



Randonnée découverte : parcelles 1 et 2

Jean Rondet, Koldo Villalba, Javier Gomez, Sébastien Diette,
Johann Housset, Laurent Rigou, Guillaume Arlandes



Interreg
POCTEFA



UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPÉENNE

Actuación subvencionada por:



Gobierno de Navarra
Nafarroako Gobernua

Reyno de **Navarra**  **Nafarroa**
Erresuma
www.turismo.navarra.es

Proyecto financiado por FEDER Fondo Europeo de Desarrollo Regional / Projet financé par le FEDER · Fonds Européen de Développement Régional
Eskualdeen Garapenerako Europar Funttsak (EGEF) diruz lagundutako proiektua

« Les deux forêts »

C'est comme s'il y avait deux forêts d'Irati : celle qui se trouve au-dessus du sol et qui s'étend devant nos yeux et celle qui se trouve sous la surface du sol.

La forêt qui s'étend sous nos pieds est faite d'innombrables racines et radicelles qui s'entrecroisent et qui sont reliées entre elles par le réseau immense des filaments mycéliens des champignons. Les champignons tissent une toile immense dans le secret des premiers horizons du sol.

Parfois, ce monde secret des champignons se révèle à nos yeux à travers ces « fructifications » qui apparaissent et disparaissent rapidement. Nous nous interrogeons alors sur les facteurs qui expliquent et favorisent leur apparition.

Et en réalité, il n'y a qu'une seule forêt car les champignons et les arbres ne font qu'un seul ensemble vivant !

Introduction : Les objectifs de ce guide

L'objectif général de ce guide est d'apporter des informations sur le monde des champignons vivant dans les forêts (= les « champignons sylvestres ») mais également des informations sur les facteurs forestiers qui ont une influence sur la présence et la fructification des champignons comestibles.

Il s'agit d'apporter des réponses aux nombreuses questions qui se posent à nous dès que nous commençons à nous intéresser vraiment à ces organismes qui apparaissent de manière souvent fugace dans les sous-bois : pourquoi ici plutôt qu'à côté ? Pourquoi maintenant ? Quelle est la différence entre les champignons de prairie et ceux qui poussent sous les arbres ? Y-a-t'il des arbres plus intéressants que d'autres pour les champignons ? Est-ce l'arbre qui produit le champignon ? Est-ce que la gestion forestière est une bonne chose pour les champignons ou bien faudrait-il toucher le moins possible aux peuplements d'arbres ? Est-ce que le changement climatique peut modifier la capacité de la forêt à produire des champignons ? Est-ce que la nature du sol est importante ? Etc.

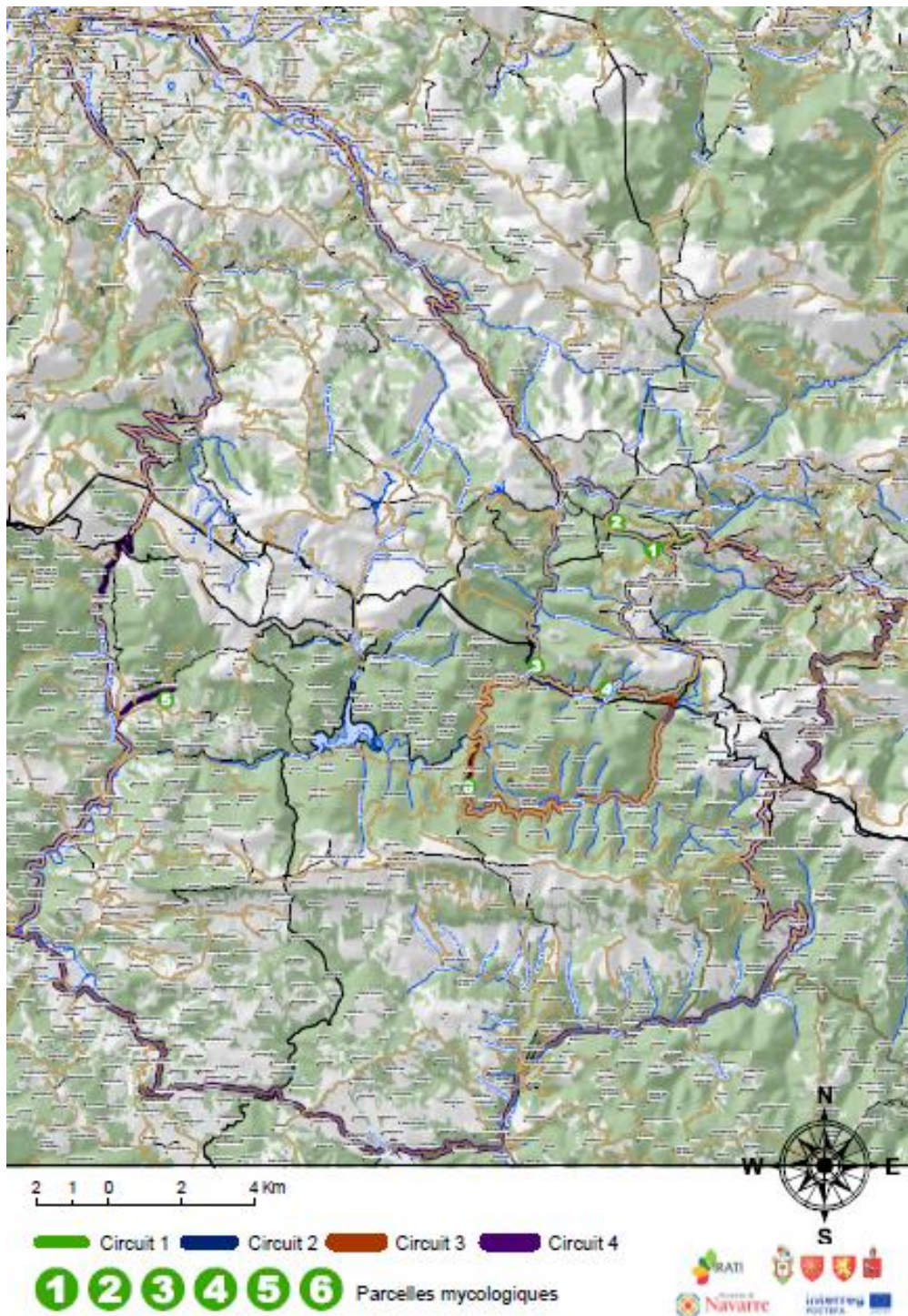
Pour apporter des réponses à ces questions, nous vous proposons d'une part deux petits livres : un livre très simple qui s'intitule « les arbres et les champignons » et un livre plus détaillé : « l'écologie des cèpes dans la hêtraie, en Europe et à Irati ».

Et puis nous vous proposons de visiter six parcelles forestières qui illustrent chacune des facteurs particulièrement importants du point de vue de la vie des champignons en relation avec les arbres.

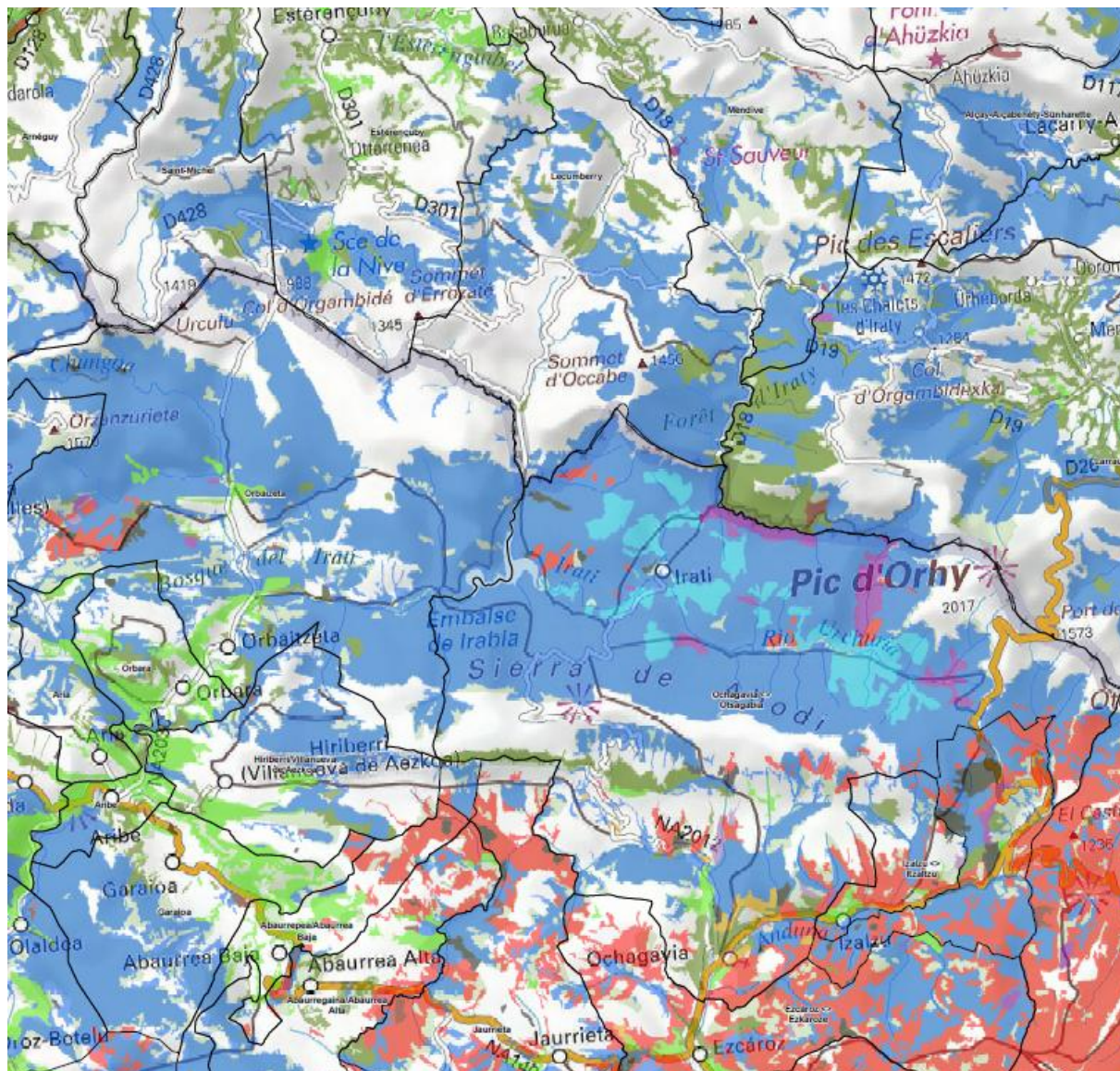
Pour visiter ces six parcelles, deux « outils » sont disponibles : ce guide d'une part et des fiches présentant cinq circuits de randonnées, à pied, en VTT ou encore en voiture.

La localisation des six parcelles

Les six parcelles sont localisées sur les deux versants d'Irati, dans les vallées françaises de Soule et Cize et les deux vallées navarraises d'Aezkoa et de Salazar. La carte ci-dessous montre la localisation de ces parcelles dans le territoire d'Irati.



Le massif forestier d'Irati dans son contexte forestier pyrénéen



Répartition des essences forestières

Auteurs : Guillaume Arlandes - Pyrénées Cartographie / Jean Rondet-Sens et

Territoire Sources : OpenData - Gouvernement de Navarre ; SRTM

Crédits de la couche de service

La zone d'irati correspond à une zone d'altitude, en « cuvette », entre 900 et 1500 m. Ce gradient d'altitude correspond à l'étage montagnard, qui est aussi le domaine de la hêtraie-sapinière. Le Sapin pectiné accompagne en effet souvent le Hêtre. Le mélange des deux essences est typique de la hêtraie-sapinière pyrénéenne. La carte des peuplements forestiers montre la place essentielle du Hêtre à Irati, en peuplements purs ou presque ou bien en peuplement mélangés associant le Hêtre et le Sapin.

Le schéma suivant rappelle les étages de végétations, qui varient selon les versants des Pyrénées et selon les expositions des différents versants d'Irati.

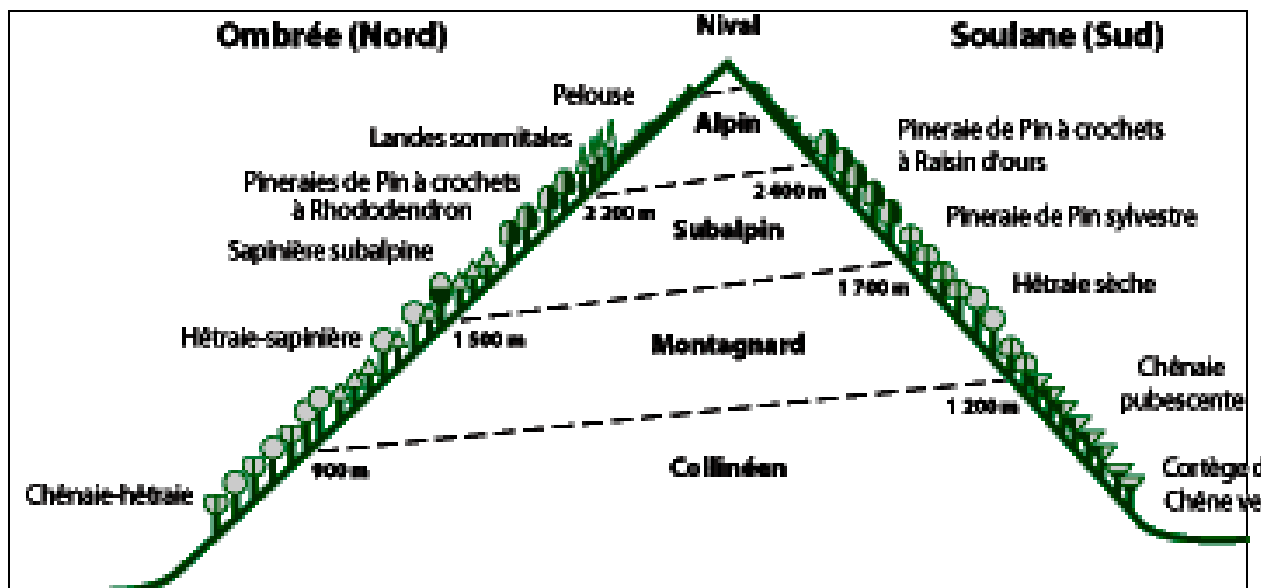


Figure : les étages de végétation dans les Pyrénées

En quittant Irati pour descendre en versant sud des Pyrénées, nous allons trouver les peuplements de Pin sylvestre, typiques à cette altitude sur le versant Navarrais. Quelques peuplements de Chêne vert ne sont pas loin. Ils témoignent de conditions déjà méditerranéennes.

En descendant le versant nord, nous allons rencontrer la hêtraie-chênaie puis la chênaie.

Points communs et différences entre les six parcelles

Les points communs entre ces parcelles justifient que la visite d'une seule parcelle apporte déjà des informations essentielles sur les champignons et les arbres d'Irati. Les différences sont également intéressantes et justifient le fait de visiter plusieurs parcelles ! Une connaissance approfondie du « fonctionnement » des champignons et des arbres viendra ainsi de l'analyse des points communs et de l'analyse des différences entre ces **différents écosystèmes forestiers**.

Les points communs, dans les six parcelles à visiter.

Nous nous trouvons toujours dans la hêtraie d'Irati. **L'arbre emblématique est donc ici le Hêtre** (le Hêtre, avec une majuscule désigne le nom du genre de l'arbre et nous écrirons un hêtre avec un h minuscule pour parler d'un arbre particulier d'une forêt). Le nom scientifique du Hêtre est *Fagus sylvatica*. *Fagus* est le nom de genre et *sylvatica* est le nom d'espèce. Le Hêtre est un arbre intéressant pour la production de champignons et des cèpes en particulier.

Nous allons découvrir une **forêt d'altitude**, qui connaît un climat longtemps humide et froid, dès la fin de l'automne et jusqu'au printemps bien avancé. Cela va bien avec le Hêtre qui est justement un arbre de l'étage montagnard qui aime l'humidité et qui est bien adapté aux alternances de froid et temps plus chauds qui se manifestent souvent au printemps et en automne à cette altitude.

La forêt est globalement « gérée », c'est-à-dire que depuis longtemps des arbres sont prélevés et que les peuplements sont renouvelés avec l'intervention de l'homme, même si le Hêtre est une essence indigène qui n'a pas été introduite par l'Homme. Nous verrons que la gestion est un facteur qui est favorable à la fructification des champignons en général et des champignons comestibles recherchés en particulier.

Les différences entre les parcelles.

Les peuplements ne sont pas constitués par les mêmes essences.

Si le Hêtre est le « trait d'union » entre les différents peuplements de la forêt d'Irati, il est souvent en mélange avec le Sapin pectiné, parfois le Pin sylvestre et plus rarement d'autres essences.

Les peuplements n'ont pas les mêmes structures verticales.

Certains sont constitués d'un seul étage d'arbre, qui domine le sol avec sa litière de feuilles et/ou sa strate herbacée (= les plantes herbacées, les mousses et les arbustes bas). D'autres comprennent un étage dominant de grands arbres qui couvre un sous-étage plus ou moins complexe, à une seule strate d'arbres de taille moyenne ou bien à deux ou trois strates d'arbres de hauteurs différentes.

Le diamètre des troncs : les arbres peuvent être tous d'un diamètre équivalent ou bien montrer une grande diversité de diamètres. Cette diversité témoigne d'une diversité d'âges et de hauteurs des arbres.

La densité du peuplement et le degré d'ouverture du peuplement aux effets du climat. Certains peuplements sont denses et peu ouverts et d'autres sont très ouverts. C'est un facteur très important du point de vue de la fructification des champignons.

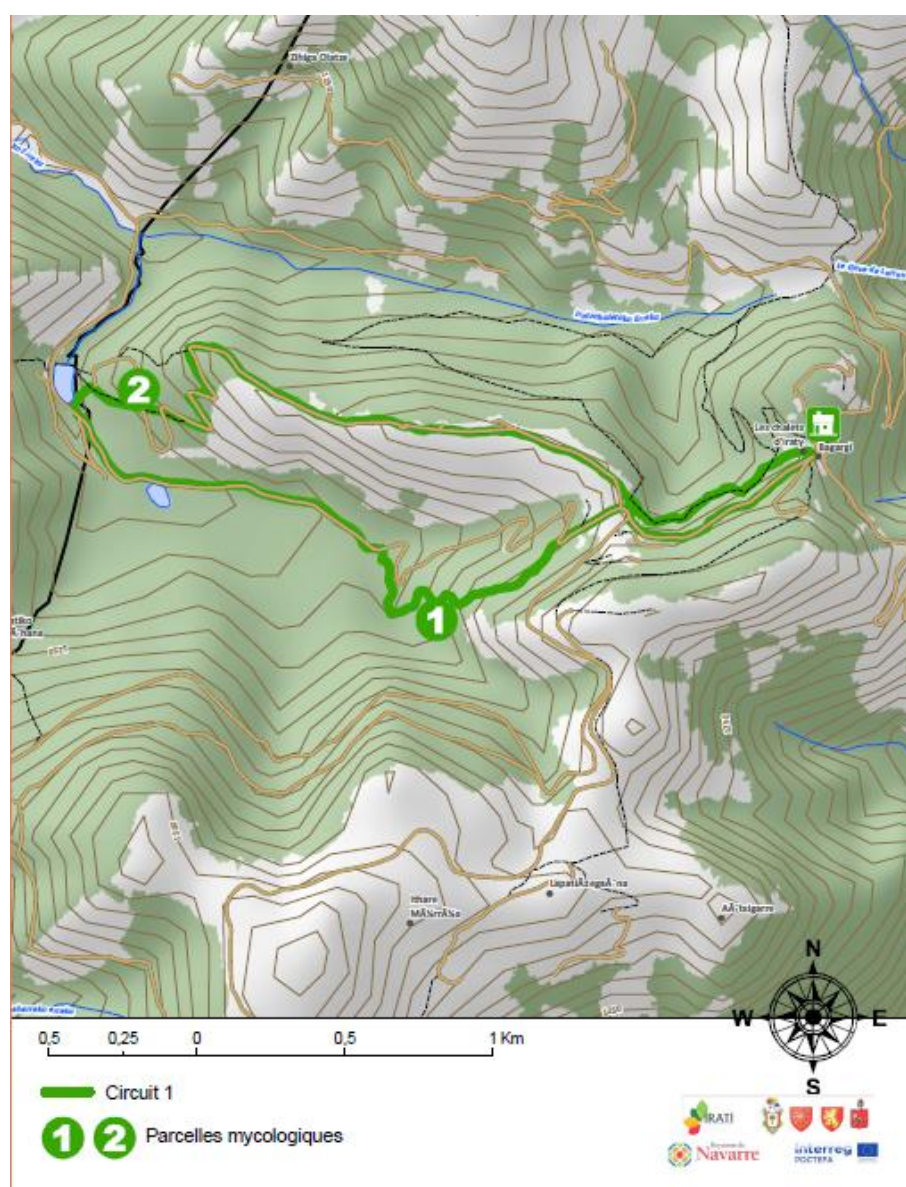
La nature de la litière. La litière comprend l'ensemble des parties mortes des arbres qui couvrent le sol : feuilles, aiguilles éventuellement, bois morts de tous diamètres. La présence de bois mort est très variable. Les bois morts ont une grande importance mycologique.

La nature du substrat géologique. C'est un facteur essentiel pour la production des champignons. Les parcelles ont des substrats différents.

Enfin les expositions sont différentes et cela influence fortement le climat du sous-bois et les pousses de champignons.

Parcelle 1. Les éléments clés : le Hêtre, la notion de peuplement, l'enracinement, les mycorhizes, le sol, le myrtiller, l'exposition.

L'accès à la parcelle 1. Plusieurs circuits de randonnées permettent d'accéder à la parcelle 1 (cf. Fiches présentant les circuits de randonnée). Le **circuit 1** (circuit pédestre) est présenté ci-dessous.





Description de la parcelle



Type de peuplement : hêtraie sapinière à petit bois / bois moyen

Une éclaircie récente a coupé les gros hêtres, beaucoup de souches de gros bois sont présentes.

Situation topographique :

Altitude : 1240 m, pente 40%, exposition : 270° (ouest)

Le Hêtre

Une situation géographique et une histoire qui explique l'omniprésence du Hêtre.

Le Hêtre commun (*Fagus sylvatica*), à Irati, a plus de trois mille ans. Il est l'arbre le plus caractéristique des forêts de l'étage montagnard (de 800 m d'altitude en versant nord à 1700 m) et en particulier dans cette « cuvette » d'altitude comprise entre 900 et 1 500 mètres. A cet étage de végétation, c'est très souvent l'arbre dominant et il peut même former localement des boisements purs. Le Sapin pectiné qui l'accompagne souvent en plus faible proportion y rencontre la limite occidentale de son aire de répartition pyrénéenne. Seul le pastoralisme limite son extension. Pourtant, la hêtraie a été largement exploitée. Au XVIIe siècle pour les besoins de la Marine, puis ensuite pour les forges, le charbon de bois dont on voit facilement les traces des lieux de fabrication dans de nombreux endroits. Le charbon, ainsi que le bois de feu, furent durant des siècles les produits les plus recherchés en forêt: il s'agissait de la principale source d'énergie dont disposaient nos sociétés. Les industries se situaient à proximité ou à l'intérieur des forêts, car le transport était très cher. Entre 1750 et 1850, le charbonnage eut une grande importance dans de nombreuses zones d'Irati, afin de fournir les forges de Mendive, Larrau et Aezkoa, la fonderie de cuivre de Txangos et la fabrique d'armes d'Orbaizeta. Entre 1824 et 1835, un produit très proche du charbon a également été exploité: les cendres. Celles-ci étaient destinées à la fabrication du verre, dans la petite fabrique installée sur les berges de la rivière à proximité de l'actuel chalet Pedro.

En relation avec cette histoire, le Hêtre a également été privilégié par rapport au Sapin pectiné, moins intéressant comme bois de feu et pour le charbon.

Quelques caractéristiques du Hêtre.

C'est une essence qui apprécie un taux d'humidité ambiant marqué du aux pluies et brouillards. L'écorce est normalement de couleur gris noirâtre, mais elle apparaît souvent recouverte d'une fine croûte de lichens qui donnent au tronc une teinte gris argenté caractéristique. Malgré cette humidité, le sol dans la hêtraie est généralement assez sec, du fait de sa faible capacité de rétention en eau. C'est aussi une espèce d'ombre, qui se régénère sous le couvert d'autres arbres, de la même espèce ou d'une espèce différente (Sapin, Pin,...).

Hêtre et pluviométrie.

La pluviométrie annuelle actuelle est largement suffisante pour cette essence qui demande entre 700 et 1500 mm de pluie par an. Cependant, le Hêtre est sensible aux déficits pluviométriques cumulés de Juin, Juillet et Août, en particulier sur deux années successives de déficit estival.

Il a une plus grande résilience que le Sapin pectiné, vis-à-vis de ces épisodes de sécheresse.

Le peuplement d'arbres

L'importance prépondérante du peuplement d'arbres dans l'écosystème forestier.

Le mot « forêt » désigne un écosystème très riche au sein duquel **le peuplement d'arbres** a un rôle déterminant : les arbres occupent une place prépondérante au-dessus du sol et en dessous, par rapport aux autres plantes ; ils « abritent » sur leurs racines des dizaines d'espèces de champignons mycorhiziens ; la litière composée de leurs feuilles, aiguilles, bois tombé au sol constitue le matériau essentiel à l'origine de l'humus du sol, la canopée conditionne le climat du sous-bois et sa luminosité, les arbres eux-mêmes et la litière abritent et nourrissent de nombreuses êtres vivants.

Histoire du peuplement.

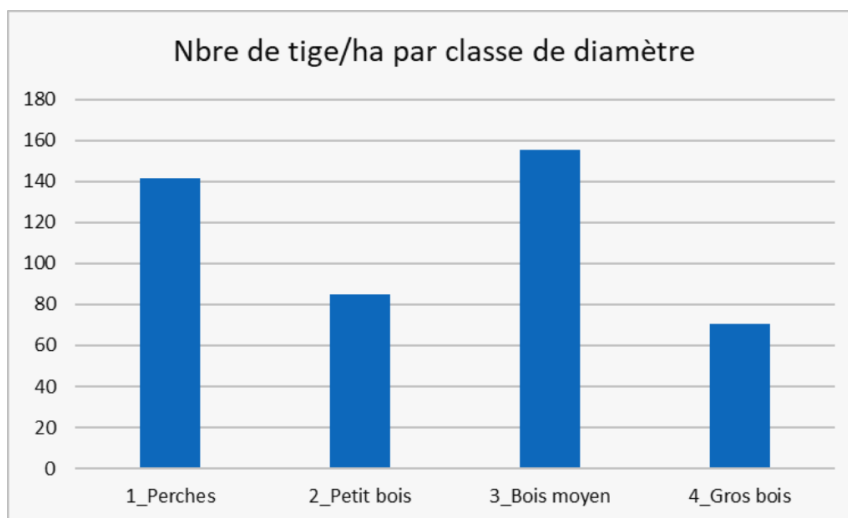
Un peuplement a toujours une durée de vie longue et il est nécessaire de connaître son histoire ou de la déduire de l'observation. Dans le cas présent, le peuplement de Hêtre est constitué de deux classes d'arbres. Les gros bois sont plus anciens et comportent des grosses branches basses. Cela suggère que ces arbres ont poussé autrefois en pleine lumière. Il s'agissait autrefois, à une époque pastorale plus ancienne, d'un « pré-bois » ou « pâturage boisé ». L'abandon du pâturage sur cette parcelle a du ensuite conduire à l'installation de la deuxième cohorte d'arbres entre ces arbres plus anciens, pour conduire à l'état boisé continu d'aujourd'hui.

Description du peuplement sur la base d'indicateurs chiffrés (Type de relevé : placette circulaire à surface fixe de 15 m de rayon)

Des mesures précises faites sur les arbres et sur l'ensemble du peuplement vont permettre d'effectuer un diagnostic complet sur le peuplement et une comparaison avec d'autres peuplements du massif forestier d'Irati ou d'autres massifs.

La répartition des arbres selon les classes de diamètre

L'étude de cette répartition permet de confirmer une observation rapide qui montre que le peuplement est constitué d'arbres de diamètres très différents. Le peuplement est ainsi irrégulier. Mais comment se caractérise cette irrégularité ?



Classe de diamètre	Hêtre
1- Perches	141
2- Petit bois	85
3- Bois moyen	156
4- Gros bois	71
Total général	453

Perches = arbres < 20 cm de diamètre ; Petits Bois = 20 à 30 cm ; Bois Moyens = 30 à 45 cm ; Gros Bois = 45 à 60 cm) ; Très Gros Bois > 60 cm

Le peuplement n'est pas parfaitement équilibré au sens de la gestion forestière dans la mesure où les différentes catégories ne sont pas équivalentes entre elles, avec une faible représentation des petits bois et des gros bois (et surtout des très gros bois).

Dans l'ensemble de la partie de la forêt d'Irati correspondant à la vallée de Soule, les « Petits Bois » sont mieux représentés. Les proportions sont les suivantes : PB = 29 % ; BM = 35 % ; GB et TGB= 36 % (Source : Plan d'aménagement)

Du point de vue de la production des cèpes, qui sont plutôt des champignons favorisés par la présence d'arbres jeunes et très jeunes, un autre critère est important à considérer : c'est la présence plus ou moins importante de très jeunes arbres qui assurent la régénération du peuplement. Ces jeunes arbres de très faibles diamètres sont dénombrés et classés ci-dessous par rapport à leurs hauteurs :

Régénération < 2m (nb/ha)	333
Régénération > 2m (nb/ha)	99

On voit ici leur nombre global est faible (- de 5 jeunes arbres pour 100 m²).

De nombreuses observations permettent en effet aujourd'hui de dire qu'un type d'association très favorable aux cèpes correspond au voisinage d'arbres appartenant aux catégories « Petits bois », « Bois moyens » ou « Gros bois », et d'un groupe (par exemple : une dizaine, espacés entre eux d'un m) de très jeunes arbres. Nous sommes loin de cette situation dans le cas de ce peuplement.

Un autre indicateur est la hauteur des arbres. C'est un indicateur important pour estimer la valeur du bois et la qualité d'une station forestière. La hauteur n'est pas très élevée dans le cas de ce peuplement, traduisant le fait que la station est assez pauvre du point de vue de la fertilité pour le Hêtre.

Hauteurs des arbres (m)	Hêtre
Petits bois	15
Bois moyens	18
Gros bois	19

La densité du peuplement

La densité d'un peuplement s'évalue à travers un indicateur qui est la surface terrière (=G). Cette surface correspond à la somme des surfaces des troncs (vus en coupes) des arbres, évaluées à 1,30 m de hauteur. Cet indicateur (G) permet d'avoir un critère de référence indépendant d'une évaluation qui serait sinon très subjective. Par exemple, nous pouvons avoir l'impression que ce premier peuplement visité est assez ouvert, alors que la surface terrière est bien au-dessus de la « valeur cible » idéale pour les peuplements de Hêtre d'Irati et qui est de 20 m²/ha. L'impression d'ouverture est peut-être liée au fait que le peuplement est sur une pente forte et bénéficie d'un éclairage latéral important. Ce seuil de 20 permet aussi de distinguer deux types de situations de gestion d'un peuplement : si G est supérieur à 20 m², on va considérer que le peuplement est plutôt fermé, à densité relativement élevée et n'ayant pas eu de coupes de régénération. En effet, pour favoriser la régénération d'un peuplement, on diminue la densité par une première coupe de façon à ce que les jeunes arbres issus de régénération puissent trouver une lumière suffisante pour une bonne croissance et même si le Hêtre est une essence d'ombre. Une coupe secondaire intervient ensuite dans les 20 ans suivant la première pour libérer plus d'espace et de lumière. Quand G est inférieur ou égal à 20 m², on considère que le peuplement est ouvert et a une densité relativement faible. Cet état peut donc être lié au fait que des coupes d'ensemencement ou secondaires y ont déjà eu lieu.

Surface terrière totale (m ² /ha)	39
Densité totale (nombre de tiges /ha)	453

On constate ainsi que la surface terrière est ici élevée, avec cette valeur de 39 m²/ha, si on la compare avec cette valeur cible de 20 et également avec la valeur moyenne estimée sur l'ensemble de la partie Soule de la forêt et qui est de 26 m²/ha.

Une valeur élevée de G a trois conséquences :

- a) une concurrence sans doute forte entre les arbres, en regard du potentiel nutritionnel du sol.
- b) un bilan hydrique peu favorable, avec une transpiration forte des arbres et une pénétration assez faible des pluies
- c) des fructifications de champignons moins fréquentes et moins abondantes que dans un milieu plus ouvert, du fait d'une moindre pénétration des pluies (favorable à l'induction des fructifications) et du fait d'une forte consommation par les arbres de la réserve en eau, au détriment de l'approvisionnement en eau des champignons durant la phase de croissance des fructifications.

Les systèmes racinaires, les systèmes mycorhiziens et le sol

Le **système racinaire du hêtre** est à la base un système « en cœur » (ou fasciculé) puissant, avec de nombreuses racines multidirectionnelles et souvent soudées entre elles, qui en l'absence de contraintes peut s'installer assez profondément. Cet enracinement n'est cependant pas capable de franchir des obstacles du sol tels que des couches compactes et mal drainées. Les racines tendent alors par compensation à se développer horizontalement en surface et confèrent alors au Hêtre sa réputation d'arbre à enracinement superficiel.



Figure : schématisation du système racinaire du Hêtre (à gauche), comparé à celui du Pin sylvestre, du Sapin pectiné, du bouleau verruqueux

Le rôle des mycorhizes.

Le rôle des mycorhizes est considérable pour cette essence forestière, qui vit souvent dans des terrains assez pauvres et sous des climats qui ralentissent l'activité biologique des sols. D'une manière générale, les systèmes racinaires des arbres sont étroitement liés aux

mycéliums de dizaines d'espèces de champignons, au point qu'il est artificiel de séparer les systèmes racinaires des réseaux de mycéliums qui pénètrent à l'intérieur des radicelles, les entourent et prospectent l'ensemble des premiers horizons des sols. Ainsi, on utilise la notion de « système mycorhizien » pour désigner le système fonctionnel constitué par l'ensemble des radicelles des arbres et l'ensemble des réseaux de mycéliums.

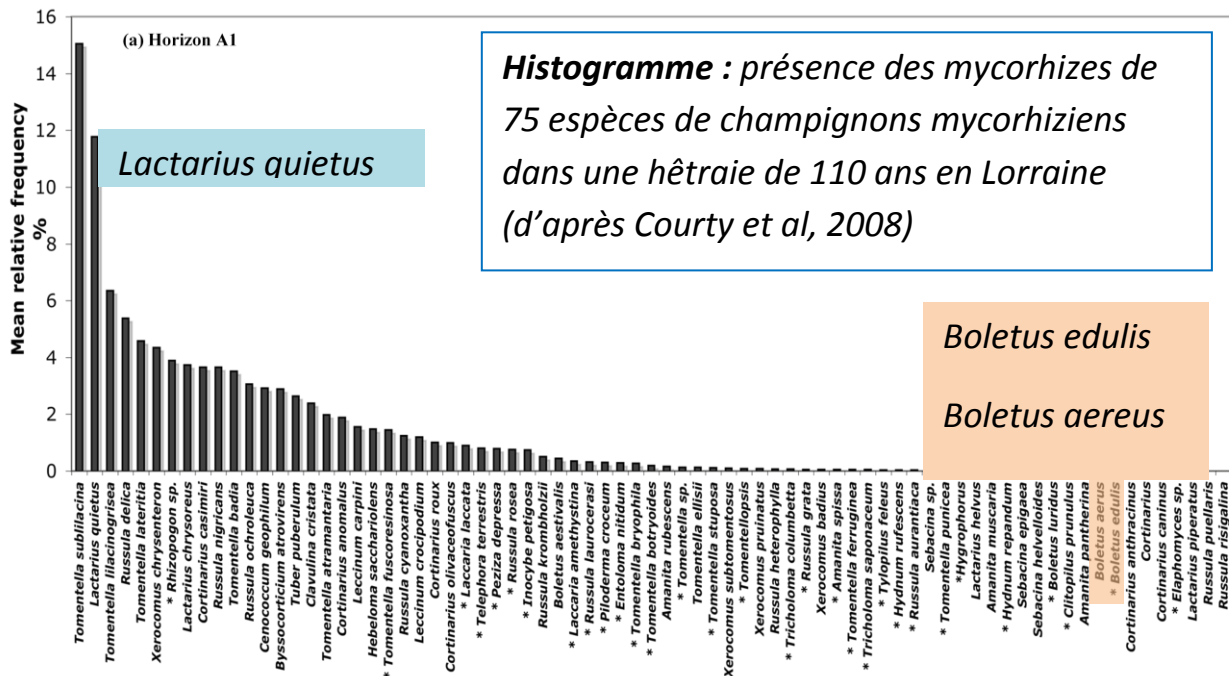


Mycorhize de cèpe, Cèpe, mycorhizes de Chanterelle (Cantharellus cibarius)

L'équipe de l'INRA de Nancy a identifié les champignons mycorhiziens présents dans une hêtraie pure de Lorraine et a identifié ainsi la présence de 75 types de mycorhizes, appartenant donc à 75 espèces de champignons différents. Le graphique suivant montre cette diversité. Il montre également que certaines espèces de champignons forment de nombreuses mycorhizes. Par exemple *Lactarius quietus* (la deuxième espèce en partant de la gauche) forme 12 % des mycorhizes présentes dans cette forêt de Lorraine. Au contraire, d'autres espèces forment très peu de mycorhizes comme le Cèpe de Bordeaux (*Bolets edulis*) et le Cèpe d'été (*Boletus aereus*), les 8^{ème} et 9^{ème} espèces en partant de la droite, sur ce graphique.

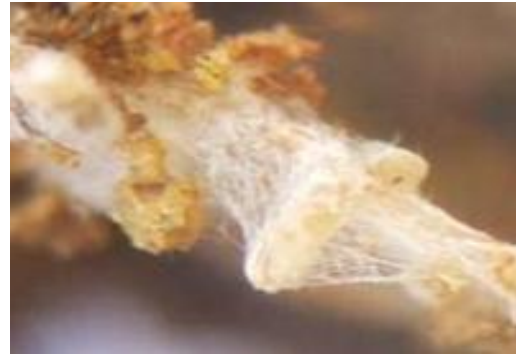
Cependant, l'activité d'une espèce de champignon dans un sol forestier ne dépend pas uniquement du nombre de mycorhizes qu'il forme sur les racines mais de la masse de mycélium qu'il peut émettre dans le sol à partir des mycorhizes. Les cèpes forment peu de mycorhizes mais peuvent produire beaucoup de mycélium et

assurer un rôle majeur dans la vie des hêtres. Ils peuvent également produire beaucoup de fructifications à partir de cette masse de mycélium et malgré ce petit nombre de mycorhizes.



Localisation du système mycorhizien par l'observation du profil de sol.

Pour observer les mycorhizes elles-mêmes, il est nécessaire d'utiliser une loupe à main ou bien une loupe binoculaire, plus puissante (grossissement = X 20), qu'il est possible d'apporter sur le terrain. Dans ce cas, il faut prélever à la fois du sol et des racines fines d'un arbre dans les premiers dix centimètres de sol et rechercher ensuite les mycorhizes sous la loupe. On remarquera que les jeunes radicelles commencent leur croissance une fois que le Hêtre a débouffé au printemps et que les mycorhizes nouvelles seront bien visibles après quelques temps de croissance et également quand les conditions climatiques permettent que le sol soit suffisamment riche en eau.



Observation du système mycorhizien sur le terrain : (a) échantillon de racines fines et de terre ; (b) loupe binoculaire installée sur une petite table transportable en sous-bois ; jeunes radicelles ramifiées portant des mycorhizes, avec le réseau de mycélium colonisant à la fois les radicelles et les petits « agrégats » de sol ; (d) une mycorhize en gros plan, avec un réseau de mycélium autour de cette mycorhize et de la radicelle qui porte cette mycorhize.

On remarquera que les réseaux de mycéliums correspondant aux dizaines d'espèces différentes de champignons ne sont pas visibles facilement même à la loupe car les filaments isolés sont très fins et cachés dans le sol. Un jeune arbre est associé à 40 000 km de filaments mycéliens. Que dire d'un peuplement sur un hectare !

La figure suivante veut schématiser le fait que ces mycéliums relient les arbres entre eux et appartiennent à des espèces différentes, symbolisées par des couleurs différentes (alors que les filaments mycéliens apparaissent blancs dans la réalité : les filaments sont transparents mais un réseau de filaments apparaît blanc car il « emprisonne » de l'air).



Figure : schématisation du système mycorhizien. Ce système correspond à l'ensemble des racines fines portant les mycorhizes de dizaines d'espèces, à partir desquelles les réseaux de filaments mycéliens prospectent le sol et relient les systèmes racinaires des arbres voisins.

L'observation du profil de sol pour observer la stratification des racines.

En observant une coupe de sol, nous pouvons voir où sont localisées principalement les racines fines du sol. En bas de cette parcelle, le sol est plus profond et les racines fines s'étagent sur 40 cm de profondeur. Plus haut dans la pente, le sol montre des horizons très humifères sur 10 cm et les racines fines se localisent dans ces premiers horizons superficiels.



Cette couche de quelques cm d'épaisseur représente la zone essentielle d'apport nutritionnel en minéraux, azote et eau des arbres ! En effet, les racines fonctionnelles qui assurent cette

nutrition sont les racelles mycorhizées. On comprend ainsi que cette couche très superficielle du sol doit être préservée au maximum. La présence d'une litière de feuilles jeunes, de bois mort et/ou d'une végétation protectrice est importante. Par ailleurs, l'exploitation du bois doit se faire avec un souci de préservation de ces premiers horizons du sol. Dans cette parcelle, le sol est assez pauvre chimiquement, à pH bas, de type brun acide, lessivé, ou légèrement podzolique. La litière est épaisse avec un horizon noir (OH) qui tache les doigts (humus de type moder à dysmoder).

La litière et la végétation herbacée

La litière est un élément clef de l'écosystème forestier. Elle a en effet plusieurs fonctions essentielles.

Elle constitue une réserve de minéraux et d'azote rapidement mobilisable pour le prochain cycle de croissance de l'arbre.

Une partie va être transformée en humus pour maintenir l'équilibre du bilan humique. Chaque année, 2% environ de l'humus est naturellement détruit et cette perte est compensée par une nouvelle transformation en humus de la litière. Avec le changement climatique, le taux de destruction naturelle de l'humus augmente et cela demande de faire de plus en plus attention à ne pas enlever trop de matière organique des sols forestiers.

La litière protège les horizons superficiels du sol contre les effets agressifs du climat (dessèchement, pluies violentes qui sont une cause d'érosion).

Elle constitue le milieu de vie de très nombreux organismes qui participent à la vie du sol et en particulier des champignons. De nombreuses espèces de champignons forestiers sont spécialisées pour dégrader justement les différents éléments des litières : feuilles

de Hêtre, faînes, branches mortes, gros bois morts. Voici six exemples de champignons saprotrophiques (= qui se nourrissent de matière organique morte) rencontrés dans cette parcelle forestière.



Photos : (a)..... (b) *Marasme à odeur d'ail* (*Marasmius alliaceus*). (c)...(d) *Armillaire couleur de miel* (*Armillaria mellea*). (e)...(f)..

La litière constitue également un milieu de vie pour les champignons mycorrhiziens.

Il est possible que de nombreux champignons mycorrhiziens qui se nourrissent à partir de la sève élaborée des arbres puissent se nourrir également en participant également à la décomposition de la litière.

Par ailleurs, la litière abrite les fructifications durant leurs premiers jours de croissance, quand elles sont encore très sensibles aux agents climatiques : rayonnement solaire direct, vent desséchant, froid nocturne excessif pour les espèces qui fructifient tardivement dans la saison, pluie violente. La litière constitue en quelque sorte une zone tampon entre le sol et l'atmosphère. Cette zone tampon dispose de son propre climat (humidité de l'air en particulier), qui bénéficie aux champignons encore petits et très sensibles au dessèchement.



Photos : croissance de fructifications de champignons (*Chanterelle*, deux *Russules*, *Pied de mouton*) au sein d'un « milieu » constitué par la litière (de feuilles de Hêtre et /ou de feuilles mortes de plantes herbacées) et des éléments minéraux fins et grossiers.

La strate herbacée

La strate herbacée comprend les plantes herbacées, les mousses, les plantes arbustives. Dans le cas de cette parcelle, nous nous trouvons dans un « habitat » de type « **Hêtraie acidiphile montagnarde à Houx** » mais dans une « **variante très acidiphile à myrtille** ». Cela traduit une forte acidité et un niveau trophique très faible du sol.

Du point de vue de la production de champignons et en particulier de cèpes, la présence du Myrtillier est un signe favorable. On ne sait pas encore si le Myrtillier influence directement les communautés de champignons ou bien s'il est le signe d'un sol acide, cette acidité étant favorable au développement fongique. D'une manière générale, une faible fertilité du sol favorise l'activité des champignons mycorhiziens, qui ont pour fonction d'aider les arbres à se nourrir dans des sols pauvres. Le Myrtillier a également une fonction intéressante dans le fait de retenir une proportion de la litière de feuilles de Hêtre face aux effets de l'érosion éolienne (liée au vent) et nivale (liée à la neige) dans les fortes pentes de ce relief montagnard.



Photos: effet mécanique du Myrtillier pour retenir la litière de feuille et favoriser la présence de microhabitats pour les champignons comestibles.

Selon les endroits de la parcelle, le niveau trophique du sol peut varier ainsi que la disponibilité en eau. D'autres plantes sont alors présentes, comme la Canche flexueuse (qui traduit un sol un peu moins acide) et une diversité de mousses (*Rhytidiadelphus loreus*, *Polytrichum formosum*, *Hylocomium splendens*, etc.)

Les facteurs climatiques du sous-bois

Froid et humidité.

Dans cette situation topographique particulière, un effet de combe retient les nappes de nuages et favorise le froid. Cette situation climatique s'est traduite dans la durée sur la nature du sol : celui-ci montre un début de podzolisation. Cette situation climatique se révèle aussi par la présence de gélivures sur certains arbres (blessures liées au gel). Le cours d'eau circulant plus bas apporte également de l'humidité.

Le climat montagnard d'Irati et l'influence atlantique entraînent une longue période de froid en hiver, en début de printemps et en fin d'Automne. Il se traduit aussi par des précipitations abondantes

En climat montagnard, la baisse de température marquée, à un moment donné de l'Automne, est une condition nécessaire à la fructification des champignons d'automne comme le Cèpe de Bordeaux et le Cèpe des Pins de montagne (alors que le Cèpe d'été ne demande pas ce « choc froid »). Le climat montagnard océanique favorise également l'apparition en automne d'une pluie suffisamment abondante pour entraîner « l'initiation fructifère ». Des pluies successives peuvent entraîner plusieurs initiations fructifères et cela se traduira par une longue saison de pousses des champignons. Nous examinerons ce point en détail plus loin, en analysant la parcelle 2.

Ici, l'orientation Ouest favorise une entrée des pluies venant de l'atlantique.

Le rayonnement solaire.

Le rayonnement solaire se traduit par l'éclairement de la parcelle et par la chaleur reçue par le sol.

La luminosité du sous-bois dépend de la densité du peuplement mais également de son orientation et de la pente.

Bien que le peuplement soit ici globalement dense, avec une surface terrière élevée de 36 m²/ha, nous devinons sur cette photo des zones plus lumineuses en bordure de chemin et dans des zones moins denses et des zones plus sombres plus profondément dans la parcelle. Ce relatif éclairement de la parcelle se traduit par la présence d'un couvert végétal. La faible densité du sous-étage permet également aux rayonnements solaires de l'ouest de pénétrer assez profondément en sous-bois, en bas de la parcelle et en bordure de chemin. Le rayonnement solaire est nécessaire pour assurer une chaleur du sol nécessaire à la bonne croissance des mycéliums (optimale à partir de 18-20°C, alors qu'elle est encore très faible à 15-16 °C). L'accumulation de mycélium dans le sol est nécessaire ensuite à une bonne fructification puisque les fructifications de champignons (= les « sporophores ») se développent en remobilisant les réserves cellulaires accumulées précédemment dans le mycélium.



Photo: un sous-bois partiellement lumineux, en bordure du chemin et en bas de la parcelle qui a une exposition ouest.

Parcelle 2. Les éléments clefs : le mélange d'essence, la gestion irrégulière et le mélange des classes d'âges des arbres, les zones de régénération, le sol et le climat du sol, les bois morts.

L'accès à la parcelle 2 (cf. Fiches présentant les circuits de



Description de la parcelle



Type de peuplement : hêtraie en bordure de sapinière, toutes classes de diamètre. Structure irrégulière, déficit en gros bois, avec présence d'une trouée avec une plage de régénération de hêtre.

Situation topographique : Altitude : 1160 m, Pente : 30%, Exposition : 240 (ouest-sud-ouest)

Le mélange des essences

A cet étage montagnard, le Sapin pectiné accompagne souvent le Hêtre. Le mélange des deux essences est typique de la hêtraie-sapinière pyrénéenne.

Mais la présence du Sapin est également liée bien sûr à l'histoire des usages du bois des deux essences et aux pratiques de gestion.

Dans l'histoire « récente » (XIX^{ème} siècle et jusque dans les années cinquante), les usages énergétiques du Hêtre ont privilégié cette essence au détriment du Sapin. Actuellement, la régénération du Sapin est gênée par la présence des cervidés qui sont friands des jeunes pousses terminales du Sapin. De fait les proportions de sapins sont très faibles sur l'ensemble de la forêt.

Du point de vue de la production mycologique, le voisinage des deux essences est pourtant très bénéfique, à la fois du point de vue de la diversité des champignons que de celui de la production des champignons comestibles.

Du point de vue de la biodiversité fongique, les deux essences amènent chacune leur « **cortège fongique** » un peu spécifique et cela bien que beaucoup de champignons qui mycorhizent une essence peuvent également mycorhizer l'autre (on dit de ces champignons qu'ils sont **ubiquistes**).

La biodiversité s'exprime aussi pour les champignons saprotrophiques spécialisés dans la dégradation du bois (= champignons saproxyliques)



Photos : *Lactarius salmonicolor*, champignon mycorhizien du Sapin ; *Crepidote* (*Crepidotus aplanatus*) sur bois de Hêtre. *Ganoderma carnosum*, sur souche de Sapin.

Du point de vue des champignons comestibles réputés dans ces forêts, ils s'associent aux deux essences et il est probable que très souvent un même réseau mycélien, d'un cèpe par exemple, relie des arbres voisins appartenant aux deux essences. Cela confère sans doute à l'association « Hêtre – Cèpe – Sapin » une plus grande aptitude à produire du cèpe sous différentes conditions saisonnières de climat. Par ailleurs, une litière mixte semble un facteur positif. Enfin, les sous-étages constitués de **collectifs** de jeunes sapins représentent des habitats très favorables aux cèpes, pour des raisons nutritionnelles et microclimatiques.

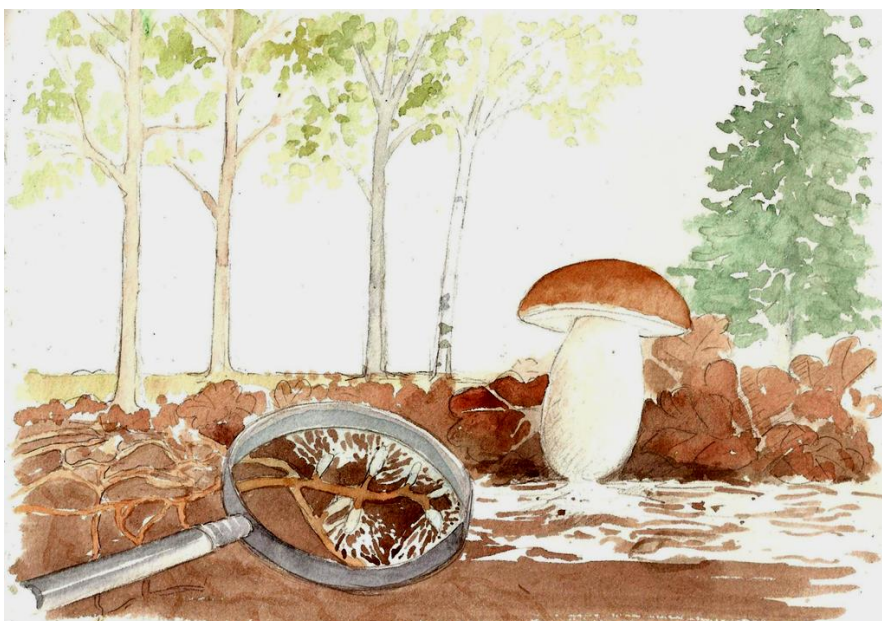


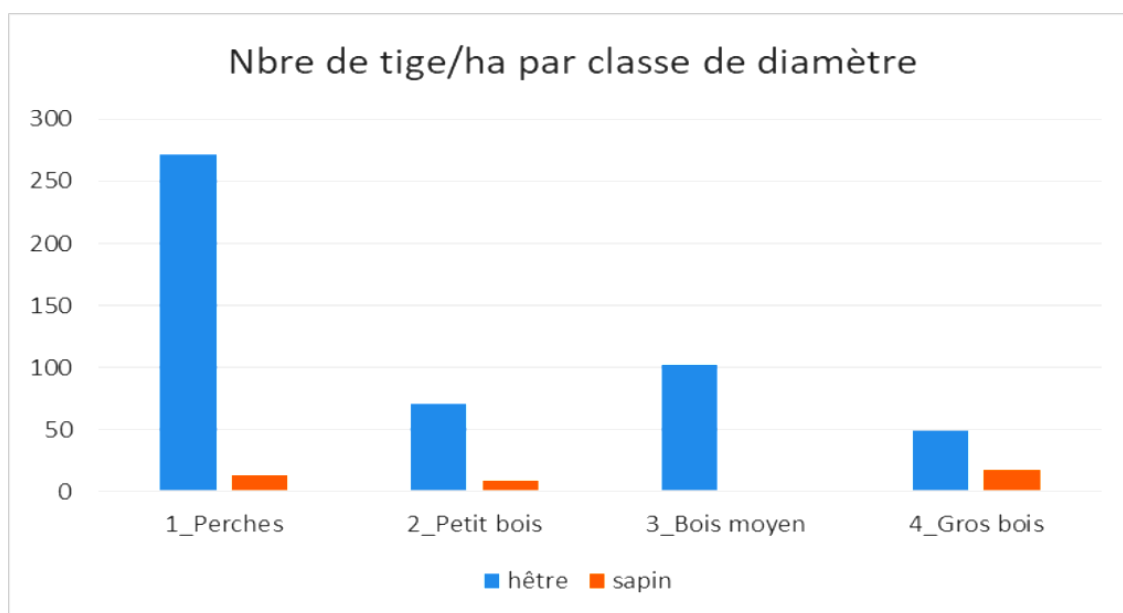
Figure : schématisation du caractère ubiquiste des cèpes. Ces champignons ont la capacité de s'associer simultanément avec un hêtre et un sapin situés à proximité l'un de l'autre.

La gestion irrégulière et le mélange des classes d'âges des arbres

Au premier regard, en dehors des endroits plus éclairés dans lesquels se développent de jeunes arbres, le peuplement semble homogène. Cependant, une observation plus attentive montre que la répartition spatiale des arbres dans la placette n'est pas homogène : les arbres sont répartis par groupe. Cette répartition est héritée des actes de gestion sylvicole ayant eu lieu sur la forêt. Petit à petit, à Irati, une gestion souvent régulière par **parquets** de grandes surfaces (1 ha à plusieurs ha parfois) ou par **bouquets** (espaces de régénération moins importants) a laissé et laisse aujourd'hui la place à une gestion plus irrégulière voire à un traitement en **futaie jardinée** où l'arbre est « géré » et prélevé finalement individuellement. Cette gestion qui va vers l'irrégularisation des peuplements permet également ici la présence d'une diversité de classes de diamètres mais avec une répartition différente que dans le cas de la parcelle 1 vue précédemment. Ici, la classe prédominante ne correspond pas aux bois moyens comme dans le premier cas mais aux « **Perches** ».

Nombre de tiges par ha			
Classe de diamètre	Hêtre	Sapin	Total général
1- Perches	271	13	284
2- Petit bois	71	9	80
3- Bois moyen	102	0	102
4- Gros bois	49	18	67
Total général	493	40	533

Perches = arbres < 20 cm de diamètre ; Petits Bois = 20 à 30 cm ; Bois Moyens = 30 à 45 cm ; Gros Bois = 45 à 60 cm) ; Très Gros Bois > 60 cm



Associé au fait qu'il y a ici également un déficit assez marqué de Gros bois, ce peuplement est assez représentatif d'une situation générale sur Irati et qui est une tendance vers l'irrégularisation et un rajeunissement des peuplements.

Il faut remarquer cependant que le diamètre n'est pas strictement relié à l'âge puisque les arbres exercent entre eux des phénomènes de concurrence qui peuvent conduire à des arbres âgés qui demeurent petits et de faibles diamètres.

D'une manière générale, cette forte proportion d'arbres jeunes favorise la productivité des champignons pionniers, même si une autre situation très favorable également est la proximité de grands arbres (« Petits bois », « Gros bois ») et de très jeunes arbres classés sous la dénomination « régénération ».

Cette structure forestière fait que la surface terrière est plus faible que dans le cas précédent de la parcelle 1.

Surface terrière totale (m ² /ha)	30
Densité totale (nombre de tiges /ha)	533

Cette valeur est cependant bien supérieure encore à la valeur cible donnée pour Irati et qui est de 20 m²/ha.

Les zones de régénération

Au travers de sa gestion passée, le gestionnaire a créé une trouée, zone ouverte ayant permis l'apparition d'une régénération naturelle.

L'ouverture créée pour la régénération conduit à la présence de zones d'interfaces entre les zones « ouvertes » et plus « fermées » et à une diversité de microclimats forestiers. Les zones ouvertes favorisent la pénétration du rayonnement solaire qui lui-même favorise le réchauffement du sol et une bonne croissance du mycélium des champignons. Par la suite, l'ouverture du milieu permet une bonne pénétration de la pluie et l'initiation des fructifications. Par contre, le couvert des grands arbres peut protéger les fructifications d'un excès de soleil. Ainsi les zones de transition entre peuplement adulte et peuplement en régénération réunissent l'ensemble des conditions nécessaires à l'ensemble du processus qui conduit finalement à la pousse des champignons.

La proximité d'arbres adultes et de jeunes arbres

De nombreuses observations montrent que cette proximité est très favorable. A côté de l'intérêt climatique décrit ci-dessus, il semble que les cèpes soient des champignons assez pionniers qui s'associent bien aux racines de jeunes arbres. Dans le même temps, il est probable qu'un même réseau de mycélium soit associé à de jeunes arbres et à des arbres adultes proches. Ainsi peuvent-ils également bénéficier, pour se nourrir, des apports de molécules issues de la photosynthèse des grands arbres.

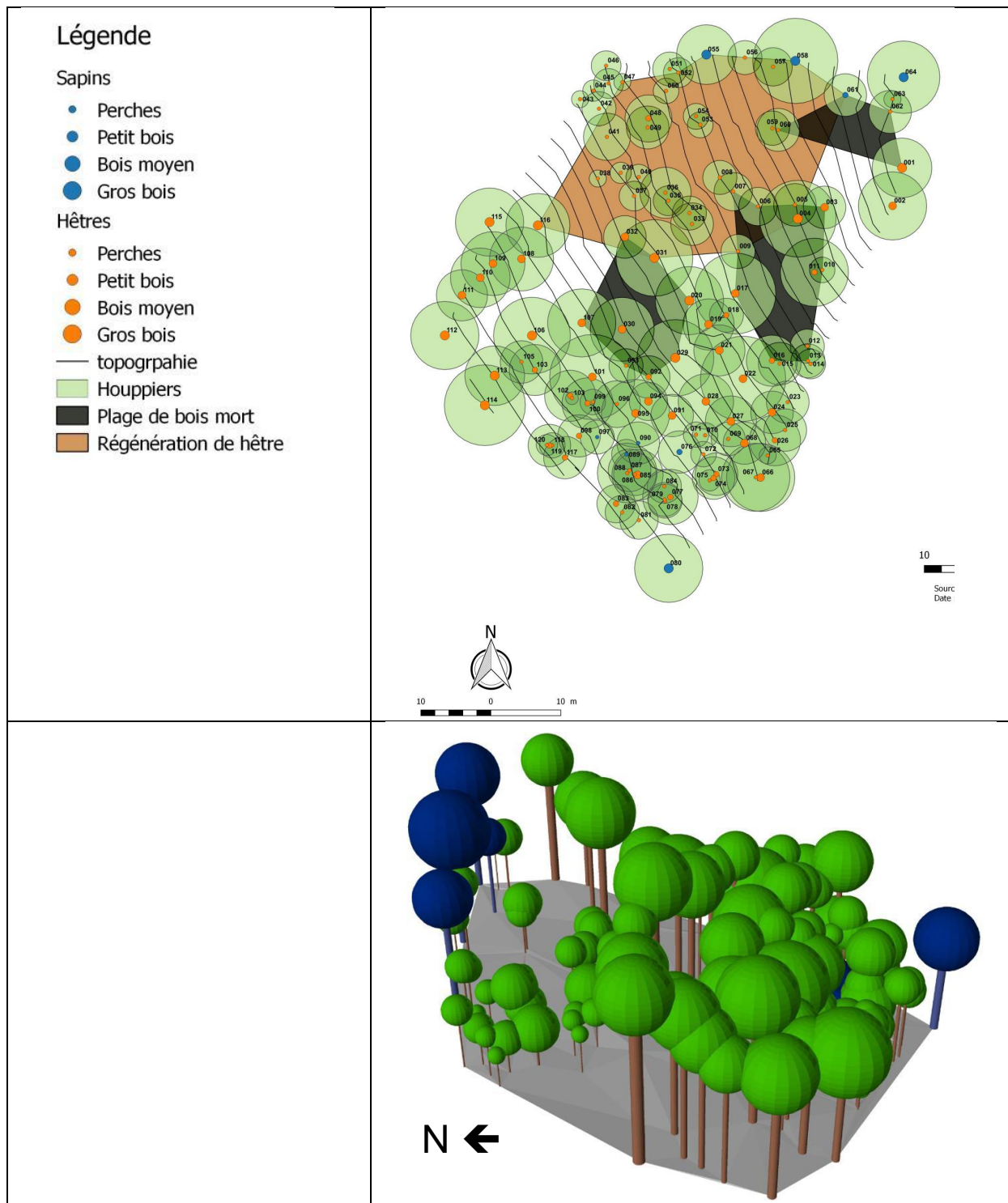


Figure : représentation de la canopée, des plages de régénération et de bois morts, en vue aérienne. Représentation en 3D du peuplement

Source : Alcina – Pyrénées cartographie 28/03/2019

Le sol et le climat du sol

L'étude d'un sol forestier semble une affaire réservée aux spécialistes, alors que certains éléments très simples d'observation nous apportent des informations essentielles sur ce milieu qui est le milieu de vie des racines et également des mycorhizes, mycéliums et ébauches des fructifications des champignons mycorhiziens. Cette étude nous apprend comment procéder. Une première étape est basée sur des données cartographiques existantes : carte géologique du territoire (et souvent également, carte des sols).



Nature et dénomination du sol de la parcelle 2 :

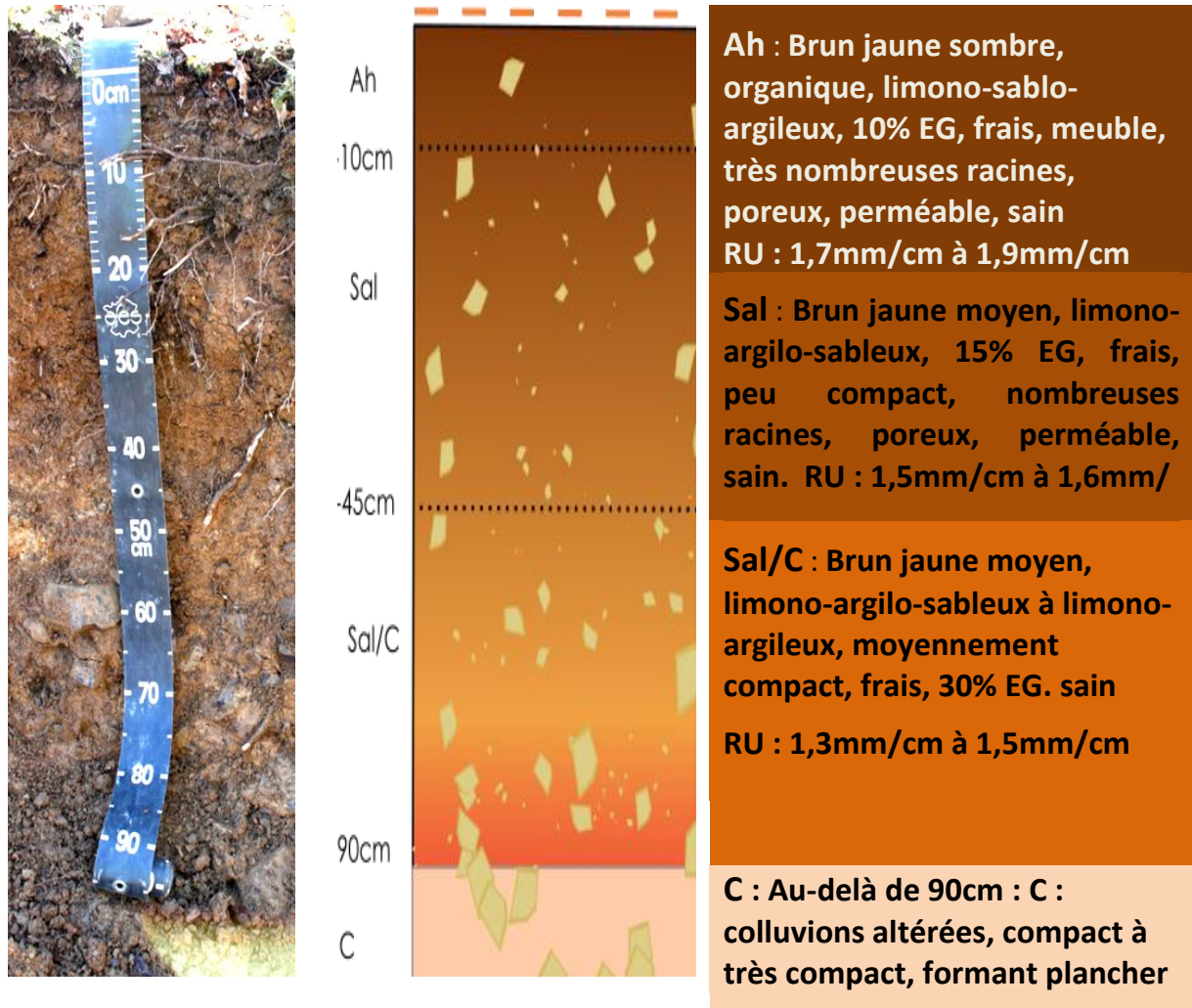
Sol brun acide, épais, issu de schistes et colluvions
BRUNISOL DYSTRIQUE épais de versant, de schistes et de colluvions, à eumull

Géologie : formations schisteuses et gréseuses du Primaire d6a

Geomorphologie : versant à pente moyenne



Sans se formaliser de la terminologie scientifique qui est utilisée, l'observation d'un profil de sol permet avant tout de faire des observations simples, accessibles à chacun.

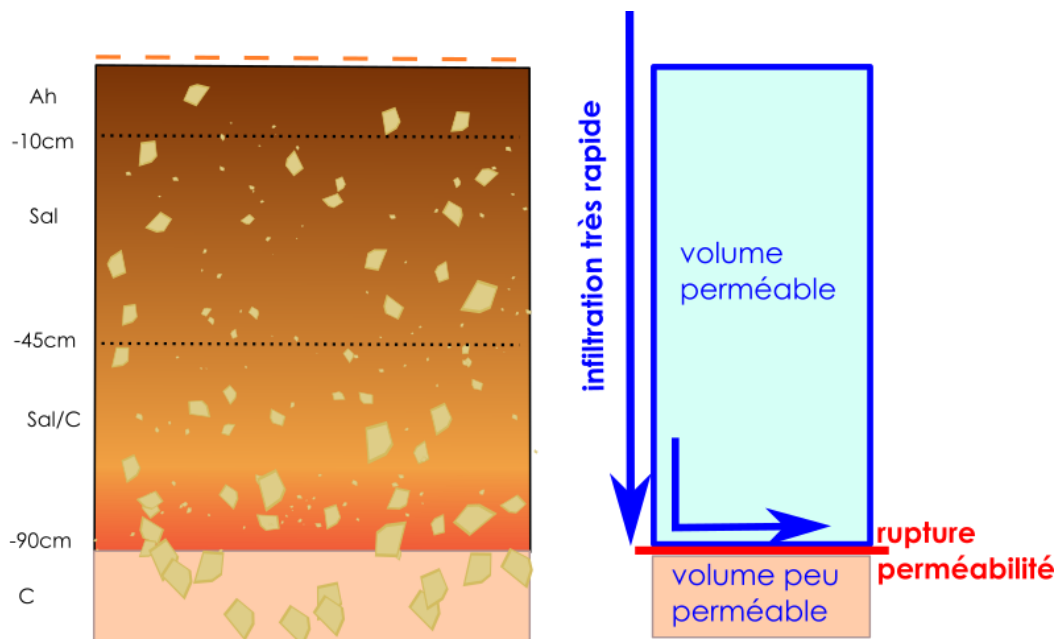


Deux observations simples peuvent être faites, en utilisant le regard et une lame de couteau pour tester la « compacité » ou la « porosité » des différentes couches de sols.

a) La localisation des racines : l'horizon A, humifère (Ah), de 0 à -10 cm, contient l'essentiel des racines fines, mycorhizées et, en conséquence, l'essentiel des réseaux de mycéliums.

b) Les horizons Ah (0 à -10 cm) puis Sal (-10cm à -45 cm) sont également poreux, alors que Sal/C (-45 cm à -90 cm) est assez compact et C (au-delà de -90 cm) est très compact.

De cette observation nous pouvons déduire le **comportement hydrodynamique du sol**.

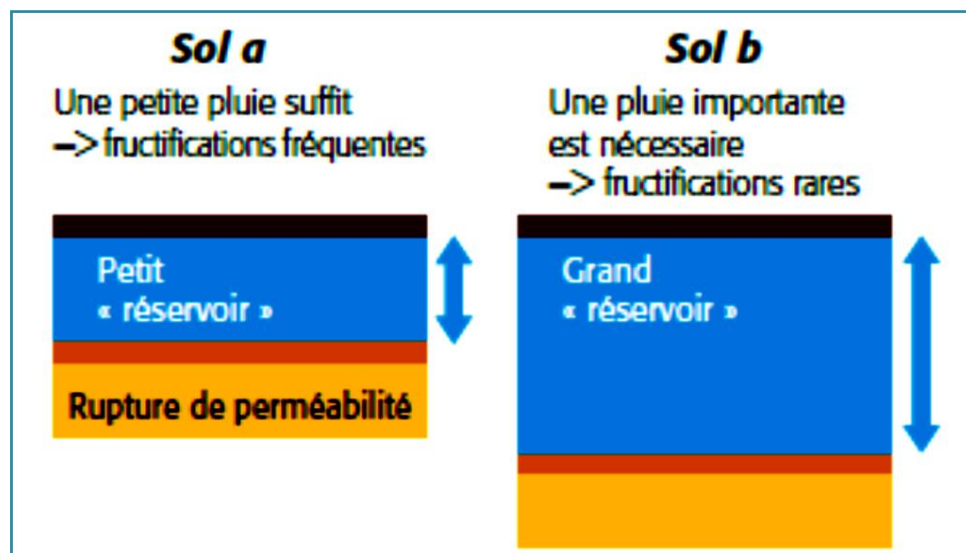
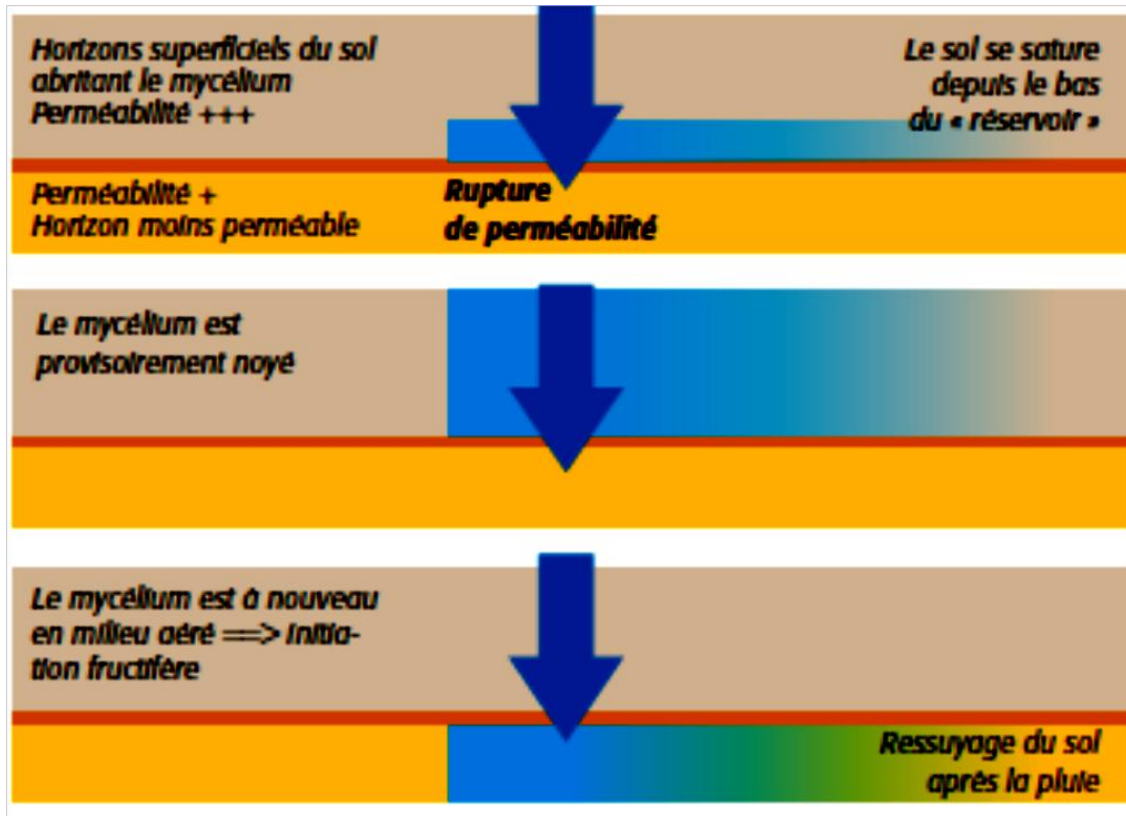


Le sol présente une perméabilité jusqu'au « plancher » situé à – 90 cm. L'eau de pluie qui s'infiltré dans le sol va avoir tendance à percoler jusqu'à – 90 cm, avant de « remplir » le réservoir de sol situé au-dessus. Il faut des pluies abondantes pour « saturer » ce réservoir, sachant que chaque cm de sol peut stocker en moyenne 1,6 mm d'eau. Ainsi, par exemple, pour être saturé en eau, un sol ayant à un moment donné sa Réserve en eau à moitié remplie (0,8 mm d'eau / cm) devra recevoir une pluie (ou série rapprochée de pluies !) de $0,8 \text{ mm} \times 90 \text{ cm} = 72 \text{ mm}$ pour se saturer en eau.

Or, des observations antérieures sur des sols très différents du point de vue de profondeur de ce plancher imperméable ont montré qu'une fructification des cèpes n'était déclenchée qu'après saturation du réservoir, c'est-à-dire après 72 mm de pluie dans notre exemple d'un sol initialement « rempli en eau » à moitié.

D'autres sols montrent un horizon compact situé bien moins profondément et peuvent ainsi favoriser des fructifications après des

pluies beaucoup plus faibles. Ce facteur est très important pour différencier les sols sur leur aptitude à permettre des fructifications fréquentes.



Figures : (a) hypothèse sur le fait que le mycélium de Cèpe doit être « noyé » provisoirement pour fructifier ; (b) schématisation de sols à petit et grand « réservoir ». Le réservoir correspond à une couche de sol poreux située sur une couche plus imperméable qui gêne la percolation de l'eau en profondeur. (Source : guide de mycosylviculture. Projet Micosulva+ / Interreg Sudoe)

Dans le cas de cette parcelle, l'épaisseur des horizons au dessus de C ou de R (les schistes sont en effet parfois visibles) est très variable : certains sols sont superficiels, avec une Réserve en eau plus faible. Cela peut permettre des fructifications localisées à la suite de pluies plus faibles. La rupture de perméabilité forte en profondeur va entraîner des transferts d'eau latéralement au dessus de C, donnant potentiellement des mouillères à l'aval.

Sinon, il s'agit d'un sol bien structuré, perméable et très drainant et présentant une forte activité biologique. Ce sont des facteurs de fertilité pour les arbres.

Ce sol est représentatif d'une très grande partie des versants, pour les sols sur schistes.

L'utilisation des tensiomètres pour observer l'état hydrique du sol et ses variations.

Les tensiomètres sont des sondes qui permettent de mesurer des valeurs traduisant le fait que le sol est riche en eau (dans ce cas les valeurs tensiométriques sont faibles) ou au contraire pauvre en eau (et dans ce cas les valeurs sont élevées). Les valeurs vont de 0 (sol saturé en eau) à 200 (sol très très sec).



Photos : sonde tensiométrique et boîtier mobile de mesure

Les sondes doivent être positionnées au plus près du phénomène biologique que l'on souhaite étudier. Si nous souhaitons comprendre l'action de la pluie sur les fructifications de champignons, nous devons positionner les sondes au plus près des systèmes racinaires mycorhizés et des mycéliums. Cela revient à installer la sonde dans les premiers 20 cm de sol et parfois même dans les premiers 10 cm.

En période sans pluie, le sol se dessèche lentement. Nous pouvons prendre par exemple une mesure une fois par semaine ou même par quinzaine. Par exemple nous passons d'une valeur de 50 à 60 (centibars) en quinze jours. Par contre, la variation qui suit une pluie est rapide. Si nous faisons une lecture le lendemain d'une pluie suffisante pour déclencher la fructification, nous lirons par exemple une valeur de 20. Il a été observé qu'une variation de -40 centibars était nécessaire pour déclencher la fructification. Si la pluie est insuffisante, cela se traduira par une variation moins importante.

Pour témoigner des variations d'humidité d'un sol dans une parcelle, il faut installer au moins six tensiomètres. Deux d'entre eux en moyenne donnent des valeurs aberrantes, en lien avec des caractéristiques particulières du sol aux endroits correspondants. Nous vérifierons que les quatre autres valeurs sont en fait très voisines (par exemple de 15 à 23) compte-tenu de l'hétérogénéité du sol. Nous calculerons la moyenne des quatre valeurs.

Les tensiomètres peuvent aussi être utilisés pour savoir si une structure forestière est plus intéressante qu'une autre du point de vue du bilan hydrique du sol. Si sur une année (en prenant par exemple une mesure tous les 15 jours voire tous les mois) je constate que sous un peuplement A la moyenne tensiométrique annuelle est plus basse que sous le peuplement B voisin, cela signifie que le peuplement A permet un meilleur bilan hydrique du sol (le bilan hydrique est la différence entre les apports d'eau par les pluies et les pertes par évapotranspiration).

Les bois morts au sol

Cette présence de bois morts au sol favorise la diversité des champignons saproxyliques qui s'en nourrissent pour vivre. Mais les bois morts constituent également des abris intéressants (= des « microhabitats ») pour les fructifications en croissance des champignons mycorhiziens. Ils constituent des réserves d'eau. L'eau qui ruisselle sur ces bois et s'accumule en-dessous peut initier des fructifications. Ils peuvent protéger ces fructifications d'un ensoleillement direct, du vent,...En se décomposant, ils donnent un type de litière qui est également un milieu favorable aux fructifications. Dans les pentes, ils retiennent la litière de feuilles et ces accumulations semblent favoriser les cèpes.



Photo : bois mort retenant les feuilles de Hêtre sur la parcelle 2

Un guide réalisé dans le cadre du projet « Irati », projet de coopération européenne financé par le Fonds Européen de Développement Régional

Dans la même collection, petits guides de découverte des champignons :

Les arbres et les champignons

Les champignons et les hommes : I- l'art de la cueillette

Les champignons et les hommes : II- la cuisine naturelle

Contes et légendes des champignons d'Irati

Ecologie des cèpes dans la Hêtraie

Les champignons et les arbres d'Irati. Parcours de découverte : parcelles 1 et 2

Les champignons et les arbres d'Irati. Parcours de découverte : parcelles 3, 4, 5, 6

(Ces deux guides sont accompagnées de fiches de description de cinq randonnées mycologiques, à pied, en VTT ou en voiture. Ces circuits de randonnée conduisent aux six parcelles décrites dans ces guides)