

Les mots clés sont surlignés, il faut les connaître par cœur et être capable d'en proposer une définition.

Thème 1 : Diversité et complémentarité des métabolismes

Chapitre 1. Du carbone minéral aux composants du vivant : la photo-autotrophie pour le carbone



Forêt de fougères arborescentes

1. Le cycle du carbone dans les écosystèmes

a) Les relations trophiques dans les écosystèmes

Dans les **écosystèmes**, des relations trophiques s'établissent entre les **producteurs primaires** et les divers **producteurs secondaires**.

Dans une forêt, les végétaux sont les producteurs primaires, **autotrophes** pour le carbone : ils produisent leur propre **matière organique** constituée par des chaînes carbonées à partir du carbone minéral atmosphérique et d'énergie, la lumière. Les producteurs secondaires (= les consommateurs secondaires) sont, quant à eux, **hétérotrophes**.

b) Les réservoirs de carbone dans les écosystèmes

Le carbone se trouve à l'état **oxydé** dans l'atmosphère (CO_2) et à l'état **réduit** dans la biosphère et plus particulièrement dans la matière constitutive des organismes vivants.

c) Les flux de carbones entre les réservoirs

Différentes réactions chimiques assurent le transfert du carbone entre les différents réservoirs :

- **Photosynthèse** : $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
- **Respiration** : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O}$ (dégradation complète du glucose en condition aérobie)
- **Fermentation** : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{ CO}_2$ (dégradation incomplète du glucose en condition anaérobie)

Les **décomposeurs** transforment une part importante de la matière organique résiduelle produite par les producteurs primaires et secondaires. Ils sont donc responsables de la **minéralisation** d'une bonne partie du carbone organique.

Les écosystèmes sont dits « à l'équilibre » vis-à-vis du carbone car l'absorption du CO_2 par la photosynthèse est strictement compensée par la production de CO_2 au cours de la respiration.

2. La photo-autotrophie pour le carbone

Les végétaux sont des producteurs primaires, à la base de nombreuses chaînes alimentaires, qui réalisent la synthèse de leur propre matière organique en utilisant le carbone minéral (CO_2), l'eau et l'énergie lumineuse : ils sont **photo-autotrophes pour le carbone** (voir livre p 178-179). Ils doivent donc posséder des structures spécialisées capables de fixer le CO_2 et d'absorber l'énergie lumineuse.

a) L'assimilation du carbone minéral par les végétaux

L'épiderme supérieur et inférieur des végétaux est recouvert d'une cuticule imperméable à l'eau et au CO_2 . Les feuilles des végétaux supérieurs possèdent des structures spécialisées, les **stomates** qui, lors de leur ouverture, laissent pénétrer le CO_2 à l'intérieur des cellules du parenchyme foliaire et atteindre les **chloroplastes**, des organites spécialisés dans la réduction photosynthétique du CO_2 .

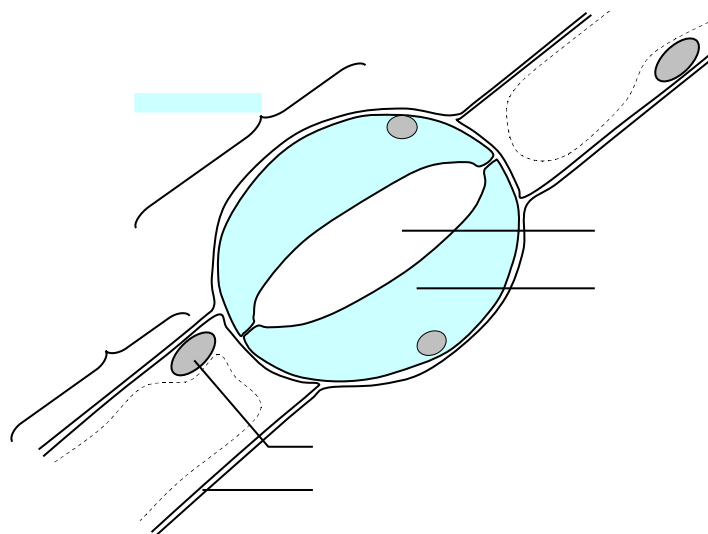
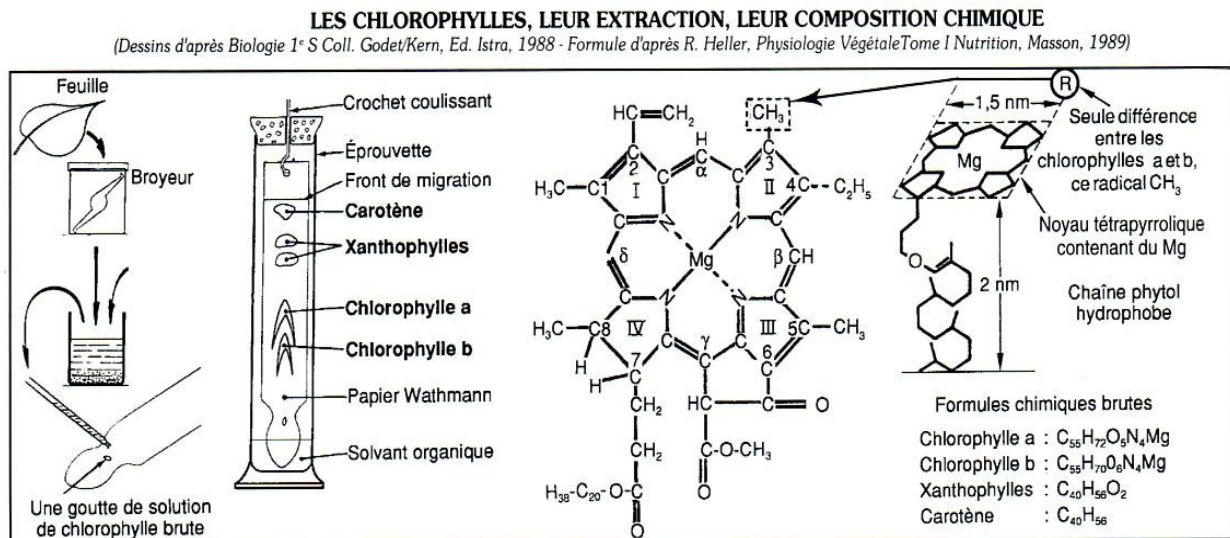


Schéma de stomate d'épiderme d'oignon (très semblable à celui du poireau) à légènder

b) La collecte de la lumière par les végétaux

La feuille est une surface d'échange. Sa forme étalée est adaptée à la collecte de la lumière. A l'échelle cellulaire, les chloroplastes sont concentrés au niveau du **parenchyme palissadique** localisé à la face supérieure de la feuille ce qui optimise la photosynthèse.

Il est possible d'extraire, par **chromatographie**, les différents **pigments** présents dans les chloroplastes de la feuille d'épinard. Un pigment est une substance colorée qui absorbe certaines longueurs d'ondes de la lumière et renvoie toutes les autres (ce qui détermine la couleur du végétal). En utilisant un spectromètre, on détermine le **spectre d'absorption** des pigments verts chlorophylliens qui absorbent la lumière pour des longueurs d'ondes de 450-500 nm (bleu) et 650-700 nm (rouge).



(Soltner, Les bases de la production végétale)

Comme le spectre d'absorption des pigments correspond au **spectre d'action de la photosynthèse** mis en évidence par l'**expérience d'Engelmann**, on peut dire que c'est l'absorption de certaines longueurs d'ondes par les pigments qui permet la photosynthèse. On parle alors de **pigments photosynthétiques**.

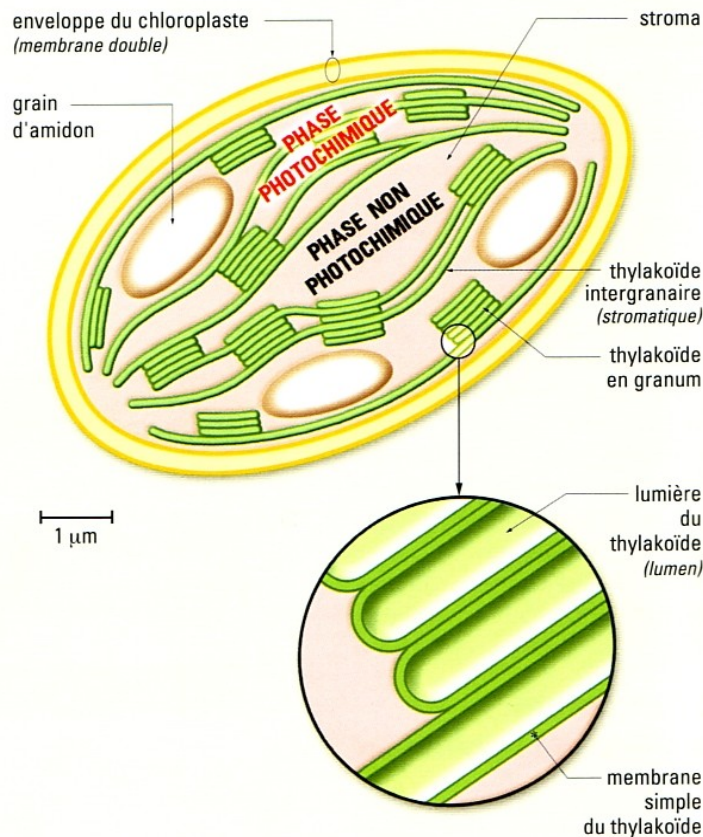
Remarque : La diversité des pigments permet à la plante d'absorber de nombreuses longueurs d'ondes différentes :

- les chlorophylles (a et b) : vertes
- les caroténoïdes (carotène, lycopène, xanthophylle) : rouges, orangés et jaunes
- les flavonoïdes (flavones et anthocyanes) : jaunes à orangés et violette à bleues

3. La photosynthèse : des processus complexes

Le processus de la photosynthèse est constitué de deux phases complémentaires et simultanées, mais aux caractéristiques différentes :

- une phase qui dépend de l'intensité lumineuse et qui ne dépend pas de la température : la **phase photochimique** (également appelée phase « claire »)
- une phase qui dépend de la température et de la concentration en CO₂ : la phase thermochimique ou **phase non photochimique** (également appelée phase « sombre » car l'incorporation du CO₂ demeure possible à l'obscurité, mais seulement pendant quelques minutes et après une période de forte illumination).

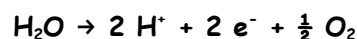


La structure du chloroplaste.

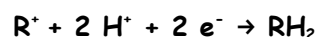
(BELIN, Terminale S, Enseignement de spécialité)

a) La phase photochimique de la photosynthèse

Les travaux de Hill ont montré que la phase photochimique, qui se déroule dans les **thylakoïdes** chloroplastiques, est une production de O_2 actionnée par la lumière en présence d'eau, d'un accepteur d'électron (réactif de Hill), mais en l'absence de CO_2 . En effet, c'est l'énergie transmise par les photons aux pigments des **photosystèmes** (complexe protéines-pigments photosynthétiques de la membrane des thylakoïdes) qui va déclencher l'oxydation de l'eau (**photolyse de l'eau**) :



Les **électrons** provenant de cette oxydation sont ensuite transmis à un accepteur final R^+ par l'intermédiaire d'un complexe de protéines (enzymes) situées dans la membrane des thylakoïdes : la **chaîne photosynthétique**. A l'issue de cette chaîne d'oxydoréduction, R^+ est réduit en un composé intermédiaire RH_2 , un **coenzyme réduit**, indispensable aux autres réactions de la photosynthèse :

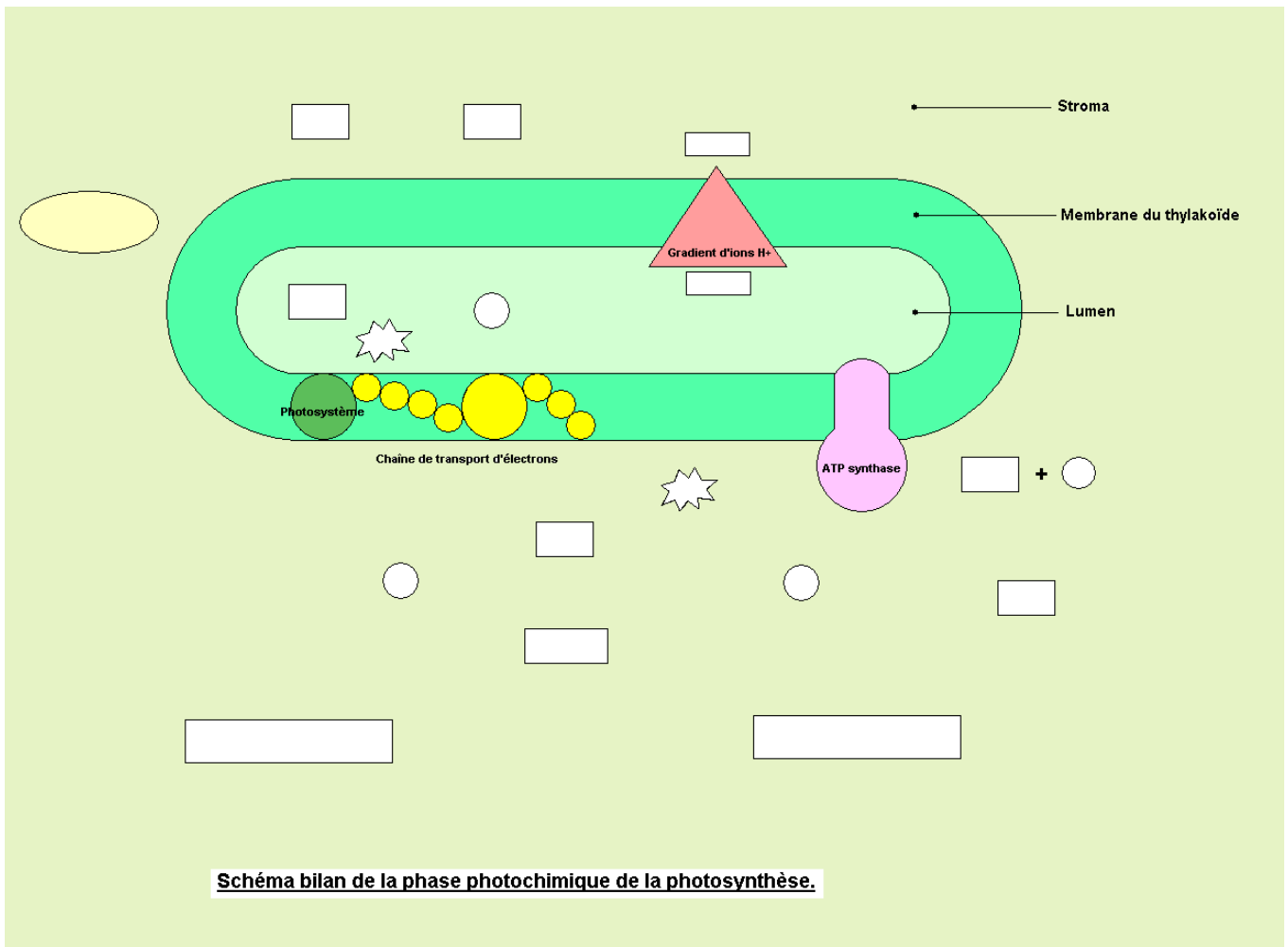


Les protons (H^+) provenant de l'oxydation de l'eau contribuent également à produire de l'**ATP** (adénosine triphosphate) à partir d'ADP et de phosphate inorganique, au cours d'une réaction de phosphorylation :



L'ATP est une molécule essentielle dans les transferts d'énergie indispensables aux réactions métaboliques.

La phase photochimique est donc un ensemble de réactions d'oxydoréduction couplées à une réaction de phosphorylation.

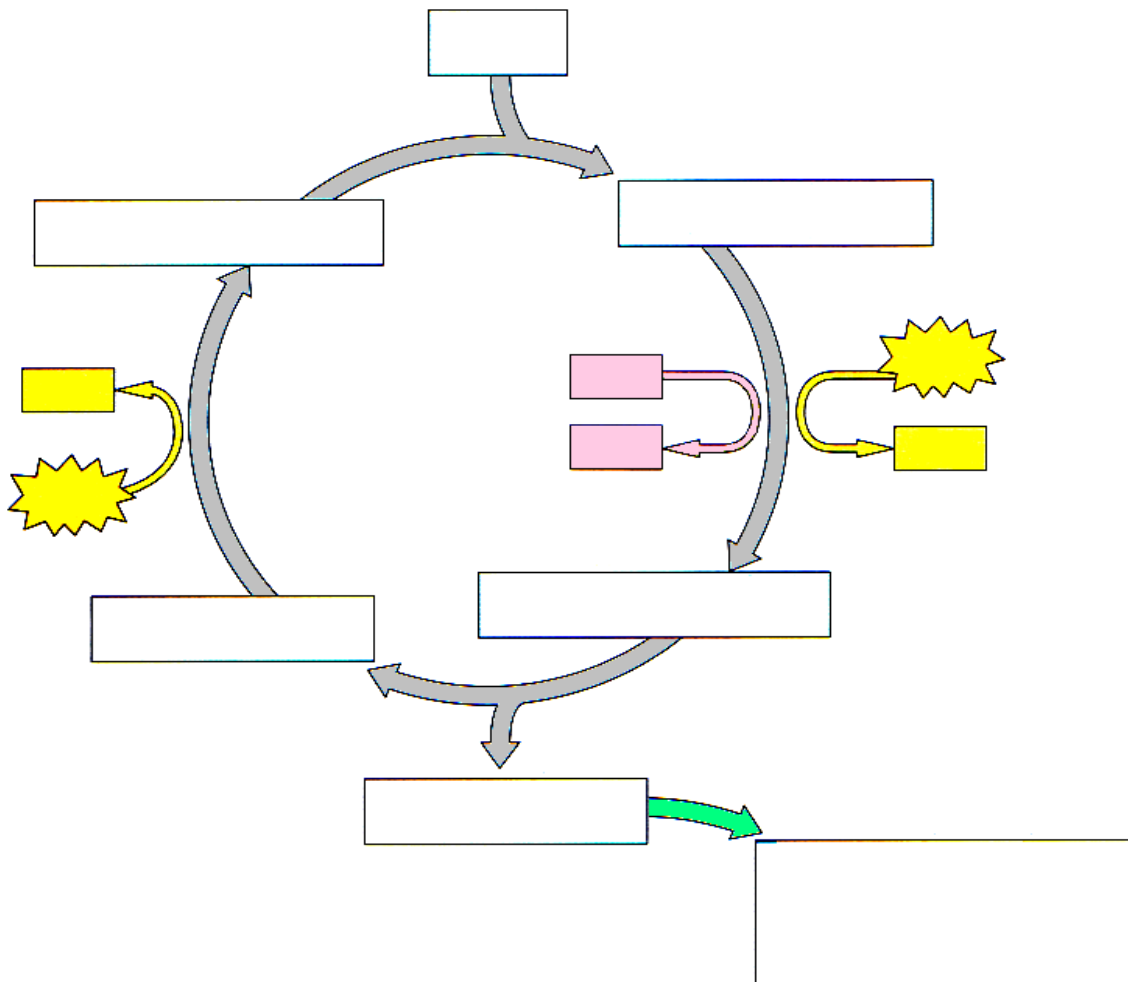


À compléter

b) La phase non photochimique de la photosynthèse

Les travaux de **Calvin** ont montré que la phase non photochimique, qui se déroule dans le **stroma** des chloroplastes, consiste en l'incorporation cyclique du CO_2 dans de nombreuses molécules carbonées. Le CO_2 s'associe ainsi à du **C5P2 (ribulose 1-5 bisphosphate)**, pour former du **PGA**. La réduction du **PGA** en **C3P (triose phosphate)** nécessite l'utilisation de l'ATP et du coenzyme réduit RH_2 produits au cours de la phase photochimique.

Les **C3P** produits vont d'une part, contribuer à régénérer le **C5P2** (ce qui boucle le cycle de Calvin) et d'autre part, être convertis en **glucides phosphorylés simples**, en **saccharose**, en **glucides plus complexes** comme l'amidon, mais également en acides aminés.

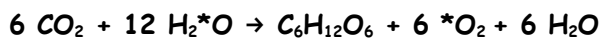


À compléter

c) Bilan :

Les deux phases de la photosynthèse sont donc intimement liées. Bien que la phase non photochimique ne nécessite pas directement de lumière, elle est entièrement dépendante des produits de la phase photochimique.

En tenant compte des réactions de la phase photochimique, on peut alors préciser le bilan des transformations (= ensemble de réactions biochimiques catalysées par des enzymes) constituant la photosynthèse :



Pour vos révisions, réalisez un schéma bilan intégrant les deux phases de la photosynthèse dans le chloroplaste.

4. Le devenir des produits de la photosynthèse

a) Le stockage sur place

Les composés glucidiques formés par la réduction du CO_2 sont exportés hors du chloroplaste vers le cytoplasme des cellules chlorophylliennes. Ils peuvent être temporairement stockés dans le chloroplaste sous forme de **grains d'amidon**. Dans la cellule chlorophyllienne, les produits initiaux de la photosynthèse permettent essentiellement la synthèse de saccharose mais aussi de tous les autres constituants chimiques des êtres vivants (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques...) grâce à un apport d'ions minéraux transportés par la **sève brute**.

b) L'exportation vers les autres organes de la plante

Le saccharose des cellules foliaires, en partie utilisé sur place, est majoritairement exporté hors des feuilles par la **sève élaborée** vers d'autres lieux d'utilisation telles que les cellules des **zones en croissance (méristème)** et celles des **zones de stockage** (graines, fruits et organes de réserve, parties pérennes de la plantes, paroi cellulosique et bois). Les zones non chlorophylliennes d'une plante se comportent alors comme des parties hétérotrophes d'un être autotrophe.

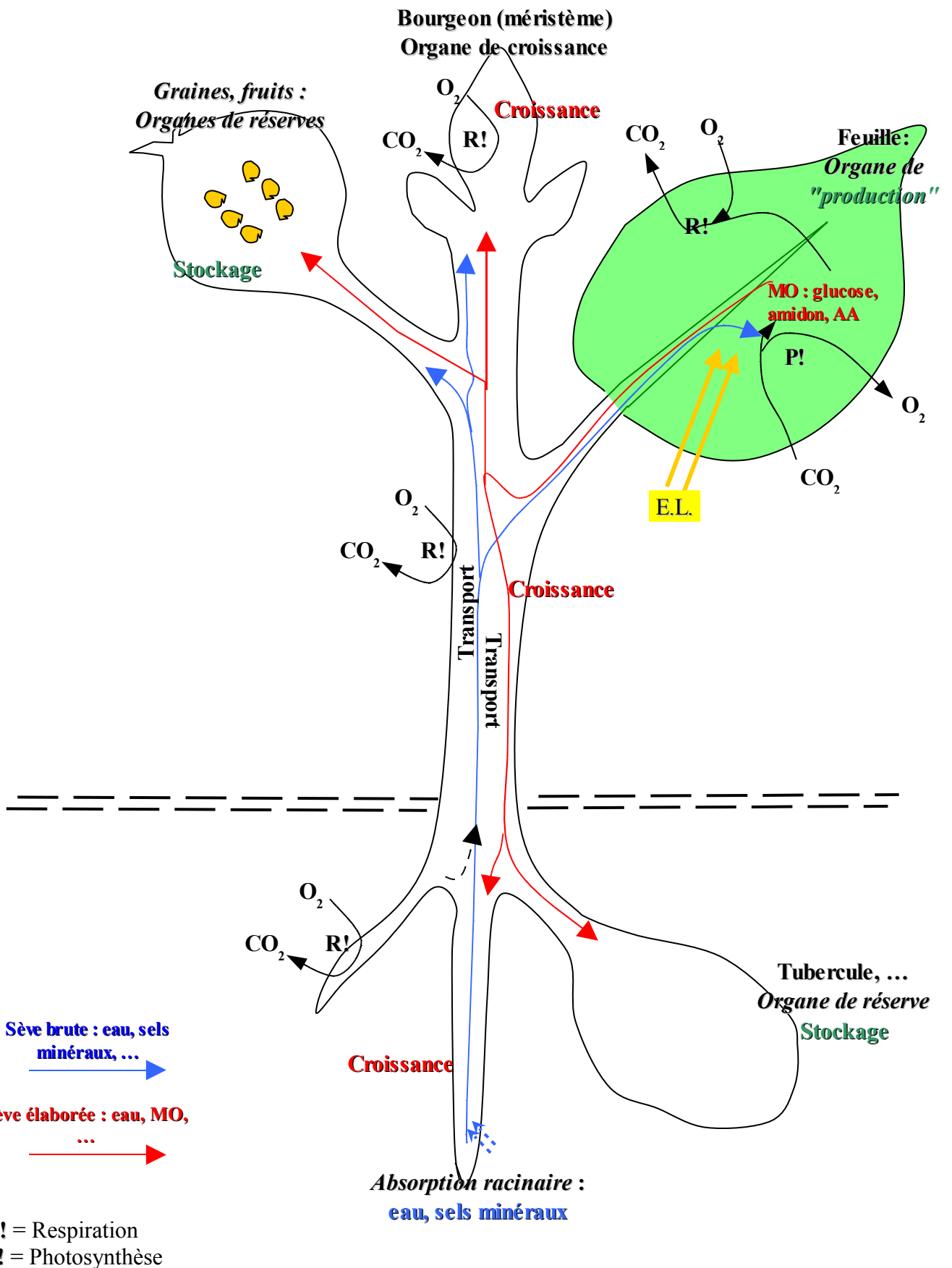


Schéma général du fonctionnement d'un végétal