

Thème E : Enjeux planétaires contemporains

Chapitre E1 : Dynamique des écosystèmes

Problématique : Qu'est ce qu'un écosystème et quels sont les mécanismes qui favorisent sa dynamique ?

I. La notion d'écosystème

Un exemple d'écosystème : la forêt tempérée (Fontainebleau)



Zone de sous-bois dense :
La canopée est plus fournie.
La lumière y pénètre au niveau de la trouée.

Zone de trouée :
La canopée est interrompue
suite à la mort d'un arbre.

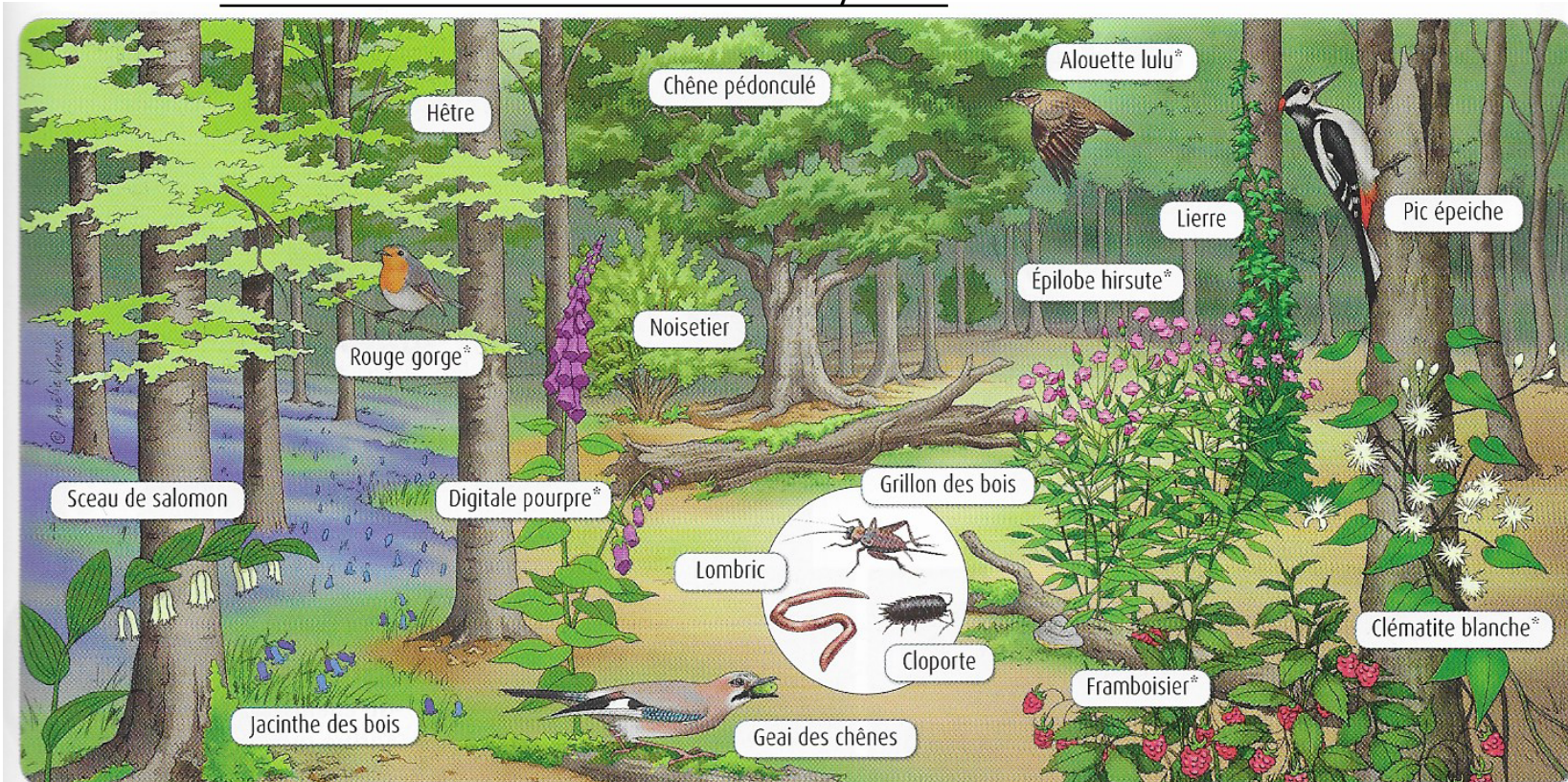
1 Un exemple d'écosystème : la forêt tempérée, dans la réserve intégrale de Fontainebleau. La canopée est la zone d'une forêt qui correspond à la cime des grands arbres.

Comparaison des paramètres physico-chimiques de 2 sites de la forêt tempérée

Mesures	Zone de trouée	Zone de sous-bois dense
Températures moyennes annuelles minimale et maximale	Minimale (en janvier): 3,2° Maximale (en juillet): 19,1°	Minimale (en janvier): 4° Maximale (en juillet): 18,5°
Nombre de jours de gel	85 jours, principalement répartis de novembre à mars	80 jours, principalement répartis de novembre à mars
Pluviométrie moyenne annuelle	722 mm/an	600 mm/an
Hygrométrie moyenne annuelle	76,7 %	76,7 %
Luminosité moyenne annuelle	2500 lux	1800 lux
pH du sol	6	6

2 Paramètres physico-chimiques moyens relevés dans la réserve intégrale de Fontainebleau. On présente la moyenne de mesures effectuées durant 15 ans dans la forêt de Fontainebleau. L'hygrométrie correspond au degré d'humidité de l'atmosphère. Les paramètres physico-chimiques d'un milieu sont qualifiés de facteurs abiotiques.

Une diversité d'êtres vivants dans l'écosystème



3 **Relevé biologique dans la réserve intégrale de Fontainebleau.** L'ensemble des êtres vivants présents dans le milieu s'appelle la biocénose. Le biotope, lui, est caractérisé par l'ensemble des facteurs abiotiques. L'écosystème correspond à l'ensemble formé par la biocénose et le biotope. Les paramètres du milieu qui sont liés aux êtres vivants sont qualifiés de facteurs biotiques. L'astérisque signale une espèce vivant dans les trouées, clairières, landes forestières et zones de coupes.

Un nouveau milieu de vie



4 Un arbre mort en forêt tempérée. Un véritable milieu de vie se déploie sur une zone de quelques mètres seulement. Les insectes saproxyliques se nourrissent de bois mort et servent de nourriture aux oiseaux comme les pics. Les champignons saproxyliques et des bactéries décomposent la lignine ou la cellulose du bois. Les mousses et les lichens utilisent le tronc comme support.

Décomposeurs de matière organique morte : bactéries et champignons du sol

BILAN :

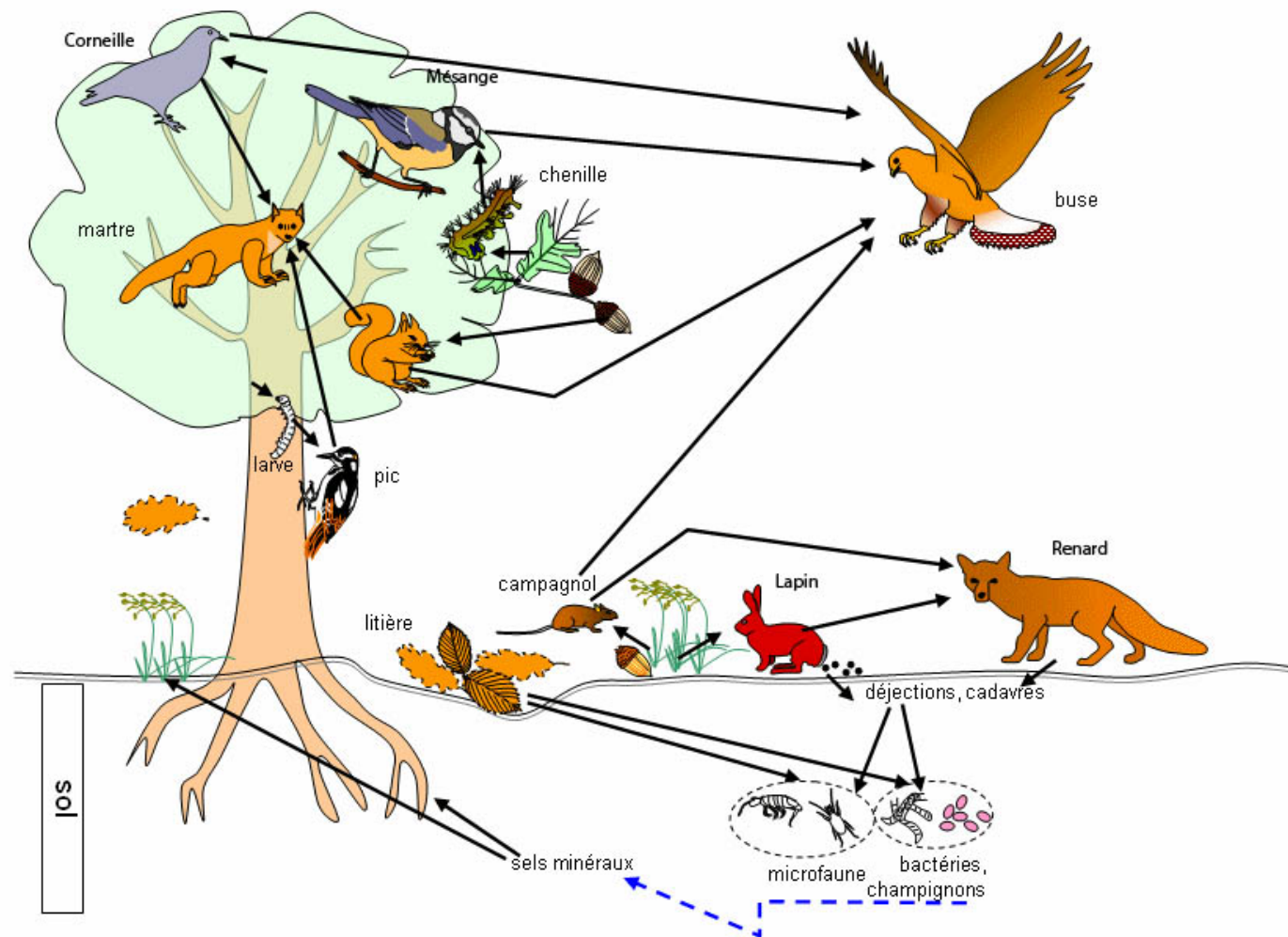
Un écosystème est constitué d'un milieu appelé biotope et d'une communauté d'êtres vivants en interaction entre eux et leur milieu appelée biocénose.

Le **biotope** est le milieu de vie des êtres vivants de l'écosystème. Il est défini par ses paramètres physico-chimiques : température, précipitations, durée d'éclairement, hygrométrie, pH du sol, nature des roches ...

La **biocénose** est l'ensemble des êtres vivants présents dans le biotope : c'est une communauté d'espèces variées (chaque espèce étant constituée de différentes populations d'individus).

II. Les interactions des êtres vivants dans un écosystème

Les réseaux trophiques dans un écosystème



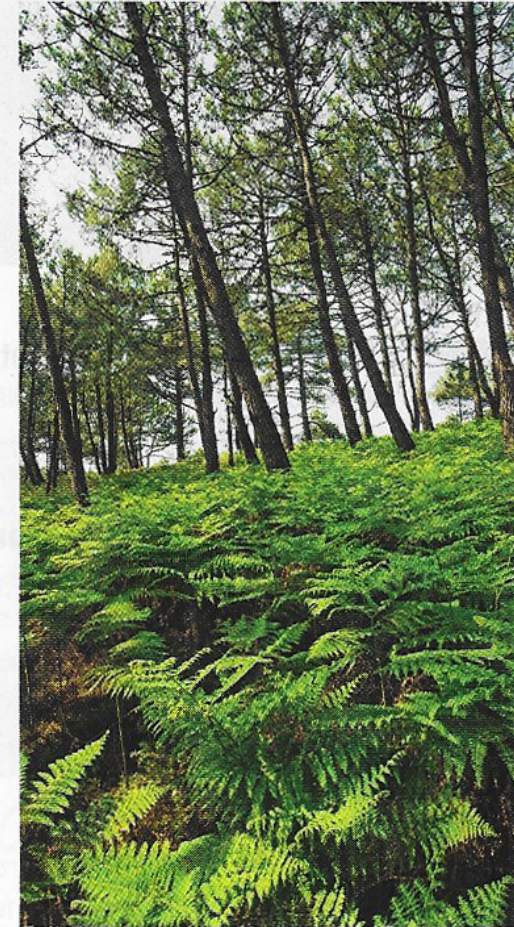
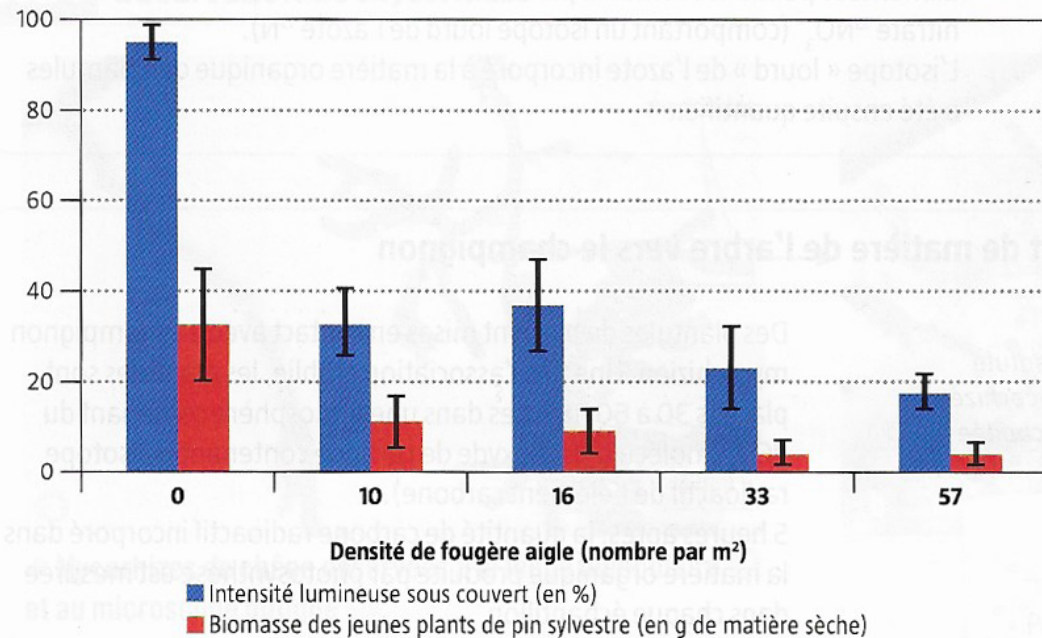
Dans un écosystème, les êtres-vivants forment un « **réseau trophique** » : ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la matière circulent

Comportement des espèces vis-à-vis d'une ressource : la lumière

Pour mimer une trouée en forêt tempérée, de jeunes semis de pin sylvestre ont été plantés sur des parcelles à 5 densités différentes d'une plante typique de sous-bois, la fougère aigle.

L'intensité lumineuse sous couvert de la fougère aigle et la croissance des semis de pin ont été mesurées.

Plantation de pins sylvestres avec fougères aigles au premier plan.



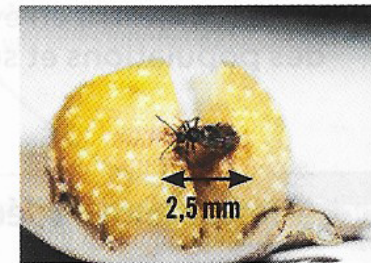
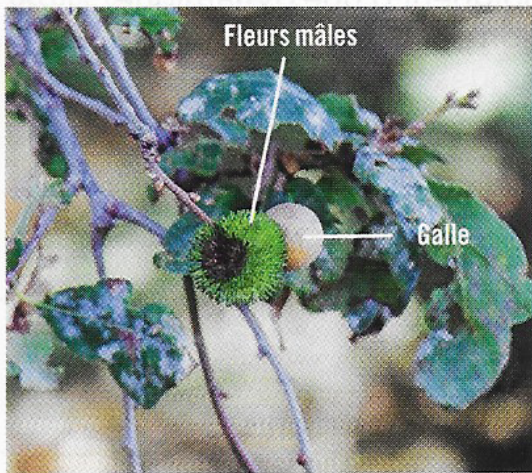
➡ **COMPETITION** entre êtres vivants

Les galles : une association végétal-insecte



Les galles : une interaction végétal–insecte

Les galles des végétaux sont des anomalies morphologiques ou excroissances se développant sur les feuilles, les fleurs ou les fruits des arbres. Elles abritent pour la plupart une ou des larves d'insectes, de l'ordre des Hyménoptères ou des Diptères. Les chênes sont particulièrement touchés par les galles.



▲ Galle de *Neuroterus quercusbaccarum*, vue en coupe longitudinale et forme adulte de l'insecte responsable.

Le taux annuel d'attaque des fleurs mâles de chêne par *Neuroterus quercusbaccarum* sur un peuplement situé en Roumanie a été estimé à 5,4 %. Les fleurs attaquées ne peuvent ensuite pas participer à la reproduction de l'arbre.

Selon une autre étude, les tissus végétaux de la galle contiennent 36,8 % de sucres solubles (en % de poids sec) et les tissus végétaux situés en dehors de la galle en contiennent 3,3 %.

➡ PARASITISME

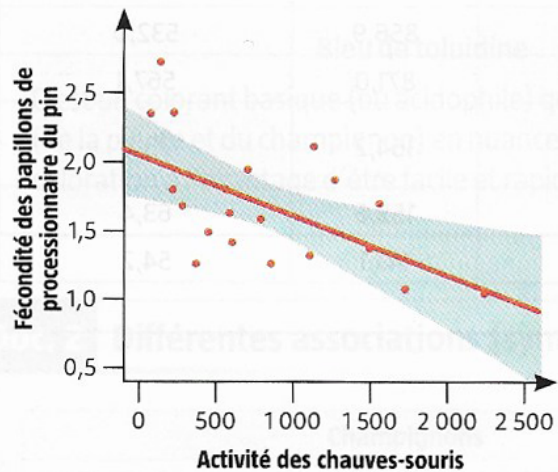
Un exemple de consommateur dans la forêt



➡ PREDATION

4 **La consommation de chênes par un jeune chevreuil.** En hiver et au printemps, lorsque les autres végétaux ne sont pas assez abondants, les cerfs et chevreuils broutent les bourgeons et jeunes feuilles des arbres et arbustes.

Lutte biologique et régime alimentaire des chauves-souris forestières



Les chauves-souris, comme la sérotine commune, sont des espèces insectivores. Dans des plantations de pins maritimes infestées par la chenille de la processionnaire du pin, une espèce envahissante, des chercheurs ont testé si les chauves-souris prédatrices étaient des alliés des forestiers dans la lutte contre la chenille envahissante. L'abondance des chauves-souris et leur activité de chasse, déterminées par enregistrement des ultra-sons, sont d'autant plus fortes que la densité de papillons est élevée.



▲ Une chauve-souris de type sérotine commune (*Eptesicus serotinus*).

Les chercheurs ont mesuré l'abondance des chauves-souris et leur activité de chasse par l'enregistrement des ultra-sons. Les nids de processionnaire, représentatifs de la fécondité des papillons, ont été dénombrés l'année suivante.

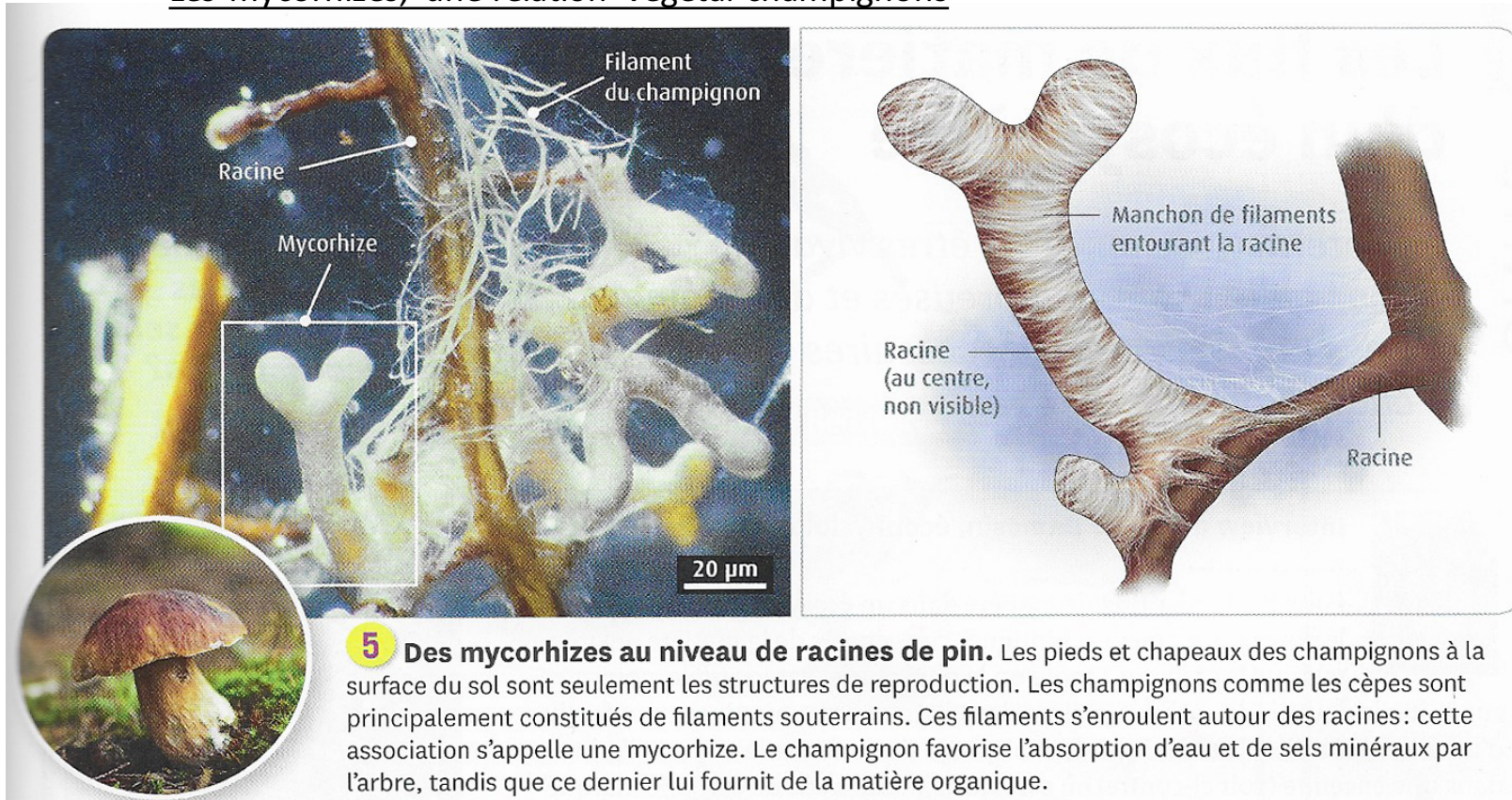


Papillon femelle de processionnaire. ▶

Prédation

➡ PREDATION

Les mycorhizes, une relation végétal-champignons



5 Des mycorhizes au niveau de racines de pin. Les pieds et chapeaux des champignons à la surface du sol sont seulement les structures de reproduction. Les champignons comme les cèpes sont principalement constitués de filaments souterrains. Ces filaments s'enroulent autour des racines: cette association s'appelle une mycorhize. Le champignon favorise l'absorption d'eau et de sels minéraux par l'arbre, tandis que ce dernier lui fournit de la matière organique.

Les filaments de champignon (**mycélium**) peuvent s'étendre jusqu'à 20 cm de la racine. L'interface sol/plante mycorhizée est 1 000 à 10 000 fois plus importante que l'interface sol/plante non mycorhizée.

Différents exemples de mycorhizes

Différentes associations (**symbioses**) observées entre champignons et arbres forestiers

Champignons	Arbres forestiers
Bolet roux (<i>Leccinum aurantiacum</i>), bolet rude (<i>Leccinum scabrum</i>), bolet blanc des marais (<i>Leccinum holopus</i>)	Bouleau (<i>Betula</i>)
Truffe (<i>Tuber melanosporum</i>)	Chêne (<i>Quercus</i>) ou noisetier (<i>Corylus</i>)
Chanterelle (<i>Cantharellus cibarius</i>)	Pinacées, bouleau (<i>Betula</i>), chêne (<i>Quercus</i>), eucalyptus (<i>Eucalyptus</i>)
Bolet du trentin (<i>Suillus tridentinus</i>), bolet élégant (<i>Suillus grevillei</i>)	Mélèze (<i>Larix decidua</i>)

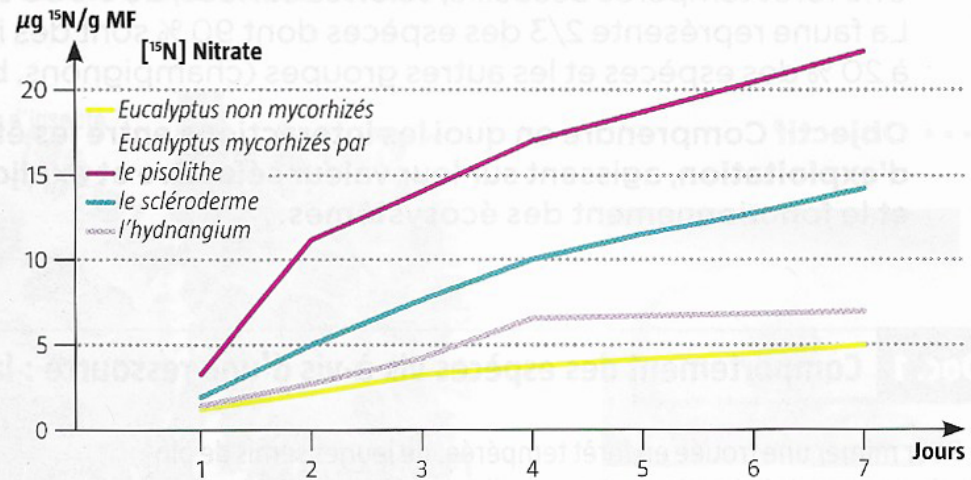
Conséquences de la présence de mycorhizes

Absorption des ions nitrate par des jeunes plantules d'eucalyptus mycorhizées ou non

La disponibilité en azote, comme l'eau, est un **facteur limitant** de la croissance des arbres dans la plupart des écosystèmes forestiers.



▲ Plantules d'eucalyptus sans et avec mycorhize et cultivées en même temps et selon les mêmes conditions.

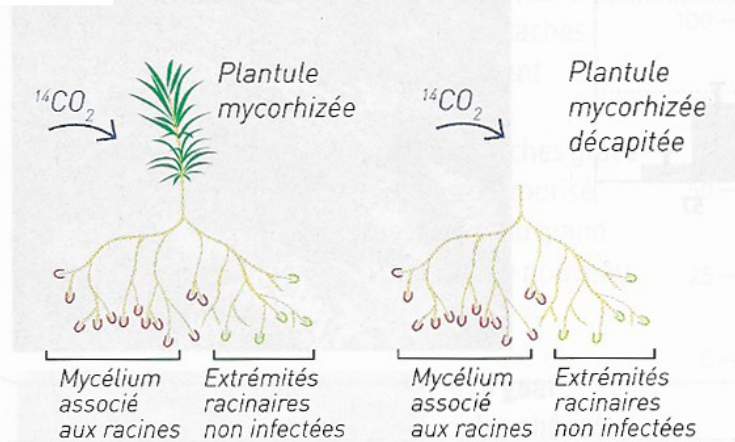


▲ Résultats des mesures sur l'azote 15 incorporé dans les plantules d'eucalyptus. (MF : matière fraîche)

De jeunes plantules d'eucalyptus non mycorhizées ou mycorhizées par différents champignons (pisolithe, scléroderme ou hydangium) ont été alimentées pendant 1 semaine par une solution nutritive enrichie en ion nitrate $^{15}\text{NO}_3^-$ (comportant un isotope lourd de l'azote ^{15}N). L'isotope « lourd » de l'azote incorporé à la matière organique des plantules a été ensuite quantifié.

Mycorhizes et transfert de matière

Mise en évidence d'un transfert de matière de l'arbre vers le champignon



Des plantules de pin sont mises en contact avec un champignon mycorhizien. Une fois l'association établie, les plantules sont placées 30 à 60 minutes dans une atmosphère contenant du $^{14}\text{CO}_2$ (molécule de dioxyde de carbone contenant un isotope radioactif de l'élément carbone).

5 heures après, la quantité de carbone radioactif incorporé dans la matière organique produite par photosynthèse est mesurée dans chaque échantillon.

▲ Protocole de l'expérience.

Résultats de l'expérience. ►

Résultats exprimés en cpm/mg de carbone (cpm = coups par minute – nombre de désintégrations détectées en une minute).

	Échantillons	Mycélium du champignon	Extrémités racinaires non infectées
Plantules mycorhizées	1	816,9	609,5
	2	856,9	532,0
	3	871,0	567,1
Plantules mycorhizées décapitées	1	164,2	73,2
	2	155,6	63,4
	3	141,1	54,2

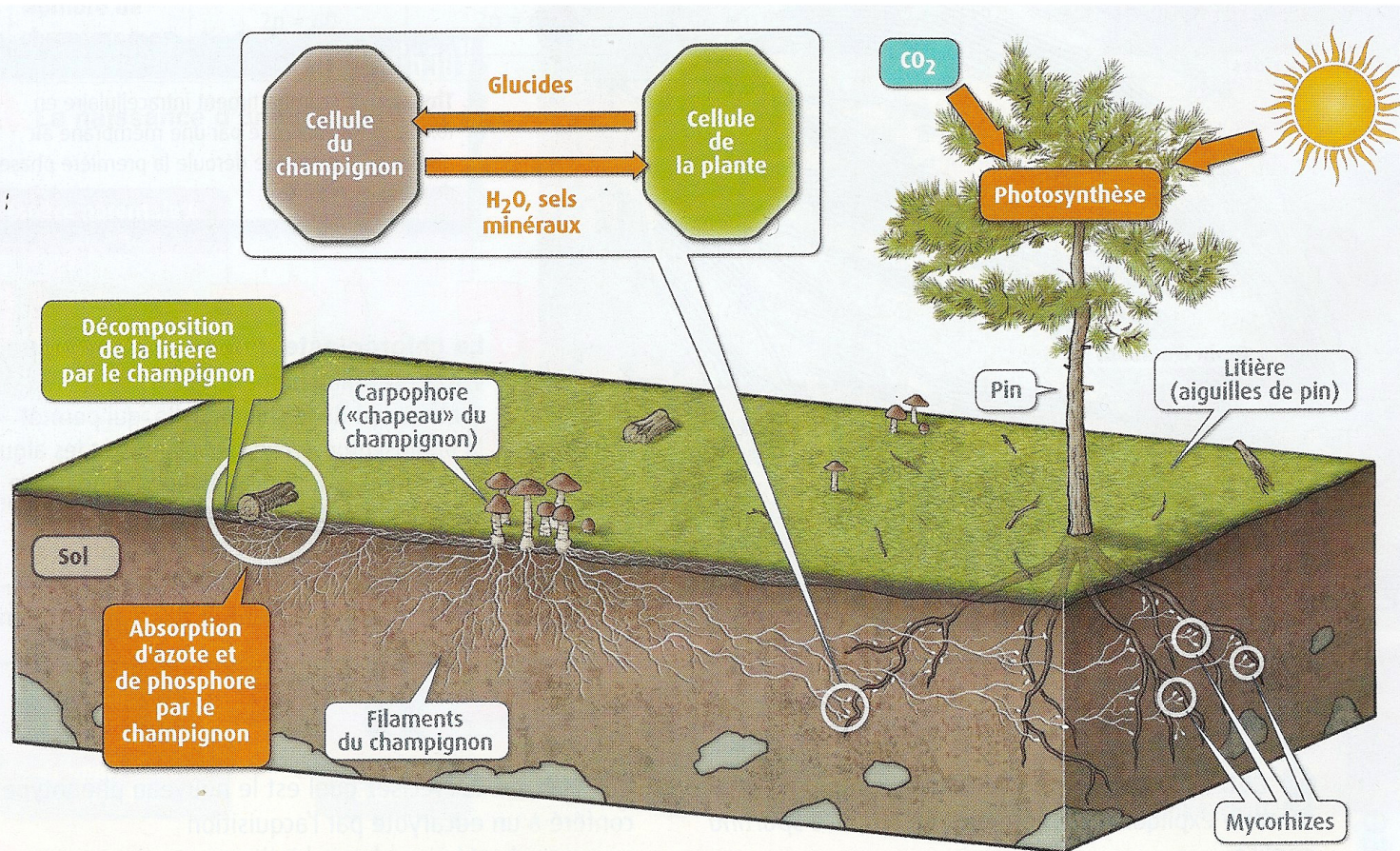
Conséquences de la présence de mycorhizes

Sol	Masse sans mycorhize (g.plant ⁻¹)	Masse avec mycorhizes naturelles (g.plant ⁻¹)	Masse avec mycorhizes <i>P. tinctorius</i> (g.plant ⁻¹)	Masse avec mycorhizes <i>H. cylindrosporum</i> (g.plant ⁻¹)
Podzol humique	1,4 ± 0,2	3,5 ± 1,2	10,6 ± 1,6	13,5 ± 2,1
Sable dunaire	1,4 ± 0,7	1,4 ± 0,5	7,7 ± 0,7	6,9 ± 1,1

6 Effet des mycorhizes sur la croissance des systèmes aériens du pin maritime. Des pins maritimes âgés de 3,5 mois ont été inoculés ou non par différents champignons mycorhiziens et cultivés sur différents sols. L'augmentation de masse fraîche a été mesurée après 10 mois.

Culture	Masse de phosphate prélevé en 14 mois d'expérience
Pas de mycorhize	0,58 mg.plant ⁻¹
Mycorhize <i>S. granulatus</i>	0,75 mg.plant ⁻¹
Pas de mycorhize + apport de phosphate	1,50 mg.plant ⁻¹
Mycorhize <i>S. granulatus</i> + apport de phosphate	2,61 mg.plant ⁻¹

7 Effet des mycorhizes sur le prélèvement de phosphate chez le pin maritime. *Suillus granulatus* est un champignon mycorhizien.



3 Les échanges entre une plante mycorhizée et le champignon impliqué dans les mycorhizes. La partie aérienne (visible) ne représente qu'une petite portion du champignon: celui-ci développe en effet un très important réseau souterrain de filaments, qui peut atteindre plusieurs mètres de longueur, et explore ainsi un grand volume de sol. La plupart des champignons forestiers sont impliqués dans des mycorhizes. Leur culture par l'Homme n'est pas encore maîtrisée.

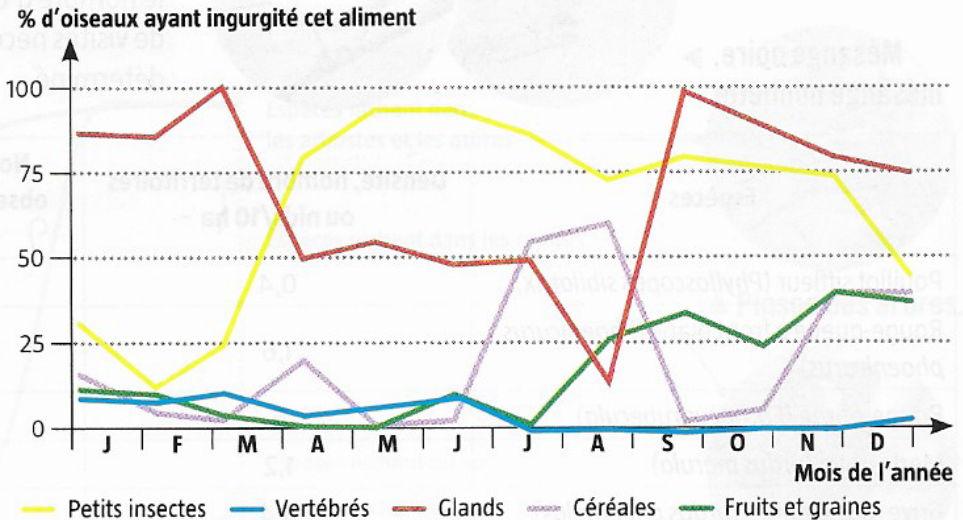
➡ **Symbiose** : relation étroite, durable et à bénéfices réciproques entre deux êtres vivants

Le geai, planteur de chênes

1. Le geai des chênes récolte un grand nombre de glands et les cache dans le sol. Ces caches, espacées régulièrement, ne contiennent qu'un seul gland.
2. Le geai est capable de retrouver les caches grâce à des repères dans l'espace qu'il a mémorisé. Il prélève alors les réserves restantes du gland déjà germé sans forcément détruire le nouveau plant de chêne.



◀ Le geai des chênes (*Garrulus glandarius*).



▲ Le régime alimentaire du geai au cours d'une année.

Une étude a montré qu'en moyenne, chaque geai disperse annuellement 4 600 glands et que 59 % des plantules de régénération naturelle sont issues de glands dispersés par le geai.

➡ Mutualisme

Bilan des types d'interactions entre êtres vivants dans un écosystème

Type d'interaction	Espèce A	Espèce B
Prédation	effet favorable	effet défavorable
Parasitisme	effet favorable	effet défavorable
Symbiose	effet favorable	effet favorable
Compétition	effet défavorable	effet défavorable

8 Effet des interactions entre espèces sur chaque espèce impliquée dans l'interaction.