

NUTRITION CARBONÉE « PHOTOSYNTHESE »

USTTB, FACULTE DE PHARMACIE

Pr DIALLO D./Pr SANOGO R./Dr DIARRA M.L.

OBJECTIFS (1/2)

- ▶ Définir: photosynthèse, phase claire, phase sombre
- ▶ Citer les éléments anatomiques et cytologiques de la photosynthèse
- ▶ Décrire et différencier la chlorophylle **a** de **b**
- ▶ Citer les phases de la photosynthèse et les produits formés
- ▶ Expliquer le schéma du transport des électrons

OBJECTIFS (2/2)

- ▶ Etablir les réactions du cycle de Calvin
- ▶ Citer les facteurs qui influencent la photosynthèse et décrire leurs effets
- ▶ Décrire les caractéristiques des plantes C_3 , C_4 et CAM puis schématiser leur feuille en coupe
- ▶ Citer l'intérêt du mécanisme photosynthétique des plantes C_4 et CAM et la justification

PLAN

- ▶ Introduction
- ▶ Chlorophylle
- ▶ Phase claire
- ▶ Phase sombre
- ▶ Facteurs influençant la photosynthèse
- ▶ Photosynthèse et plantes en C_3 , en C_4 et CAM

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 1. Introduction (1/2)
- ▶ Responsable de la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique au niveau de la plante, permet de synthétiser de la matière organique (glucides) à partir de la lumière du soleil et d'aliments minéraux (CO_2 , H_2O).
- ▶ S'accompagne toujours d'un dégagement d' O_2 .

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 1. Introduction (2/2)
- ▶ 02 phases.
- ▶ Claire
- ▶ Sombre
- ▶ 1.1. Éléments anatomiques et cytologiques
- ▶ Feuilles et chloroplastes (voir architecture).

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 2. Chlorophylle
- ▶ Groupe des Hémines et possède un noyau tétrapyrrolique, contient un atome de magnésium (Mg^{2+}).
- ▶ Amphiphile, elle possède une courte chaîne latérale qui caractérise la chlorophylle « **a** » (radical méthyle) ou chlorophylle « **b** » (radical aldéhyde), et une longue chaîne phytol hydrophobe (hydrocarbure dérivé de l'isoprène C_{20}).

NUTRITION CARBONÉE

▶ 2. Chlorophylle

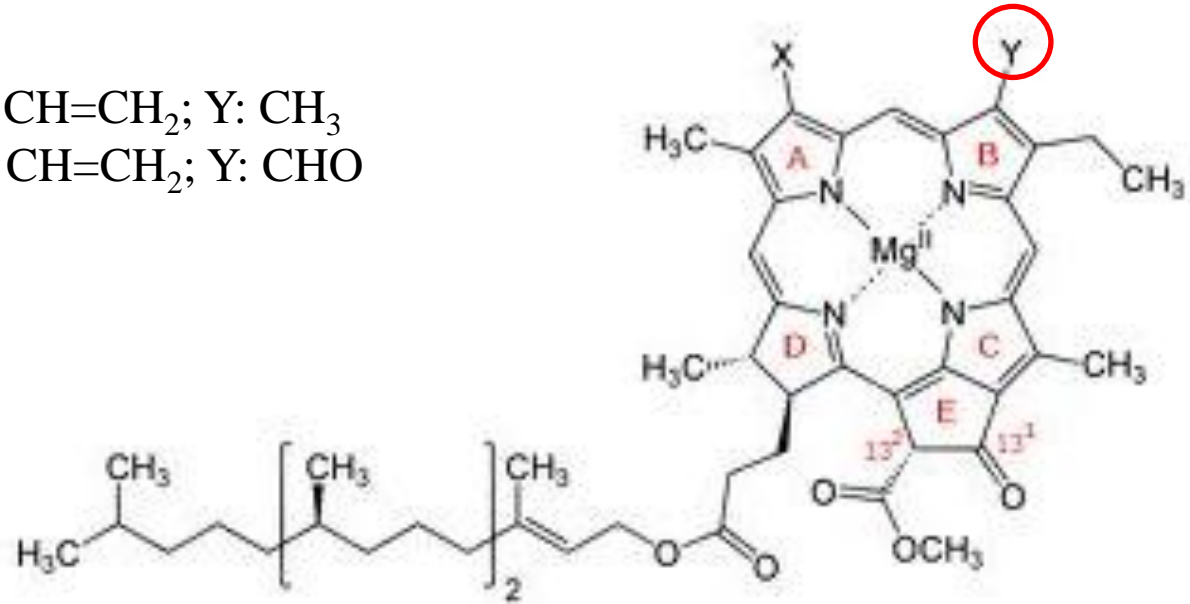
▶ En fonction des pics d'absorption de la lumière dans le visible:

▶ Chlorophylle a : à 430 (bleu) et 660 nm (rouge).

▶ Chlorophylle b : à 450 et 643 nm.

NUTRITION CARBONEE

Chlorophylle a X: CH=CH₂; Y: CH₃
Chlorophylle b X: CH=CH₂; Y: CHO



Structure de la Chlorophylle a et b

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 3. Phase claire (1/2)
- ▶ Phase photochimique, ensemble de réactions, qui dépendent de la lumière, et au cours desquels les électrons sont transportés à travers les deux photosystèmes (PSII et PSI) afin de produire de l'ATP (molécule riche en énergie), du NADPH et H^+ (potentiel réducteur).

NUTRITION CARBONÉE

▶ 3. Phase claire (2/2)

- ▶ Permet donc directement la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

▶ 3.1. Photosystèmes

- ▶ Centres photorécepteurs de la membrane des thylakoïdes
 - ❖ Antenne collectrice
 - ❖ Centre réactionnel

NUTRITION CARBONÉE

▶ 3.1.1. photosystème I (PSI)

- ▶ Présente un complexe moléculaire appelé P700.
- ▶ Le P700 absorbe la lumière à 700 nm.

▶ 3.1.2. photosystème II (PSII)

- ▶ Présente un complexe moléculaire appelé P680.
- ▶ Le P680 absorbe la lumière à 680 nm.

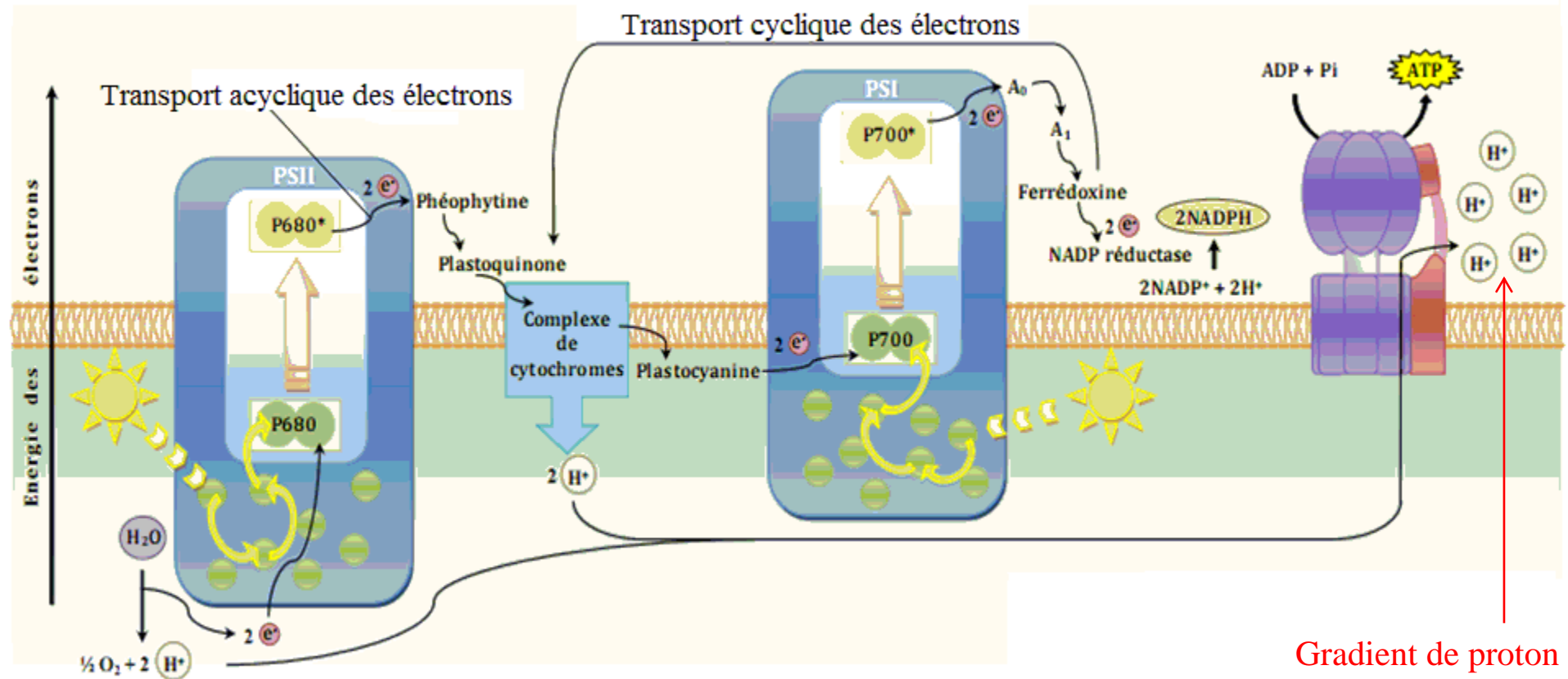
NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 3.2. Transport des électrons
- ▶ 3.2.1. La photolyse de l'eau et le transport non cyclique des électrons
- ▶ Eau subit une oxydation sous l'action de la lumière, entraînant la libération d'électrons, de protons et d'O₂.
- ▶ Les électrons seront capturés par le PSII, les protons vont participer au gradient de proton, et l'oxygène sera libéré dans l'atmosphère.

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 3.2.2. Le transport cyclique des électrons
- ▶ N'implique que le photosystème I.
- ▶ La ferrédoxine va transmettre les électrons à la plastoquinone (PQ) par l'intermédiaire d'un cytochrome.
- ▶ Ces électrons suivent alors la première chaîne de transporteurs qui les fait revenir au photosystème I.

NUTRITION CARBONÉE



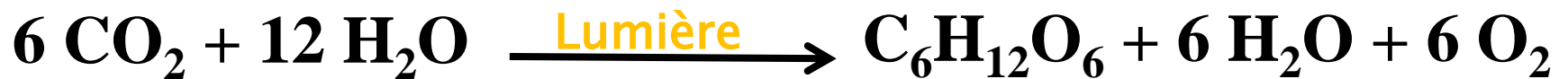
MS © cours-pharmacie.com

NUTRITION CARBONNEE

- ▶ 4. Phase sombre
- ▶ Correspond à la phase d'assimilation du CO_2 .
- ▶ Utilise les molécules énergétiques produites lors de la phase claire, réalisée de manière cyclique « cycle de Calvin » pour produire des glucides.

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 4. Phase sombre
- ▶ Quatre étapes principales.
 - ❖ Fixation du CO_2 (Carboxylation).
 - ❖ Réduction du carbone fixé.
 - ❖ Régénération de l'accepteur de CO_2 (RuBP).
 - ❖ Synthèse des sucres.



NUTRITION CARBONNEE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (1/11)
- ▶ 4.1.1. Fixation du CO₂
- ▶ Fixé par la ribulose-biphosphate « RuBP » (molécules possédant 5 carbones) permettant la formation d'une molécule instable à 6 carbones qui donnera rapidement deux molécules de 3-phosphoglycérate (3 carbones).
- ▶ Fixation est assurée par la « Rubisco » (Ribulose Biphosphate Carboxylase-Oxygénase).

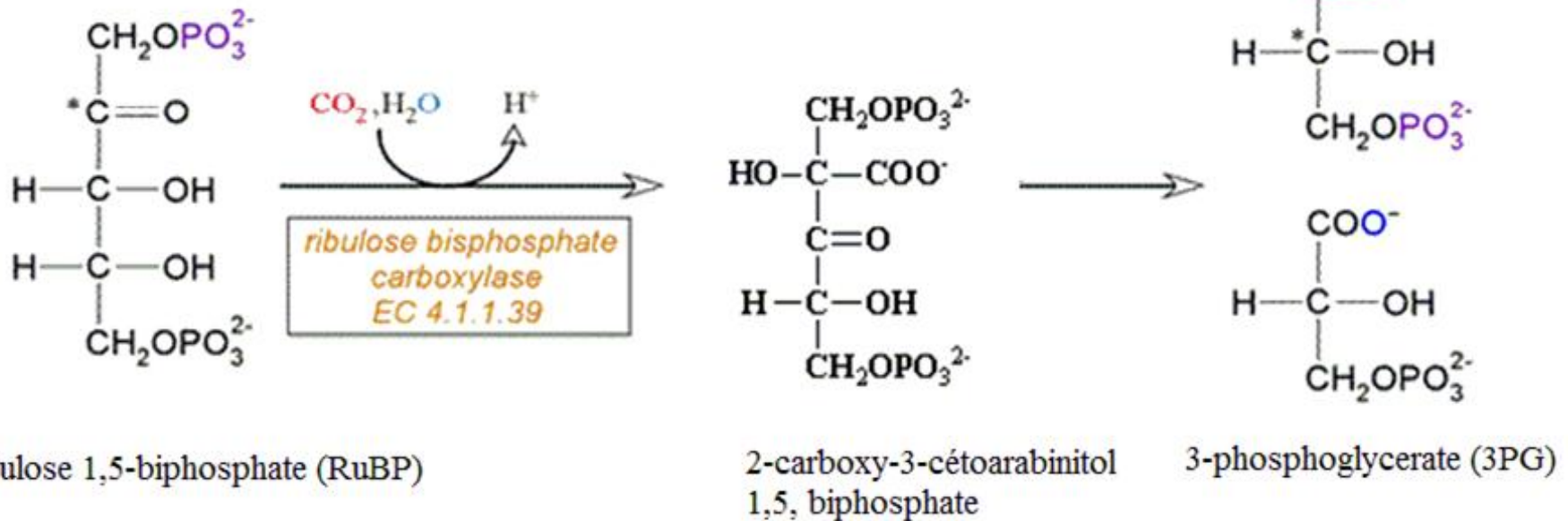
NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (2/11)
- ▶ 4.1.1.1. Rubisco: 02 réactions
- ▶ Carboxylation



NUTRITION CARBONNEE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (3/11)
- ▶ 4.1.1.1. Rubisco: 02 réactions
- ▶ Carboxylation



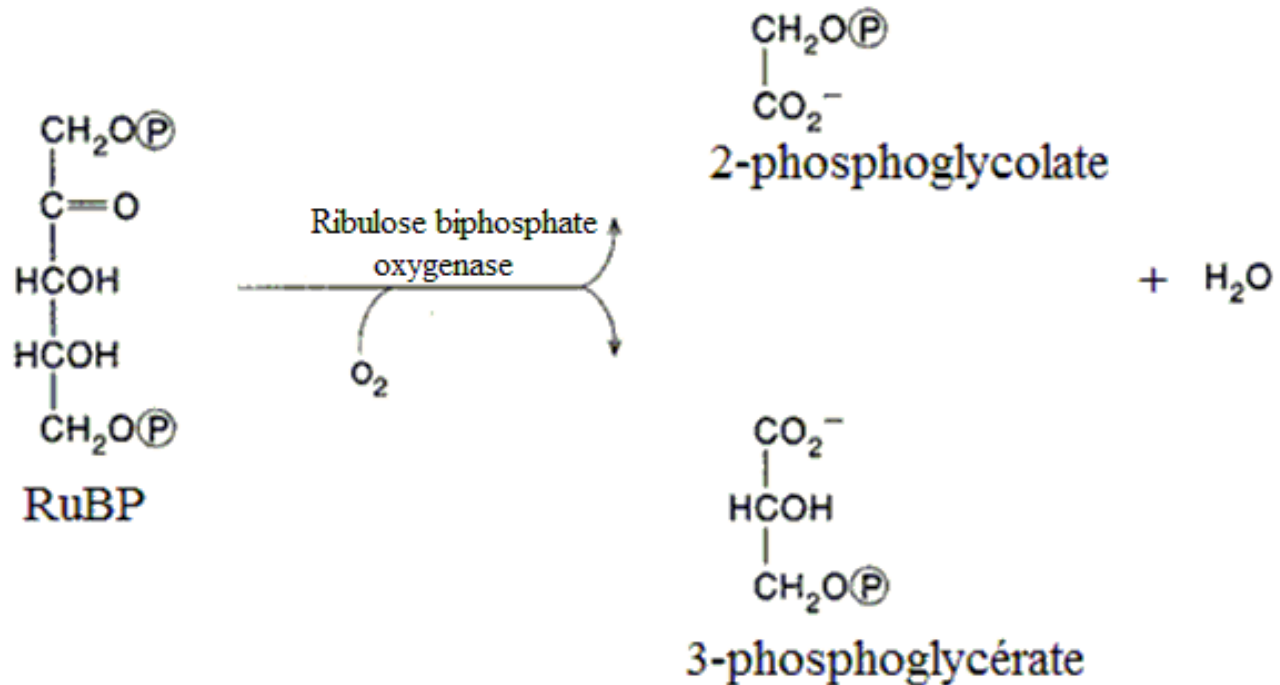
NUTRITION CARBONNEE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (4/11)
- ▶ 4.1.1.1. Rubisco: 02 réactions
- ▶ Oxygénation = Photorespiration



NUTRITION CARBONNEE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (5/11)
- ▶ 4.1.1.1. Rubisco: 02 réactions
- ▶ Oxygénation = Photorespiration



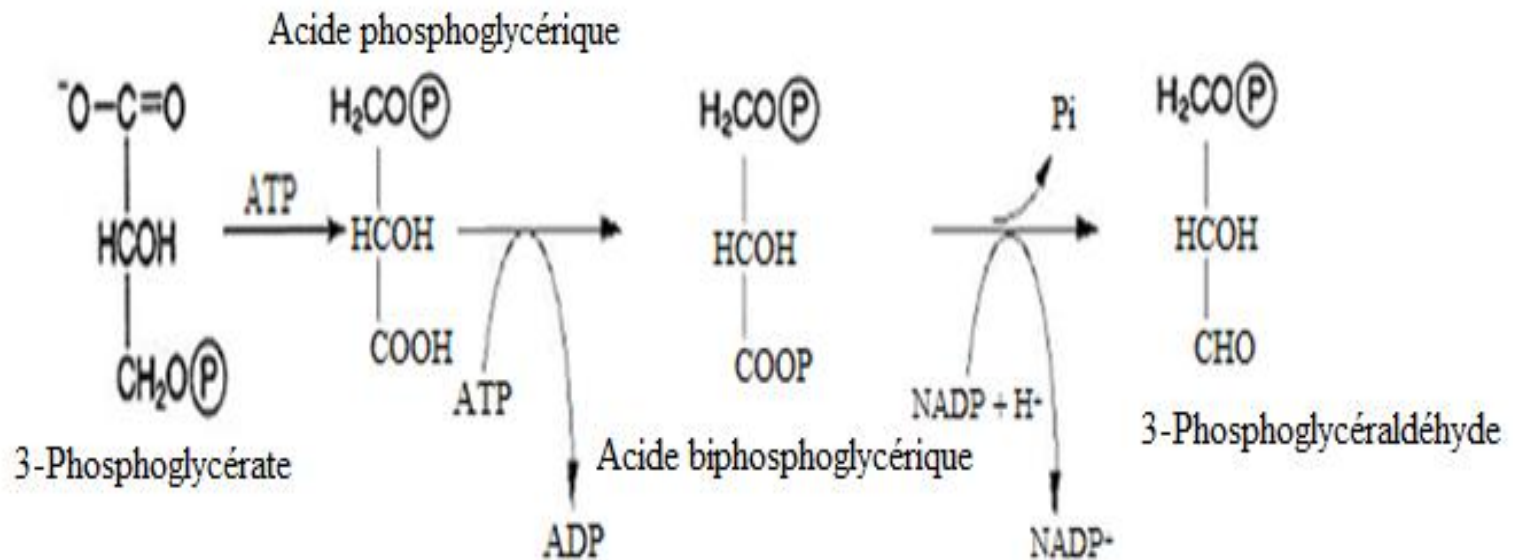
NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (6/11)
- ▶ 4.1.2. Réduction du carbone fixé
- ▶ Correspond à la réduction du 3-phosphoglycérate.



NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (7/11)
- ▶ 4.1.2. Réduction du carbone fixé



NUTRITION CARBONNEE

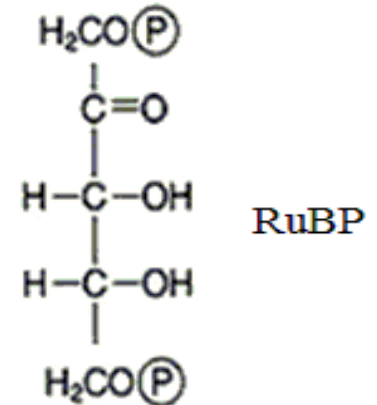
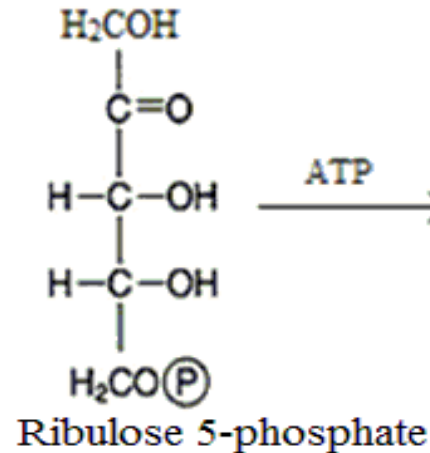
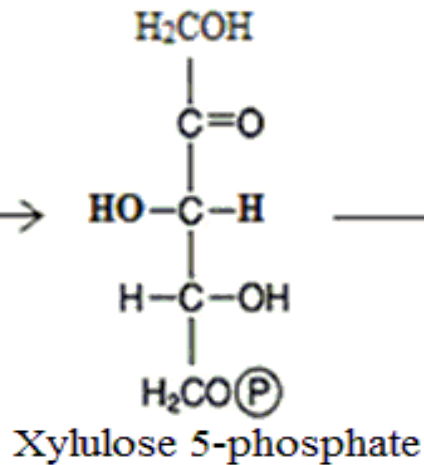
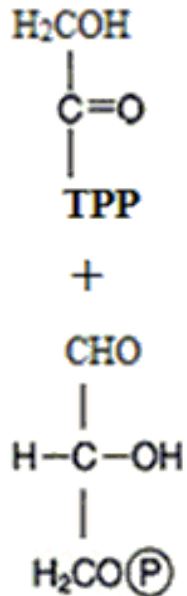
- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (8/11)
- ▶ 4.1.3. Régénération de la RuBP
- ▶ A partir des 5/6 du 3-Phosphoglycéraldéhyde en utilisant de l'ATP.

NUTRITION CARBONÉE

► 4.1. Le cycle de Calvin (9/11)

Glycéraldéhyde actif à TPP

TPP : Pyrophosphate de Thiamine



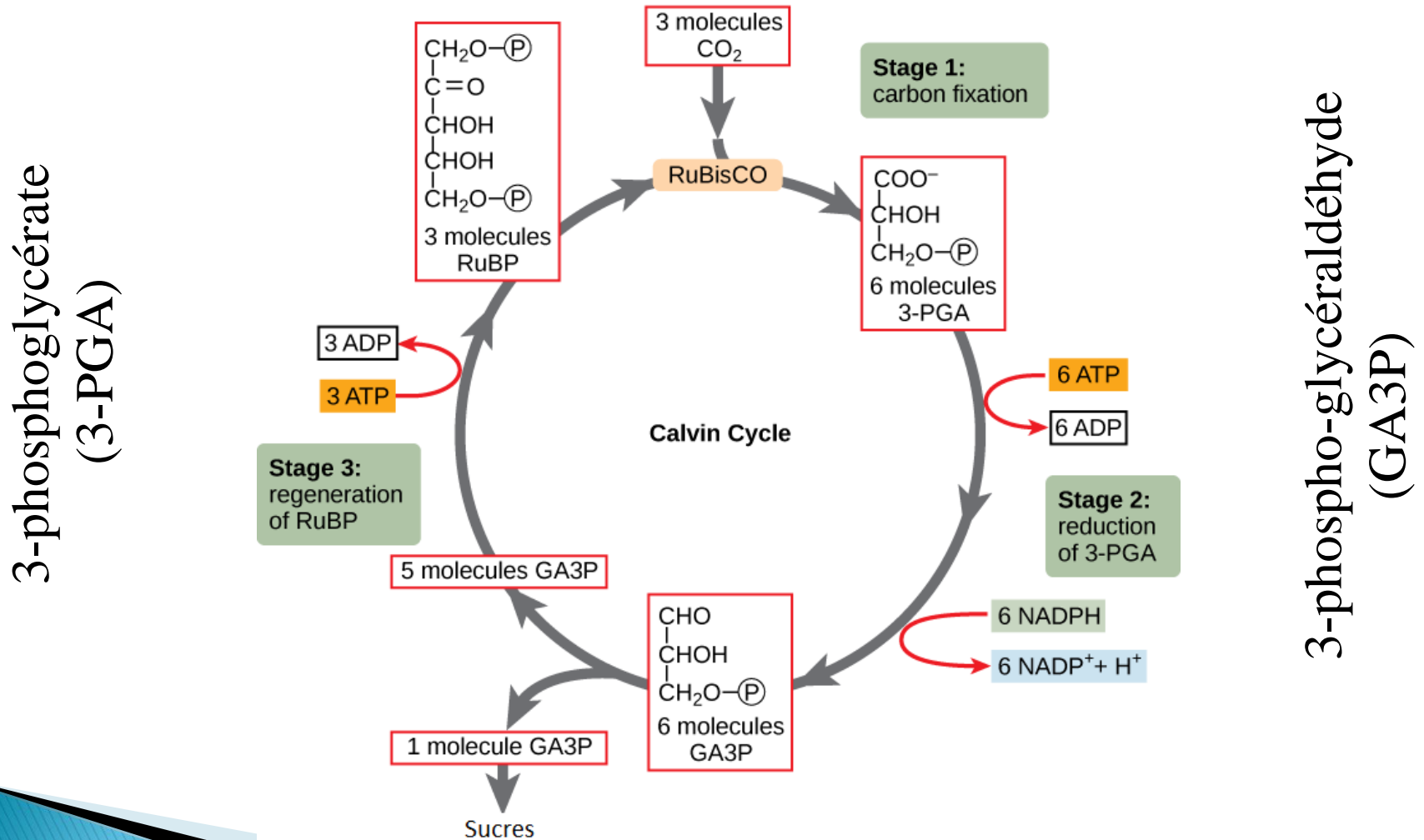
3-phosphoglycéraldéhyde

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 4.1. Le cycle de Calvin (10/11)
- ▶ 4.1.4. Synthèse des sucres
- ▶ 1/6 du 3-Phosphoglycéraldéhyde produit dans le cycle de Calvin sera principalement transformé en glucides :
- ▶ Saccharose (α -Glu-Fruct) qui est la forme transportée dans la sève élaborée.
- ▶ Amidon qui est la forme de mise en réserve (α -1,4-Glu).

NUTRITION CARBONÉE

4.1. Le cycle de Calvin (11/11)



NUTRITION CARBONÉE

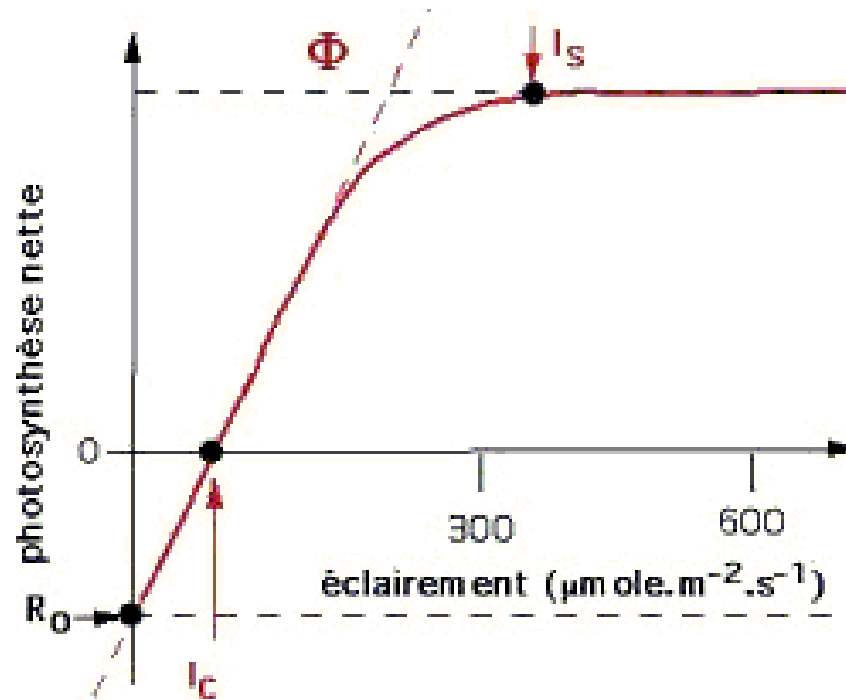
- ▶ 5. Action des facteurs externes
- ▶ Dans l'habitat naturel des plantes, chaque fonction physiologique est influencée simultanément par plusieurs facteurs du milieu.
- ▶ 03 facteurs.
- ▶ Lumière
- ▶ Température
- ▶ Concentration en CO₂

NUTRITION CARBONÉE

▶ 5.1. Lumière

- ▶ Croît avec la lumière.
- ▶ Lorsque l'intensité lumineuse augmente progressivement, l'intensité de la photosynthèse augmente.
- ▶ A partir d'une certaine intensité lumineuse, l'intensité de la photosynthèse augmente moins rapidement et atteint finalement la saturation.

NUTRITION CARBONÉE



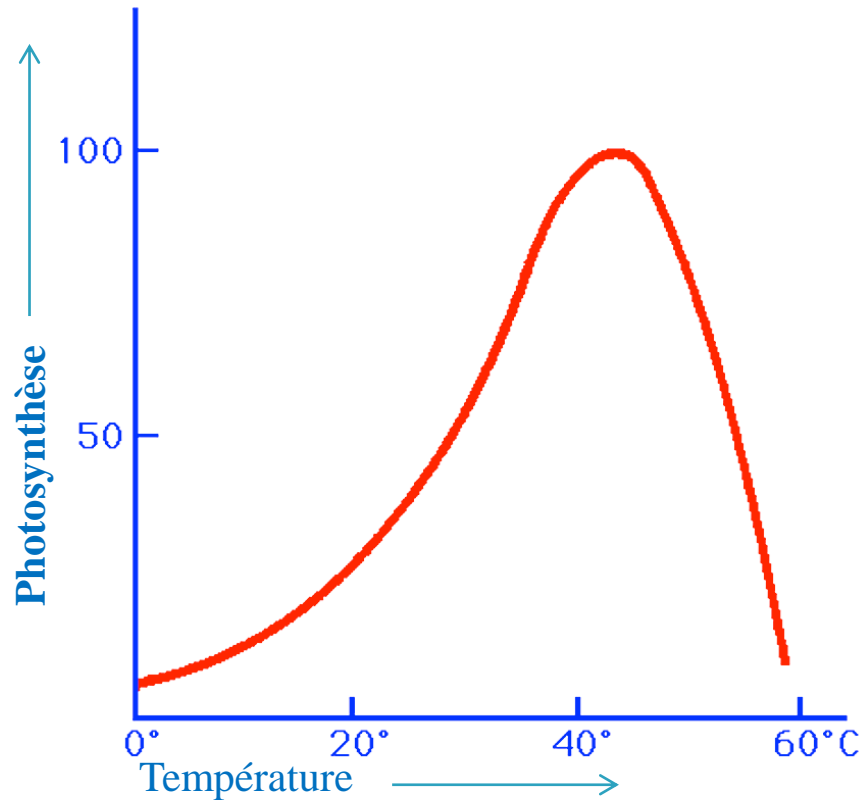
Influence de la lumière sur la photosynthèse

NUTRITION CARBONÉE

▶ 5.2. Température

- ▶ Augmente aussi avec la température jusqu'à une certaine limite (40 -50°C) ou elle chute pour s'annuler peu après.

NUTRITION CARBONÉE



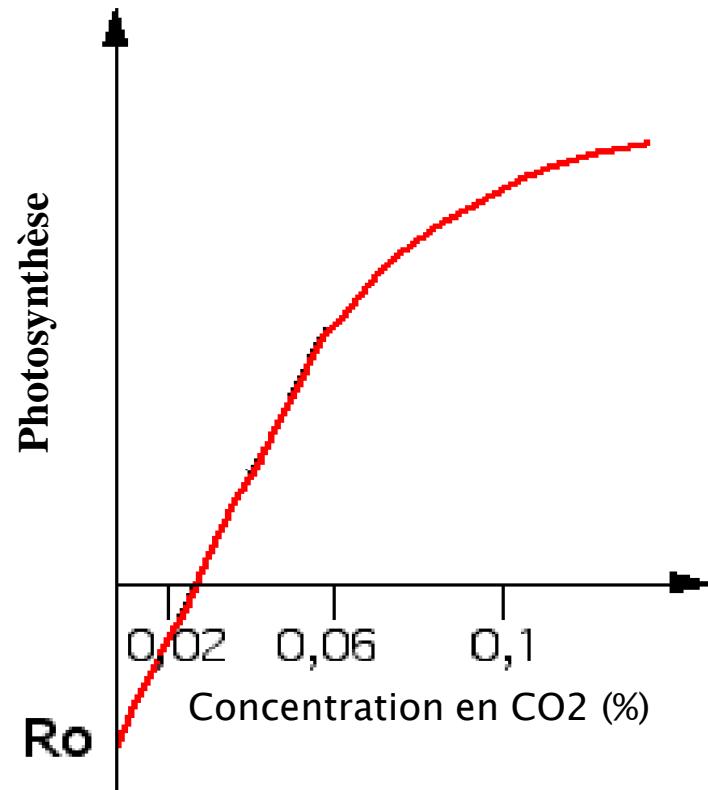
Influence de la température sur la photosynthèse

NUTRITION CARBONÉE

▶ 5.3. CO₂

- ▶ Augmentation de la concentration du CO₂ atmosphérique augmente la photosynthèse.

NUTRITION CARBONEE

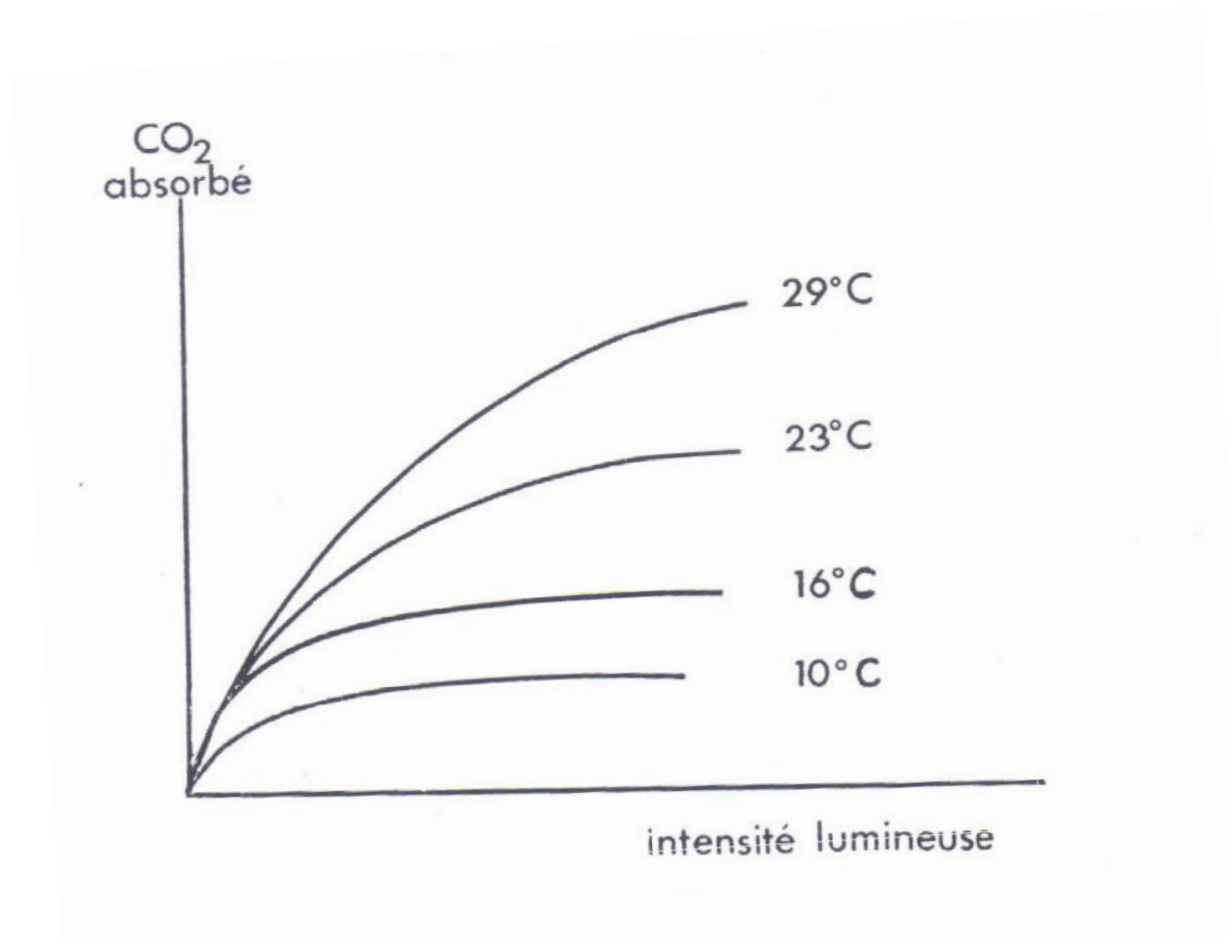


Influence de la Concentration en CO₂ sur la photosynthèse

NUTRITION CARBONÉE

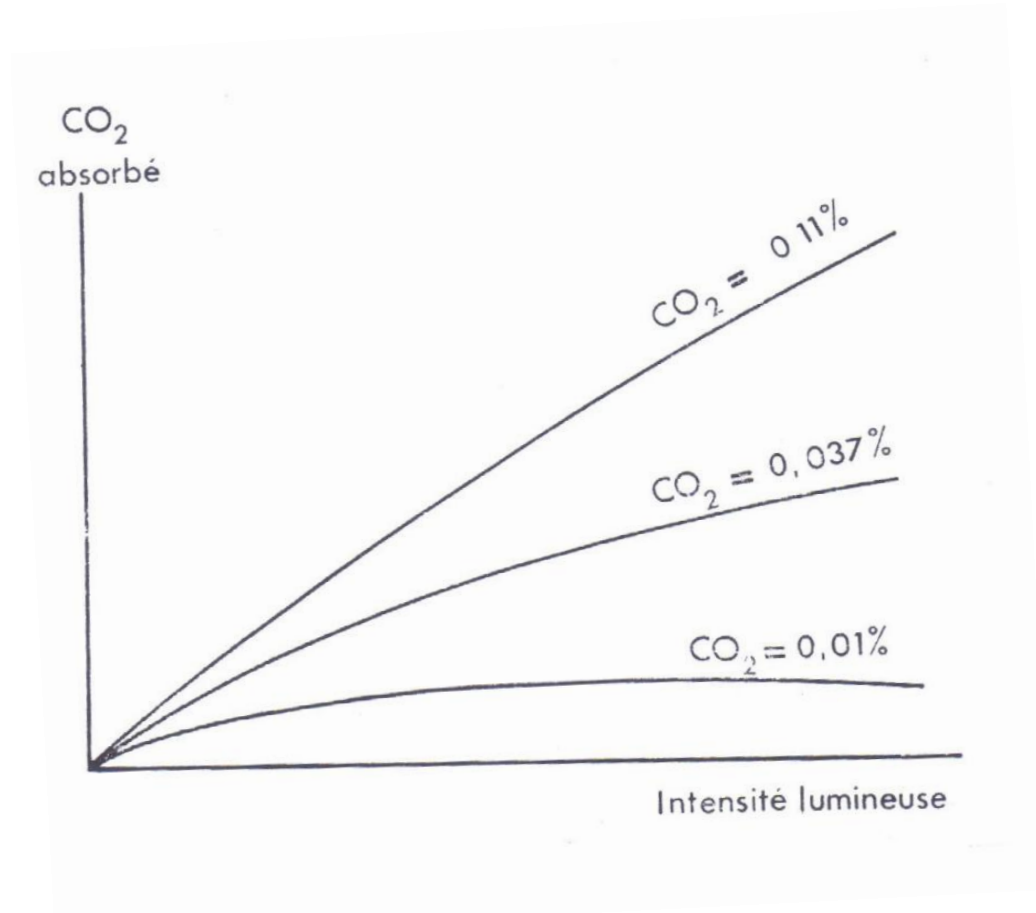
- ▶ 5.4. Loi des facteurs limitants
- ▶ 03 facteurs jouent un rôle fondamental dans la photosynthèse.
- ▶ Leur interaction obéit à la loi du minimum ou des facteurs limitants (loi de Blackman) « *Quant un processus est conditionné dans sa rapidité par plusieurs facteurs, la vitesse du processus est limitée par l'importance du facteur le plus faible* ».

NUTRITION CARBONÉE



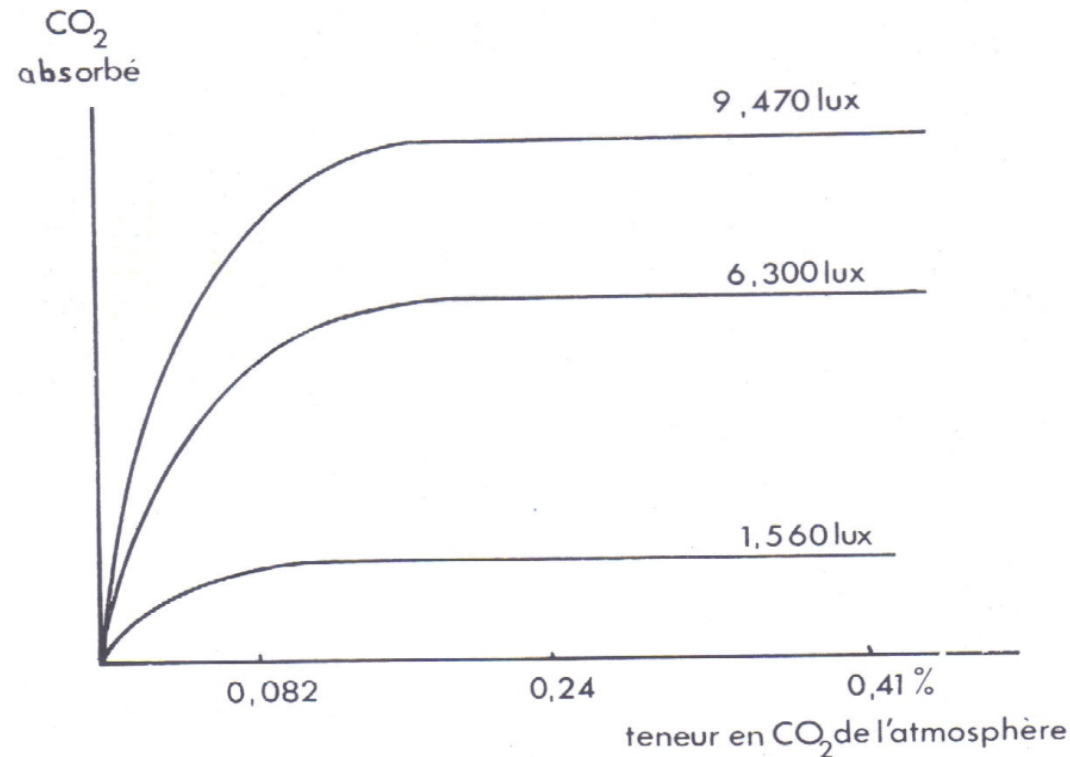
Intensité de la photosynthèse en fonction de la lumière à $\neq t^{\circ}$

NUTRITION CARBONÉE



Intensité de la photosynthèse en fonction de la lumière à $\neq []$ en CO₂

NUTRITION CARBONNEE



Intensité de la photosynthèse en fonction de la teneur de l'atmosphère en CO₂ pour ≠ intensités lumineuses

NUTRITION CARBONÉE

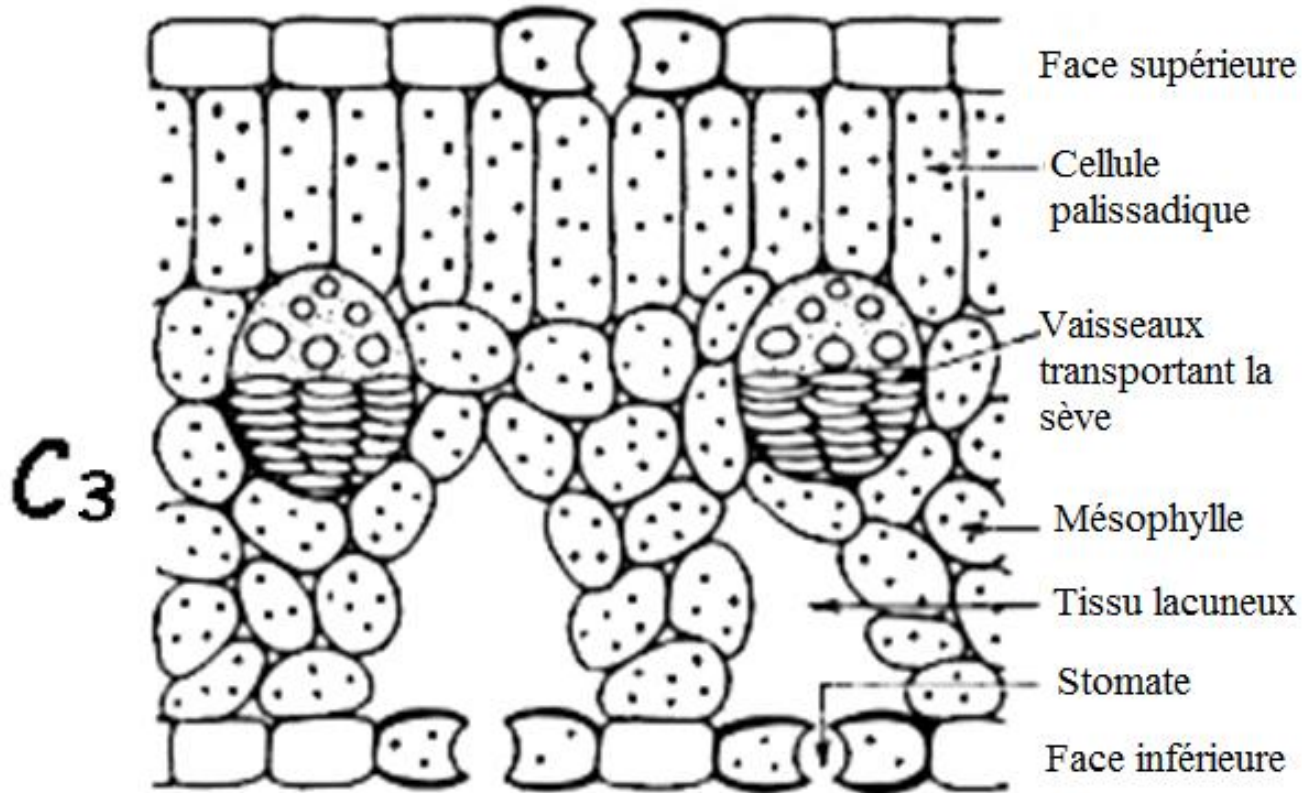
- ▶ 6. Photosynthèse et plantes en C_3 (1/3)
- ▶ Utilisent des **molécules à trois carbones** pour la formation de leurs sucres. Elles vivent principalement dans des milieux tempérés.
- ▶ Leur vitesse de fixation du CO_2 croît avec l'intensité lumineuse, jusqu'à un certain seuil appelé intensité lumineuse saturante, qui correspond à la vitesse maximale d'assimilation du CO_2 .

NUTRITION CARBONNEE

- ▶ 6. Photosynthèse et plantes en C_3 (2/3)
- ▶ Généralement l'intensité lumineuse saturante des plantes en C_3 est très basse (l'activité carboxylase de la Rubisco est lente).
- ▶ La teneur en CO_2 est principalement le facteur limitant de la photosynthèse.
- ▶ La photosynthèse se réalise au niveau des cellules palissadiques.

NUTRITION CARBONÉE

6. Photosynthèse et plantes en C_3 (3/3)



Coupe de feuille des plantes en C_3

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 7. Photosynthèse et plantes en C₄ (1/5)
- ▶ Vivent également en milieu tempéré mais dans des conditions particulières (telles que sols salés).
- ▶ Les plantes C₄, effectuent une "préfixation" du CO₂ sur un acide organique à 3 carbones (souvent le phospho-énolpyruvate) et le transforment en un acide organique à 4 carbones avant les réactions du cycle de Calvin.

NUTRITION CARBONÉE

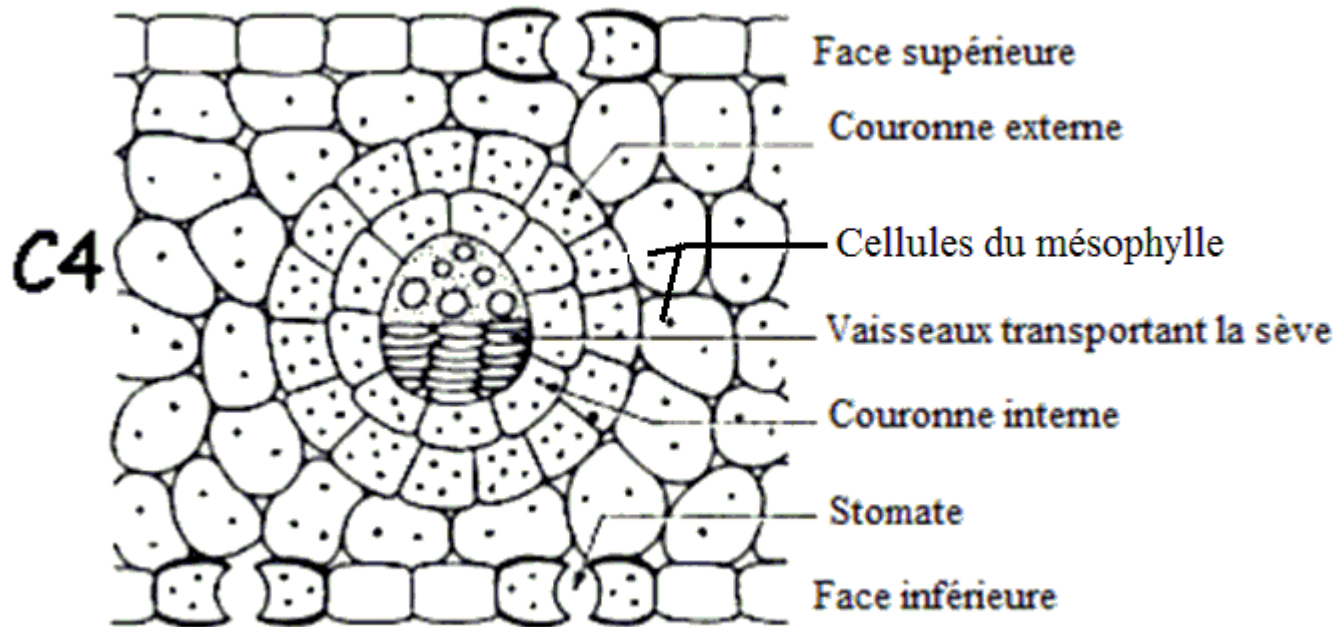
- ▶ 7. Photosynthèse et plantes en C₄ (2/5)
- ▶ La photosynthèse se réalise autour des faisceaux libéroligneux dans 02 types de cellules.
- ❖ Les cellules du mésophylle dans lesquelles se passe la réaction supplémentaire.
- ❖ La couronne interne (gaine périvasculaire) qui récupère le CO₂ des cellules du mésophylle via la couronne externe.

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 7. Photosynthèse et plantes en C_4 (3/5)
- ▶ Séparation spatiale de la production et de la concentration de CO_2 avec les réactions photosynthétiques.
- ▶ L'intérêt est que les enzymes des plantes en C_4 travaillent avec des pressions partielles en CO_2 plus faibles que celles nécessaires aux enzymes du cycle de Calvin.
- ▶ Principal facteur limitant est faible intensité lumineuse.

NUTRITION CARBONÉE

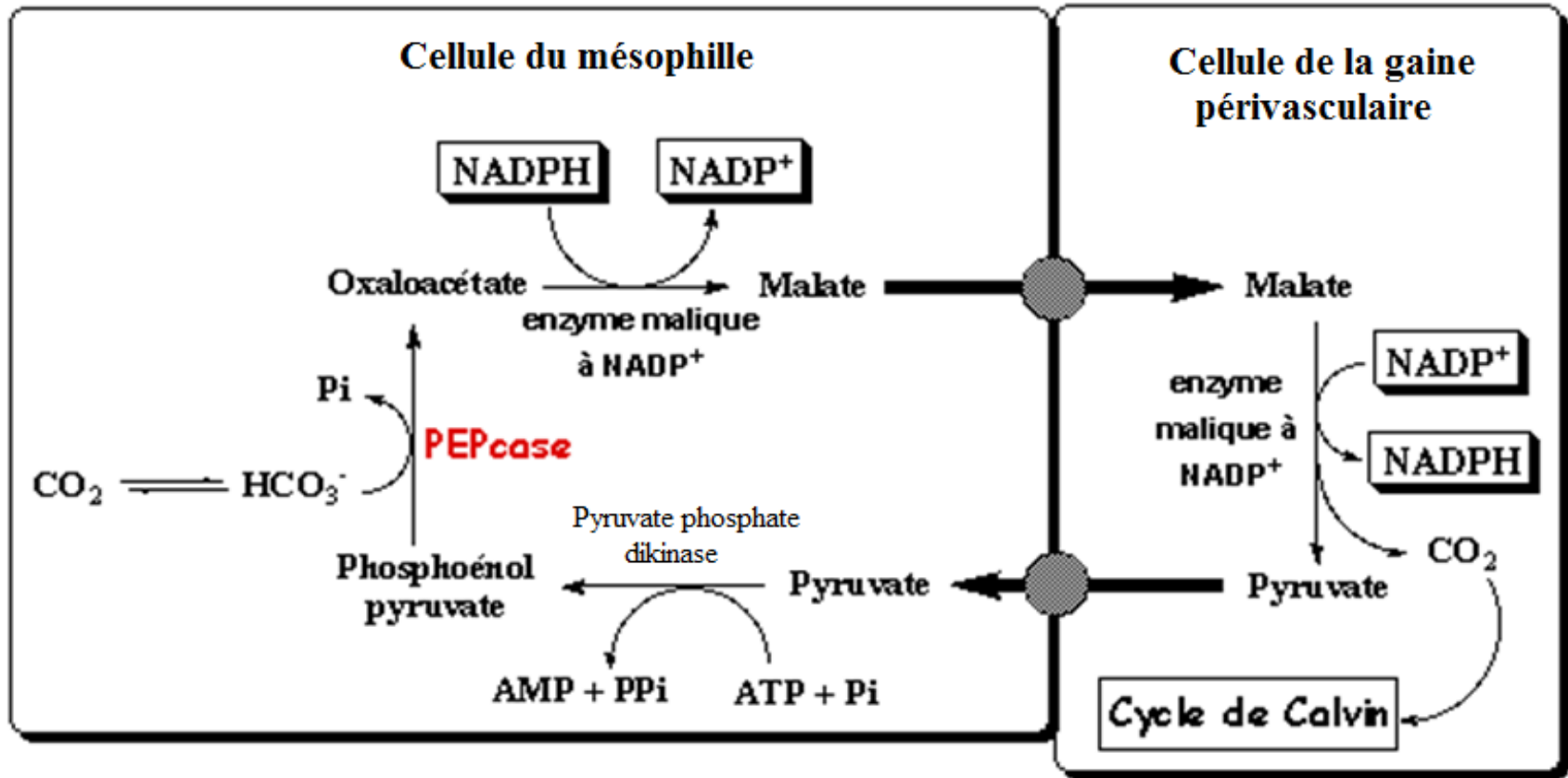
7. Photosynthèse et plantes en C₄ (4/5)



Coupe de feuille des plantes en C₄

NUTRITION CARBONÉE

7. Photosynthèse et plantes en C₄ (5/5)



NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 8. Photosynthèse et plantes CAM (1/4)
- ▶ Les plantes CAM (pour Crassulacean Acid Metabolism) sont des plantes vivant en milieu aride, nécessitant une économie en eau (Ex: *Aizoaceae*, *Cactaceae*, *Bromeliaceae* « *Ananas comosus* (L.) Merr. », *Crassulaceae* etc).

NUTRITION CARBONÉE

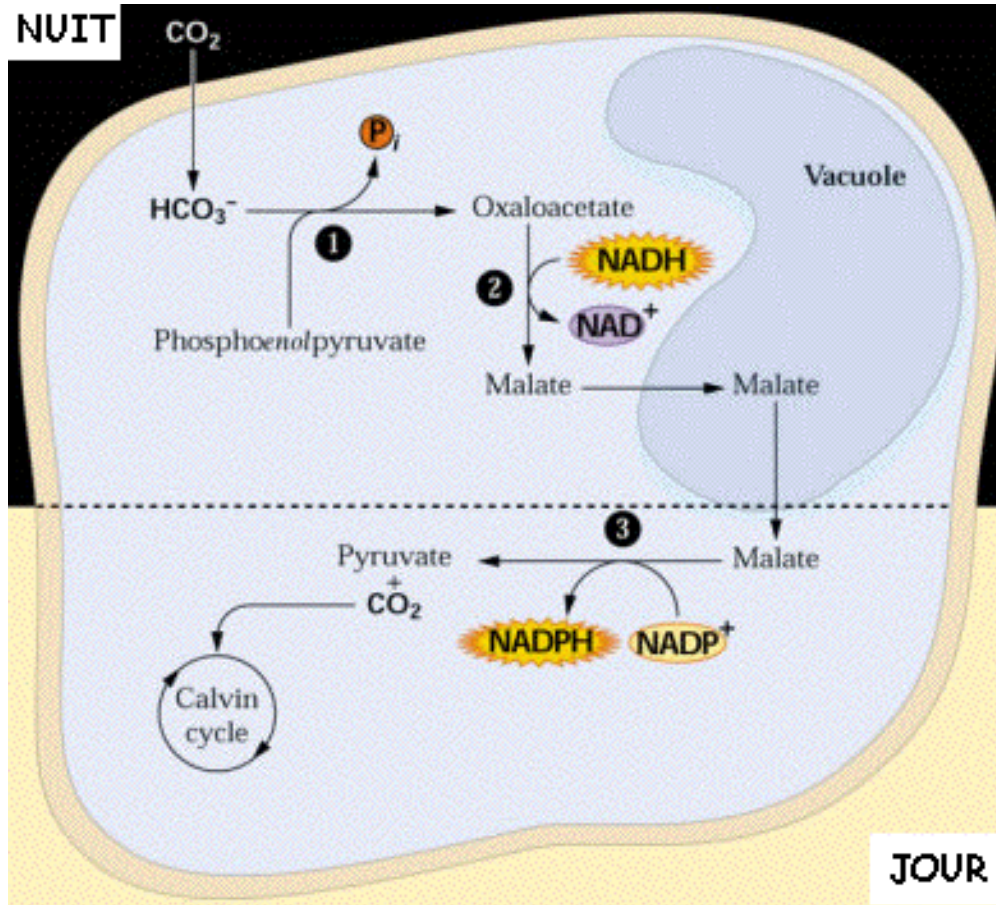
- ▶ 8. Photosynthèse et plantes CAM (2/4)
- ▶ Elles utilisent exactement la même réaction supplémentaire que les plantes en C_4 et se distinguent donc de celles-ci par une assimilation nocturne du CO_2 .

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ 8. Photosynthèse et plantes CAM (3/4)
- ▶ La fixation du CO₂ n'est pas séparée dans l'espace mais dans le temps.
- ▶ Entre la production, la concentration du CO₂ et les réactions rentrant en compte, on a *une séparation temporelle*.
- ▶ La photosynthèse se réalise dans des cellules du mésophylle.

NUTRITION CARBONNEE

8. Photosynthèse et plantes CAM (4/4)



NUTRITION CARBONNEE

- ▶ Remarque
- ▶ les plantes C_4 et CAM sont deux adaptations aux milieux secs (voir arides).
- ▶ Les pertes d'eau par CO_2 fixé sont chez les plantes CAM de 3 à 6 fois moindres que chez les plantes C_4 et de 4 à 10 fois moindres que chez les plantes C_3 .

NUTRITION CARBONÉE

- ▶ Conclusion
- ▶ Responsable de la synthèse de matière organique à partir de la lumière solaire et d'aliments minéraux, 02 phases.
- ▶ Influencée par plusieurs facteurs, dont leur interaction obéit à la loi de Blackman.
- ▶ Fonction de leur comportement face à la photosynthèse, les plantes se divisent en trois groupes.