naturelle abondante et homogène. Les éclaircies successives permettent d'améliorer le peuplement forestier et de produire des réserves de qualité. Une coupe d'ensemencement est nécessaire pour renouveler le peuplement. La coupe rase se réalise un fois que la régénération naturelle est en place de manière homogène sur la parcelle.

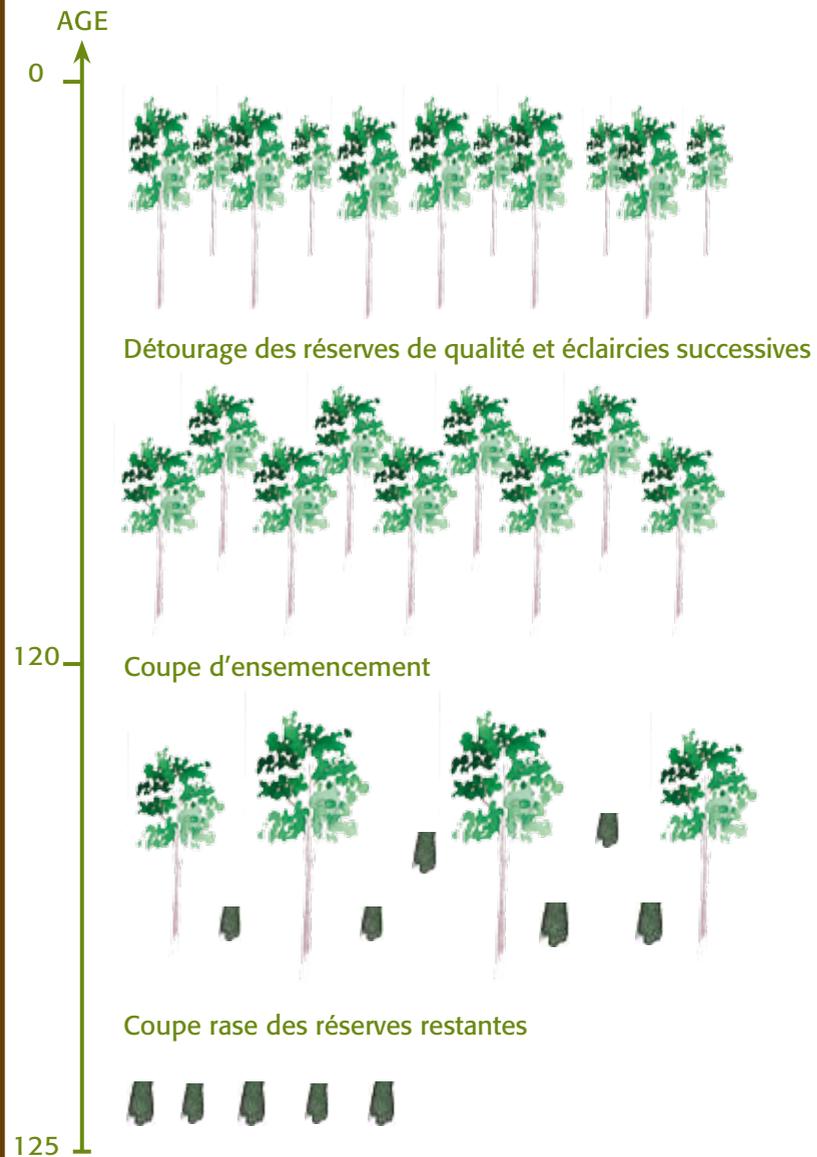
CONSEILS

- Ouvrir des layons pour faciliter les travaux de sylviculture.
- Lors de la régénération compléter les espaces vides par des plantations.



Chênes pédonculés – 50 ans après éclaircie.

	+	Production importante de bois d'oeuvre de qualité
	-	Interventions fréquentes Cycle de production très long
	+	
	-	Mono-essence Fermeture rapide du peuplement Rupture du cycle de production lors de la coupe rase



MYCOSYLVI-CULTURE

CONSEILS

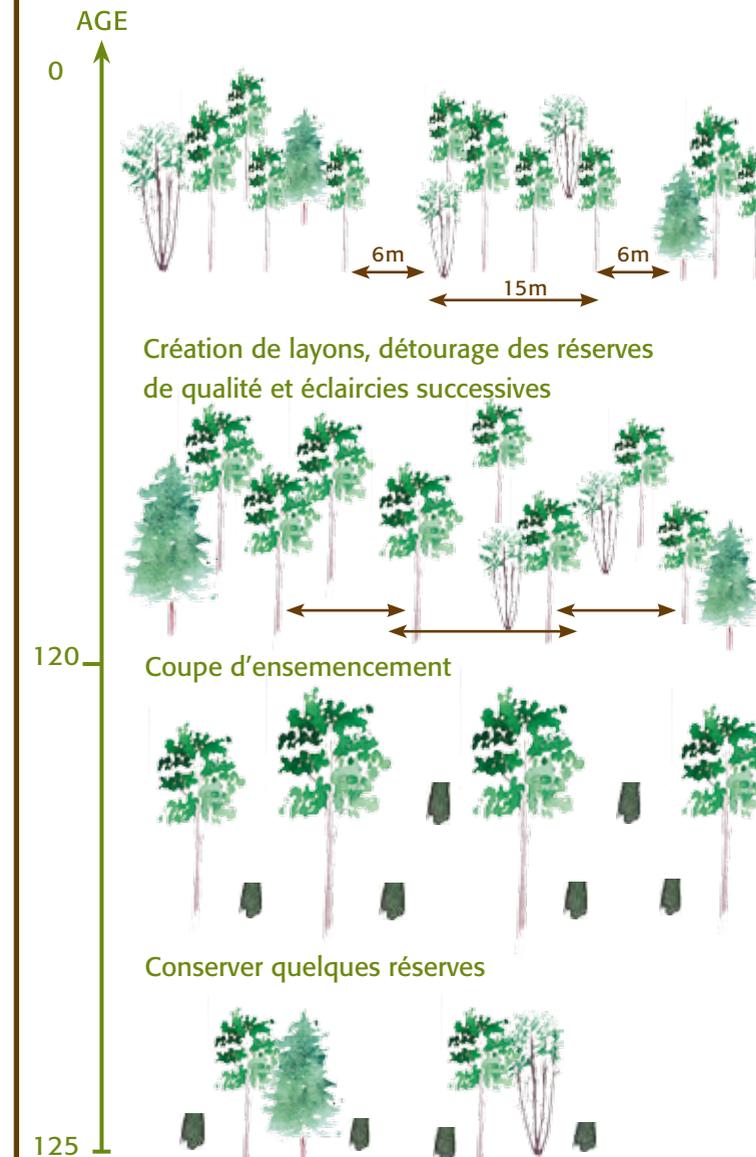
- Entretenir régulièrement les layons.
- Dans les espaces vides, planter des essences de diversification (Epicéa, Châtaignier...) qui supportent l'ombrage.



1 Ouverture de layon dans régénération de chênes rouges.

2 Futaie de chênes pédonculés – 80 ans en mélange avec des bouleaux et sapins pectinés.

	+	Production importante de bois d'oeuvre de qualité
	-	Interventions fréquentes Cycle de production très long
	+	Diversité d'essence Pérennité du cycle de production
	-	



RENOUVELLEMENT DU TAILLIS DE CHÂTAIGNIER

SYLVICULTURE CLASSIQUE

L'objectif de cette technique est de rajeunir l'ensouchement et d'assurer la pérennité du taillis.

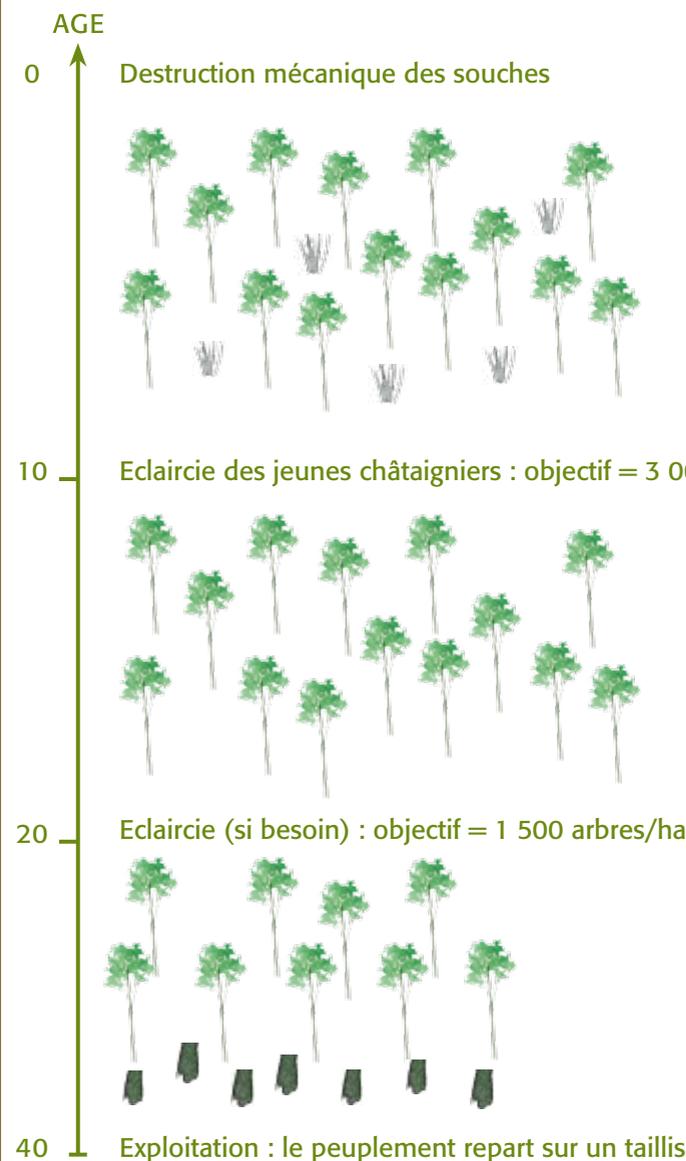
CONSEILS

- Exploitation du taillis après fructification (fin d'automne).
- S'assurer de la présence d'une régénération naturelle importante et homogène (attention de ne pas confondre rejet de souche et jeune plant).
- Traitement des souches.



Jeune franc pied de châtaignier.

	+	Renouveler l'ensouchement = améliorer la qualité du peuplement Coût faible
	-	Synchronisation entre l'exploitation et le traitement des souches
	+	Apport de matière organique par la décomposition des souches
	-	Risque de fermeture du milieu



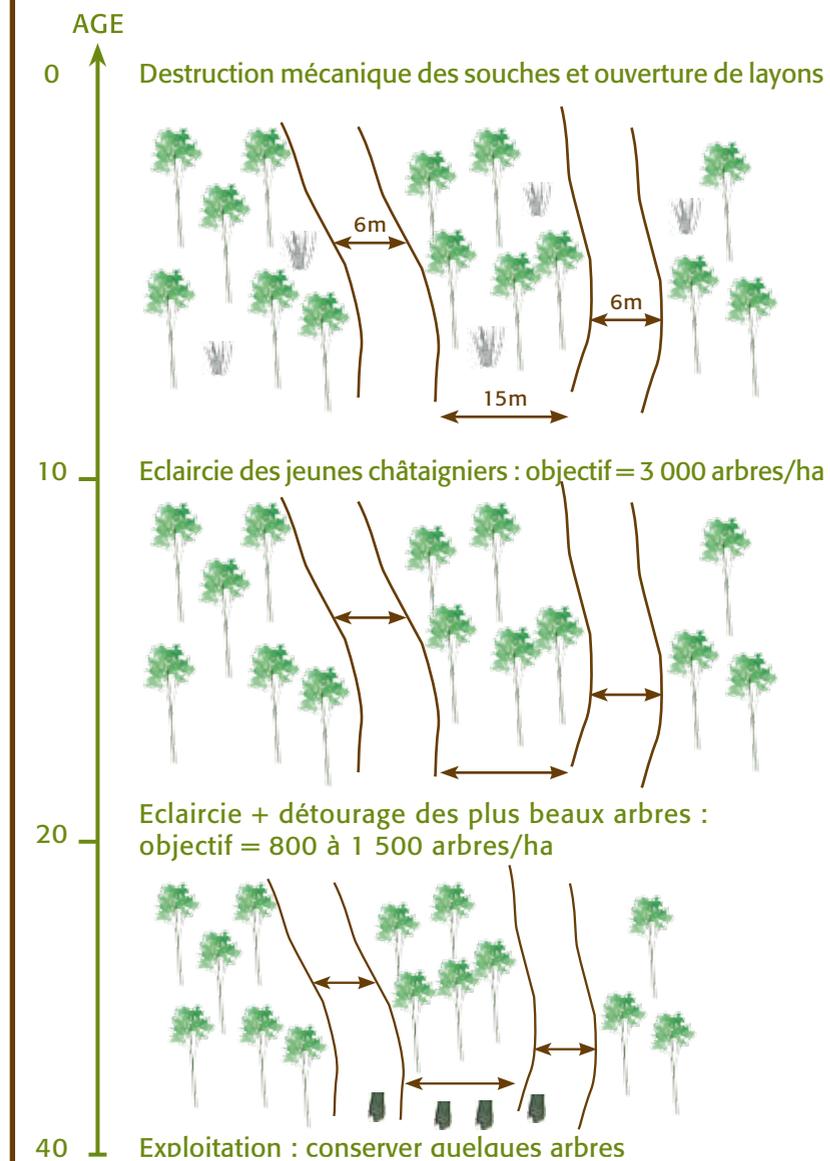
MYCOSYLVI-CULTURE

CONSEILS

- Quadriller le peuplement avec des chemins d'exploitation multiplier les effets lisières en alternant les zones ouvertes (meilleure pénétration de la lumière, de la pluie) et des zones fermées, intéressantes pour les cèpes d'été qui peuvent pousser tôt en été.
- Eclaircir plus sévèrement dans les zones de productions.



Jeune régénération châtaigniers sous réserve de chênes.



	+	Renouveler le taillis améliorer la qualité du peuplement les layons permettent d'intervenir plus facilement à l'intérieur (détourage éclaircie)
	-	La multiplication des layons augmente la surface non boisée
	+	Ouverture du milieu
	-	Mono-essence

LE DÉTOURAGE

Le détourage est une éclaircie forte localisée autour d'arbres d'avenir appelés aussi «arbres objectifs». Elle consiste à supprimer les arbres qui entrent en concurrence directe avec les houppiers d'une faible densité d'arbres repérés pour leur potentiel de production de bois d'œuvre de qualité et appelés «arbres d'avenir». (Larrieu L., 2007 et Gonin et al., 2005).

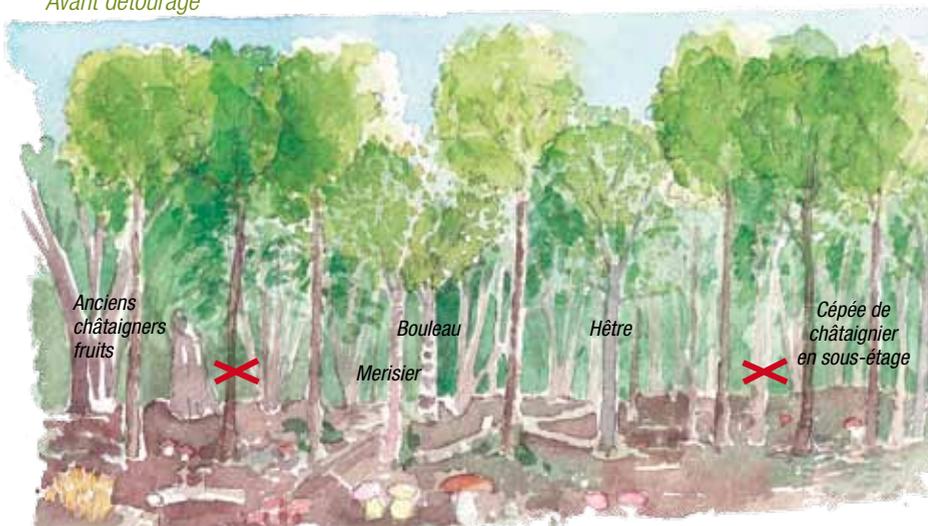
C'est une éclaircie «par le haut», qui enlève des arbres dominants ou co-dominants. Les arbres du peuplement qui ne concurrencent pas un arbre d'avenir sont dans la plupart des cas conservés.

Le raisonnement de gestion se fait à l'échelle de l'arbre et non du peuplement (Claessens, 2004 et Larrieu, 2007). Le choix des arbres d'avenir tient compte de l'adaptation de l'essence aux conditions stationnelles, à l'absence de défaut majeur de la bille de pied et au pouvoir de réaction de l'arbre jugé à travers la forme et le volume de son houppier.

Les essences connues pour produire un bois recherché sont privilégiées (Chênes, Merisier, Frêne commun...) mais on n'exclue pas de favoriser des essences «secondaires» comme le Bouleau verruqueux. Les objectifs sont d'obtenir (Baar, 2004) :

- Des arbres vigoureux, des cimes développées et équilibrées assurant une croissance rapide, un bois sain et un tronc cylindrique,
- Des fûts de qualité sur 6-8 m de hauteur et de grosse circonférence (150 cm au minimum),
- 70 à 90% de la valeur de l'arbre compris dans la bille de pied,
- Une plus-value élevée à la coupe finale.

Avant détourage



Après détourage



Parcelle de Marquerie après détourage

1 - Une technique adaptable partout

Le détourage d'arbres d'avenir peut être utilisé dans tous les types de peuplements, homogène ou non, dans tous les groupes d'arbres issus de régénérations naturelles ou de plantations (Baar et al., 2004). Cette technique est également adaptée aux forêts où les accrues sont importantes.

2 - Description de la technique

Le détourage implique de percevoir le peuplement à trois vitesses d'évolution. Au sein de celui-ci, on trouve deux sous-populations conduites de manière intensive avec un cycle économique court : l'une à vocation de production ligneuse de qualité (cycle de coupe de 80-150 ans), l'autre pour la production de bois de moins bonne qualité (cycle de coupe de 5-8 ans). Enfin, une dernière sous-population dont on respecte le cycle sylvigénétique naturel qui permettra d'assurer le bon fonctionnement de l'écosystème (Larrieu, 2007).

Un peuplement détourné comporte 3 types d'arbres :

- Les arbres d'avenir, au nombre de 60 /ha au maximum qui sont sélectionnés pour produire du bois d'œuvre sur un cycle court (30 à 120 ans).
 - Des arbres d'accompagnement de même grandeur, qui sont enlevés lors des passages en éclaircie s'ils gênent par leur houppier les arbres d'avenir ; leur bois est valorisé en fonction de sa qualité commerciale et de sa grosseur.
 - Des arbres qui ont une bille de faible valeur commerciale et que l'on laisse boucler leur cycle sylvigénétique complet ; ils assurent la présence dans le peuplement de milieux de vie indispensables à un grand nombre d'espèces saproxyliques 10 à 20% de la surface, non incluse la place occupée par les bois morts au sol, peut être dédiée à la conservation ou au recrutement de ces arbres à forte valeur biologique.
- Le sous-étage est dans tous les cas conservé, excepté dans les passages délimités réservés à l'exploitation des arbres coupés.

3 - Les techniques d'exploitation

Lors de l'exploitation, il faut veiller à créer des couloirs d'exploitation et des itinéraires adaptés afin de limiter la perturbation du milieu et de l'humus du site. Le passage des engins se fait sur un sol sec afin de ne pas créer d'ornières.

Ces couloirs disposés tous les 15 à 20 m ont une largeur de 4 m au minimum (Gonin et al., 2005). Dans le cas de forte pente, les layons sont orientés dans le sens de la pente, pour permettre le passage des engins de débardage et éviter les blessures aux arbres d'avenir (Gonin et al., 2005).

Les bois stockés en bordure de route sont enlevés rapidement ; dans le cas d'exploitation en hiver, ils sont retirés avant début mai, afin d'éviter que les pontes d'insectes saproxyliques ne soient détruites par l'utilisation industrielle de ces bois (Larrieu, 2007).

L'intervention minimaliste ne permet pas dans ce premier temps une grande mobilisation de bois mais présente de nombreux avantages :

- Possibilité d'une production d'avenir de bois d'œuvre.
- Modification prudente d'un écosystème favorable aux fructifications de cèpes.
- Maintien de la biodiversité des essences forestières (Chêne pédonculé, Chêne sessile, Hêtre, Bouleau, Merisier, Châtaignier) qui favorise elle-même une biodiversité des champignons mycorhiziens et ainsi un meilleur fonctionnement de l'ensemble de l'écosystème.
- Maintien des bois morts sur pied et des arbres à cavités qui offrent autant de supports pour la biodiversité. Maintien des bois morts au sol qui offre des supports à la biodiversité en même temps qu'ils constituent des microhabitats favorables aux fructifications de cèpes et d'autres champignons comestibles (supports nutritionnels, zones d'accumulation d'eau et de réserve en eau). Ces bois morts constituent en outre des sources essentielles d'humus, nécessaires à la préservation des sols.



Ci-dessus : débusquage respectueux des sols à l'aide d'un treuil à cabestan, plaque de Marquerie, (Photos Thomas BORDERIE).

BIBLIOGRAPHIE

- Gonin P. et Larrieu L., 2009 - *Biodiversité et gestion forestière : illustration dans une forêt pyrénéenne. Forêt de Hèches - Vallée de la Neste (Hautes-Pyrénées)*. Document fourni au stage de biodiversité de juin 2009, CNPPF-IDF, 51 p.
- Guinberteau J., Courtecuisse R., 1997 – *Diversité des champignons (surtout mycorhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels*, Revue Forestière Française, XLIX, n°spécial 1997, p. 222-234.
- Larrieu L., Nys C. et Jabiol B., 2006 - *Prise en compte de la fragilité chimique des sols forestiers dans les conseils de gestion. Illustration pour une sapinière-hêtraie montagnarde sur roche acide (Vallée d'Aure, Hautes-Pyrénées)*, Revue forestière Française, LVIII, pp.531-548.
- Leprince F., Rondet J., Seegers N. et Guinberteau J., 2005 - *Favoriser le cèpe, Forêt entreprise*, 164, pp.18-22.
- Le Tacon F., 1997 - *Vers une meilleure prise en compte des champignons mycorhiziens dans la gestion forestière*, Revue Forestière Française, XLIX, n°spécial 1997, p. 245-255.
- Olivier, J.M., Guinberteau J., Rondet J., Mamoun M., 1997 - *Vers l'inoculation contrôlée des cèpes et bolets comestibles*, Revue Forestière Française, XLIX, n°spécial 1997, pp. 222-234.
- ONF, 2008 - *Forêt communale de Bagnères-de-Bigorre (1941.24 ha)*, Procès verbal de révision d'aménagement (2009-2023), Service Départemental des Hautes-Pyrénées, Tarbes, 106p.
- Peyre B., 2006 - *L'économie du Champignon en Corrèze : Réalités et perspectives*, CDCE, 2006, 143 p.

- Rondet J., Leprince F., Guinberteau J., Olivier J.M et Cazanova F.X., 2001 - *Les cahiers du Cèpe – 1. Bases de la production*, LEGTAF de Vic en Bigorre, 85 p.
- UGS CoFor, 2009 - *Schéma stratégique forestier des Pyrénées*, 38 p.
- Documents et études générés par le programme Micosylva ayant permis la rédaction de ce guide de mico-sylviculture.
- Diette S., 2009 - *Inventaire pied à pied sur les placettes Micosylva du département des Hautes-Pyrénées*, Alcina, 12 p.
- Corriol G., Hannoire C., 2010 - *Diagnostics phyto-sociologiques et mycocoenologiques des placettes d'études : Bagnères de Bigorre (Hautes-Pyrénées) ; Marquerie (Hautes-Pyrénées) ; Hèches (Hautes-Pyrénées) ; Gourdon-Murat (Corrèze)*, Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 49 p.
- Rigou L., 2010, *Recueil des fiches sols des placettes myco-sylvo-démonstratives*, Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, 12 p.
- Zimmerlin A., Borderie T., 2011, *Recueil des diagnostics des placettes myco-sylvo-démonstratives : Bagnères de Bigorre (Hautes-Pyrénées) ; Marquerie (Hautes-Pyrénées) ; Hèches (Hautes-Pyrénées) ; Gourdon-Murat (Corrèze)*, Chambre Départementale d'Agriculture des Hautes-Pyrénées, 141 p.
- Zimmerlin A., Borderie T., 2011, *Diagnostic du massif forestier de l'«Association des Propriétaires Forestiers et Agricoles de Bigorre»*, Chambre Départementale d'Agriculture des Hautes-Pyrénées, 30 p.
- Zimmerlin A., 2010, *Matériel et méthode des*

diagnostics des placettes myco-sylvo-démonstratives suivies par la Chambre d'Agriculture des Hautes-Pyrénées, 17p

- Diette S., 2009 - *inventaire pied à pied sur les placettes Micosylva du département de la Dordogne*, Alcina, 9 p.
- Rigou L., 2009, *Recueil des fiches sols des placettes myco-sylvodémonstratives*, Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, 16 p.
- Boisvert B, Mares B, Lefièvre J, Neveu T, Derk F, Prince C, 2007, *Diagnostic de territoire, Charte forestière du Sud Périgord*, 77 p
- Prince C, 2010, *La forêt et le bois en Périgord, Interbois Périgord*, 8 p
- Seegers N, 2011, *Diagnostics des placettes mycosylvo-démonstratives*, Chambre d'agriculture de la Dordogne, 46 p.

Sites internet associés :

Pour le lycée agricole et forestier Vic en Bigorre :

www.eplefpa65.educagri.fr/MICOSYLVA/index.html

Pour le site Micosylva : **www.micosylva.com**

Contacts :

Jean Rondet : jean.rondet@educagri.fr

ou jeanrondet@gmail.com

Thomas Borderie

t.borderie@hautes-pyrenees.chambagri.fr

Nathalie Seegers

nathalie.seegers@dordogne.chambagri.fr

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont rendu possible la réalisation de cet ouvrage :

En tout premier, les propriétaires forestiers, communes ou propriétaires privés, qui ont offert depuis des années l'accès aux visites techniques et scientifiques et leurs indispensables observations et connaissances de terrain. Il s'agit dans les Hautes-Pyrénées, du groupement forestier de Hèches, de la commune de Bagnères de Bigorre, de la commune de Marquerie, Paul et Céline Gaillat, de l'Association des Propriétaires Forestiers et Agricoles de Bigorre (APFAB), les associations mycologiques, l'Association Mycologique de Bigorre, la Société Mycologique du Limousin, et en Corrèze, de Didier Vialle. En Dordogne, il s'agit de Didier et Emmanuelle Chignat, Jean-Pierre Biaussa, Marie-Louise et Maxime Maynard, Florence et Pierre Sadouillette et plus largement tous les propriétaires forestiers de l'association «Cèpes du Périgord», qui depuis de nombreuses années, ont largement contribué à la progression de nos connaissances.

L'ensemble des services administratifs et organismes scientifiques et techniques qui ont accompagné le projet de coopération européenne Micoylva : le Secrétariat Technique Conjoint, du programme SUDOE, le Secrétariat Général pour les Affaires Régionales (SGAR) de Midi-Pyrénées, la Région Midi-Pyrénées, le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire, l'ensemble des partenaires français et étrangers du projet Micosylva.

Les membres du Comité Scientifique de ce projet, qui ont contribué directement en tant qu'auteurs des articles de l'ouvrage et indirectement en partageant leurs connaissances à l'occasion des différents ateliers internationaux qui se sont déroulés depuis deux ans, notamment en Dordogne et dans les Hautes-Pyrénées.

Un grand merci à l'imprimerie Bataillon et tout particulièrement à Marion Bourgade.

Tous droits réservés.
Achevé d'imprimer en juin 2011.
Imprimerie Bataillon & Bataillon, SARLAT.
Imprimé en France.