

INTRODUCTION

Dans ce manuel de biologie végétale consacré aux aspects biochimiques et moléculaires du métabolisme, les organismes étudiés seront essentiellement les plantes terrestres et plus précisément les angiospermes, plantes à fleurs parmi lesquelles on trouve toutes les plantes d'intérêt agronomique.

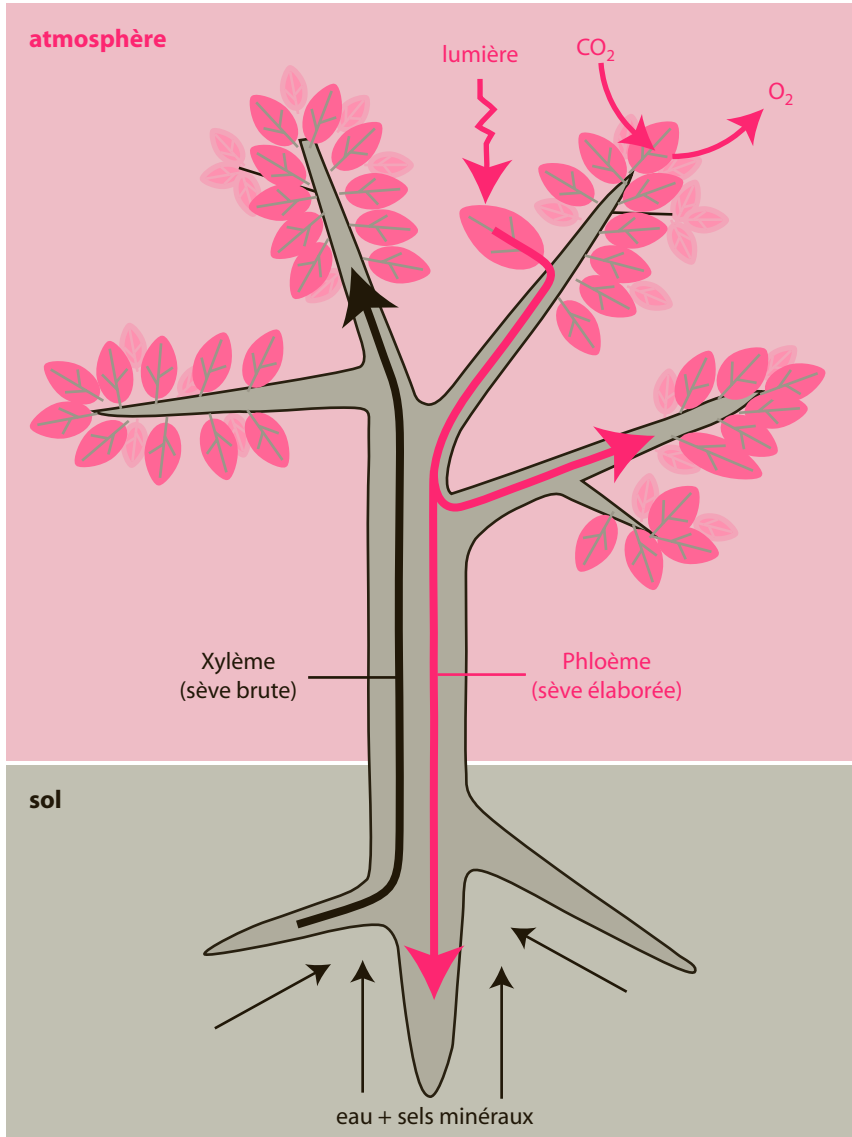
Les plantes terrestres sont organisées en tiges, feuilles et racines. Les tiges et les feuilles baignent dans l'atmosphère ambiante où elles prélèvent le dioxyde de carbone (CO_2), connu sous le vocable gaz carbonique, et captent l'énergie du rayonnement solaire pour réaliser la photosynthèse. Les racines plongent dans le sol d'où elles tirent l'eau et les éléments minéraux nécessaires au métabolisme et à l'élaboration des molécules du monde végétal. Par la nutrition minérale des plantes les minéraux entrent dans la biosphère.

Les **plantes** grâce à leurs racines pompent l'eau du sol et la rejettent dans l'atmosphère sous forme de vapeur par transpiration des feuilles. Les plantes sont parcourues de fait en permanence par un courant d'eau qui circule des racines aux feuilles dans un système vasculaire original, le complexe libéro-ligneux. Les plantes étant à l'interface sol/atmosphère jouent ainsi un rôle déterminant dans le cycle de l'eau qui s'établit entre les couches superficielles de la croûte terrestre et l'atmosphère.

Par leurs feuilles, les plantes sont capables, en utilisant l'énergie de la lumière solaire, de fabriquer, à partir de composés minéraux, souvent oxydés comme le dioxyde de carbone, le nitrate et le sulfate, toutes les molécules organiques nécessaires à leur développement, des plus simples, sucres, acides aminés, acides gras, aux plus complexes, protéines, lignines, vitamines par exemple. Les plantes sont autotrophes, particularité qu'elles partagent avec les algues, les mousses, les fougères et certains micro-organismes. Ce processus d'autotrophie qui dépend de la lumière est la photosynthèse.

La **photosynthèse** est à l'origine de pratiquement toute la formation de biomasse de la planète (150 milliards de tonnes de carbone fixées par an). Cette biomasse a pu se transformer et s'accumuler au cours des périodes géologiques sous forme de gaz naturel, de pétrole et charbon. La photosynthèse est également à l'origine de l'oxygène atmosphérique, dioxygène (O_2), nécessaire à la respiration de la majorité des organismes vivants et de la couche d'ozone stratosphérique. Les plantes se distinguent donc des animaux et de tous les organismes vivants non chlorophylliens hétérotrophes qui pour vivre doivent impérativement dégrader et transformer pour partie les molécules organiques complexes élaborées par les végétaux pour en récupérer l'énergie et constituer leur propre substance afin d'assurer leur fonctionnement cellulaire.

Introduction



Relations trophiques d'une plante avec son environnement.

Ce schéma montre clairement trois processus : 1) les relations entre la tige feuillée et l'atmosphère dont la principale activité est la photosynthèse (synthèse de matière organique à partir du CO_2 grâce à l'énergie lumineuse) ; 2) les relations entre le système racinaire et le sol dont la principale activité est l'absorption d'eau et de sels minéraux ; 3) la relation entre ces deux compartiments grâce à la présence et au fonctionnement de deux systèmes de circulation, le phloème qui transfère à toutes les parties de la plante les substances synthétisées (sève élaborée par les feuilles) et le xylème qui irrigue toute la plante avec l'eau et les sels minéraux absorbés par les racines.

Les différences de fonctionnement entre plantes et animaux s'appuient sur des particularités cellulaires et anatomiques. La cellule végétale comme la cellule animale contient un cytosol, un appareil de Golgi, un réticulum endoplasmique, des mitochondries et un noyau. Elle s'en différencie en revanche par trois principales structures cellulaires visibles en microscopie : la paroi, la vacuole et les plastes.

La **paroi pecto-cellulosique** double extérieurement la cellule végétale délimitée par la membrane cytoplasmique, appelée membrane plasmique ou plasmalemma. La paroi est constituée d'une lamelle moyenne pectique flanquée des couches celluloseuses (primaire et secondaire) des cellules contiguës. Structure relativement rigide, la paroi joue le rôle de squelette mais conserve initialement une certaine plasticité nécessaire à la croissance et à la division cellulaire. Cette structure qui impose certaines contraintes à la croissance cellulaire, limite le gonflement osmotique ; ce qui se traduit par le développement dans les cellules d'une pression hydrostatique élevée permettant le port érigé des plantes.

La **vacuole** est une vésicule entourée d'une membrane simple, le tonoplaste, pouvant occuper de 40 à 90 % du volume cellulaire total. Elle est le lieu privilégié d'accumulation d'un grand nombre de composés minéraux et organiques en solution (nitrate, potassium, sucres, acides organiques, anthocyanes, alcaloïdes, etc.) impliqués non seulement dans le métabolisme mais aussi dans les équilibres osmotiques de la cellule. La vacuole est non seulement un espace de stockage de solutés utiles mais aussi de confinement de composés toxiques tenus à l'écart du cytosol.

Les **plastes** sont des organites cellulaires de 2 à 10 μm , entourés d'une double membrane, l'enveloppe. Leur structure est comparable à celle des mitochondries mais ils sont toutefois de plus grande taille. Ils manifestent pour l'essentiel des fonctions de synthèse et de stockage des métabolites nécessaires au développement cellulaire. Les plastes les plus connus sont les chloroplastes, les sites de la photosynthèse, et les amyloplastes sites de synthèse et d'accumulation d'amidon en particulier dans les cellules de racines et d'organes de réserve (bulbes, tubercules, graines).

Bien que séparées par la paroi pecto-cellulosique, les cellules végétales ne sont pas isolées les unes des autres. Des structures spécifiques, les plasmodesmes, ponts cytoplasmiques (20 à 40 nm) assurent, à travers la paroi, une véritable continuité cytoplasmique entre les cellules d'un même tissu, facilitant la communication intercellulaire.

Un système de circulation élaboré, le **complexe libéro-ligneux**, assure le transport des sèves entre tous les organes de la plante. Le xylème ou bois est un tissu conducteur caractérisé par la présence de vaisseaux constitués de cellules mortes, plus ou moins lignifiées, dans lesquels circule la sève brute, ou ascendante, résultant de l'absorption par les racines de l'eau et des sels minéraux. Le phloème ou liber, formé de tubes criblés et de cellules compagnes, est un tissu conducteur vivant dans lequel circule la sève élaborée, transportant les substances synthétisées par les feuilles (glucides, acides aminés, hormones).

Enfin, signalons dans les feuilles la présence de stomates formés de deux cellules spécialisées de l'épiderme foliaire, les cellules de garde, chlorophylliennes, dont une partie de la paroi, celle en regard des deux cellules, est épaissie de cellulose.

Introduction

Quand ces cellules sont turgescentes, elles ménagent une ouverture, l'ostiole, permettant la diffusion des gaz et de la vapeur d'eau. Quand elles sont en plasmolyse (en déficit hydrique), l'ostiole se referme, empêchant tout échange avec l'atmosphère.

Les plantes ne sont pas seulement des objets de recherche originaux, modèles biologiques incontournables pour appréhender le vivant dans sa diversité, mais également les premiers maillons des chaînes alimentaires des animaux et des humains. Elles apportent par l'agriculture la base de notre alimentation, des fibres pour l'habillement, des biomatériaux pour la construction et de nombreux produits utilisés en pharmacie. Les cellules végétales sont de véritables usines chimiques capables de synthèse extrêmement diverses et variées dont l'utilisation par l'homme est appelée à un bel avenir (chimie verte). Les plantes modulent et façonnent également notre environnement. Par la photosynthèse, elles régulent la tension de CO₂ atmosphérique, réduisant l'effet de serre, elles sont à l'origine de l'oxygène de notre planète, et en régulant l'hygrométrie de l'air elles amortissent les écarts de température.

Dans ce premier volume nous présentons les mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires, impliqués dans l'absorption de l'eau et l'assimilation des éléments minéraux et du carbone atmosphérique à la lumière, c'est-à-dire la nutrition minérale et la photosynthèse. Nous terminerons en évoquant le catabolisme et la respiration qui lui est associée. Nous traiterons essentiellement des plantes terrestres. Toutefois, il sera souvent fait référence à d'autres organismes végétaux, soit que leur utilisation dans le domaine étudié constitue un avantage sur le plan expérimental, comme dans le cas des algues, modèle souvent utilisé dans l'étude de la photosynthèse, soit parce qu'il s'agit d'organismes, qui comme les champignons ou les bactéries, établissent des relations symbiotiques avec la plante.