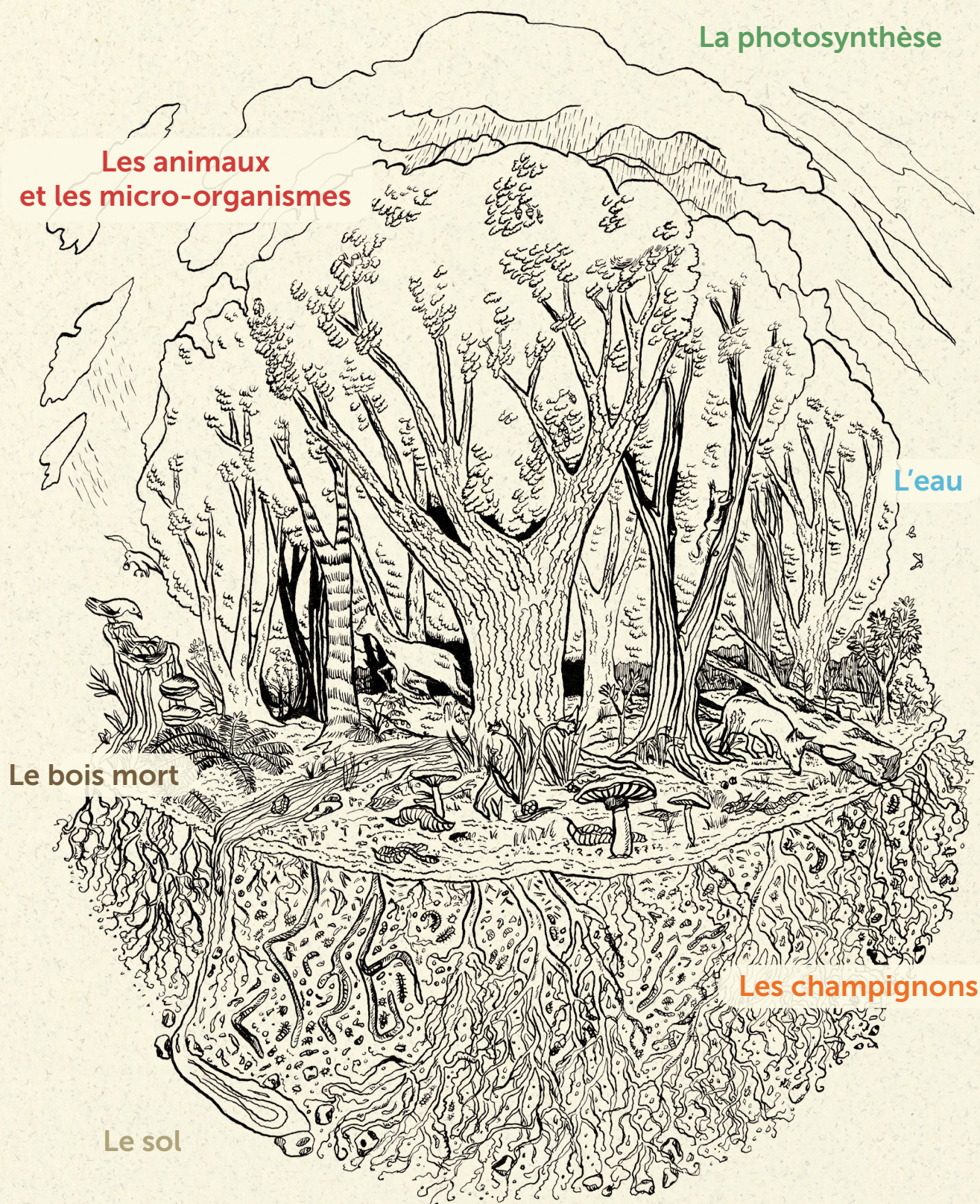


Les piliers de la forêt naturelle



La minéralisation
de la matière organique

Rédaction :

Rozenn Torquebiau, responsable du pôle pédagogique de l'association Francis Hallé pour la forêt primaire

Illustration :

Nina Pelé, illustratrice

Coordination et relecture

Damien Saraceni, co-délégué général de l'association Francis Hallé pour la forêt primaire

Juin 2026

Ce livret fait partie du corpus de documents informatifs du kit pédagogique «Forêts naturelles» de l'Association Francis Hallé pour la Forêt primaire, distribué gratuitement.

Ce kit explique comment fonctionnent les forêts naturelles dites aussi en libre évolution. Il repose sur des photos et illustrations auxquelles s'ajoutent des documents écrits complémentaires.

Il s'adresse à toute personne souhaitant mieux comprendre ce milieu complexe qu'est la forêt, mais aussi à tous ceux qui souhaitent à leur tour présenter la forêt à un public jeune (à partir de la grande section de maternelle) ou à des adultes non spécialistes.

Des formations mensuelles sont assurées par Rozenn Torquebiau, lors de webinaires totalement gratuits. Si vous souhaitez suivre ou suivre à nouveau une de ces formations, rendez-vous sur notre site internet au lien ci-dessous :



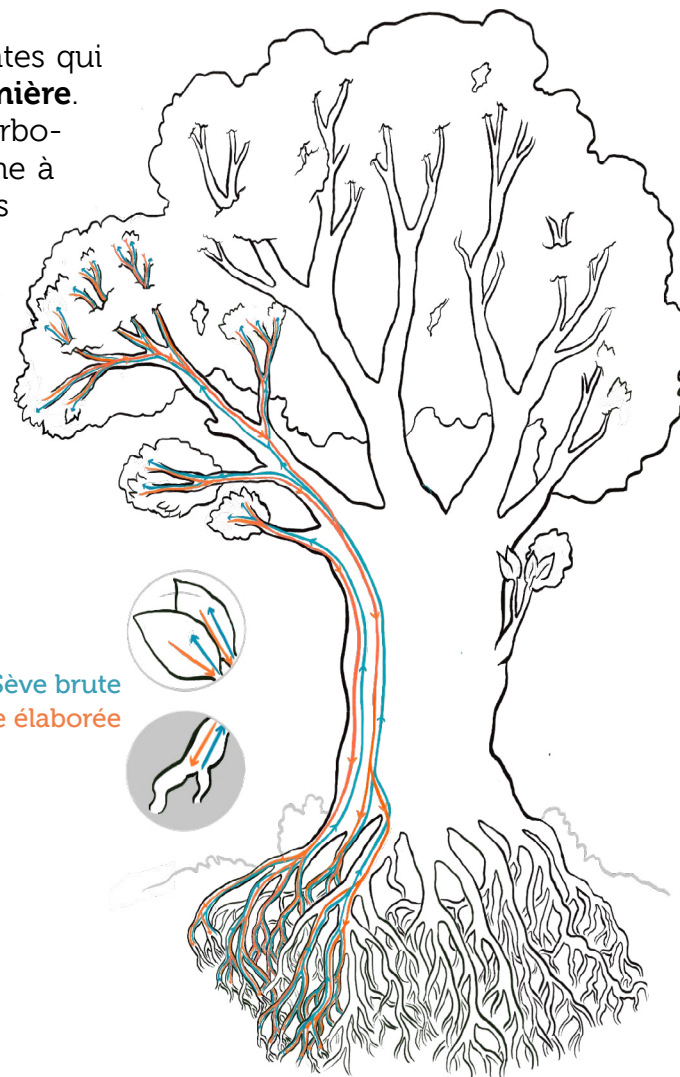
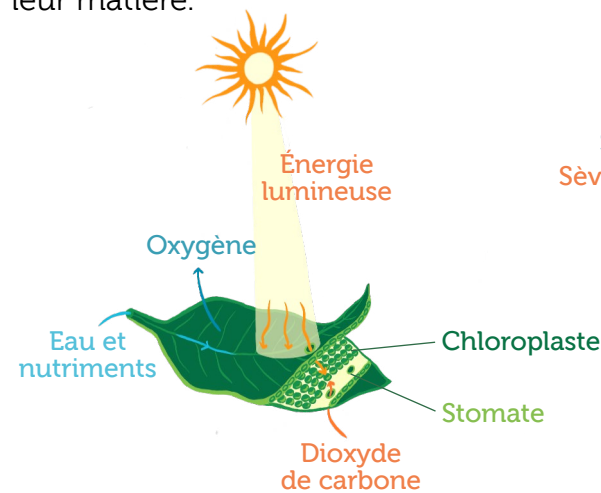
<https://www.foretprimaire-francishalle.org/kit-pedagogique-parler-de-la-foret-aux-plus-jeunes/>

La photosynthèse

Apparue dans les océans, il y a environ 2 milliards d'années chez des bactéries, la photosynthèse ou comment se nourrir d'eau et de dioxyde de carbone (CO_2) grâce à la lumière, n'a cessé de se répandre, permettant à des myriades d'êtres vivants d'exister et transformant la Terre d'univers minéral inhospitalier en un paradis pour la vie.

Quel est ce mécanisme, qui est le plus important pour la vie sur notre planète ?

« La **chlorophylle**, pigment vert des plantes qui se trouve dans les cellules, capte la **lumière**. Grâce à l'énergie de la **lumière**, le gaz carbonique ou dioxyde de carbone se combine à l'eau puisée par les racines et fabrique des **sucres ou glucides**. Lors de ce processus chimique naturel, de l'**oxygène est libéré** et rejeté dans l'air ainsi que de la **vapeur d'eau**. (L'eau rejetée est pure. Ses particules de pollution sont demeurées dans la plante). **Les plantes gardent le carbone capturé** par cette réaction chimique et fabriquent ainsi leur matière.

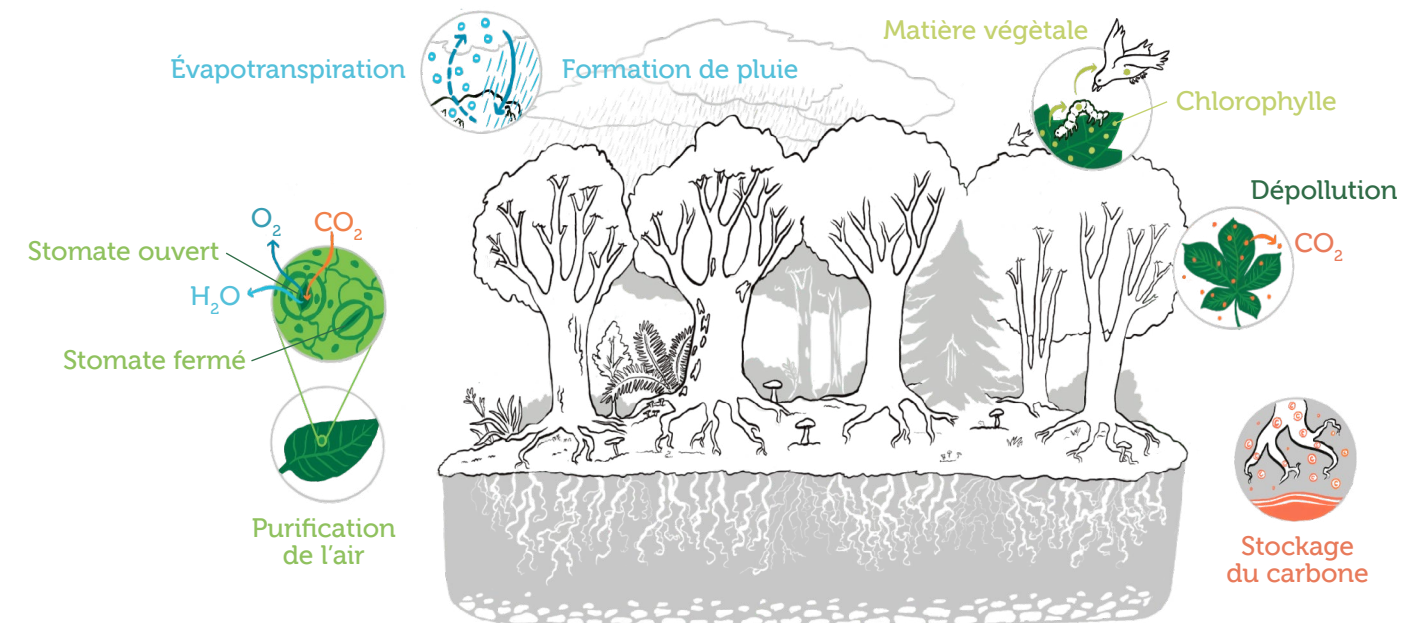


Les **échanges entre l'intérieur et l'extérieur de la plante se font par les stomates**, de **microscopiques orifices** situés sous la feuille. Ils s'ouvrent lors de la photosynthèse, pour laisser entrer le gaz carbonique et pour laisser sortir l'oxygène et la vapeur d'eau. Les stomates se ferment en cas de sécheresse.» (*L'étonnante vie des plantes*, Francis Hallé et Rozenn Torquebiau, Actes sud, 2021).

Dans une forêt en libre évolution, **la masse foliaire est considérable**, donc la photosynthèse a lieu à grande échelle. **Les conséquences de la photosynthèse sont elles aussi démultipliées** : oxygène libéré, gaz carbonique capté et transformé en carbone qui demeure fixé dans la plante puis dans le sol, vapeur d'eau produite.

Pour capter la lumière, les plantes ont besoin de grandes surfaces de captation (branches qui s'étendent dans les 3 dimensions et feuillages aux millions de feuilles). C'est ainsi que les plantes construisent des paysages et des lieux de vies pour tous les autres êtres vivants tout en les nourrissant.

Les effets de la photosynthèse à grande échelle dans une forêt



● **L'air est purifié** par la captation du gaz carbonique et la libération d'oxygène.

● **La vapeur d'eau dégagée par les plantes et surtout les arbres** lors de la photosynthèse, lors de leur respiration **et lors de l'évapotranspiration de la forêt tout entière, contribue à la formation des pluies**. Il y a un cercle positif de l'humidité dans la forêt. Le cycle de l'eau est très renforcé dans une forêt laissée en libre évolution.

● La matière végétale fabriquée à partir de la photosynthèse, est à **l'origine des chaînes alimentaires**. **Les plantes nourrissent tous les autres êtres vivants sur les continents (les cyanobactéries, les algues et le phytoplancton font de même dans les océans)**.

● Pendant le processus de photosynthèse, **la pollution** est captée par les stomates en même temps que le dioxyde de carbone et demeure dans la plante. **Une forêt joue donc un rôle de dépollution très important**.

● Le carbone fixé dans la plante construit la matière des plantes et surtout des arbres : **les branches, les feuilles, les troncs d'arbre et leurs racines sont des réserves de carbone**. Quand troncs, branches et racines se décomposent, le carbone demeure dans le sol, devenant un composant du sol. **Le stockage du carbone** dans les arbres puis dans le sol est très important dans **la lutte contre le changement climatique**.

Le sol

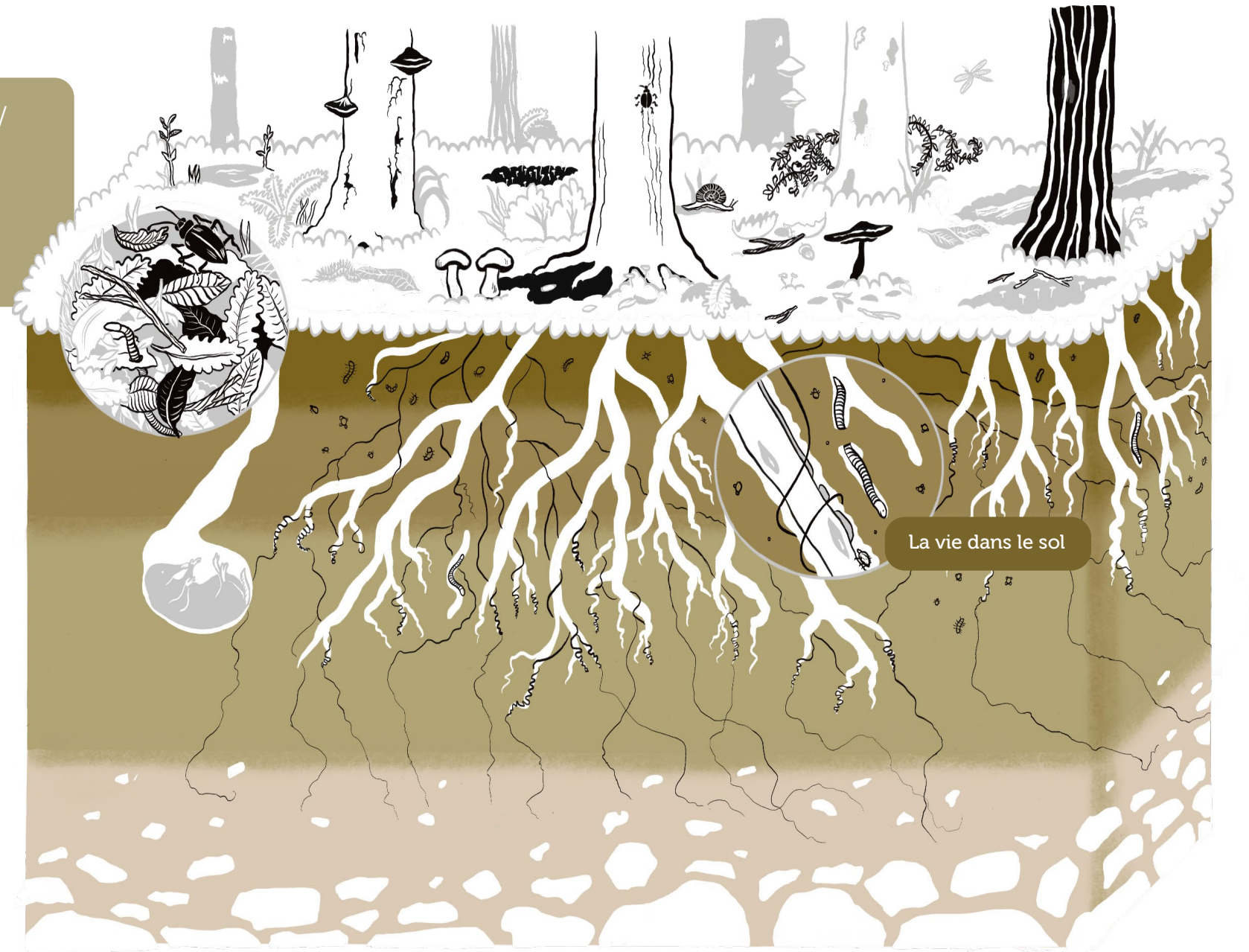
Le sol est la partie la plus externe de la croûte terrestre. Litière (interface sol/air) et sol sont un milieu très spécial, une sorte d'usine où se fabriquent les conditions requises pour la vie sur terre. L'arbre, comme toutes les plantes, vit dans deux milieux en même temps : l'air et le sol. Il met en synergie ces milieux. Il est par conséquent un acteur clé de la santé de la forêt et même de notre planète.

Le sol est **un écosystème à part entière**. Non seulement sa composition est complexe, faite d'éléments minéraux issus de la roche, d'eau et d'air auxquels s'ajoutent les éléments organiques, mais il est également un lieu de vie. Un milieu où la vie grouille autant que dans le bois mort.

Le milieu où, dans une forêt en bonne santé, on trouve la plus grande concentration d'êtres vivants, invisibles pour une grande part : virus, bactéries, mycélium des champignons, micro-organismes en tous genres, insectes et leurs larves, vers de terre. Si la forêt évolue librement, ce sol aéré et riche en eau, en air et en matière organique, est un milieu propice à la vie.

Lieu de vie pour tous ces petits êtres vivants, le sol est aussi l'endroit où **l'arbre s'enracine** pour tenir debout et celui où il puise **l'eau** qui lui est indispensable. Pour ce faire, les racines sont à l'œuvre. Tout aussi vivantes et actives que les parties aériennes, elles naissent, se développent et meurent en se décomposant.

Entre-temps, leur vie a été riche d'échanges et de collaboration avec champignons et bactéries. Le rôle des racines ne s'arrête pas là. S'enfonçant profondément dans la terre, elles ouvrent des voies de circulation à l'eau de pluie, qui se glisse dans ces interstices pour être ensuite pompée par les racines et remonter vers les cimes.



La vie dans le sol

Le sol est le **résultat de la dégradation de la roche-mère ou couche superficielle de la croûte terrestre** (sous l'action d'agents physiques qui désagrègent la roche comme le gel et d'agents chimiques comme l'eau qui dissout les minéraux solubles ou oxyde les minéraux riches en fer), **enrichie des matières organiques végétales, animales, fongiques et microbiennes**.

Les composants de base sont donc minéraux, issus de la roche-mère, auxquels s'ajoutent toutes les autres matières mentionnées ci-dessus ainsi que l'eau et l'air. Le sol est le lieu d'un **très grand nombre de réactions biochimiques**.

Le sol

La photosynthèse

Les animaux
et les micro-organismes

Le bois mort

Les champignons

La minéralisation
de la matière organique

L'eau

Les animaux et les micro-organismes

Dans l'écosystème forestier, les plantes sont immobiles alors que les animaux sont mobiles. Ces derniers apportent donc le mouvement, les interactions et les transformations au sein de cette énorme masse végétale qu'est une forêt.

Les plantes sont à l'origine de toutes les multiples chaînes alimentaires sur les continents. Elles nourrissent les animaux et tous les micro-organismes, y compris les champignons, mais **tous ces êtres vivants** leur sont aussi **indispensables**. En se nourrissant des végétaux, animaux et microbes rendent un autre grand service à la forêt : **ils réduisent et dégradent cette gigantesque masse végétale**.

Plus il y a de diversité végétale dans une forêt, plus la diversité des animaux, micro-organismes et champignons est importante. Cette biodiversité est le garant de la santé de la forêt et de sa résilience.

Les micro-organismes comme les bactéries sont présents partout, à l'extérieur et à l'intérieur des plantes, dans le sol, dans le bois, formant des associations avec les plantes indispensables à leur survie, à leur évolution et à leur adaptation à l'environnement.

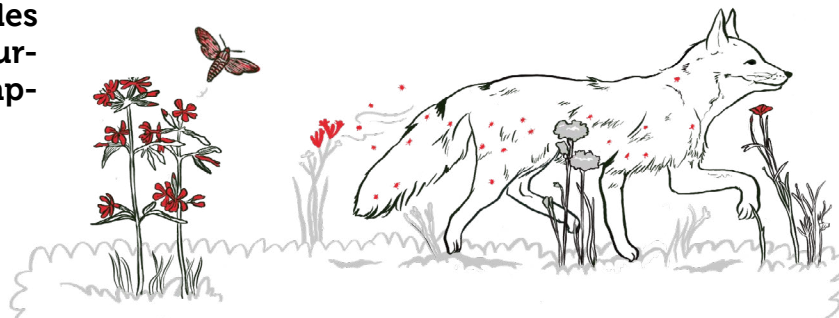
Coopération



Pollinisation



Dispersion



Dans un milieu naturel comme la forêt, toutes les interactions sont importantes et aucune n'est nuisible. Au contraire, les prédateurs, grands ou petits sont les gardiens de l'équilibre entre tous les êtres vivants; les insectes qui utilisent une plante comme hôte pour leurs métamorphoses, participent à la vie de la forêt et développent sa biodiversité; même les êtres vivants considérés comme des parasites tels les champignons qui pénètrent un arbre, se nourrissent de son bois et le tuent à petit feu, même ceux-là sont utiles dans ce milieu naturel. C'est la grande différence avec les milieux mis en culture, jardins, champs, plantations d'arbres etc. où l'on considère qu'il y a des parasites nuisibles.

Les animaux et les
micros organismes

La photosynthèse

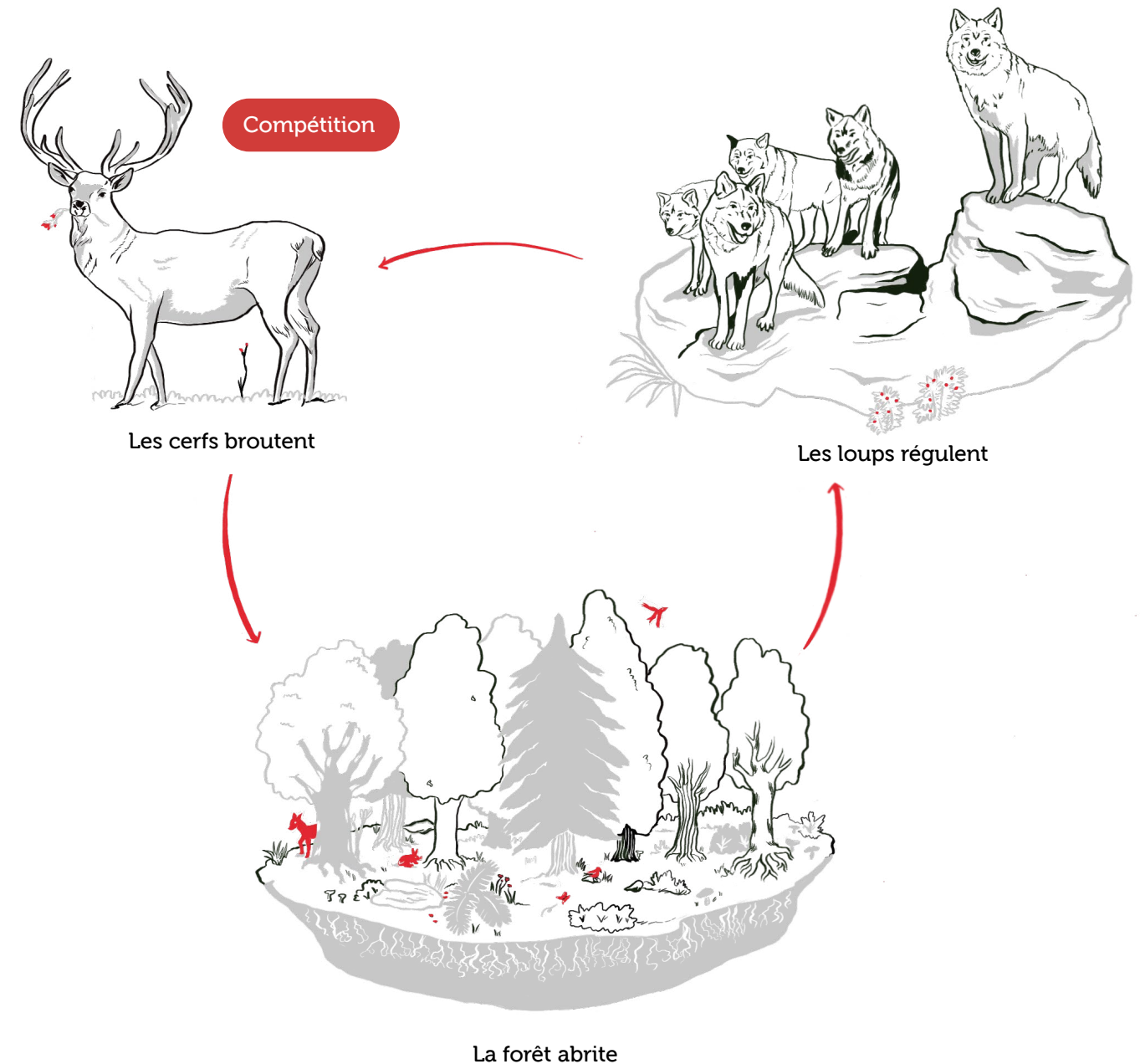
Le sol

Le bois mort

Les champignons

La minéralisation
de la matière organique

L'eau



Une forêt est donc **un tissu de liens multiples et variés**, qui ont débuté par la symbiose plantes/champignons, établie très vite après le moment où les plantes sont sorties des océans et se sont installées sur les continents, il y a environ **450 millions d'années**. En se côtoyant, depuis l'origine de la vie, les différents organismes ont réagi les uns avec les autres, se sont influencés et transformés en fonction des relations établies entre eux – on parle de **coévolution**. Une espèce se modifie en réponse à la modification de l'espèce avec laquelle elle est en relation. On distingue deux grands types d'interactions :

- La **compétition** (proie/prédateur et parasite/plante hôte)
- La **coopération** ou **mutualisme**, comme dans la **pollinisation** par les animaux ou la **dispersion des graines** ou comme dans les **symbioses avec champignons ou bactéries**.

Le bois mort

La forêt naturelle, c'est la vie à son maximum. Arbres majestueux, petites plantes, lichens, champignons, insectes, mammifères, reptiles, bactéries.... Tout est vie. Et le bois mort? Pourquoi le laisser sur place? Parce que dans la forêt comme dans tout milieu naturel, la mort des uns est source de vie pour d'autres. Et précisément, le bois mort grouille de vie! Mais le bois mort ne fait pas que nourrir et abriter une quantité phénoménale d'êtres vivants, il rend bien d'autres services à la forêt et à la planète.

Le bois mort joue cinq rôles

Il **nourrit et abrite** une bonne part des êtres vivants de la forêt (champignons décomposeurs, bactéries, insectes, larves d'insectes) qui constituent environ **25% des êtres vivants de la forêt**. Tout en se nourrissant, ces êtres vivants décomposent le bois et multiplient les chaînes alimentaires possibles, donc la biodiversité.

Il est une **réserve d'eau**, quand sa matière décomposée, devenue **poreuse comme une éponge**, absorbe l'eau de pluie et la garde, jouant le rôle d'une **citerne**. En période plus sèche, cette eau s'écoule lentement, hydratant les alentours.

Réduit à l'état de petits morceaux, le bois mort se désagrège dans la litière et se mélange à l'humus, sous l'action des vers de terre, insectes et microbes divers. Il **allège et aère** le sol, **permettant à l'air et à la pluie de le pénétrer**. Il enrichit aussi le sol de **matière organique**.

La myriade de microbes et de petites bêtes qui vivent du bois mort, **fragmentent cette matière organique** et la décomposent en **composés minéraux simples**. Or les plantes se **nourrissent** seulement **d'éléments minéraux** qu'elles trouvent **dans l'air, dans l'eau et dans la terre**.

Le bois étant constitué de carbone, quand le bois est décomposé et incorporé au sol, le carbone est stocké dans le sol, **participant ainsi à la lutte contre le changement climatique**.

Les racines, quant à elles, bien vivantes tout autant que les parties aériennes, croissent et meurent, participant à l'enrichissement du sol et au stockage du carbone.

Le bois mort

La photosynthèse

Le sol

Les animaux
et les micro-organismes

Les champignons

La minéralisation
de la matière organique

L'eau

Les champignons

Les champignons ne sont pas des plantes. Ils contiennent de la chitine comme la carapace des insectes. Ils passent souvent inaperçus car ils vivent sous terre, dans le bois ou dans la matière organique, pour la plus grande partie de leur vie. On distingue deux grands groupes de champignons : **les symbiotiques** et **les décomposeurs**.



Les champignons symbiotiques

Ils coopèrent avec les plantes depuis environ 450 millions d'années. Lors de la photosynthèse, les plantes produisent des sucres alors que les champignons, ne contenant pas de chlorophylle, ne peuvent en fabriquer. En revanche, grâce à leur immense réseau de filaments souterrains appelé mycélium, ils vont chercher eau et minéraux plus profond et plus loin que les racines des plantes. Le réseau de filaments de mycélium peut être considérable (jusqu'à 1000m de mycélium par mètre de racine)

L'association plantes-champignons s'appelle **une mycorhize**. Le mycélium enveloppe la racine, la pénètre fournissant à la racine **eau et minéraux en échange de glucides** apportés aux racines par la sève descendante.

Francis Martin, mycologue explique dans son livre « **Sous la forêt** » : « Les symbioses mycorhiziennes sont présentes dans tous les écosystèmes terrestres, des déserts aux prairies alpines, des forêts boréales aux forêts tropicales, mais également dans la plupart des agrosystèmes... 92% des végétaux contractent une association mycorhizienne et 60 % des arbres de la planète sont en symbiose avec des champignons mycorhiziens... Ces champignons améliorent **la résistance à la sécheresse, séquestrent les métaux lourds** et stimulent **la résistance aux maladies et au stress**... Un arbre hôte, tel qu'un **chêne centenaire**, peut interagir simultanément avec **plusieurs centaines d'espèces de champignons mycorhiziens**. Cette diversité remarquable pourrait s'expliquer par leur complémentarité fonctionnelle. Certains champignons seraient spécialisés dans l'approvisionnement en éléments minéraux, d'autres dans une meilleure récupération de l'eau en cas de sécheresse ou dans la protection contre les parasites racinaires. »

Échange entre
plante et champignon



Les champignons décomposeurs

Francis Martin, « Sous la forêt » : « Il y a près de 290 millions d'années, à la fin du carbonifère, aucun être vivant n'est capable d'altérer le bois inventé par les premiers arbres. Les forêts, à cette époque, étaient d'immenses espaces peuplés d'arbres primitifs très lignifiés, constitués de prêles et de fougères géantes, ainsi que des premières gymnospermes. Ces vastes forêts ont laissé en mourant et en se **fossilisant, les gisements de charbon** que nous exploitons encore aujourd'hui. Une telle **accumulation d'arbres morts** a été facilitée par l'absence de champignons lignivores capables de digérer la couche protectrice de lignine imprégnant et protégeant les fibres de cellulose. Puis est arrivé l'organisme capable de **décomposer la lignine** avec une **enzyme**. C'est ainsi que sont apparus **les premiers champignons décomposeurs du bois** ».

Transformation
du bois en sol

La catégorie des champignons décomposeurs se subdivise en deux :

- Les champignons décomposeurs du bois vivant, comme l'amadouvier ;
- Les champignons décomposeurs de la matière organique morte.

Les champignons décomposeurs sont indispensables car ils décomposent la gigantesque masse de matière issue du fonctionnement d'une forêt. Ils participent à la fabrication des sols de qualité grâce auxquels les milieux naturels sont en bonne santé et résilients.

Les champignons

La photosynthèse

Le sol

Les animaux
et les micro-organismes

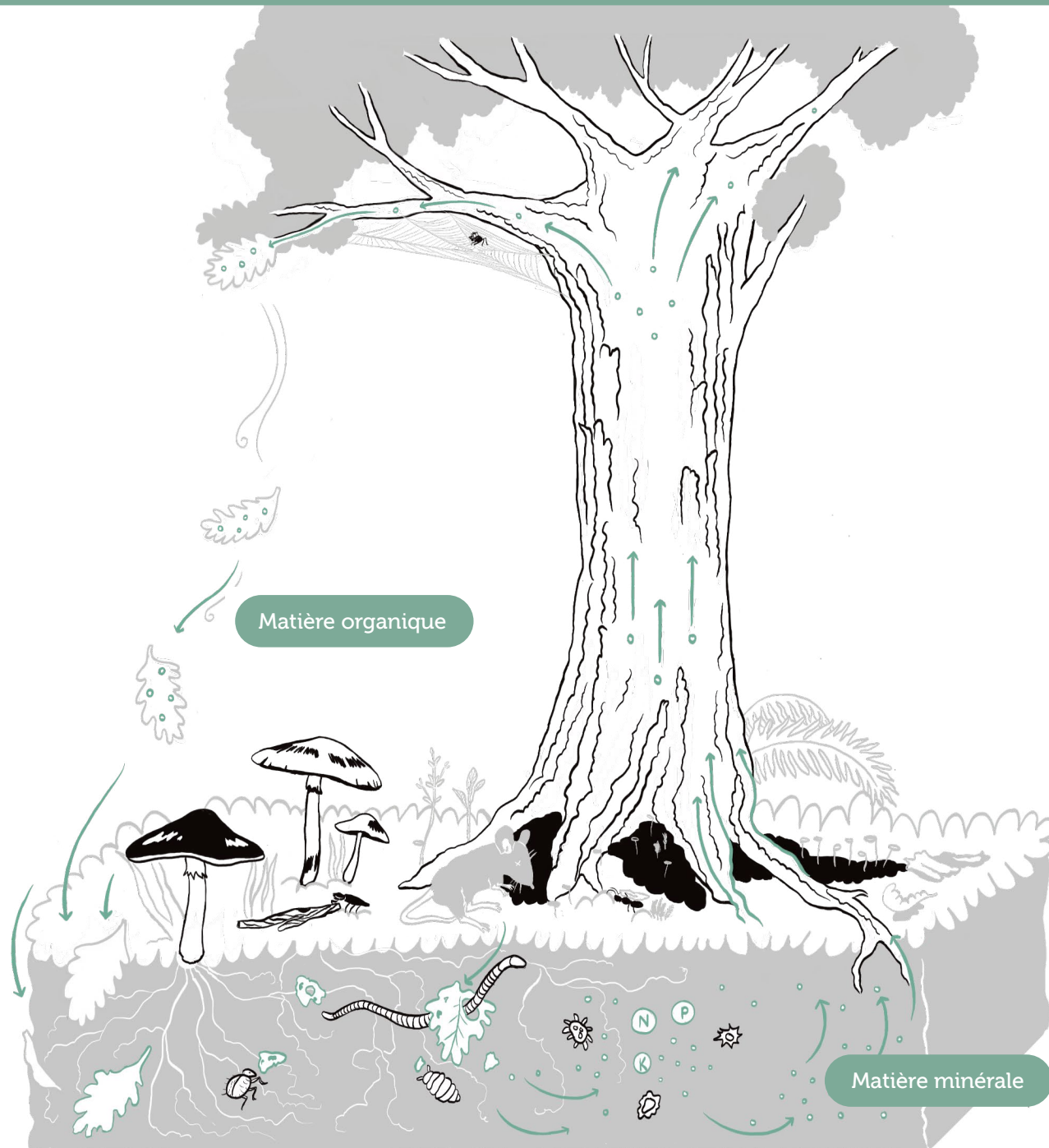
Le bois mort

La minéralisation
de la matière organique

L'eau

La minéralisation de la matière organique

On sait que les végétaux ont besoin de matière minérale - gazeuse avec le dioxyde de carbone, - liquide avec l'eau - solide avec les sels minéraux. Or, pour qu'une forêt soit en bonne santé, elle doit héberger un maximum de biodiversité. On pourrait penser que les arbres se nourrissent donc de cette matière organique. Il n'en est rien. Paradoxalement, ces milliers d'êtres vivants ne sont que les agents qui vont permettre à toute la matière organique produite, d'être décomposée en matière minérale absorbable par les plantes.



● Dans l'air, les végétaux utilisent de l'eau et du gaz carbonique ou dioxyde de carbone lors de la photosynthèse, et de l'oxygène en petite quantité (lors de la respiration). Dans le sol, les végétaux se nourrissent aussi de matière minérale : eau et éléments minéraux comme l'azote, le potassium, le phosphore etc.

Or, à part l'eau, le petit peu d'air qui pénètre dans le sol et les éléments minéraux issus de la dégradation de la roche-mère, **l'énorme quantité de matière végétale, fongique, microbienne et à dose plus infime de matière animale, est organique et non minérale.** Il faut par conséquent qu'il y ait **minéralisation de la matière organique.**

● Comment, dans le sol, cette matière organique se transforme-t-elle en matière minérale ? La matière organique se transforme en matière minérale **sous l'action des êtres vivants qui sont dans le sol, micro-organismes, champignons et animaux.** Ils fragmentent la matière organique et **la décomposent** par des mécanismes biologiques et des réactions chimiques qui transforment les **composés organiques complexes en composés minéraux simples.**

La minéralisation se fait en deux temps.

● **D'abord,** les êtres vivants susceptibles de se nourrir de cellulose et de lignine comme les collemboles, les vers de terre, des gastéropodes, des larves d'insectes, trouent et fragmentent la matière organique. **Dans un deuxième temps,** des bactéries et certains champignons achèvent de transformer la matière organique en éléments minéraux comme l'azote, le potassium et le phosphore.

À la fin de ces processus, les grosses molécules organiques que sont les protéines, les lipides, la cellulose et la lignine sont décomposées en éléments minéraux.

● On comprend donc l'importance de **ce cercle vertueux** : Une forêt laissée en libre évolution produit **une énorme quantité de matière organique.** Cette matière organique (**surtout végétale**) nourrit dans le sol une myriade d'animaux et de micro-organismes qui en se nourrissant, la transforment en matière minérale. **La matière minérale (eau et éléments minéraux) nourrit les végétaux, assurant le développement et la pérennité de cette forêt.**

La minéralisation de la matière organique

La photosynthèse

Le sol

Les animaux et les micro-organismes

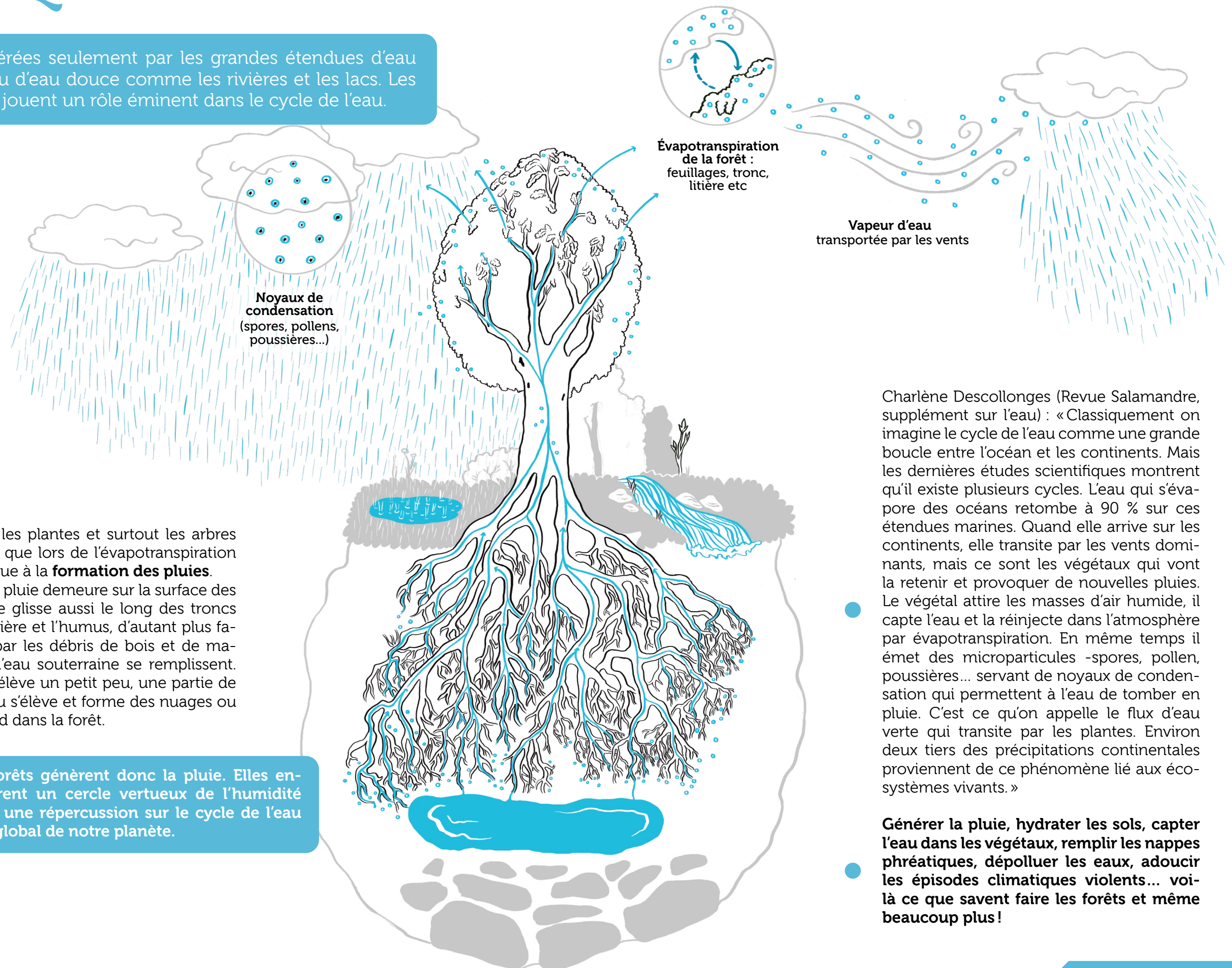
Le bois mort

Les champignons

L'eau

L'eau

Les pluies ne sont pas générées seulement par les grandes étendues d'eau salée, comme les océans, ou d'eau douce comme les rivières et les lacs. Les arbres et *a fortiori* **les forêts** jouent un rôle éminent dans le cycle de l'eau.



La vapeur d'eau dégagée par les plantes et surtout les arbres lors de la photosynthèse ainsi que lors de l'évapotranspiration de la forêt tout entière, contribue à la **formation des pluies**.

Quand il pleut, une partie de la pluie demeure sur la surface des feuilles (environ 20%). La pluie glisse aussi le long des troncs et s'infiltre aisément dans la litière et l'humus, d'autant plus facilement que le sol est aéré par les débris de bois et de matière organique. Les nappes d'eau souterraine se remplissent. Puis dès que la température s'élève un petit peu, une partie de l'eau s'évapore. La vapeur d'eau s'élève et forme des nuages ou stagne sous forme de brouillard dans la forêt.

Charlène Descollonges (Revue Salamandre, supplément sur l'eau) : « Classiquement on imagine le cycle de l'eau comme une grande boucle entre l'océan et les continents. Mais les dernières études scientifiques montrent qu'il existe plusieurs cycles. L'eau qui s'évapore des océans retombe à 90 % sur ces étendues marines. Quand elle arrive sur les continents, elle transite par les vents dominants, mais ce sont les végétaux qui vont la retenir et provoquer de nouvelles pluies. Le végétal attire les masses d'air humide, il capte l'eau et la réinjecte dans l'atmosphère par évapotranspiration. En même temps il émet des microparticules -spores, pollen, poussières... servant de noyaux de condensation qui permettent à l'eau de tomber en pluie. C'est ce qu'on appelle le flux d'eau verte qui transite par les plantes. Environ deux tiers des précipitations continentales proviennent de ce phénomène lié aux écosystèmes vivants. »

Générer la pluie, hydrater les sols, capter l'eau dans les végétaux, remplir les nappes phréatiques, dépolluer les eaux, adoucir les épisodes climatiques violents... voilà ce que savent faire les forêts et même beaucoup plus !



Association Francis Hallé
pour la forêt primaire
