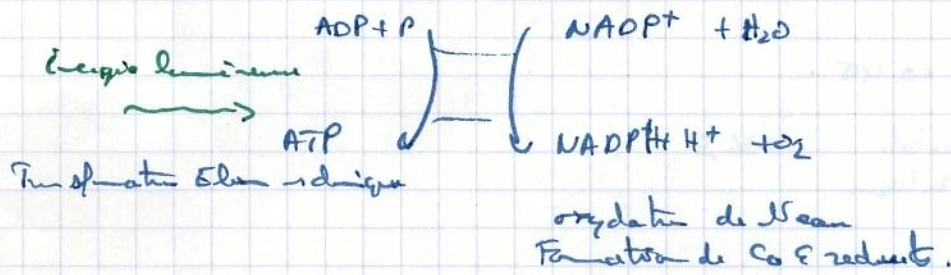
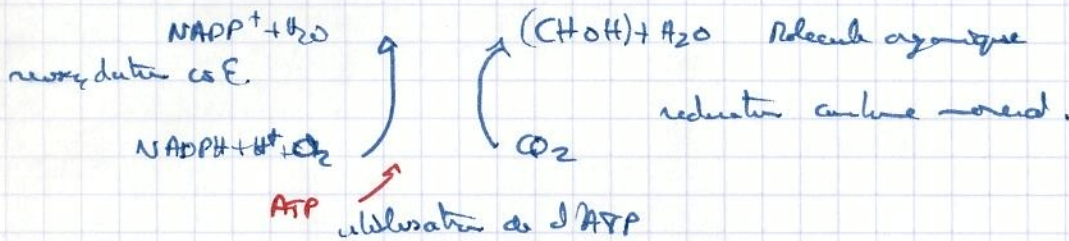


LA PHOTOSYNTHESE : UTILISATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE :



Cette première étape nécessite lumière : Phase photochimique.
Phase lumineuse.

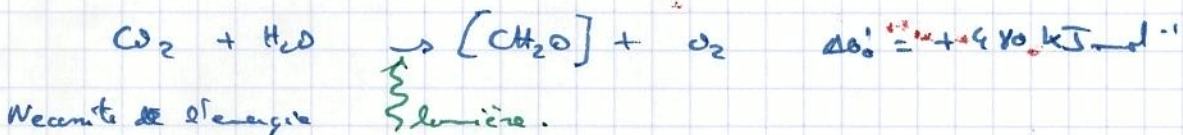
Reduction du carbone inorgan.



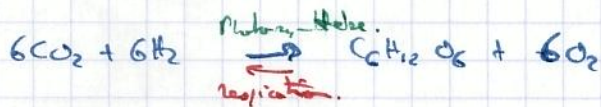
Pas besoin de lumière : Phase thermodynamique
 Phase obscure.

I Approche historique de quelques photosynthétiques :

Reaction globale :



Nécessite de l'énergie lumineuse.

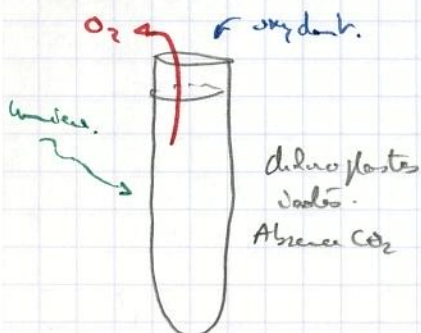


Observation : 1771 Priestley observe que plantes repartent O_2 de la lumière.

1937

A) La réaction de Hill 1937

Met en évidence l'existence d'un pouvoir réducteur



Observations : repart d' O_2 .

en absence de CO_2 mais présence d'oxydant.

(l'oxydant ne pouvant pas du CO_2)?

Le CO_2 ne joue le rôle que d'accepteur de proton et e⁻ oxydant.

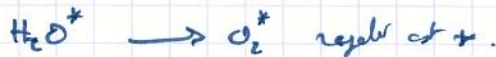
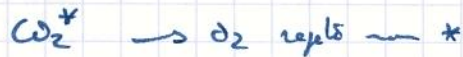
Pl: origine O_2 ?

origine e^- et H^+ qui ont réduit l'oxydant } H_2O .

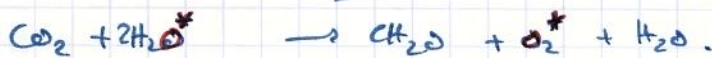
B) l'oxygène provient de l'eau 1940 Ruben - Kamen 1940.

Radioactivité.

CO_2^* est radioactif



Conclusion: l'ox repète avant de l'eau.



réduction des CO_2 par l'eau.

Photoq: l'ox réduction entre CO_2 et H_2O .

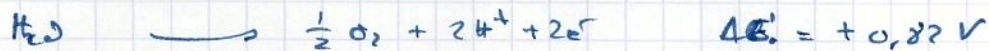
C) le reactif de Hill peut être remplacé par des $NADP^+$



$NADP^+$ intermédiaire de la photosynthèse.

se réduit en captant e^- et H^+ .

Photosynthèse: oxydation de l'eau par $NADP^+$

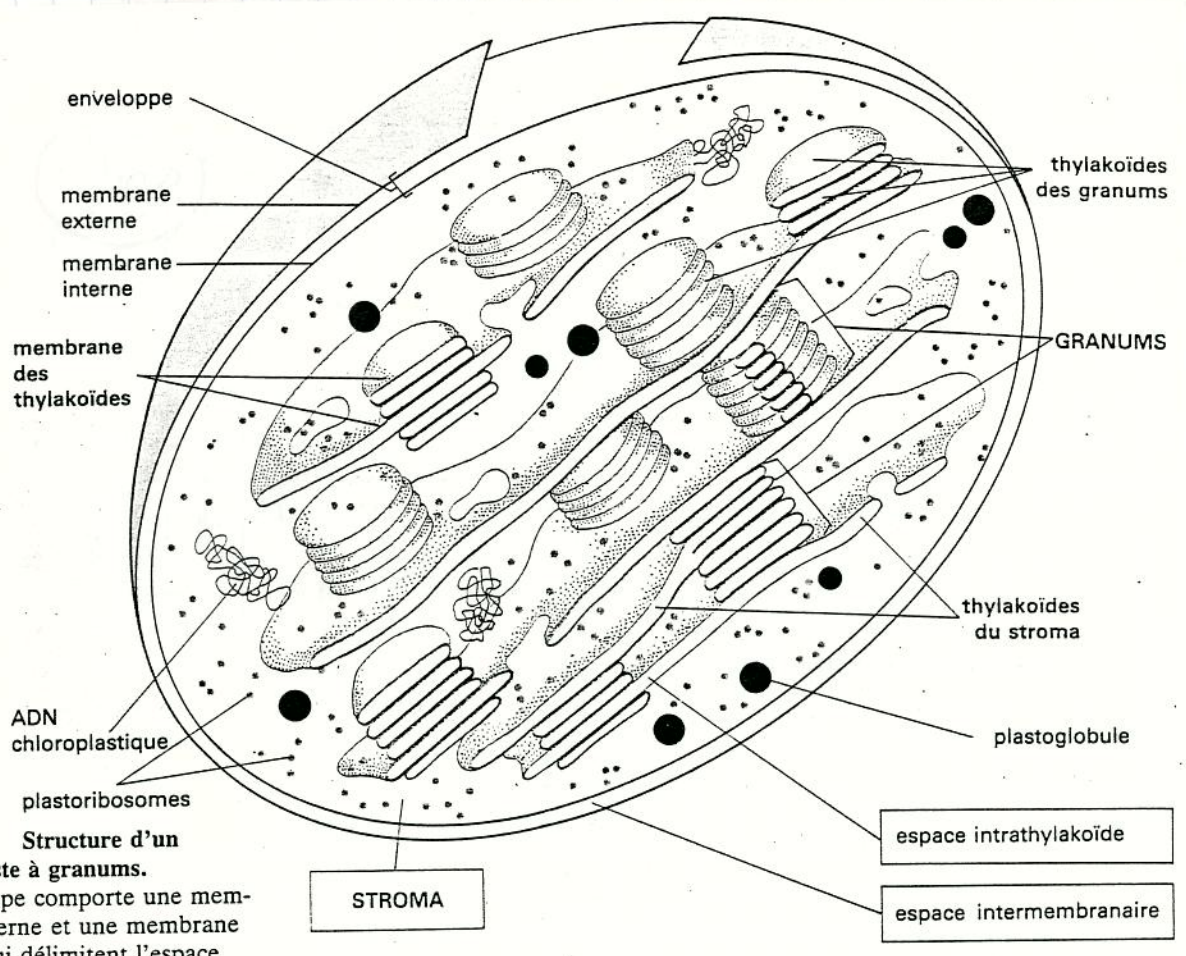


ox oxydation de l'eau par $NADP^+$ spontanée. $0,82 \rightarrow -0,32$.

(Transfert spontané sans circuit). $\Rightarrow$ Appart $\Delta E'$ extérieur: lumière.

II le chloroplaste siège des réactions photosynthétiques

300 -



Structure d'un chloroplaste à granums.
 L'enveloppe comporte une membrane externe et une membrane interne qui délimitent l'espace intermembranaire ; l'enveloppe isole le stroma du hyaloplasme. Dans le stroma baignent des thylakoïdes de deux types : des thylakoïdes empilés formant les granums, des thylakoïdes qui s'étendent dans le stroma ; ce sont respectivement les thylakoïdes des granums et ceux du stroma. Les membranes des thylakoïdes isolent des espaces intrathylakoïdes. Le stroma renferme des chaînes d'ADN chloroplastique, des ribosomes et des plastoglobules.

A) la structure.

Double — b.

A l'intérieur des lamelles // de la gélasse du chloroplaste. Thylakoïdes du stroma.

Entre ces thylakoïdes : d'autres des p/b : thylakoïdes du granum. → granum.

organite doublement compartimenté.

- c/à stroma. (organite doublement compartimenté).
- c/à lamelles thylacoïdes.
- c/à espace intra — b.

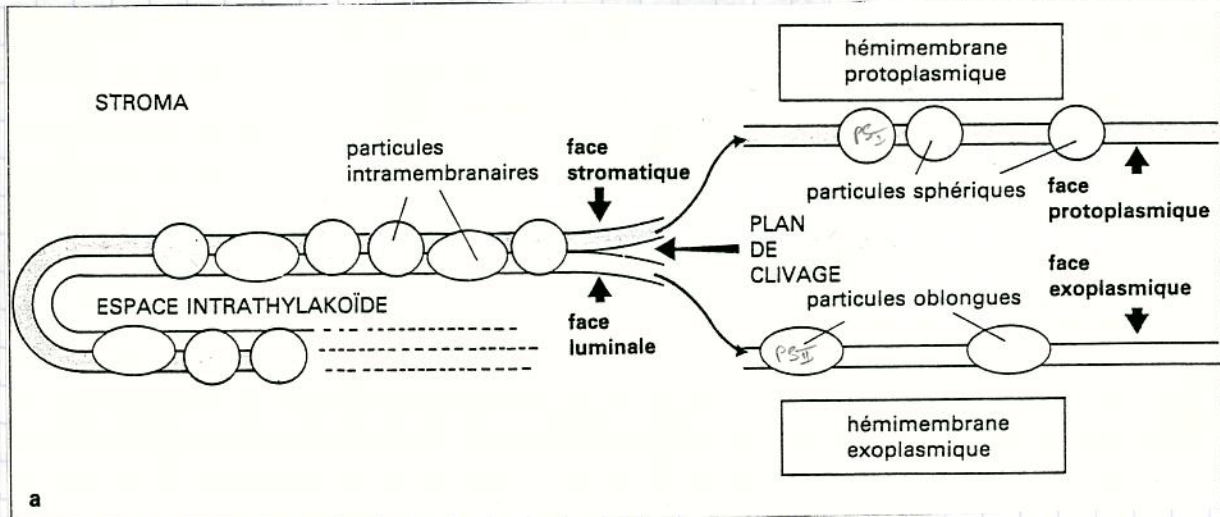
Des les $\rightarrow$ particules sphériques
ovales (chloroplastes)

lorsqu'on regarde les $\rightarrow$ l'hémimembrane côté stroma $\rightarrow$ sphériques particules.

diminution
thylacoides

301

Structure de la membrane des thylakoïdes : observation de répliques obtenues par la technique de cryodécoupage.
a) Quand la fracture passe tangentielle à la surface des thylakoïdes, leur membrane est clivée en son milieu. Les répliques montrent soit la face de l'hémimembrane située en regard de l'espace intrathylakoïde ou face exoplasmique E, soit la face de l'hémimembrane située en regard du stroma ou face protoplasmique P. Lors du clivage les particules intramembranaires restent enchassées dans l'une ou l'autre hémimembrane.



Stroma: tissu membraneux dense à rotation, $\rightarrow$ ADN circulaire sensible aux bactéries, ribosomes $\rightarrow$ centre autorépliquant (inf. et rRNA), grains d'amidon, plastoglobules de nature lipidique (réserves pour l'élaboration des lipides).

B) Origine.

1) Issue de division de chloroplastes existants.

2) Autogénèse. $\rightarrow$ Symbiogenèse $\rightarrow$ d'algues bleues.

3) Par différenciation d'organelles préexistantes = proplastides.

Il y en a des fois des q. végétales jeunes $\rightarrow$ encore différenciés $\rightarrow$ proplastides jeunes

en différenciation: Double $\rightarrow$ double double



$\rightarrow$ chloroplaste $\rightarrow$ chlorophylles
 $\rightarrow$ chloroplastes $\rightarrow$ végétaux

structure différenciée. $\rightarrow$ Possibilité d'absorption des photons.

Origine évolutive des chloroplastes.

Ancienne cyanobactérie, des *Procaryotes* anciens. Endosymbiose.

Différenciation animal / végétal.

Expt: Comparaison mitochondrie / chloroplaste.

Cytochrome b.

Formation segmentaire...

exclut

ET catalyse / Anabolisme.

III Les réactions de la phase photosynthétique.

Phase photosynthétique.

- oxydation de l'eau

- Réduction des $NADP^+$

- Formation ATP.

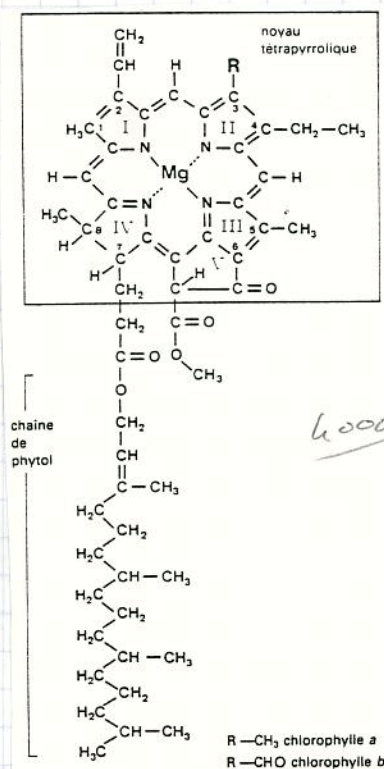
} Nécessite lumière.

luminos efficace $\rightarrow$ Capture pour pouvoir être utilisée.

A) Capture de l'énergie lumineuse.

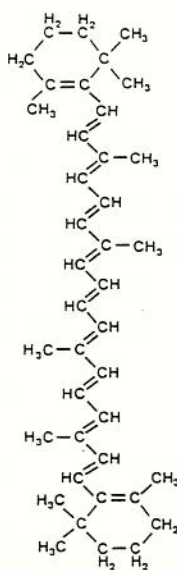
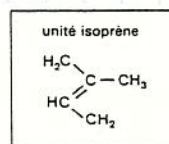
1) grâce aux pigments chlorophylliens captant l'énergie lumineuse.

a) les chlorophylles. (a et b)

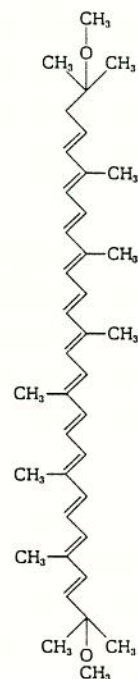


R — CH₃ chlorophylle a
R — CHO chlorophylle b

chlorophylles



β -carotène



Spirilloxanthine

Moynan tetrapyrrolique. Altération de liaisons simples et doubles $\Rightarrow$ surface plane.

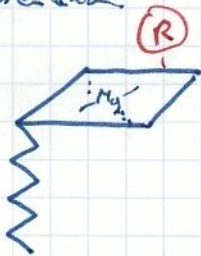
ls hydrophobe.

4 cycles aux $\Rightarrow$ cyclisés.

An centre ion magnésium lié par liaisons électrostatiques à N.

chaîne carbonée phytol.

Représentation



Moynan tetrapyrrolique.
queue phytol.

$R = CH_3$ d.l. prophylla a.

$R = CHO$ d.l. prophylla b.

b) les caroténoïdes (lipides).

Stéroïde pcarotène. 8 unités isoprène $\Rightarrow$ 5 carbone.

chaîne carbonée cyclisée aux extrémités.

chaîne alt 1 / 2 doubletons.

Entièrement hydrophobe.



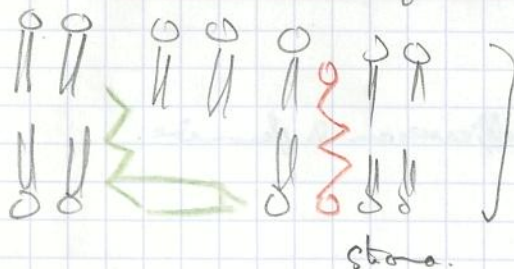
c) les xanthophylles.

Ressemble aux caroténoïdes.

Caroténoïdes
xanthophylles } - caroténoïdes.

localisation : à l'intérieur des $\rightarrow$ des thylacoïdes

molécules hydrophobes $\Rightarrow$ 2^{de} couche lipidique.
l'intérieur thylacoïde.



plupart situés sur la face stromatique

$\rightarrow$ Thylacoides.

stroma.

2) les pigments captent différentes longueurs d'ondes.

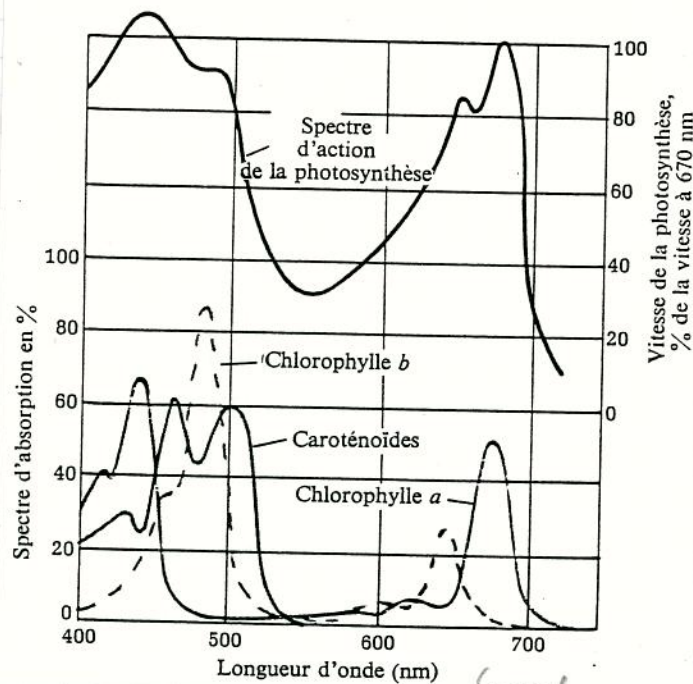
Spectre d'absorption d'une sol de pigments chlorophylliens.

violet 400 nm

rouge 750 nm

Radiation chlorophylle : Rouge bleu jaune. } ces des pigments chlorophylliens.

Spectre d'action de la photosynthèse dans les cellules des plantes vertes comparé au spectre d'absorption de la chlorophylle et des caroténoïdes présents; de 550 à 680 nm, le spectre d'action reflète le spectre d'absorption des chlorophylles seul (préparé par Govindjee).



Chlorophylle a bleu 420 et rouge 680-700.

Chlorophylle b bleu rouge

Caroténoïdes bleu (entre max a et b) ou après b.

Grd dépendance 550-620: aucun pigment ne les absorbe. Vert.

Les plantes sont vertes.

3) Toutes les radiations absorbées sont elles utiles.

3) Rapport entre spectre d'absorption et spectre d'action.

Éclairage filtré dégageant O_2 .

Les reactions absorbées sont celles qui ont efficacia sur le phénomène.

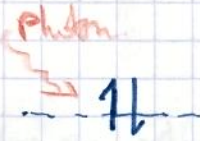
4) Recursos de la capota: fuente colectora de energía.

luminous $\rightarrow$ Photons. $E = h \frac{c}{\lambda}$

d possible E.gd.

violet + énergétique que rouge.

1 Ein Leinwand + elizir.



Pain de torréque.

Ekst stald.

$\frac{1}{2}$

Etat excité

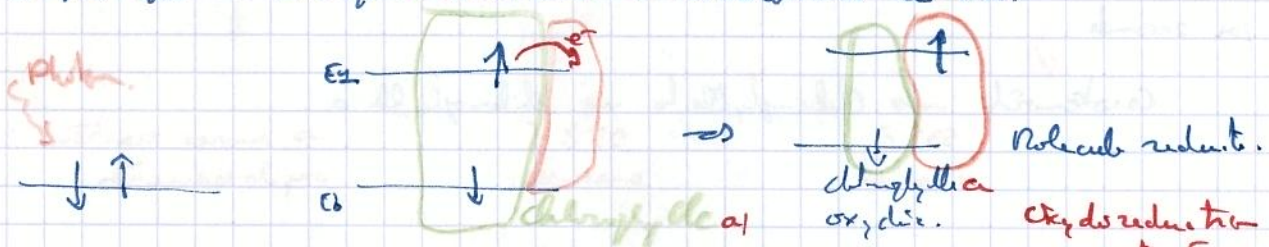
1^{re} hypothèse : D évalue à son état stable

Ph

reborn et sur son
orbital origine.

Quinn range (5d d) Net d'E per report area
deput.

D faut que E converge exactement à la différence $E_n - E_{n-1}$.



Molecular reduction.

change the
oxide.

Chq de réduction
non spontané.

li la chlorofylle est associée à un ^{corps} ~~corps~~ axiale d'O⁻ (un oxydant)

1'e vent des cingls

Plasma d'oxydation permet un apport d'énergie.

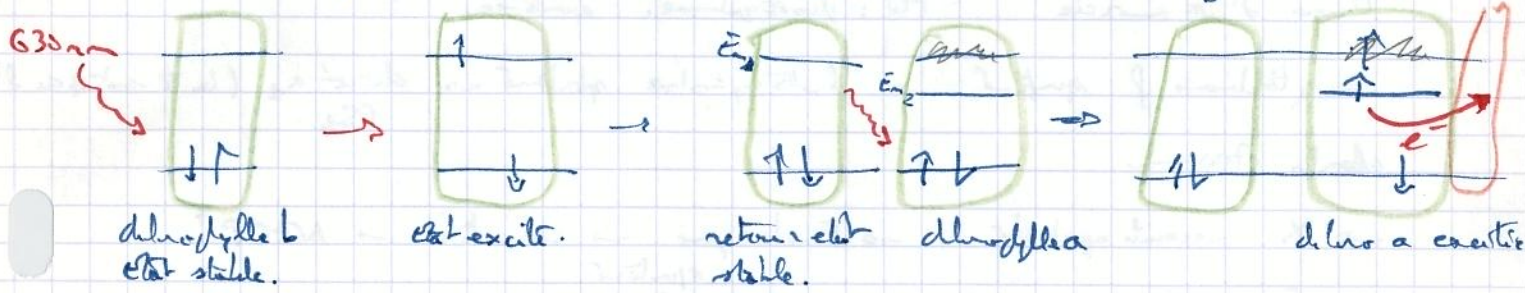
Neuriti energi → $Ph_{\text{ok}} = \text{beries}$.

die Notwendigkeit wurde.

Leuk le delinghelt a cot anferave. volaet st wrenn onne de dain

or γ do reduction

Transferts énergétiques de l'épave à l'épave. $\neq$ échelle.



dulcify the
that stable.

cal exit.

return: elb
stable.

Chrysothrix

delno a castru

Adenosine
cytosine

Ce dernier est intéressant car rayonnements non absorbables par chloro a $\Rightarrow$ efficace par intermédiaires.

Le pigment chloro groupé en ans associé à un mb en antenne collectrices.

$\Rightarrow$ Capt

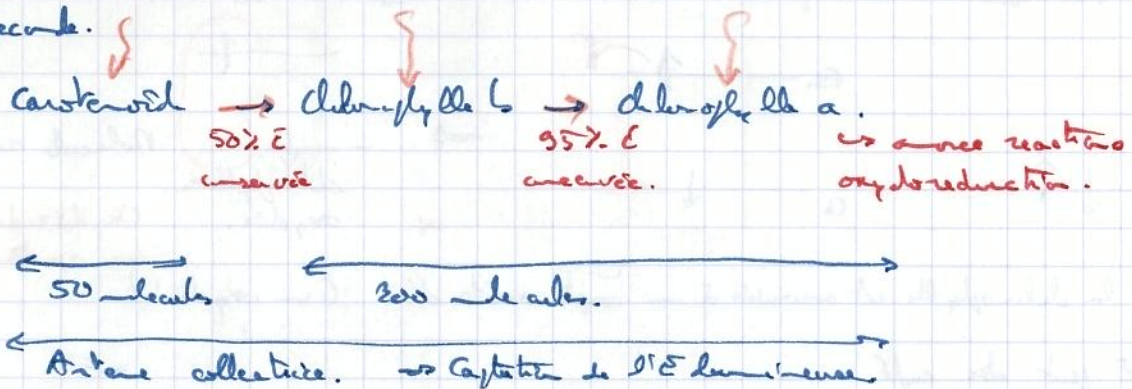
role chloro b, caroténoïdes = captent rayonnements et les transmettent aux autres pigments.
 Énergie jusqu'à la chlorophylle a.

Transfert des unités d'excitation des longueurs d $(E = \frac{hc}{\lambda})$

Tout est transféré à la chlorophylle a.

Intensité de la lumière : Cruciale - réaction beaucoup + important.

Ce système permet d'augmenter le rendement du système d'oxydoréduction qui peut être 100 fois par seconde.



On se rend compte de la structure.

Les réactions d'oxydoréduction provoquées par l'absorption d'E lumineuse.

Deux niveaux de la chaîne de transport.

1) Transport initial d'e⁻ = chaîne initiale d'oxydoréduction.

PS II
 l'e⁻ du chloro a pris en charge par PQ = quinone.
 $\rightarrow$ $\rightarrow$ on a une réaction d'oxydation externe.

chaîne d'oxydation PQ : plastoquinone. spontanée.

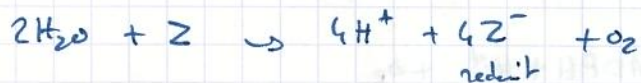
$\rightarrow$ cytochrome b₆ $\rightarrow$ plastoquinone $\rightarrow$ chloro a₂ (la π est de l'a₂ PS II absorbant 700nm.

$\rightarrow$ X $\rightarrow$ recensement d'e⁻. $\rightarrow$ Ferredoxine $\rightarrow$ réduction $\rightarrow$ NADP⁺

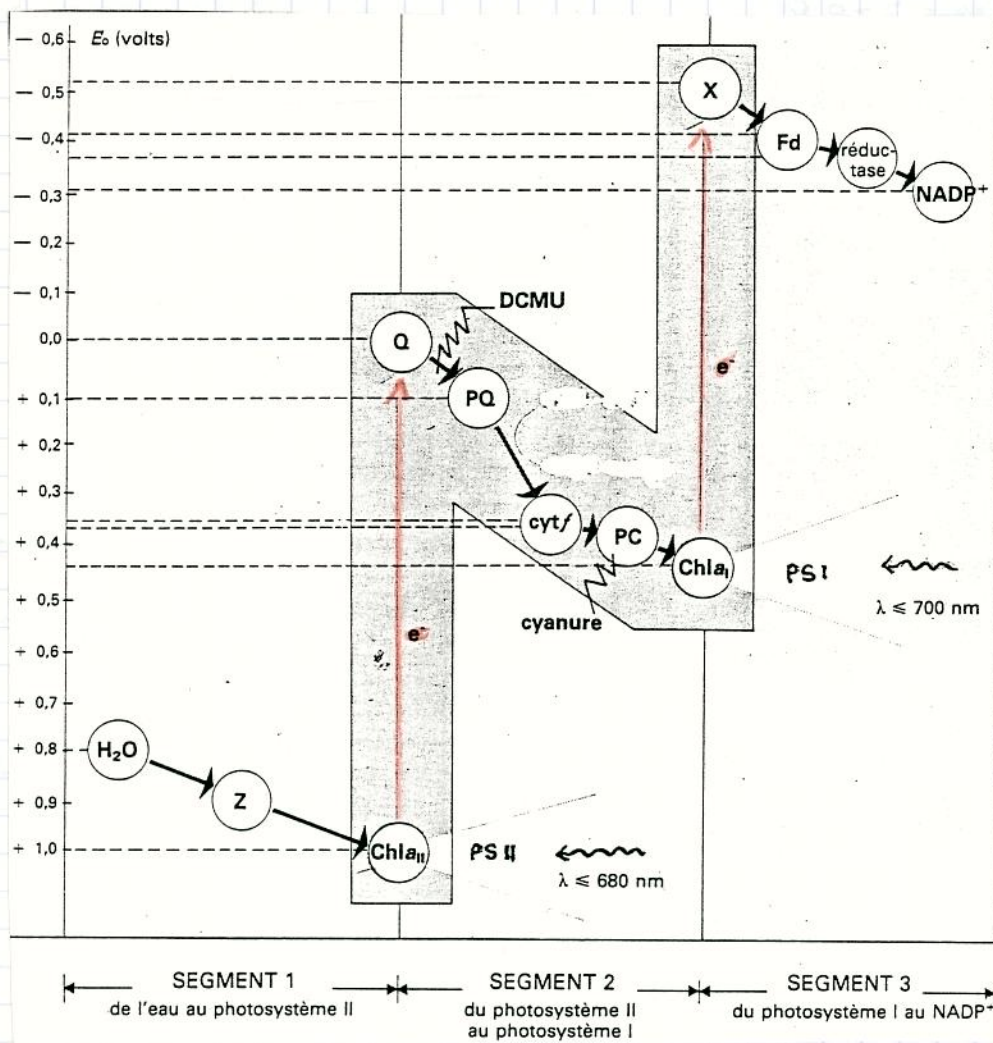
l'e⁻ peut venir $\rightarrow$ 1^{er} pt station où il est pris en charge.

chloro a₂ $\rightarrow$ NADP⁺

Il faut que chloro a_{II} récupère les e⁻ venant de l'eau
grâce à la photolyse de l'eau. (oxydée pour 2.)



origine de l'oxygène de la photosynthèse.

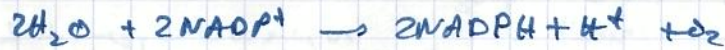


Transport d'électrons et photophosphorylation.

Dans chacun des trois segments de la chaîne photosynthétique, les électrons vont du constituant ayant le plus haut potentiel standard d'oxydoréduction E'_0 à celui qui a le plus bas potentiel soit : de l'eau à la chlorophylle piège a_{II} , de l'accepteur primaire Q à la chlorophylle piège a_I et de l'accepteur primaire X au NADP^+ . L'énergie fournie par un photon de longueur d'onde inférieure ou égale à 680 nm fait passer un électron de la chlorophylle a_{II} à l'accepteur Q du photosystème II, cette première réaction photochimique élève le potentiel de cet électron de + 1,0 volt à zéro volt environ. De même l'énergie fournie par un photon de longueur d'onde inférieure ou égale à 700 nm fait passer un électron de la chlorophylle a_I à l'accepteur X du photosystème I, cette seconde réaction photochimique élève le potentiel de cet électron de + 0,4 volt à - 0,6 volt. Cette représentation montrant les variations du potentiel des électrons le long de la chaîne de transport a une forme en zig-zag, on l'appelle encore schéma en Z. La phosphorylation de l'ADP en ATP est couplée à ce transport non cyclique des électrons, les sites de couplage étant localisés dans le premier et le second segment de la chaîne.

Z, donneur primaire du photosystème II ; PQ, plastoquinone ; cytf, cytochrome f ; PC, plastocyanine ; Fd, ferrédoxine ; réductase, ferrédoxine- NADP^+ réductase. Le transport des électrons dans le second segment de la chaîne peut-être inhibé par le DCMU (dichlorométhylurée) ou le cyanure.

Ce photosystème convertit l'énergie lumineuse d'e⁻ de l'eau qui est oxydée pour former l' NADP^+ qui est réduit.



$$E_{\text{eau}} = 0,80$$

thermodynamiquement impossible sans apport d'énergie extérieure.

$$E_{\text{NADP}} = -0,32$$

Neemse par étapes impliquées à 2 niveaux par les photos.

Ce système convertit en 2 décomposé en 3 parties.

Système 1 eau $\rightarrow$ PSII

Système 2 $\text{PSII} \rightarrow \text{PSI}$

Système 3 $\text{PSI} \rightarrow \text{NADP}^+$

Système ouvert (les e⁻ qui entrent $\neq$ ceux qui sortent).

2) Transport cyclique. (dans l'oxydoreduction fermée).

$\text{PSI} \xrightarrow{\text{photon}} \text{X} \xrightarrow{\text{donne qu'on se}} \text{Fd} \rightarrow \text{cyt b}_6 \rightarrow \text{PQ} \rightarrow \text{cyt f} \rightarrow \text{PC} \rightarrow \text{cyt b}_6$

Système fermé. c'est la $\rightarrow$ équilibre entre le donneur et le récepteur.

Les besoins de l'oxydoreduction $\rightarrow$ pour l'eau de photosynthèse de l'eau

on se produit pour l' NADPH

Il a été exclusivement le 1^{er}

localisation.



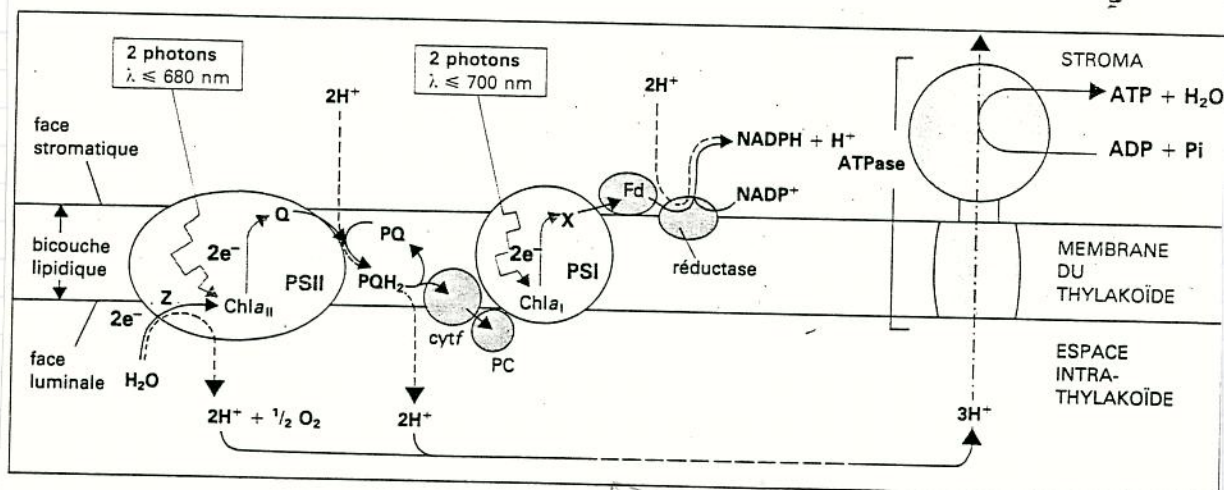
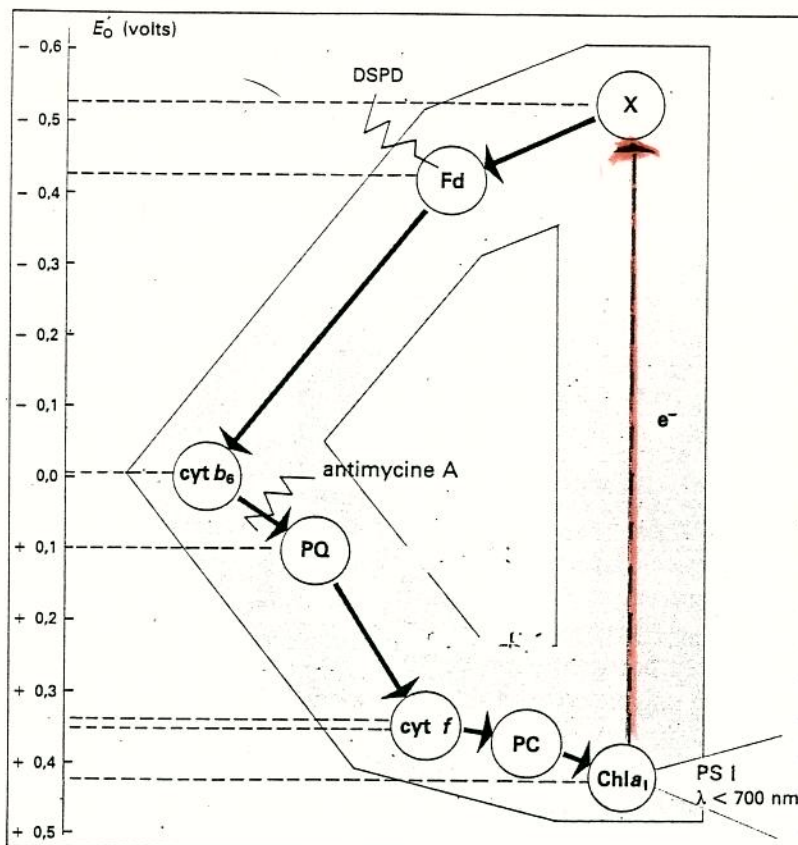
PSI au niveau de contact avec stroma.

PSII : particules stromales.

PSI : particules adjacentes stroma.

Transport cyclique d'électrons et photophosphorylation.

Un photon de longueur d'onde inférieure ou égale à 700 nm fait passer un électron de la chlorophylle piège a_1 à l'accepteur X du photosystème I. La réaction photochimique ayant élevé le potentiel de cet électron, celui-ci revient à la chlorophylle a_1 par la ferrédoxine Fd, le cytochrome b_6 , la plastoquinone PQ, le cytochrome f et la plastocyanine PC dont les potentiels standard d'oxydoréduction E'_0 sont de plus en plus bas. La phosphorylation de l'ADP en ATP est couplée à ce transport cyclique d'électrons, le site de couplage étant situé entre la plastoquinone et le cytochrome f comme l'un des sites de couplage associé au transport d'électrons non cyclique (voir figure précédente). Le transport cyclique d'électrons est inhibé par l'antimycine A ou le DSPD (disalicylidènepropane diamine); il n'est pas inhibé par le DCMU qui bloque le passage des électrons entre les deux photosystèmes dans le cas du transport non cyclique.



Translocation de protons et photophosphorylation.

Compte tenu de l'orientation vectorielle des constituants de la chaîne de transport photosynthétique, les électrons qui vont de l'eau au NADP^+ traversent plusieurs fois la membrane du thylakoïde : ils passent en effet successivement de la face lumineuse à la face stromatique puis retournent vers la face lumineuse avant de revenir vers la face stromatique ; de plus comme la chaîne comporte des transporteurs d'électrons qui alternent avec des transporteurs d'hydrogène (plastoquinone PQ et ferrédoxine- NADP^+ réductase) certaines étapes du transport d'électrons sont associées à un transport de protons.

Au cours du transport d'une paire d'électrons de l'eau au NADP^+ il y a translocation de deux protons du stroma vers l'espace intrathylakoïde, la plastoquinone réduite PQH_2 leur faisant traverser la membrane. Lors de la réduction du NADP^+ , deux protons sont également prélevés dans le stroma et transférés à la ferrédoxine- NADP^+ réductase dont le coenzyme est le FAD ; un des deux protons utilisés est restitué au stroma quand deux électrons sont transférés du FADH_2 au NADP^+ .

Le bilan est donc de trois protons prélevés dans le stroma : deux traversent la membrane et un est consommé pour la réduction du NADP^+ . Dans l'espace intrathylakoïde quatre protons sont libérés : deux par translocation et deux lors de l'oxydation de l'eau.

L'énergie nécessaire au transport non cyclique d'une paire d'électrons est fournie par quatre photons : deux photons ($\lambda \leq 680 \text{ nm}$) qui sont absorbés par le photosystème II (PS II) et qui permettent le transfert de deux électrons de la chlorophylle a_{II} à l'accepteur QII ; deux photons ($\lambda \leq 700 \text{ nm}$) qui sont absorbés par le photosystème I (PSI) et qui permettent le transfert de deux électrons de la chlorophylle a_I à l'accepteur X. Cette énergie est convertie en un gradient électrochimique de protons au cours du transport d'électrons, gradient qui tend à faire revenir les protons dans le stroma. Le retour de trois protons dans le stroma par la base hydrophobe d'une ATPase permet au niveau de la sphère CF_1 la phosphorylation d'une molécule d'ADP (d'après P.C. Hinkle et R.C. McCarty, 1978).

C) Conversion de l'énergie lumineuse en ATP.

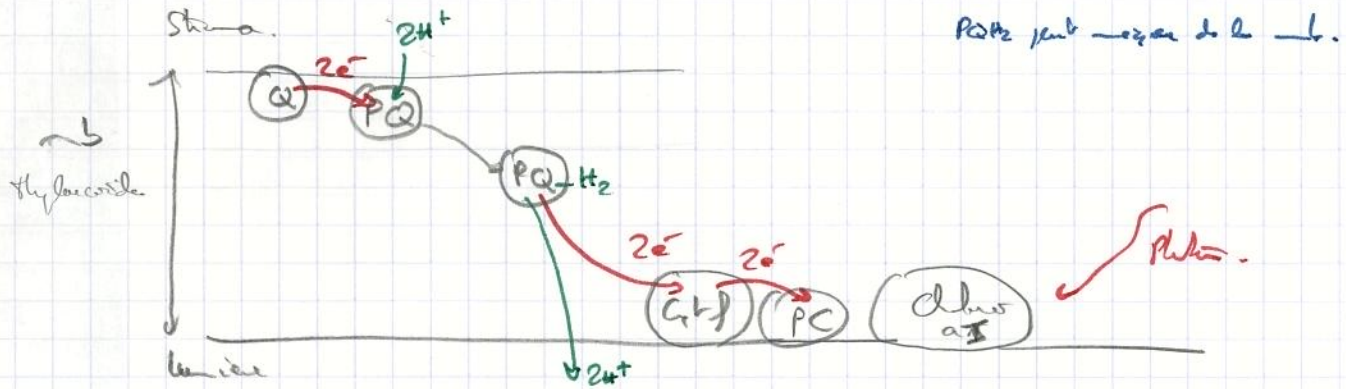
L'énergie avec les réactions d'oxydation réductibles sans elles et ces réactions vont libérer de l'énergie.

1) Conversion de l'E de réactions d'oxydation en potentiel électrochimique

Théorie électrochimique du photosynthèse.

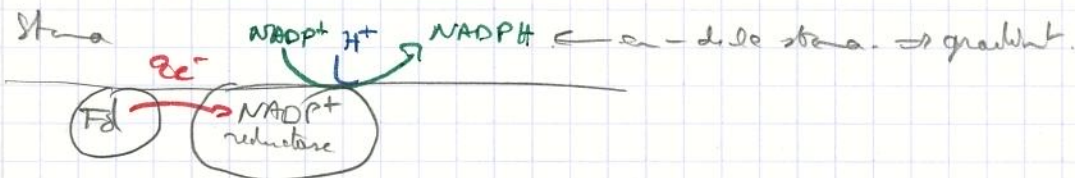
Création du potentiel électrochimique

- translocation de protons. entre plastoquinone et cytochrome p .



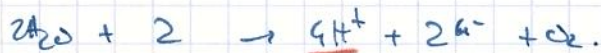
Se fait de façon continue.

- libération de H^+ par le NADP $^+$



Lumière

- Photolyse de l'eau réagit de la lumière des Thylacoïdes.



Bilan. à partir de $2H_2O$ Système ouvert.

- $4H^+$ libérés.
 - $4H^+$ libérés par photolyse. $\rightarrow +8H^+$ de la lumière.
 - $2H^+$ fixés par NADP $^+$ + 4 libérés. $\rightarrow -6H^+$ de stroma.

$\rightarrow 14H^+$ gradient de $[H^+]$, de pH de 3,5 unités entre stroma et lumière.

le gradient de $[H^+]$ ≈ 210 V.

couplage chimio-osmotique

gradient électrique en théorie. En fait on a $\rightarrow$ une chaîne de transport d'électrons O_2^{2+}

et le gradient e^- ne se perdait pas car $\rightarrow$ injecter H^+ des complexes par réduction O_2^{2+} .

gradient électrique $= 0$.

le système e^- donne l'impulsion au $\rightarrow$ la migration de H^+ .

2) Conversion du potentiel électrochimique en énergie chimique ATP.

Couplage osmomotique

a) le mécanisme $\Rightarrow$ l'atmosphère.

Nb l'hydrogène $\rightarrow$ se combine avec H^+ sur les sites redox.

l'entrée de l'électron par les sites redox permet le système ATP (cf l'atmosphère)

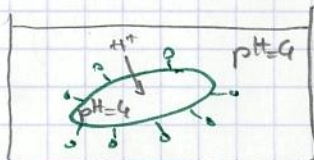
l'énergie de phosphorylation $\rightarrow$ l'énergie initiale est lumineuse.

b) Arguments

- Si on veut le $\rightarrow$ l'ensemble aux sites les réactions d'oxydation se produisent avec

un potentiel électrochimique $\rightarrow$ car c'est l'ATP $\rightarrow$ le couplage des membranes.

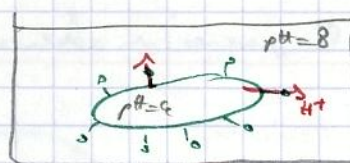
- Expérience.



circuit fermé

hydrogène

Le pH veut s'équilibrer



circuit ouvert

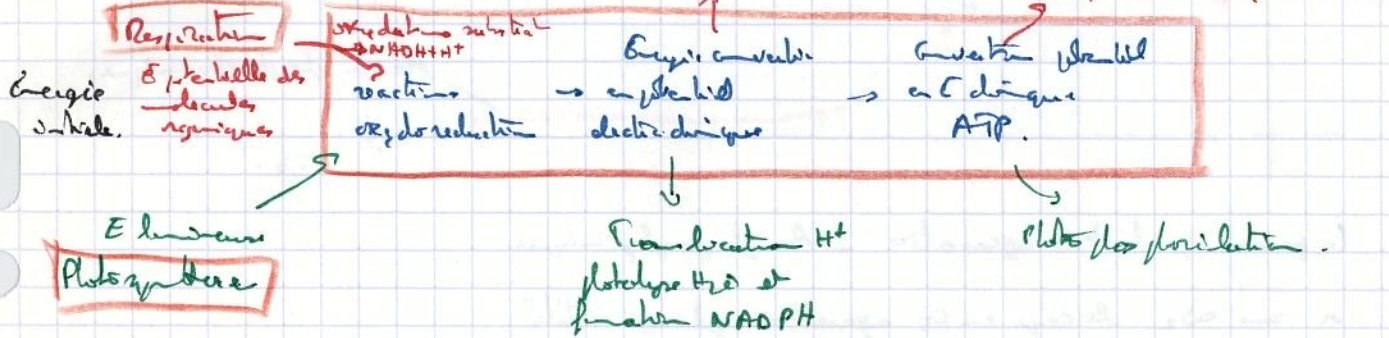
Synthèse d'ATP.
par flux de protons.

la théorie de Redfield est une limitation pour les P^o d'énergie de la cellule.

respiration et photosynthèse.

translocation de H^+

phosphorylation oxydative



Seule ϕ énergie initiale.

IV) la réaction de la phase obscure ou phase thématique.

A) quelques résultats expérimentaux.

Il va y avoir réduction du CO_2 et formation de matière organique.

Calvin - Benson

Travail sur chloroplastes. Fixer la réaction chimique $\rightarrow$ évidence au cours du temps.
- Truc rapidement.

C^* après de repère

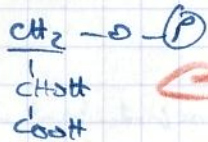
- C^*O_2

- Séparer les + sucres par chromatographie.

1) Découverte de l'acide phosphoglycérique et du ribulose 1-5 de phosphate.

1949 1950.

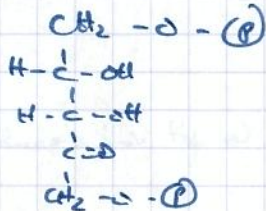
Après 5 secondes 70% du C^*O_2 se trouve dans un corps organique sous C_3



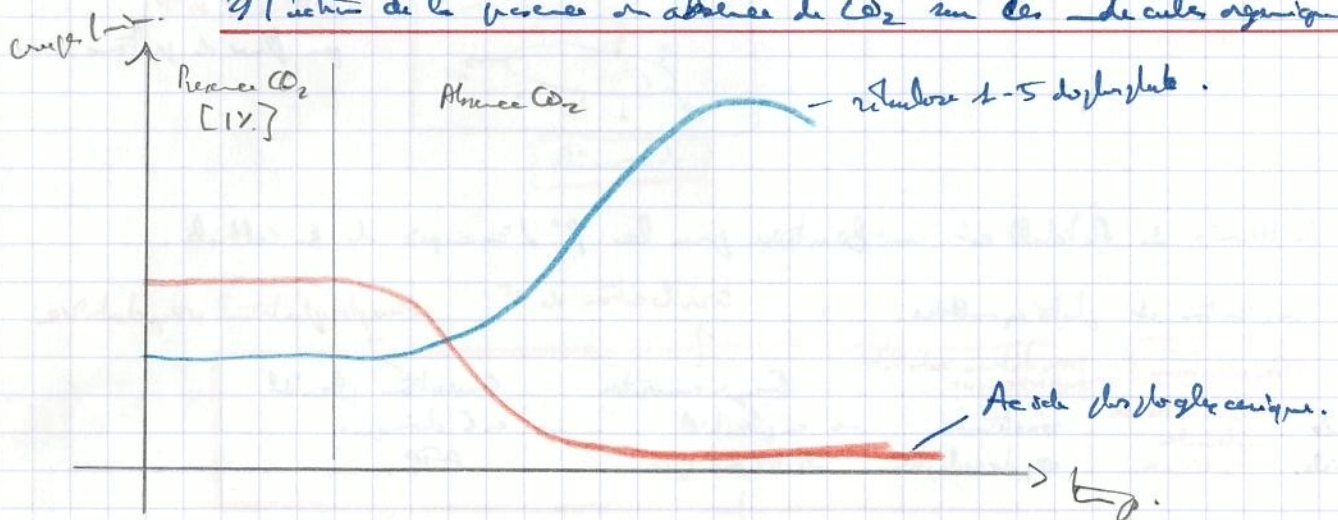
acide phosphoglycérique.

La chromatographie C_5 connue : ribulose 1-5 de phosphate.

Cela se



2) l'impact de la présence ou absence de CO_2 sur des molécules organiques.

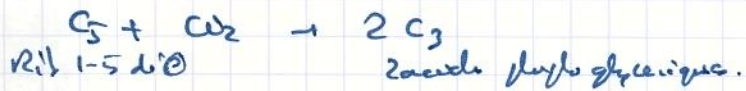


Le premier produit à apparaître : Ac phosphoglycérique

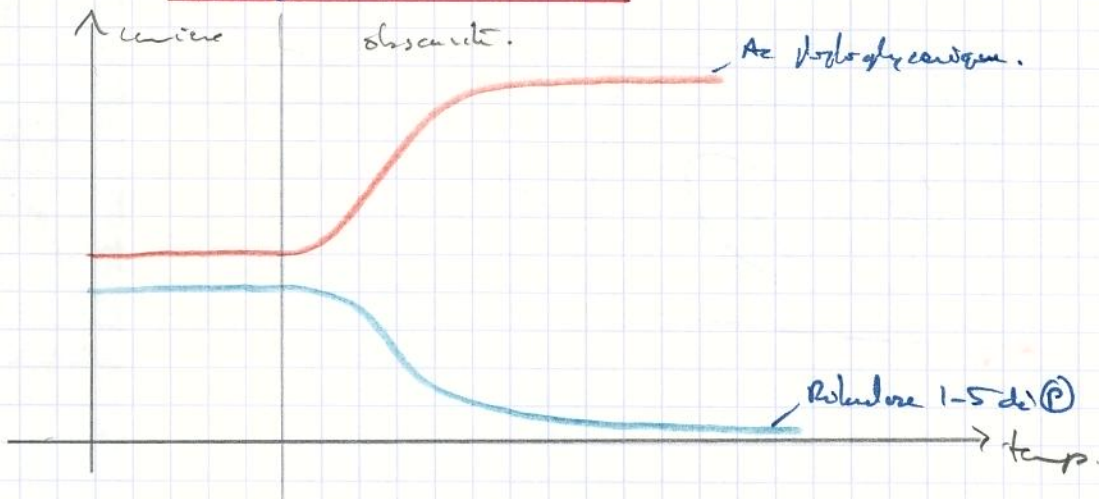
à nos CO_2 le corps en C_5 apparaît en 2^e quantité

Hypothèse: le CO_2 se fixe sur le ribulose 1-5 diP pour former
un acide dicarboxylique.

Les CO_2 d'ac dicarboxylique $\rightarrow$ se brise en 2 et le ribulose 1-5 diP
s'accumule.



3) Importance de la lumière



Obscurité $\rightarrow$ plus d'ATP
plus d'NADPH
plus d' O_2 env.

Hypothèse: le ribulose 1-5 diP est régénéré à partir des C_3 mais en présence d'ATP
et de NADPH.

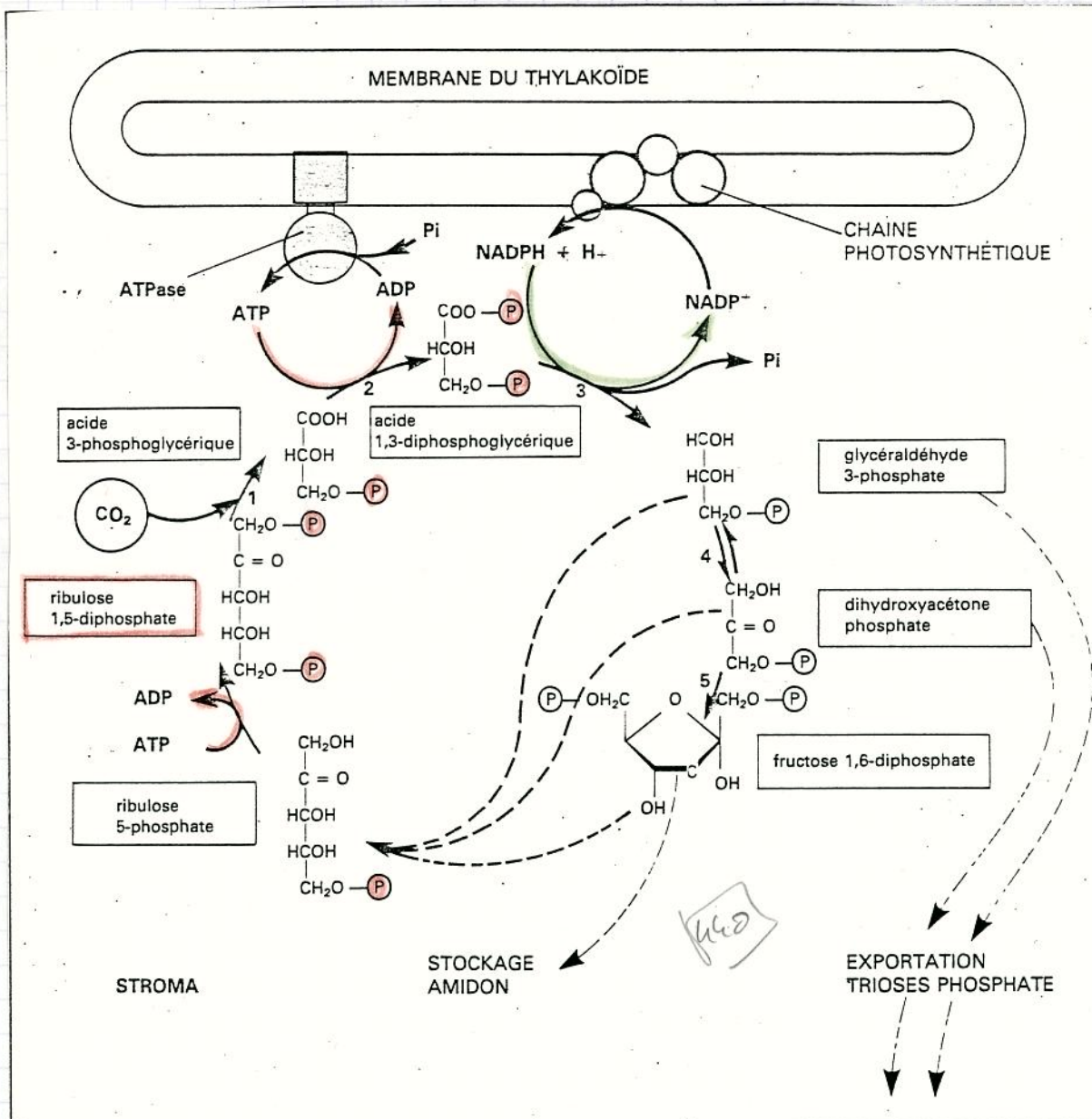


Plus l'ordre d'un cycle avec régénération du C_5 .

B) Les réactions du cycle de Calvin - Benson.

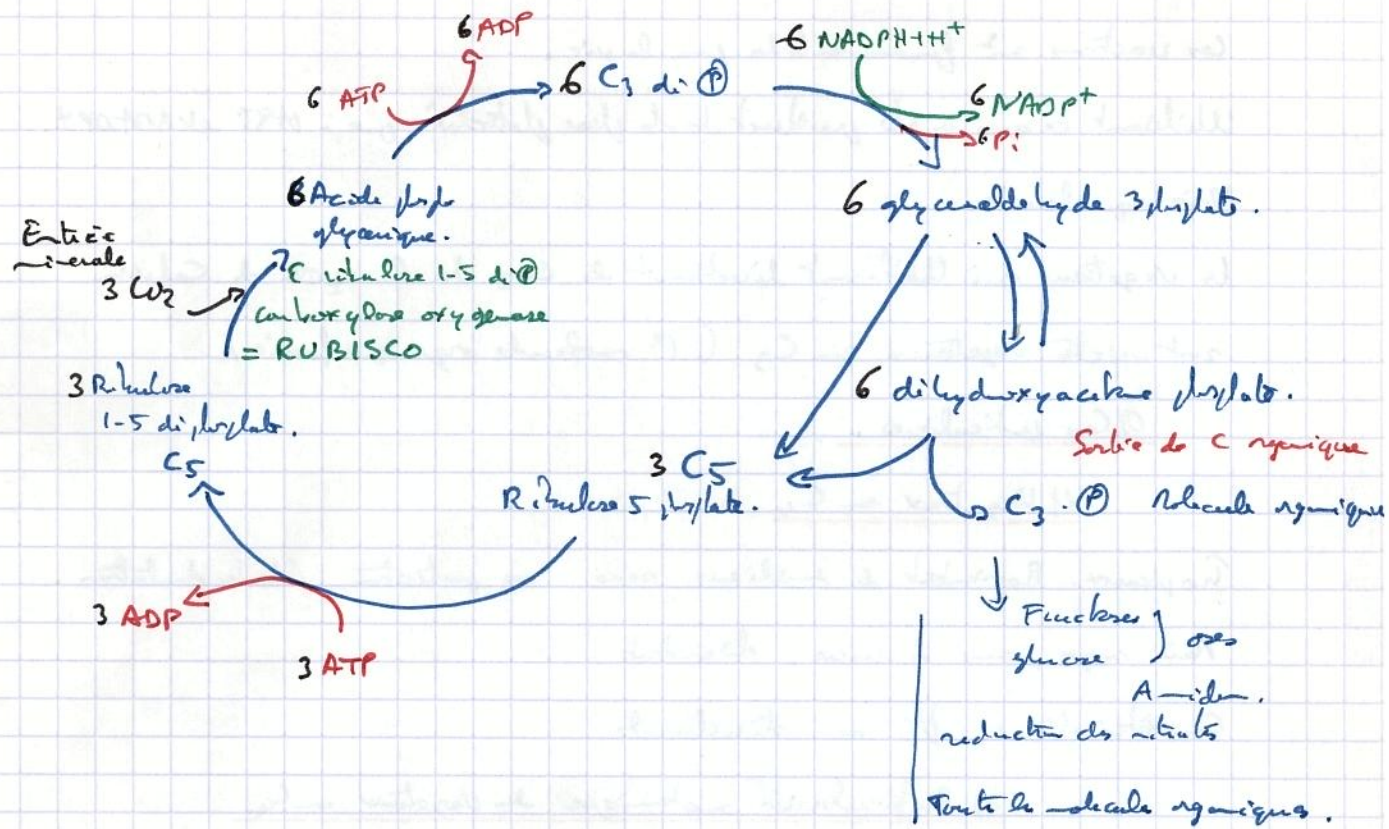
Réactions de fixation de CO_2 organique à partir de CO_2 inorganique.

Ces réactions utilisent les produits bruts de la phase lumineuse: ATP et NADPH.

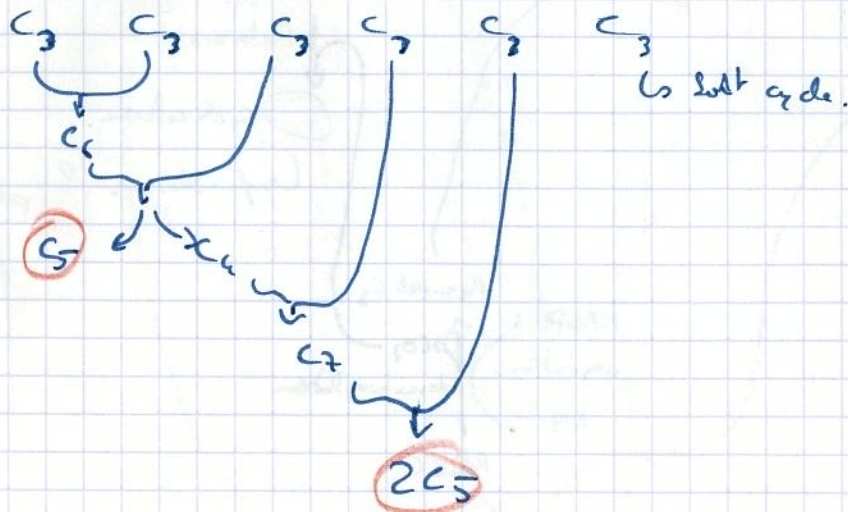


Réduction du gaz carbonique en oses et régénération de son accepteur par le cycle de Calvin.

Dans le stroma, grâce à la ribulose 1,5 diphosphate carboxylase, le CO₂ est incorporé dans l'acide 3-phosphoglycérique (1) qui est ensuite réduit en triose phosphate. L'APG est d'abord phosphorylé (2) en acide 1,3-diphosphoglycérique qui est ensuite réduit en glycéraldéhyde -3-phosphate, la phosphorylation consommant de l'ATP, la réduction étant couplée à l'oxydation du NADPH. Le triose phosphate ainsi formé est en équilibre réversible avec son isomère le dihydroxyacétone phosphate (4) ; ces deux trioses peuvent soit être exportés vers le hyaloplasme, soit donner par condensation aldolique le fructose 1,6-diphosphate. La régénération de l'accepteur du CO₂ se fait à partir des trioses et aboutit à la formation du ribulose 5-phosphate qui est enfin phosphorylé. Le cycle de ces réactions dont le détail est donné dans la figure suivante est le cycle de Calvin. Grâce à l'énergie lumineuse, l'ATP et le NADPH nécessaires à la réduction du CO₂ et à la régénération du ribulose 1,5-diphosphate sont produits respectivement par l'ATPase et la chaîne photosynthétique de la membrane des thylakoïdes. Les réactions qui de l'APG conduisent aux trioses et au fructose 1,6-diphosphate sont catalysées par les enzymes suivantes : 2) phosphoglycérate kinase ; 3) glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase, dont le coenzyme est le NADP et non le NAD comme pour la déshydrogénase correspondante du hyaloplasme ; 4) triose-phosphate isomérase ; 5) aldolase. Les trioses phosphate peuvent également être stockés sous forme d'un polymère du glucose : l'amidon ; le point de départ de cette synthèse d'amidon est le fructose 1,6-diphosphate.



Rubisco très importante: permet l'entrée du C minéral de la mol organique
 c'est le C₃ organique. 16 sous unités. Représente 1/2 du P du stroma
 C'est l'enzyme la plus abondante sur terre en quantité



Ces réactions sont fondamentales pour la vie.

Utilisant ce qui a été produit de la phase photosynthétique : ATP et NADPH

Voie équivalente.

Les végétaux qui utilisent directement du CO_2 de la cycle de Calvin
sont appelés végétaux en C_3 (1^{re} molécule organique formée)

Quelques particularités.

1) Végétaux en C_4

Tropicaux. Rorientés de milieux secs $\rightarrow$ protection (deshydratation).

Puis sous, une à une, deviennent

Caractéristiques $\rightarrow$ structurels

a) Particularité anatomique des végétaux en C_4 .

Anatomie $\neq$

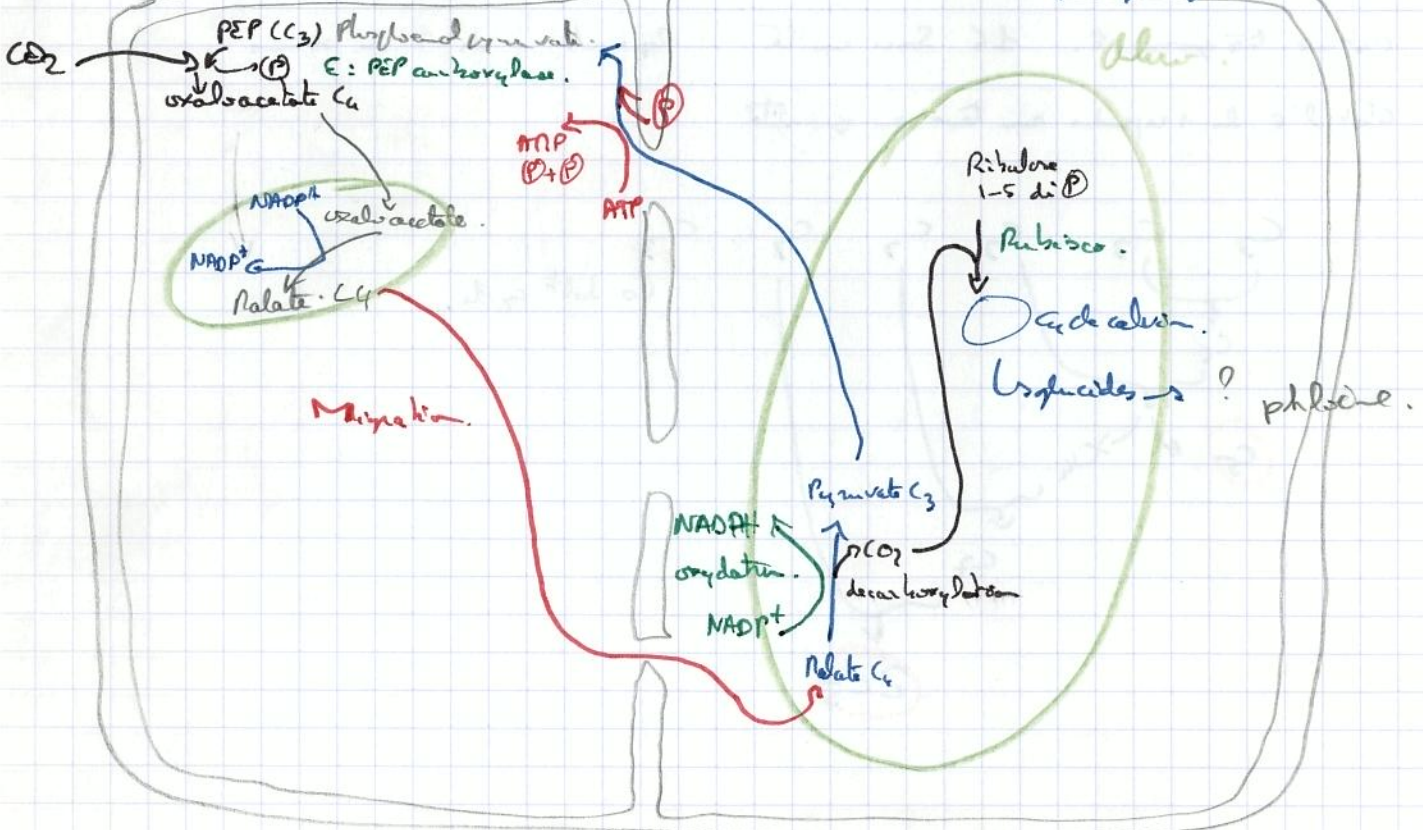
développement répétitif $\neq$.

développement $\neq$.

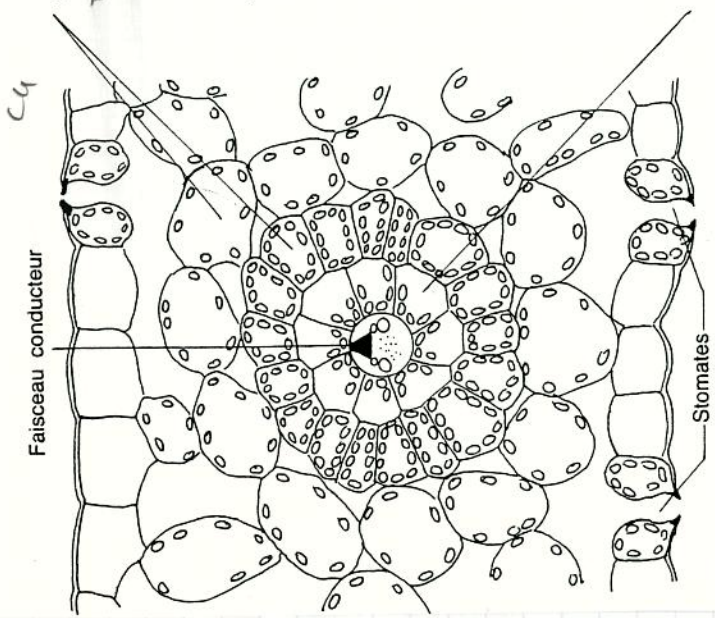
b) Les particularités fonctionnelles.

q Mesophylle.
Fixation CO_2

q zone vascularisée.
Utilisation CO_2 pour produire $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$



1^{re} molécule organique = C_4 .



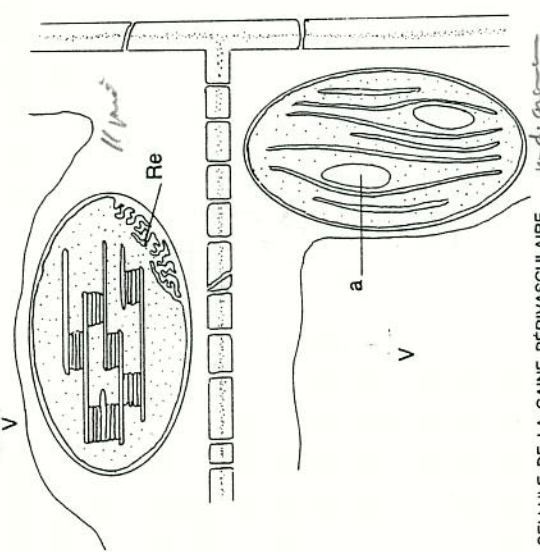
A

Organisation des tissus foliaires chez une plante en C₄.

- A) Les cellules de type Kranz, où s'effectue la fixation du CO₂ sur le ribulose, forment une gaine périvasculaire.
 B) La spécialisation fonctionnelle des cellules s'accompagne d'une différenciation morphologique des plastides. Ceux des cellules du mésophylle sont à grana et la membrane interne de l'enveloppe, plus importante que l'externe, forme un réseau, le réticulum périphérique (Re). Ceux des cellules de type Kranz sont dépourvus de grana et sont souvent riches en amidon (a). Entre les deux types de cellules, les plasmodesmes sont nombreux, témoignant de l'importance des échanges symplasmiques. V, vacuole.

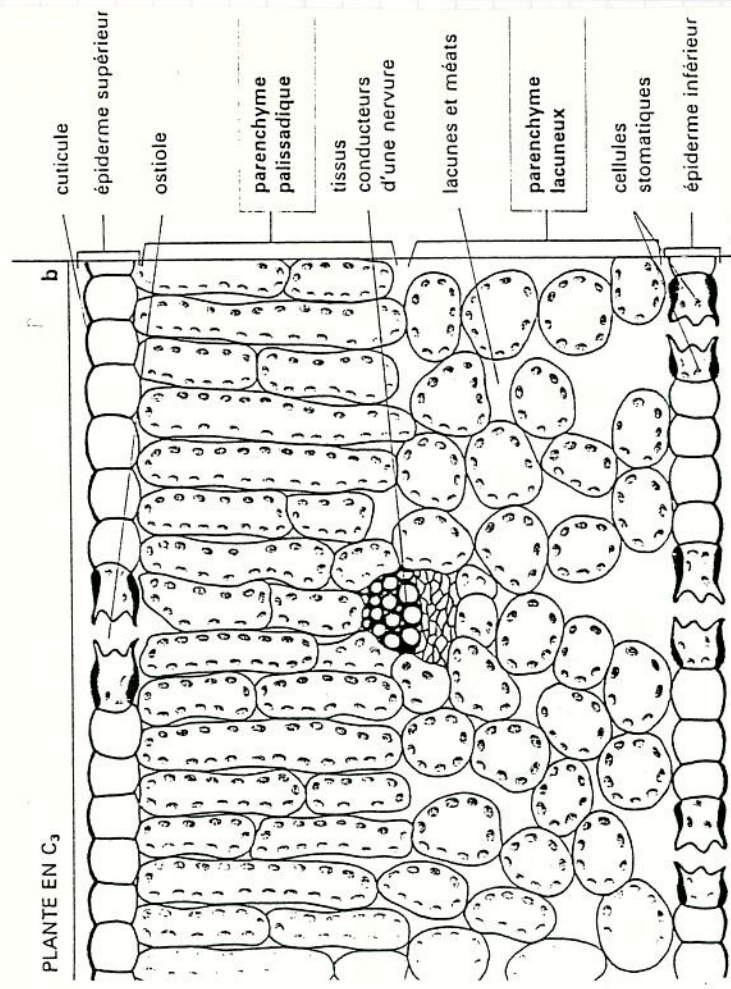
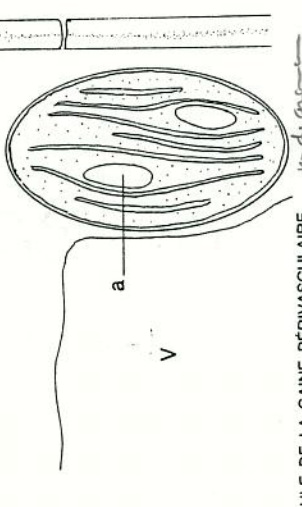
CELLULE DU MÉSOPHYLLE

à vacuole
grand chloroplaste



CELLULE DE LA GAINE PÉRIVASCULAIRE

cellule - ramifiée
pas de grana
mais qui s'opère d'ailleurs



b) Chez les plantes en C₃, les cellules du parenchyme foliaire possèdent toutes des chloroplastes. La disposition de ces cellules n'est pas en couronne mais dorso-ventrale : à la face supérieure de la feuille les cellules sont allongées et forment un parenchyme palissadique, à la face inférieure les cellules sont globuleuses et forment un parenchyme lacuneux.

Anatomie foliaire des plantes en C₄.

a) Chez les plantes en C₄, les cellules possédant des chloroplastes sont disposées en deux couches concentriques autour des nervures constituées de tissus conducteurs. La couche interne est la gaine périvasculaire dont les chloroplastes sont de grande taille et souvent groupés contre la nervure ; la gaine périvasculaire est entourée par la couche du mésophylle dont les chloroplastes sont plus petits et disposés à la périphérie des cellules. Cette disposition en couronne des cellules chlorophylliennes est aussi appelée structure de type Kranz (de l'allemand Kranz : couronne). La cuticule de l'épiderme étant très peu perméable, les échanges gazeux entre la feuille et l'atmosphère se font par les ostioles des stomates. Le CO₂ nécessaire à la photosynthèse et la vapeur d'eau perdue par transpiration circulent dans les espaces intercellulaires, lacunes pour les plus larges et méats pour les plus étroits.

Dissociation Fixation CO_2

Utilisation CO_2 pour fabriquer CHO.

} dissociation de l'oxygène.

La rubisco n'a pas une très grde affinité pour le CO_2 .

- Il faut qu'il y ait beaucoup de CO_2 pour qu'elle s'intègre au cycle de Calvin.

- La PEP carboxyrique alors a une très grde affinité pour le CO_2 $\rightarrow$ oxaloacetate.

- Ces plantes de régions où T° élevée, periods sèches pb de déshydratation.

leur stratégie : les stomates se ferment $\rightarrow$ l'arrêt de l'entrée en CO_2 pendant.

Avec plante C_3 photosynthèse s'arrête.

Avec plante C_4 la photo peut se poursuivre jusqu'à la dernière molécule de CO_2 .

La pfp carboxylase libère CO_2 qui sera capté par de la rubisco à une $[\text{CO}_2]$ élevée.

- Chez les plantes C_4 il n'y a pas de photorespiration - réaction complexe coûte 2 ATP.

2) les Camulacées = CAM (Carnulic acid - Metabolism).

- Plantes de cette situation + arides que les précédentes. (desert.)

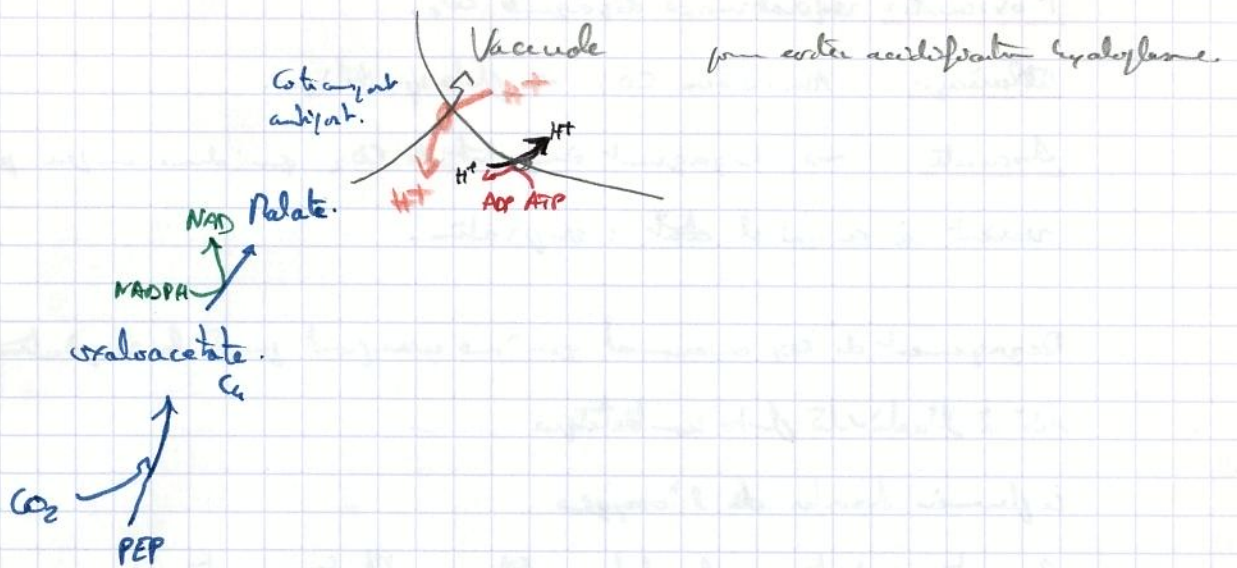
les stomates sont fermés le jour. ils s'ouvrent la nuit.

$\rightarrow$ Dissociation de la température la nuit et la fixation du CO_2 et la nuit de

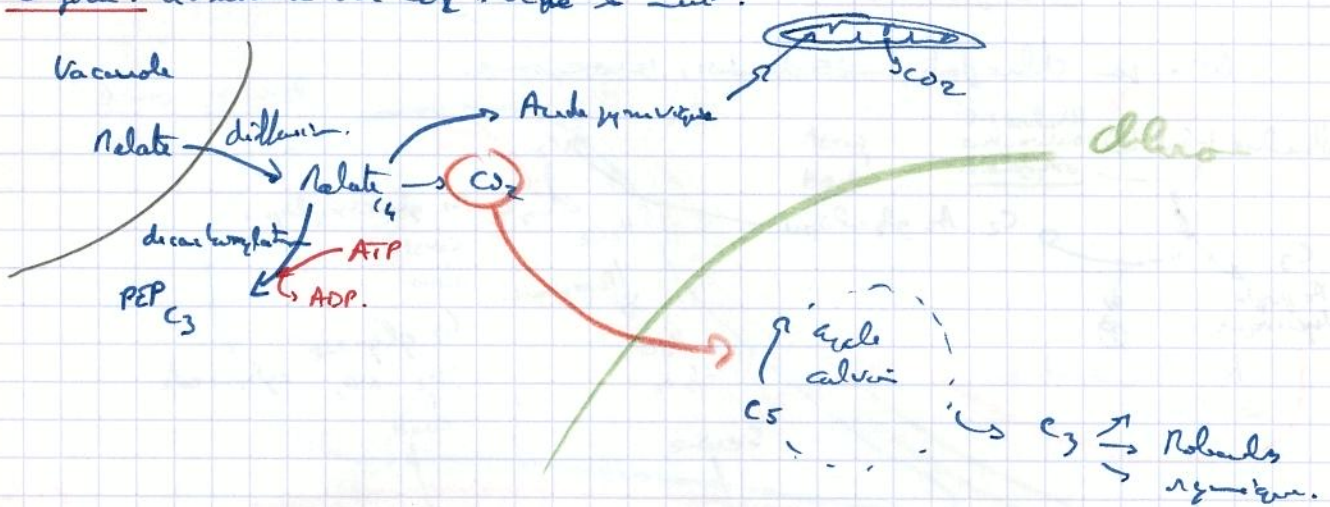
sa utilisation : l'eau la nuit utilisée le jour.

- la nuit Fixation CO_2





6ème jour: Utilisation du CO_2 stocké le nuit.

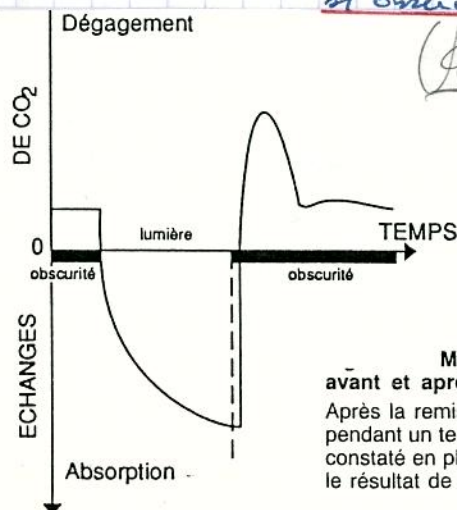


Adaptation physiologique à des conditions extérieures rigoureuses.

Recyclage de l'énergie.

1) la photorespiration limite l'efficacité photosynthétique des végétaux en C_3 .

(460)



1) observation.

(450)

(460)

Mesure des échanges de CO_2 à l'obscurité avant et après une période d'éclairement.

Après la remise à l'obscurité le dégagement de CO_2 est, pendant un temps relativement bref, plus intense que celui constaté en phase obscure. Cet excès de CO_2 dégagé est le résultat de la photorespiration (d'après CAVALIE, 1982).

1^{re} obscurité: respiration $\Rightarrow$ dégage CO_2 .

2^{de} obscurité: Absorption $\text{CO}_2 \rightarrow$ photosynthétique.

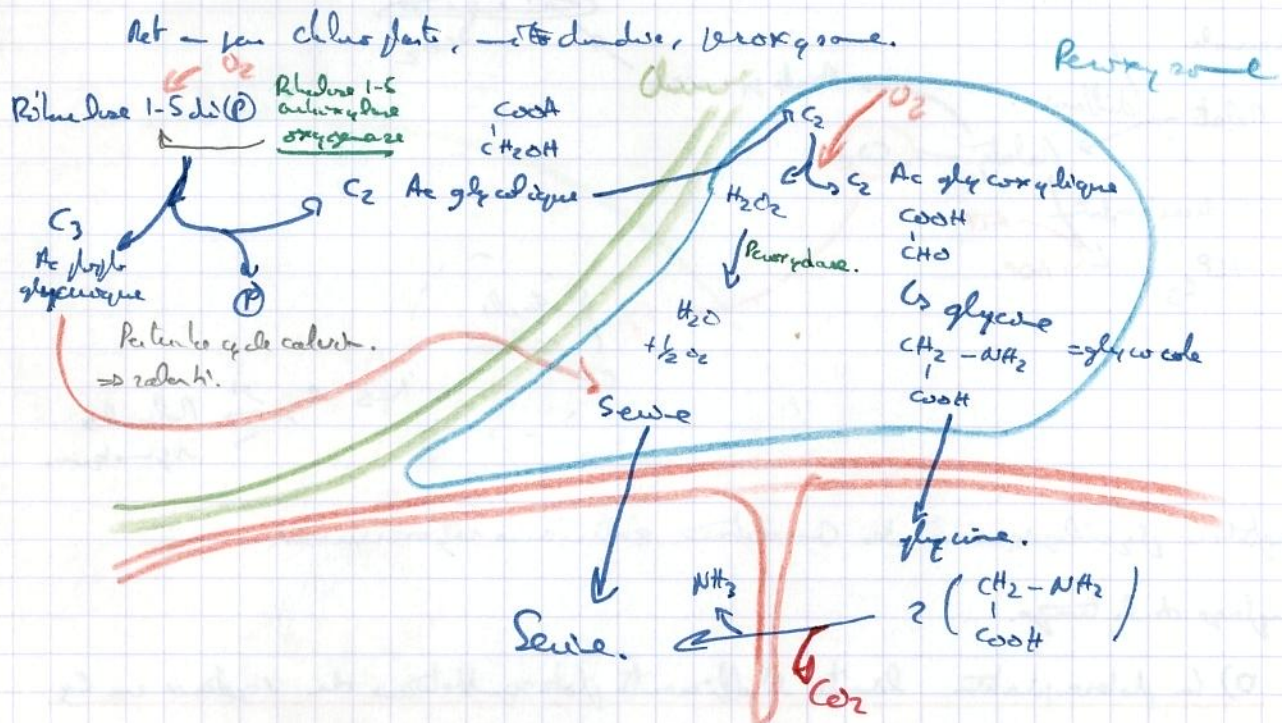
3^{ème} obscurité $\rightarrow$ Dégage CO_2 important de CO_2 qui dans un peu de temps revient à ce qu'il était: respiration.

Dégage CO_2 normal qui ne correspond pas à la respiration qui semble liée à l'activité photo synthétique.

Ce phénomène absorbe de l'oxygène.

Respiration induite par la photo synthèse = Photorespiration.

2^{de} le phénomène.



Résumé: Consommation d' O_2 et rejet CO_2

Ressemble à une respiration.

Photorespiration ne peut se produire que s'il y a de la lumière.

En lumière plus d'ATP, NADPH $\rightarrow$ plus de P^0 ribulose 1-5 diP

Phénomène lié à ce qui se fait avant pour la fixation du ribulose 1-5 diP

Il ralentit le rendement $\text{mg} \rightarrow$ photosynthétique des plantes en C_3 .

Interdit: P^0 aussi $\rightarrow$ CO_2 .

Les plantes en C_4 n'ont pas de photorespiration.

→ propriétés rubisco.

3 substrat.

Produire 1-5

$\begin{matrix} \nearrow CO_2 \\ \searrow O_2 \end{matrix}$ ou glc (7 en CO_2 .

→ Inhibition compétitive.

La $[CO_2]$ autour rubisco est très élevée → réaction de carboxylation et non pas de oxydation.

C_4 → produisent mieux. Meilleure rendement photosynthétique à $[CO_2]$ égale.

Rendement des nos régions ↑

Coopération des organelles cellulaires de la photosynthèse.

De la chloroplaste → mitochondrie il y a des échanges

La membrane est peu perméable → transport membranaires about en peu des 8 ms comme la mitochondrie.

A) L'ATP fournit des molécules utilisées de la chloroplaste.

L'ATP fournit de la chloroplaste → peut être utilisée que de la chloroplaste.

Les végétaux bien qu'ils ont chloroplaste doivent aussi mitochondries.

IV) Le bilan énergétique de la photosynthèse.

A) Relation énergie longueur d'onde.

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Joule s}^{-1}$$

$$E_{\text{photon}} = \frac{119255}{\lambda \text{ nm}} = \frac{119255}{\lambda \text{ nm}}$$

$$\lambda = 700 \text{ nm} \quad \text{rouge}$$

$$E = 171 \text{ kJ s}^{-1}$$

$$\lambda = 400 \text{ nm} \quad \text{violet}$$

$$E = 298 \text{ kJ s}^{-1}$$

B) Besoins énergétiques théoriques pour réduire un CO_2 .



$$\text{Pour réduire } 1 CO_2 \rightarrow \frac{2868}{6} = 478 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Il suffit de 3 photons de la rouge ou 2 de la bleu

C) Besoins réels = mesurés.

Les résultats expérimentaux varient de 3 à 8.

Les conditions expérimentales sont telles que c'est difficile à réaliser.

A partir des ~~calculs~~ ^{calculs} photosynthétiques.



Il faut 6 e⁻ de la lumière du système ouvert. $\rightarrow$ impulsion à 2 niveaux

$\rightarrow$ 8 photos

D) Rendement: 1) Théorique

de la lumière.

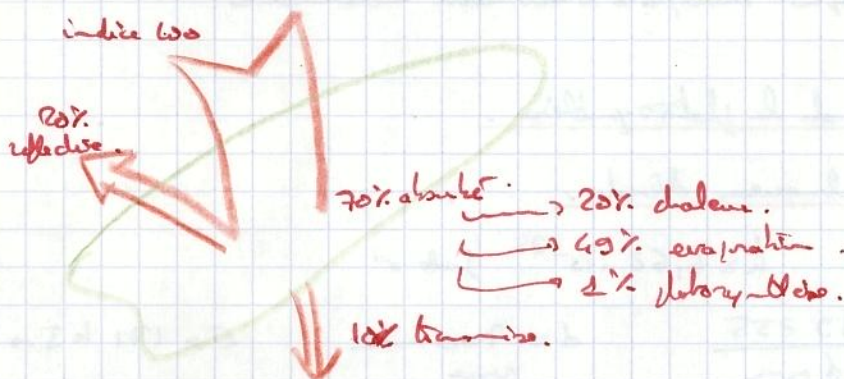
$$\frac{\text{Nombre photos théoriquement nécessaires}}{\text{nombre utilisés}} \times 100 = \frac{3}{8} \times 100 \approx 38\%$$

Rendement possible de la respiration.

Les 62%. Efficacité sans prise de chaleur $\rightarrow$ 1 entropie de 2ème ordre.

Flux d'énergie.

2) Dans la nature.



1% de l'énergie reçue par les végétaux sert à la photosynthèse.

chez les plantes en culture $\rightarrow$ 0,1%.

cultivées $\rightarrow$ 8%.

Tous ces rendements à l'échelle des systèmes sont difficiles à évaluer et sont à contrôler.

- Sujets:
- Couplage énergétique de la q.
 - Conversions d'e⁻ de la q.
 - L'ATP de la q.
 - Comparaison de chloroplaste. Photosynthèse
 - L'ATP de la q. végétale dans la plante.
 - Ce qui est produit par chloroplaste par m². (2 q ou 4 q.)

q de matière et flux d'énergie