

FICHES TECHNIQUES ET PEDAGOGIQUES: numéros parus et disponible.

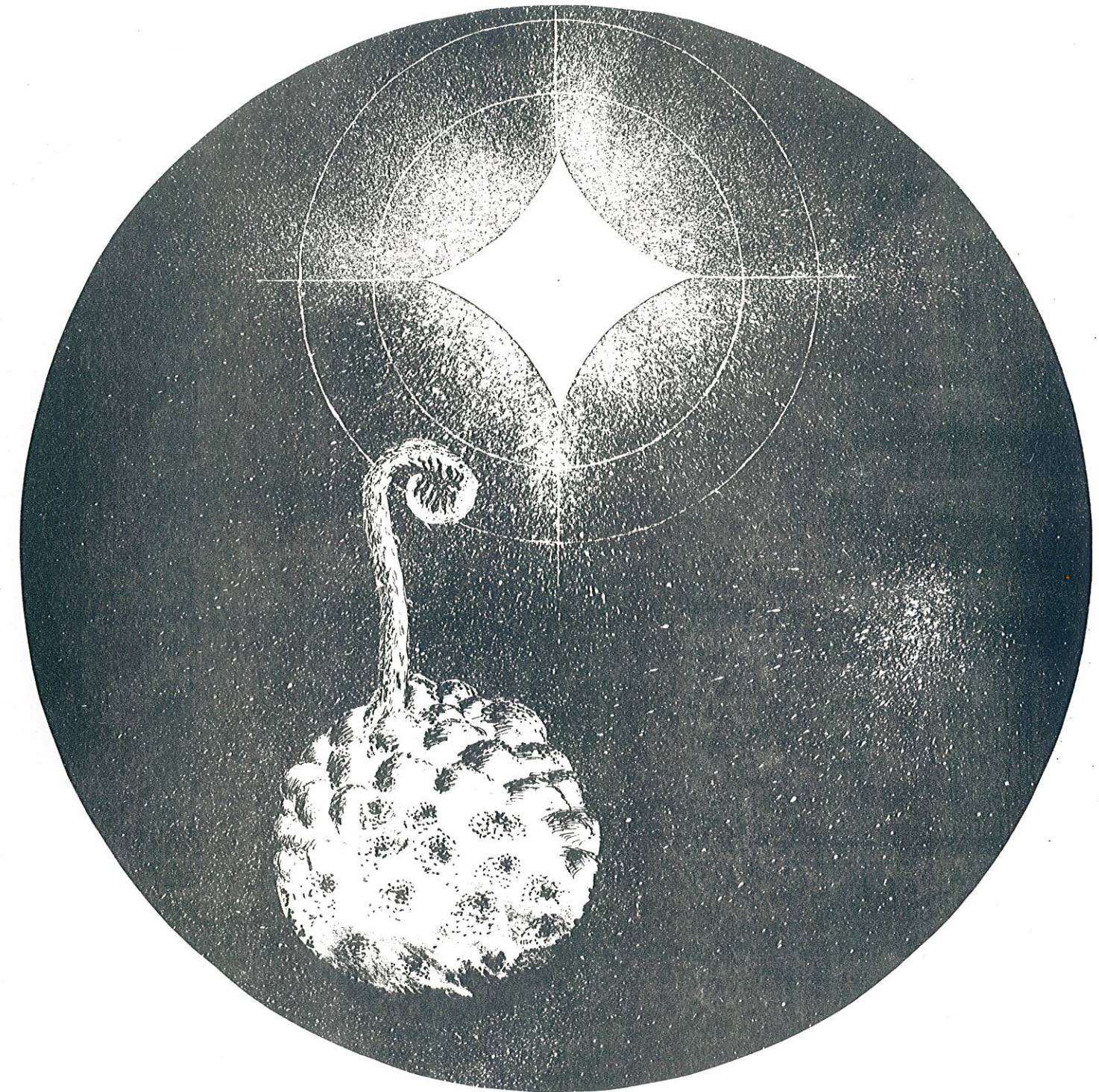
- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| n° 1: Pelotes de réjection | n° 9: Analyse de paysage |
| n° 2: La haie | n° 10: Energie et photosynthèse |
| n° 3: Le ruisseau | n° 11: La forêt |
| n° 4: Méthode d'étude du milieu | n° 12: La mare |
| n° 5: Migrations d'oiseaux | n° 13: Plantes à fleurs |
| n° 6: Plantes sans fleurs | n° 14: Climat |
| n° 7: Hiver | n° 15: Chaines alimentaires |
| n° 8: Les tourbières | n° 16: Approche géologique |

FICHES TECHNIQUES & PEDAGOGIQUES

Document réalisé par ESPACES ET RECHERCHES. Association 1901.
Publication bimestrielle n° ISSN 0182-8010.
Dépot légal: à date de parution Réédition août 1987.
Directeur de publication: Thierry DALBAVIE.
Imprimé en France: «La Galipote» A.C.A.P.

Espaces & Recherches

Siège: Château Bas, rue du Château de St Etienne
15000 AURILLAC Tél: 71.64.89.91.
Secrétariat: 5 rue Pierre le Vénérable
63000 CLERMONT-FD Tél: 73.90.04.30.



ENERGIE ET PHOTOSYNTHESE

SOMMAIRE

EDITORIAL

LES DIFFERENTES FORMES D'ENERGIE

UTILISATION DE L'ENERGIE PAR LES ETRES VIVANTS

LA PHOTOSYNTHESE

- 1 : Introduction
- 2 : Définition
- 3 : La chlorophylle
- 4 : Les réactions de la photosynthèse

CONSEQUENCES DE LA PHOTOSYNTHESE

- 1 : Au niveau de la plante
- 2 : Sur l'atmosphère
- 3 : Sur la matière organique

BILAN DE L'ENERGIE

AUTRES INFLUENCES DU SOLEIL

APPLICATIONS PEDAGOGIQUES

BIBLIOGRAPHIE

La synthèse écologique P. DUVIGNEAUD / DOIN
Éléments d'écologie appliquée F. RAMADE / EDISCIENCE
Initiation à la biologie D.G. MACKEHN / SEGHERS
Le microscope J. de ROSNAY / POINTS
Pour la science - Edition française de SCIENTIFIC AMERICAN
N° 13 - spécial - L'évolution

EDITORIAL

L'énergie prend, à notre époque, une importance démesurée, face à des problèmes d'ordre économique ou social et sa définition s'en trouve souvent réduite à ces seuls problèmes.

Nous n'entretiendrons pas ici cette polémique mais tenterons de broser un tableau de l'histoire des êtres vivants avec, pour toile de fond la disponibilité en énergie.

Définir l'énergie est facile, la comprendre l'est moins. Plus que de définir, l'objectif sera ici, de faire une approche des phénomènes énergétiques qui régissent le monde vivant, d'en suivre les transformations et les flux et d'en constater les conséquences.

L'énergie, bien que souvent apparentée à ce monde, ne lui appartient pas. Elle est partout, toujours responsable des transformations, mouvements et états de la matière vivante ou inerte.

...elle orchestre la naissance, la vie et la mort des étoiles et des astres,

...elle se manifeste par les phénomènes naturels, qu'ils soient climatiques (vent, orage, cyclone, raz de marée...) ou géologiques (volcanisme, géothermie...),

...elle est enfermée, force potentielle considérable dans les atomes de la matière,

...elle est, dans le soleil, la part quotidienne de vie des organismes vivants.

Quelle qu'en soit son expression, elle "obeit" à des lois précises.

LES DIFFERENTES FORMES D'ENERGIE

ENERGIE GEOTHERMIQUE : C'est une énergie contenue dans le sol sous forme de chaleur, volcanisme, eaux chaudes, vapeur.

ENERGIE NUCLEAIRE : (énergie du noyau) C'est l'énergie qui permet la liaison des particules du noyau de chaque atome constituant la matière. Ces particules sont les neutrons et les protons. Se servir de cette énergie signifie la "récupérer" en séparant neutrons et protons.

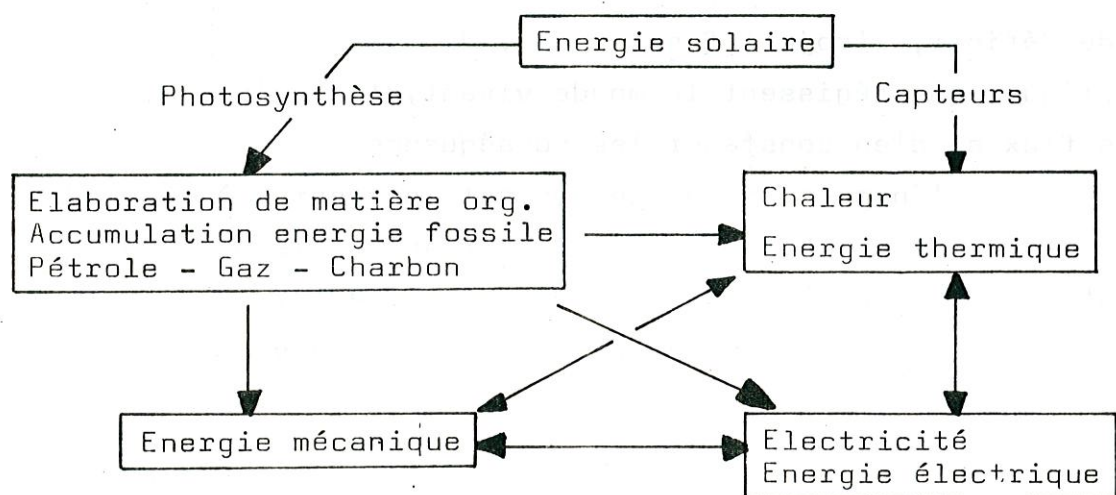
LA GRAVITE : Elle se manifeste par la pesanteur, la rotation des satellites (lune) autour de planètes (terre), de planètes (terre) autour d'étoiles (soleil). C'est elle qui est responsable de la chute des corps dans le vide.

L'ELECTRICITE : C'est l'énergie qui enchaîne les électrons au noyau (constituant les atomes) et les atomes entre eux pour former la matière solide. Le courant électrique est un courant d'électrons.

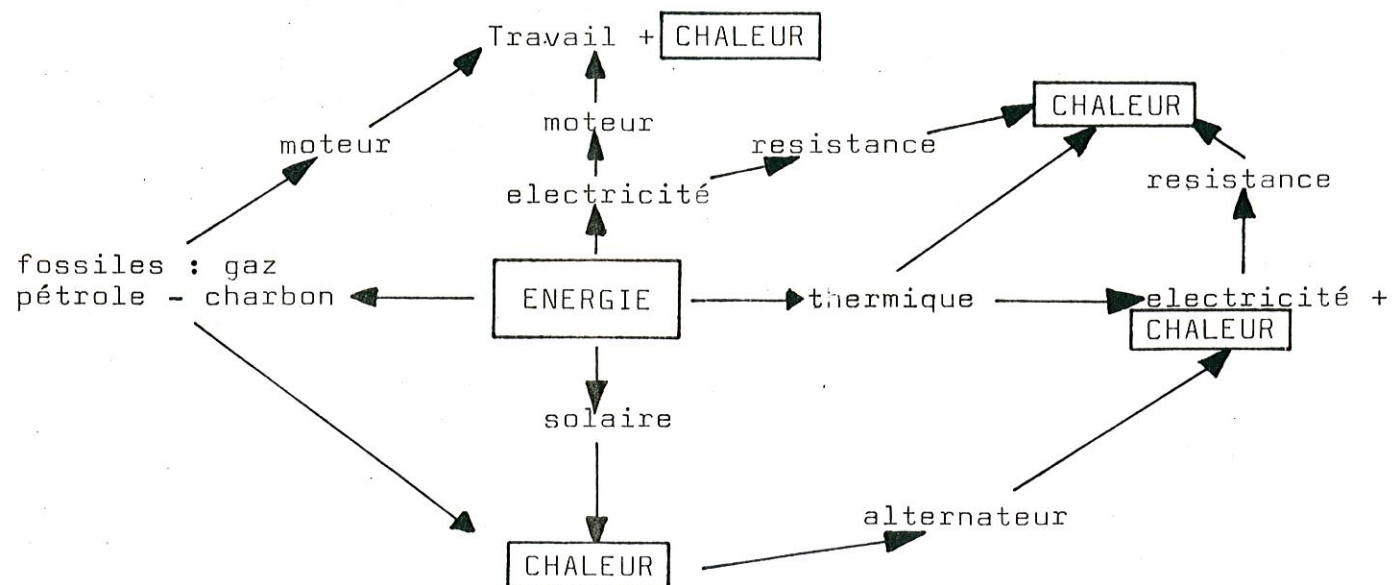
LE SOLEIL : Le soleil émet une énergie qui nous parvient sous forme de lumière et de chaleur, énergie libérée au cours des réactions nucléaires propres à la vie du soleil.

L'énergie répond à deux lois fondamentales de la thermodynamique:

1° : Elle peut se transformer d'une forme en une autre



2° : Elle se dégrade de manière irréversible en chaleur

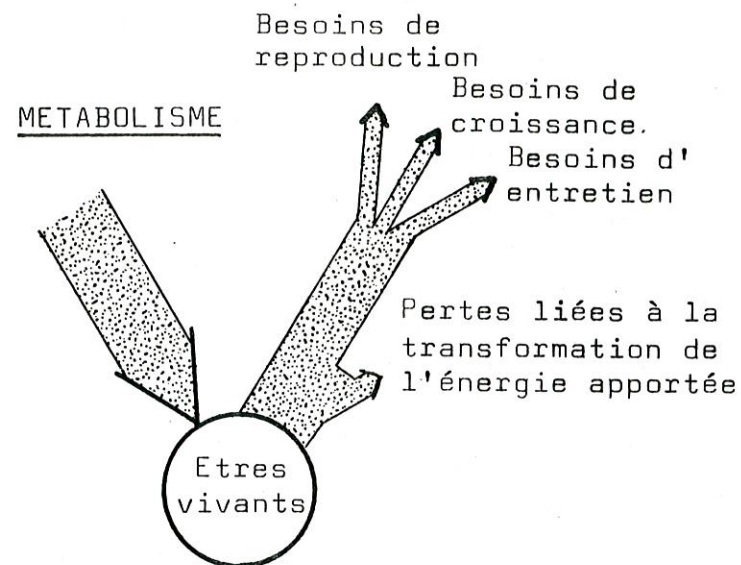


UTILISATION DE L'ENERGIE PAR LES ETRES VIVANTS

Rappelons que tous les êtres vivants, pour assurer leurs fonctions essentielles "brulent" de l'énergie qu'ils puisent dans le milieu ambiant.

A l'échelle de la cellule, l'énergie est chimique (oxydation des grosses molécules comme les protéines) et permet la réalisation des fonctions cellulaires (entretien, différenciation, reproduction...).

A l'échelle de l'individu, cette énergie se manifeste par un travail fourni (locomotion, comportement...).



Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques se déroulant dans les cellules d'un être vivant animal ou végétal.

Les aliments, contenant des sucres, y sont oxydés. Ils entraînent la production d'une énergie qui sert à assouvir les besoins de l'organisme:

- 1 entretien : respiration, excrétion, régulation thermique, survie de l'individu
- 2 production : croissance et développement
- 3 reproduction : pérennité de l'espèce

A l'intérieur du métabolisme, deux mécanismes se distinguent:

un mécanisme de dégradation : entretien (transformation des aliments, respiration).

un mécanisme de production : croissance - développement - reproduction

L'apport d'énergie doit être suffisant pour assurer le bon déroulement des différents mécanismes.

Le mode d'utilisation de l'énergie n'a pas toujours été le même que de nos jours, ainsi que le potentiel en énergie disponible:

Les premières formes de la vie

- Matériaux de base et atmosphère primitive.

L'atmosphère existant sur terre à l'époque approximative de l'origine de la vie (environ 3,2 milliards d'années) était totalement dépourvue d'oxygène.

Il ne faut pas oublier que l'oxygène est un poison violent pour les organismes anaérobies. En effet, seuls les organismes aérobies peuvent l'utiliser dans un processus d'oxydation. L'oxygène oxyde c'est à dire détruit. Cette faculté est utilisée parce qu'elle fournit énormément d'énergie, mais est mortelle pour les organismes anaérobies (certaines bactéries anaérobies appelées ferments par exemple). L'oxydation est un progrès pour le rendement en énergie mais a ses inconvénients.

L'atmosphère primitive se composait de gaz tels que l'ammoniac, le gaz carbonique, la vapeur d'eau, le méthane. C'est à partir de ces matériaux de base formant une atmosphère réductrice (≠ à l'oxydation) que la vie s'est élaborée.

- Premières transformations.

Ces matériaux de base, sous l'action de décharges électriques violentes, d'ondes de choc atmosphériques, de la radioactivité naturelle, des rayons ultra violets solaires, se sont cassés et réorganisés de manière différente pour former des molécules élémentaires (ou monomères) entrant dans la composition de la cellule vivante actuelle.

Avec le temps, la synthèse hasardeuse des molécules se poursuit pour donner des corps de plus en plus élaborés: des acides aminés (qui bâtissent par la suite des protéines), des sucres, des phosphates, des lipides et des corps comme l'adénosine triphosphate dont l'intérêt n'est pas minime puisqu'on le retrouve actuellement dans le processus de la photosynthèse comme vecteur d'énergie.

Rappelons toutefois que ces phénomènes s'établissent suivant des réactions très complexes que nous ne connaissons pas toujours complètement et qui se déroulent sur plusieurs centaines de millions d'années.

Se regroupant et s'affinant, il semblerait que les monomères de départ évoluèrent en s'isolant tout au moins momentanément sous forme de gouttelettes appelées "coacervats" dont croyons-nous, la durée de vie augmenta au fur et à mesure qu'ils étaient en mesure d'assurer leur isolement et leur approvisionnement.

La concurrence qui s'établit entre les organismes primitifs face à cet approvisionnement en matériaux de base sélectionna certainement les plus autonomes, c'est à dire les plus susceptibles d'utiliser une énergie extérieure, à savoir celle des photons de la lumière, pour synthétiser leurs propres constituants. De ce fait, ils ne sont plus uniquement consommateurs mais deviennent producteurs: Ce sont les premiers pas de la photosynthèse.

A cette époque encore, les premiers photosynthétiseurs utilisent surtout l'hydrogène sulfuré comme source d'hydrogène pour réduire le gaz carbonique; puis l'eau étant encore plus abondante, c'est elle qui devient un fournisseur avantageux en hydrogène.

Il reste à noter que l'apparition des photosynthétiseurs dans la lutte pour l'énergie amorce un changement radical dans la composition de l'atmosphère. Elle s'enrichit de l'oxygène de l'eau, le milieu devient oxydant. A partir de l'oxygène atmosphérique, se forme une couche d'ozone (O₃) véritable écran aux rayons ultra-violet vecteurs d'énergie. Ces modifications fondamentales marquent la fin des synthèses organiques non biologiques.

Le tableau ci-contre replace chronologiquement les modifications dans la composition de l'atmosphère.

L'utilisation de l'énergie par les végétaux se limite maintenant aux rayons lumineux émis par le soleil, raison pour laquelle nous nous bornons à étudier le phénomène de la photosynthèse.

100 ans	O ₂ : à son taux actuel		Utilisation des énergies fossiles Apparition de l'homme.
4 millions d'années		Stockage de matière organique	Formation de pétrole, gaz
135 millions	O ₂ : 50% du taux actuel		Formation du charbon
300 millions			Début de la colonisation des continents
500 millions	O ₂ : 3 à 10% du taux actuel		
1 milliard	O ₂ : 1% du taux actuel Formation de la couche d'ozone	Importante fixation du carbone atmosphérique et formation de matière organique	Augmentation du processus de photosynthèse par le phytoplancton
2 milliards	Augmentation du taux de Co ₂ dans l'atmosphère	Energie provenant des photons du rayonnement solaire	I ^{er} Photosynthétiseur
2,6 milliards			Algue bleu
3 milliards	Beaucoup de Co ₂ - pas d'O ₂ dans l'atmosphère - pas d'ozone atmosphère réductrice - pas de vie		
3,2 milliards		Energie provenant de - décharges électriques - rayons U.V. - ondes de choc - radioactivité naturelle	I ^{er} procaryote connu (bactérie) Polymères Monomères

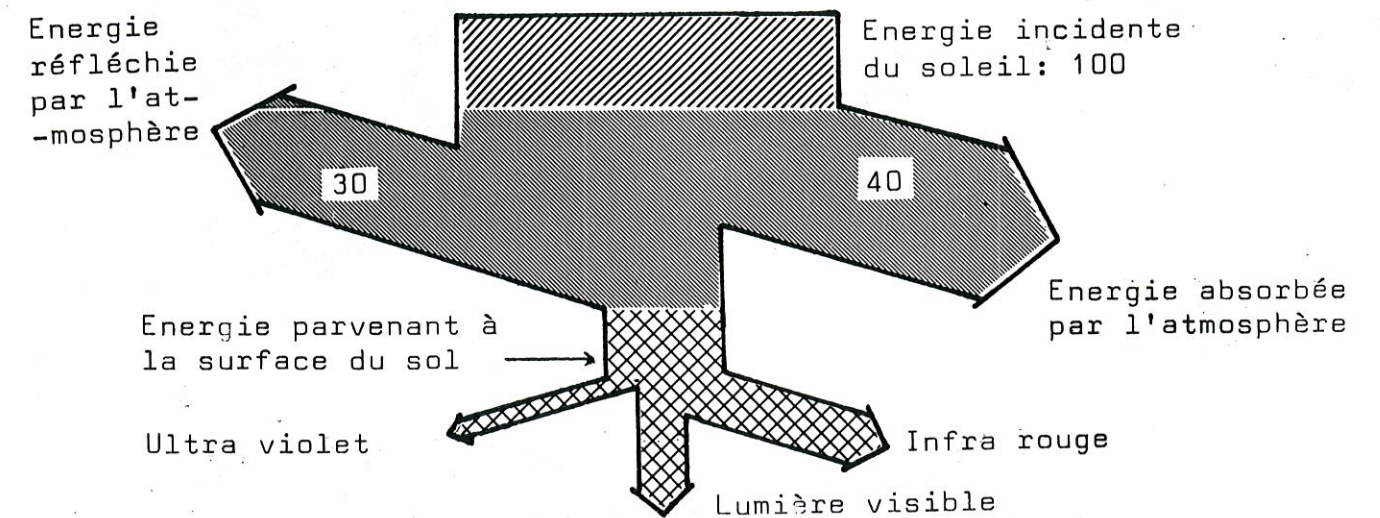
LA PHOTOSYNTHESE

1 INTRODUCTION

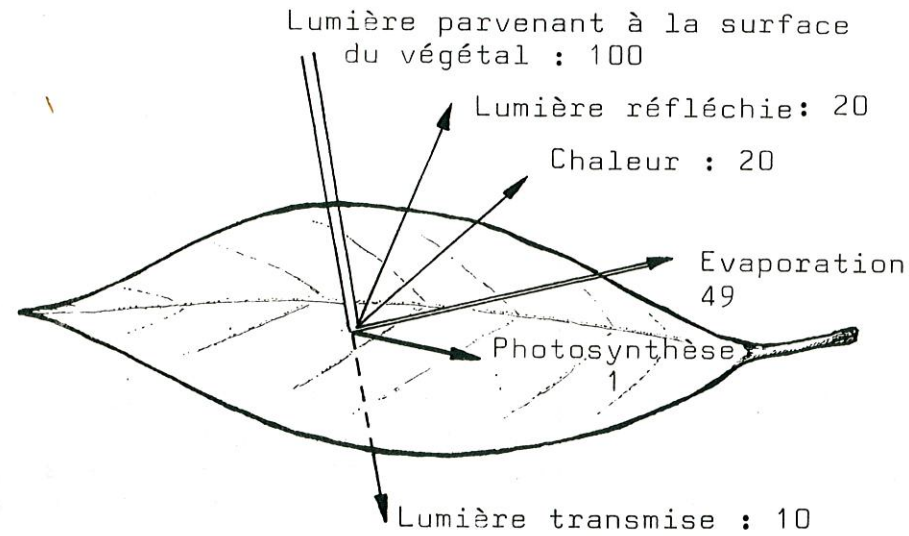
Avant d'être utilisée par les végétaux, la lumière va subir un grand nombre de déperditions :

- Au niveau des différentes couches de l'atmosphère.
- Au niveau de la surface du végétal.

La quantité d'énergie lumineuse employée dans les réactions de la photosynthèse pour élaborer des sucres est comprise entre 0,1 et 1,6% de l'énergie arrivant dans les hautes couches de l'atmosphère.



Toute l'énergie lumineuse parvenant à la surface du sol n'est pas utilisée par la plante. Seule une infime partie est destinée à la réalisation de la photosynthèse (1%).

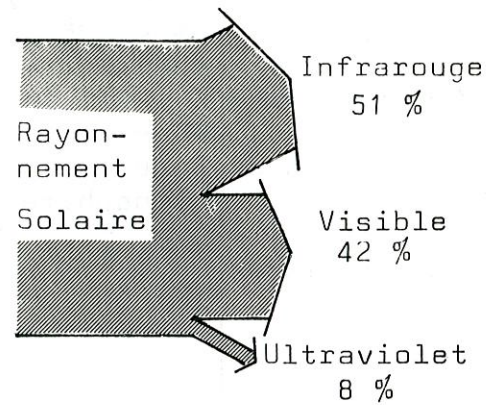


La lumière émise par le soleil peut se diviser en 3 catégories. Cette différenciation se fait en fonction de la longueur d'onde de chacune de ces lumières.

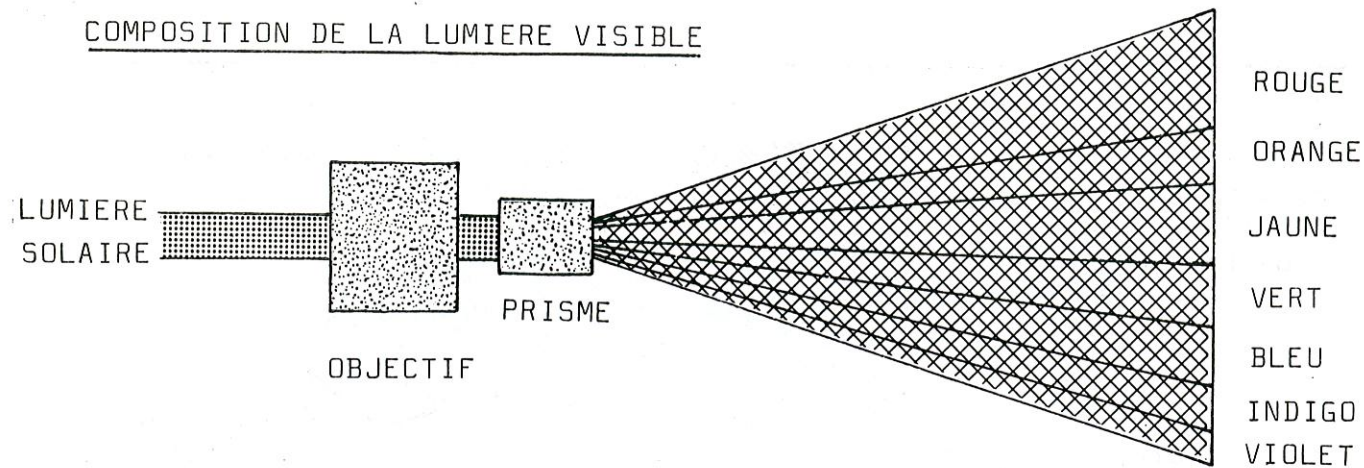
- Les radiations ultra-violettes, comme nous l'avons vu, sont en grande partie arrêtées par la couche d'ozone de l'atmosphère et ont, pour celles qui traversent, un faible pouvoir pénétrant dans les feuilles.

- Les radiations infra-rouges ont un effet surtout calorifique et sont renvoyées par les feuilles.

- Seule la lumière visible est utilisée pour la photosynthèse avec un maximum pour les longueurs d'onde correspondant au rouge et au bleu.



COMPOSITION DE LA LUMIERE VISIBLE

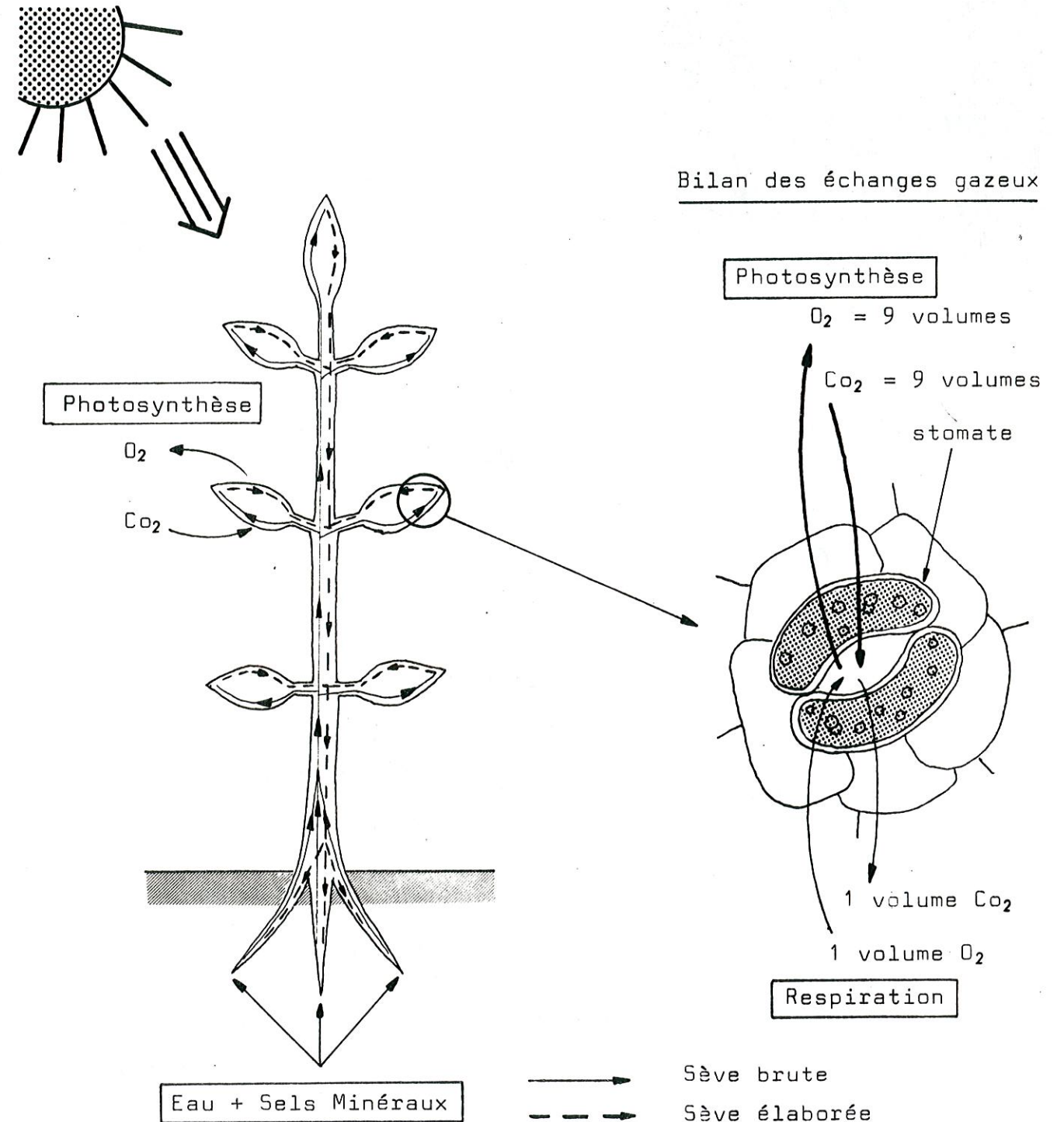


La lumière visible se compose de plusieurs ondes de longueurs différentes. En passant dans le prisme, ces ondes sont séparées et leurs projections sur un écran révèle la composition de la lumière visible (arc-en-ciel).

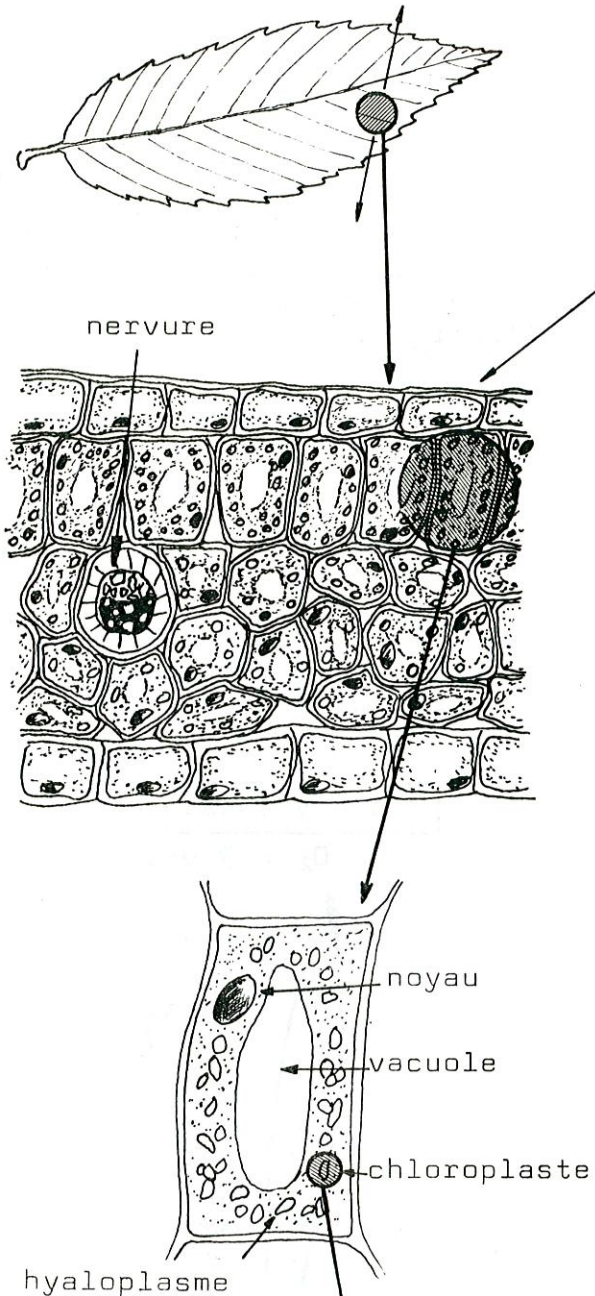
2 DEFINITION

La photosynthèse permet au végétal chlorophyllien de transformer la matière minérale en matière organique à partir de l'énergie solaire.

Ce processus fait pénétrer le carbone atmosphérique dans le cycle des éléments, à l'inverse de la respiration qui l'en expulse, contribuant ainsi à l'élaboration de produits organiques. Il constitue le premier maillon du cycle de la matière et par conséquent celui de l'énergie.



3 LA CHLOROPHYLLE



Dicotylédone : chloroplastes abondants dans les couches supérieures des cellules (feuilles étalées)

Monocotylédone : chloroplastes abondants sur les deux faces de la feuille (feuilles dressées)

Chloroplastes :

- .Taille: diamètre de 3 à 10 microns
épaisseur de 1 à 4 microns
- .Forme : disque
- .Couleur: vert
- .nombre : variable selon les individus ,
l'âge, l'espèce
en moyenne 50 par cellule
représente 1/3 du poids sec de la cellule
- .Localisation : dans le hyaloplasme

Constitution du chloroplaste :

- .Granum : masse verte de 0,5 micron de diamètre
formé d'un empilement de lamelles discoïdales chez les végétaux supérieurs
- .Grain d'amidon : présent chez les végétaux vasculaires.
est une forme d'accumulation des sucres produits par la photosynthèse
- .Stroma : substance amorphe du chloroplaste où se déroulent les réactions photosynthétiques de la phase obscure
- .Lamelles : siège de réactions photosynthétiques de la phase lumineuse.

La chlorophylle se retrouve dans la plupart des chloroplastes: On distingue les chlorophylles "a" et "b" les plus importantes ainsi que les chlorophylles "c" et "d" en faible quantité.

A ces principaux pigments s'ajoutent les caroténoïdes composés du "carotène" (rouge) et des "xanthophylles" (jaune).

Chez les algues bleues, rouges et brunes on rencontre d'autres pigments spécifiques.

Elle absorbe certaines radiations lumineuses où elle puise l'énergie nécessaire aux réactions de la photosynthèse (voir schéma p.10).

La composition chimique est caractérisée par la présence d'un noyau de Mg autour duquel s'organise le C, H, O, N.

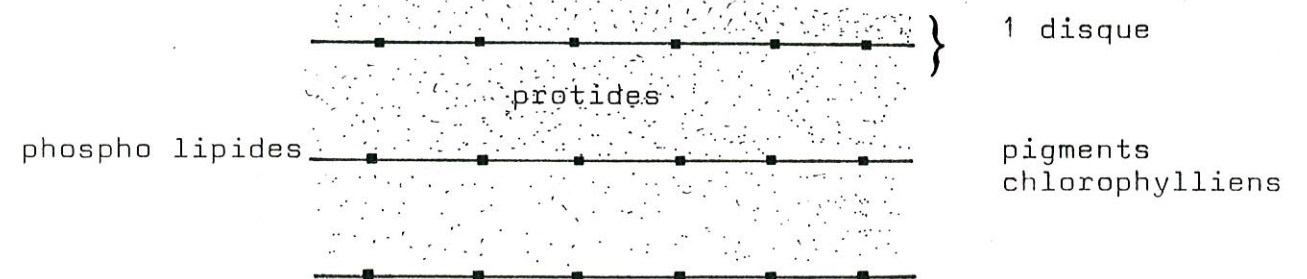
Notons que l'hémoglobine, élément moteur du monde animal s'organise de la même façon mais le noyau de Mg est remplacé par un noyau de Fer. Cette coïncidence nous fait demander si la différence entre le monde végétal (capable de se nourrir seul) et animal (dépendant du végétal) ne trouve pas là une de ses origines ?

La période d'activité de la chlorophylle n'est que d'un milliardième de seconde !

La quantité de chlorophylle dans une plante varie selon différents paramètres:

- Les saisons : importante au printemps alors qu'à l'automne le Carotène prédomine (coloration des feuilles).
- De l'alimentation de la plante : les carences en N, Co₂, Fer ou l'excès d'oxygène la font diminuer.
- De l'intensité lumineuse.

La chlorophylle est localisée sur les grana. Chaque granum est formé d'un empilement de disques. Chaque disque est formé d'une lame constituée de phospho lipides. Cette lame est également le support des pigments.

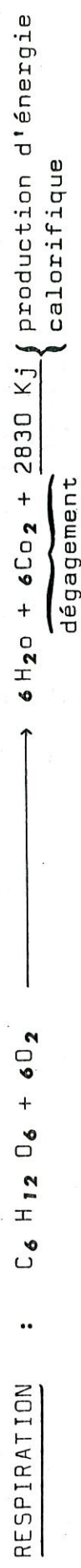


4 LES REACTIONS DE LA PHOTOSYNTHESE

La photosynthèse se présente comme une suite de réactions chimiques allant à l'encontre de celles provoquées par la respiration.

La photosynthèse est une "réduction" c'est à dire qu'elle a besoin d'énergie pour réduire le CO_2 et fabriquer des sucres (glucose).

La respiration est une "oxydation" : elle détruit le glucose par un phénomène de combustion lié à l'oxygène pour en tirer l'énergie chimique stockée.



	PHOTOSYNTHESE	RESPIRATION
Oxygène	Dégagement d' O_2	Absorption de O_2 atmosphérique
Carbone	Absorption du CO_2 atmosphérique	Dégagement de CO_2 (combustion)
Bilan des échanges gazeux	Pour 1 volume de gaz absorbé ou rejeté par la respiration, 9 volumes de gaz absorbé ou rejeté par la photosynthèse (voir dessin)	
Énergie	Consommation (soleil) puis accumulation (sucres) d'énergie. Réaction de réduction	Libération d'énergie Combustion de sucres avec l'oxygène Réaction d'oxydation
Chlorophylle	Indispensable pour capter l'énergie	Non indispensable
Périodicité du phénomène	Phénomène diurne	Phénomène continu: diurne et nocturne
Localisation	Chez tous les végétaux chlorophylliens dans les parties vertes (feuilles - tiges thalles aériens)	Chez les végétaux aérobies, même non chlorophylliens Chez les animaux
Bilan global	Gain de Carbone (fixation du CO_2) Consommation d'énergie	Perte de Carbone (dégagement de CO_2) Production d'énergie (réalisation des synthèses) Production de chaleur

Les réactions de la photosynthèse vont se dérouler en deux phases distinctes :

1 : La phase lumineuse : l'énergie solaire est captée

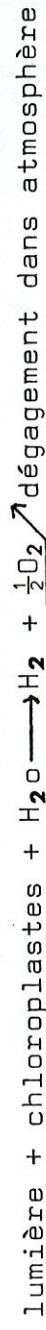
2 : La phase obscure : l'énergie solaire est utilisée dans les réactions de synthèse.

Il est important de noter que la phase obscure se déroule également en pleine lumière. Elle ne doit son nom qu'au fait de ne pas l'utiliser directement.

LA PHASE LUMINEUSE

Deux processus se déroulent simultanément :

- La photolyse de l'eau : Sous l'action conjuguée de l'énergie lumineuse (photons) et des chloroplastes, la molécule H_2O est scindée en 2 parties

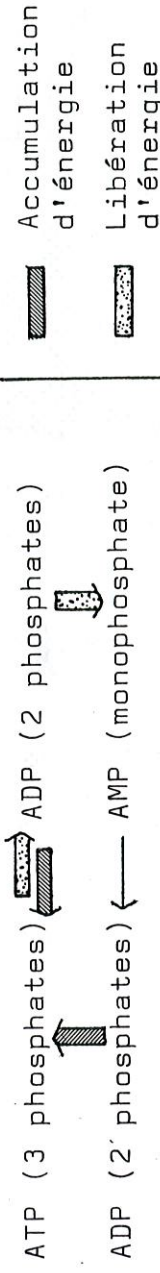


L'hydrogène est libéré de son oxygène. Il est maintenant prêt à participer à d'autres réactions.

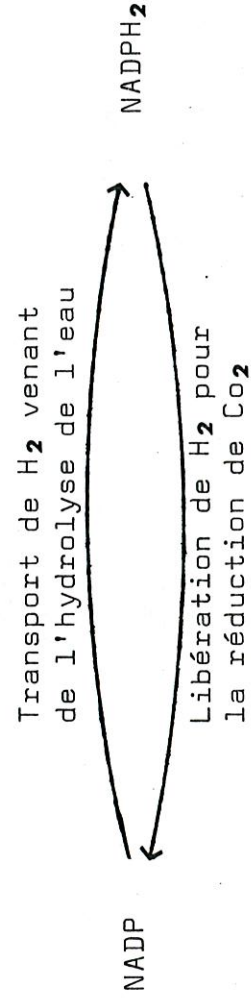
- L'utilisation de l'énergie : A l'intérieur du chloroplaste, deux corps particulièrement importants se forment :

a) : L'ATP : (abréviation d'adénosine triphosphate). C'est un transporteur d'énergie synthétisé grâce aux chloroplastes, capable d'emmagasiner ou de libérer de l'énergie suivant les besoins de la synthèse. L'énergie lumineuse est ainsi transformée en énergie chimique.

Il évolue de façon cyclique :



b) : Le NADP : (Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate). C'est un corps spécialisé dans le transport de l'hydrogène provenant de la première réaction. Il évolue également de façon cyclique :



L'ensemble des réactions de cette phase lumineuse peut donc se traduire
Lumière + chlorophylle + $\text{ADP} + \text{NADP} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{ATP} + \text{NADPH}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$

LA PHASE OBSCURE

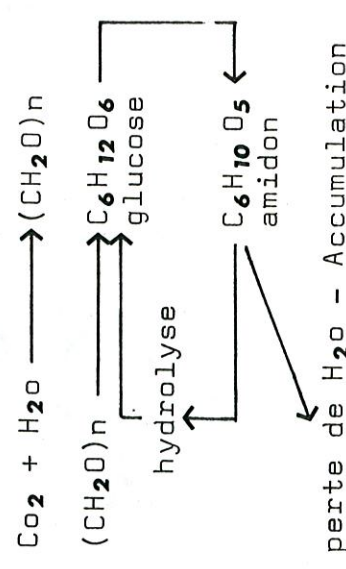
Durant cette phase, l'hydrogène véhiculé par NADP se combine avec le CO_2 atmosphérique absorbé par les stomates de la plante.

Cette réaction est consommatrice d'énergie. Celle-ci est délivrée par ATP.

Il y a formation d'un début de chaîne carbonée $(\text{CH}_2\text{O})_n$ qui après maintes transformations très complexes aboutira à la formation de glucose.

Lorsque la production de glucose est plus importante que la consommation, ce glucose se transforme en amidon accumulé dans le stroma.

L'amidon sera ensuite hydrolysé pendant la nuit (pas de photosynthèse mais toujours respiration donc oxydation) et remis à la disposition de la plante pour les besoins du métabolisme.



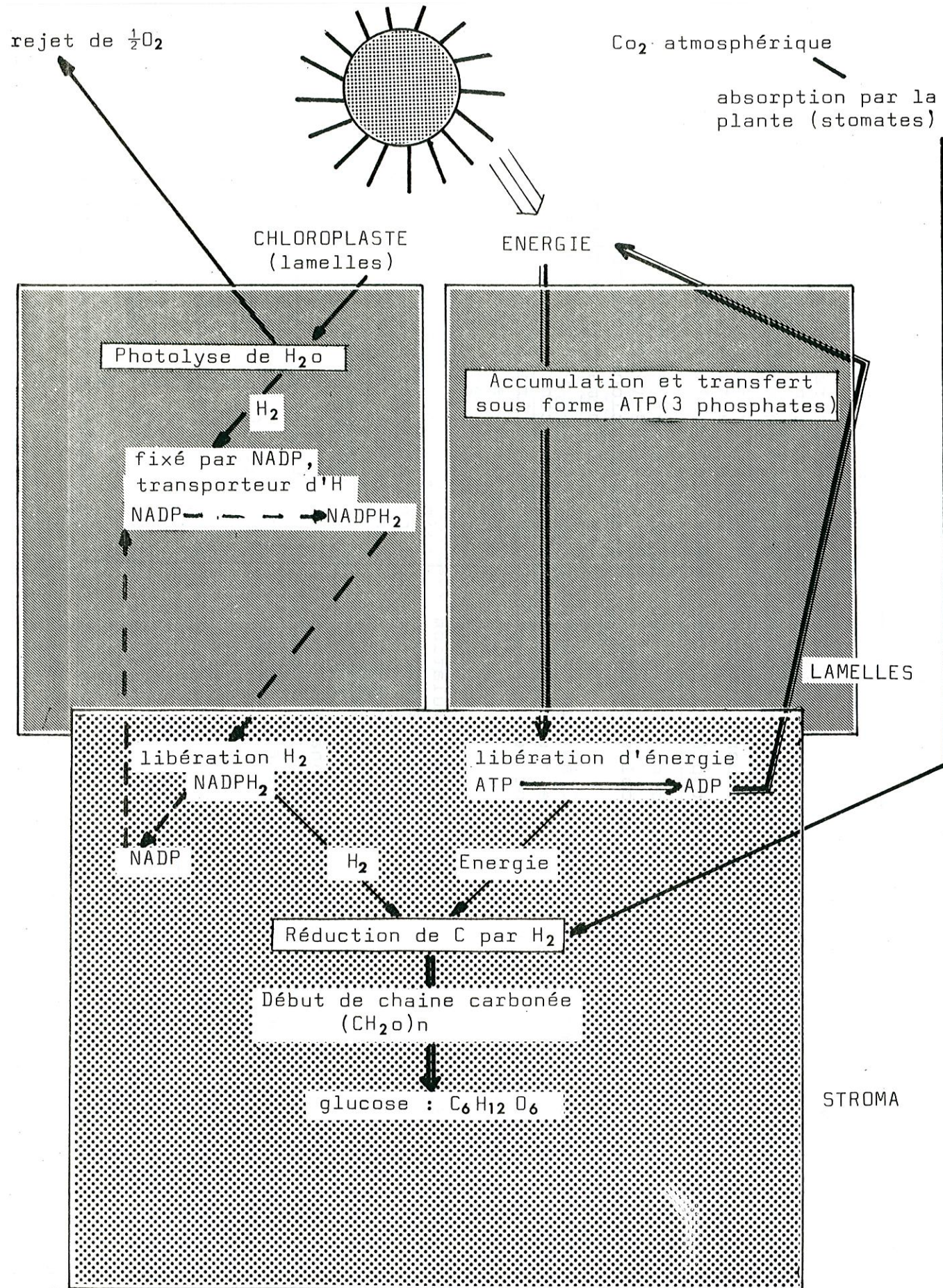


TABLEAU RECAPITULATIF

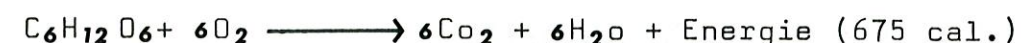
PHASE LUMINEUSE
 PHASE OBSCURE

CONSEQUENCES DE LA PHOTOSYNTHESE

1 AU NIVEAU DE LA PLANTE

Il ne faut pas voir une finalité dans l'élaboration du glucose. Ce corps matérialise une transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

a : Par oxydation, il va fournir aux cellules l'énergie nécessaire aux réactions métaboliques



Cette oxydation va se produire dans toutes les parties de la plante (tiges, racines, feuilles, graines en germination) car toutes respirent.

b : Il peut se transformer en cellulose donnant de nouvelles membranes.

c : Il participe à l'élaboration de nombreux corps importants pour la plante - les lipides sont un dérivé de glucides dégradés

- les protides puisent dans les glucides l'énergie nécessaire à la réduction de l'azote (nitrates ou amoniac). Il leur emprunte également une partie de leurs constituants.

d : La synthèse de glucose à l'intérieur des cellules augmente la quantité de substances dissoutes dans le suc cellulaire. L'absorption d'eau est stimulée. La concentration de ce suc augmente donc; l'eau allant toujours du milieu le moins concentré vers le plus concentré. La croissance de la plante est ainsi favorisée.

e : Les sucres sont stockés sous forme d'amidon dans les organes de réserve : tubercules, racines, fruits, graines...

2 SUR L'ATMOSPHERE

L'activité photosynthétique des êtres vivants a grandement modifié la composition de l'atmosphère primitive sur terre.

Actuellement, la flore fixe en moyenne chaque année 45 milliards de tonnes de CO_2 et libère 90 milliards de tonnes d'oxygène issus de la photolyse de l'eau.

a : Augmentation de la teneur en oxygène :

Elle s'est réalisée grâce aux végétaux chlorophylliens de façon progressive au fur et à mesure de leur évolution et de leur accroissement. Il y a 135 millions d'années, la quantité d'oxygène atteignait la moitié du taux actuel. L'apparition des Angiospermes a permis la réalisation du dernier palier (voir tableau p.5).

De nos jours, l'oxygène représente environ 20 % de l'atmosphère. Cet oxygène est entièrement renouvelé tous les 30 ans, en grande partie grâce aux algues marines qui en fournissent 80 %.

b : Diminution du taux de CO_2 :

La photosynthèse permet la fixation du CO_2 atmosphérique et a entraîné une diminution de son taux initial; le taux actuel étant de 0,044 % de l'atmosphère.

Il est bien évident qu'il existe une forme de restitution du CO_2 sinon tout le carbone atmosphérique aurait disparu depuis longtemps, interrompant les mécanismes photosynthétiques. Cette restitution s'opère par les phénomènes d'oxydation (respiration, combustions, décompositions) qui rejette le CO_2 dans l'atmosphère.

Les variations du taux de CO_2 assurant une thermorégulation du globe en captant de l'énergie, peuvent également entraîner des variations climatiques.

c : Formation de la couche d'Ozone (O₃):

Elaboration d'un écran aux rayons ultra-violet.

Ainsi, la photosynthèse eut pour conséquence de détruire les conditions qui permirent l'apparition de la vie, et ceci de façon irréversible en arrêtant les rayons porteurs d'énergie dont nous avons envisagé l'utilité dans l'apparition des formes prébiologiques. La photosynthèse constitua une sorte de choix d'utilisation de l'énergie.

3 SUR LA MATIERE ORGANIQUE

Les végétaux constitués au fil du temps, ont colonisé toutes les terres émergées où régnaient des conditions propices. Cette colonisation s'apparente à un véritable raz de marée de matière organique, matière qui a vécu, tout au long des temps géologiques, des scénarios différents:

Constitution du sol : Il s'agit là d'une partie prise en charge par les organismes décomposeurs (bactéries - champignons) qui utilisent la matière organique comme nourriture et la restituent sous forme simple, de nouveau assimilable par les végétaux. Elle se nomme Humus, élément essentiel du sol, lui assurant sa structure et sa capacité à nourrir. Elle fait partie du cycle relativement rapide de la matière organique évoluant en milieu aérobie.

Il est bien entendu que cette partie n'est pas la seule responsable de la genèse des sols.

Stockages : Une part plus modeste (0,1%) a suivi une voie qui peut apparaître comme étant en dehors des cycles, celle qui est stockée en milieu aquatique et que l'on retrouve maintenant dans les sédiments.

Certaines époques géologiques, telles que le Crétacé moyen ont connu de très grandes productivités de matière organique, du fait des grandes étendues marines ou lacustres. Cette matière, préservée de l'action destructrice de l'oxygène par la présence d'eau, s'est accumulée, a subi des transformations diverses pour donner finalement la tourbe, la lignite, la houille, l'antracite et le pétrole, fossiles dont l'intérêt pour l'homme n'est pas à discuter.

BILAN DE L'ENERGIE

A : RENDEMENT EN MASSE

Les techniques de mesure du rendement de la photosynthèse sont diverses mais présentent toutes beaucoup d'imprécisions; en effet l'évaluation de l'assimilation est faussée par un grand nombre de paramètres dont on ne connaît que peu le champ d'influence (teneur en CO₂, température, intensité lumineuse).

Parmi ces techniques, on peut retenir : la mesure du poids sec
la mesure de l'O₂ libéré
la mesure du CO₂ absorbé

On estime qu'un dm² de feuille produit 10 mg de matière sèche en une heure et nécessite 15,4 mg de CO₂.

Ces chiffres sont bien sûr sujets à caution et pour cette raison, nous nous intéresserons plus à ce qu'est devenue l'énergie assimilée par la photosynthèse.

B : FLUX D'ENERGIE

Dans le flux d'énergie, on distingue 3 niveaux :

- 1: Les producteurs
- 2: Les consommateurs
- 3: Les décomposeurs

1 : Les Producteurs englobent les végétaux chlorophylliens capables de transformer des substances minérales en composés organiques à partir de l'énergie lumineuse. Ces producteurs sont également appelés AUTOTROPHES en raison de leur autonomie trophique vis à vis des autres êtres vivants. Ils servent de support à toute la vie animale : fourniture de nourriture - fourniture d'oxygène.

2 : Les Consommateurs se nourrissent de matière organique déjà élaborée pour synthétiser leurs propres tissus.

On distingue : Les consommateurs primaires (CI) : Ils transforment les substances végétales en tissu animal. Ce sont les herbivores.

Les consommateurs secondaires (CII) : Ils se nourrissent d'herbivores. Ce sont des carnivores.

Les consommateurs tertiaires (CIII) : Ils se nourrissent des C II.

Tous ces animaux pour satisfaire leurs besoins trophiques ont besoin de Matière organique déjà élaborée. Ils s'opposent aux autotrophes et portent le nom d'HETEROTROPHES. Leur nutrition est essentiellement faite de matière vivante.

Cas particuliers chez les consommateurs

- Les parasites végétaux ou animaux sont également des consommateurs.
- Certains animaux peuvent être herbivores ou carnivores: ce sont les OMNIVORES

3 : Les décomposeurs: Ils se nourrissent de cadavres végétaux ou animaux, de déjections. Ce sont également des hétérotrophes.

Ils contribuent : -à la décomposition de la matière organique et sa remise en forme minérale

-à la restitution du carbone dans l'atmosphère.

Au niveau des décomposeurs, la minéralisation s'effectue à plusieurs niveaux :

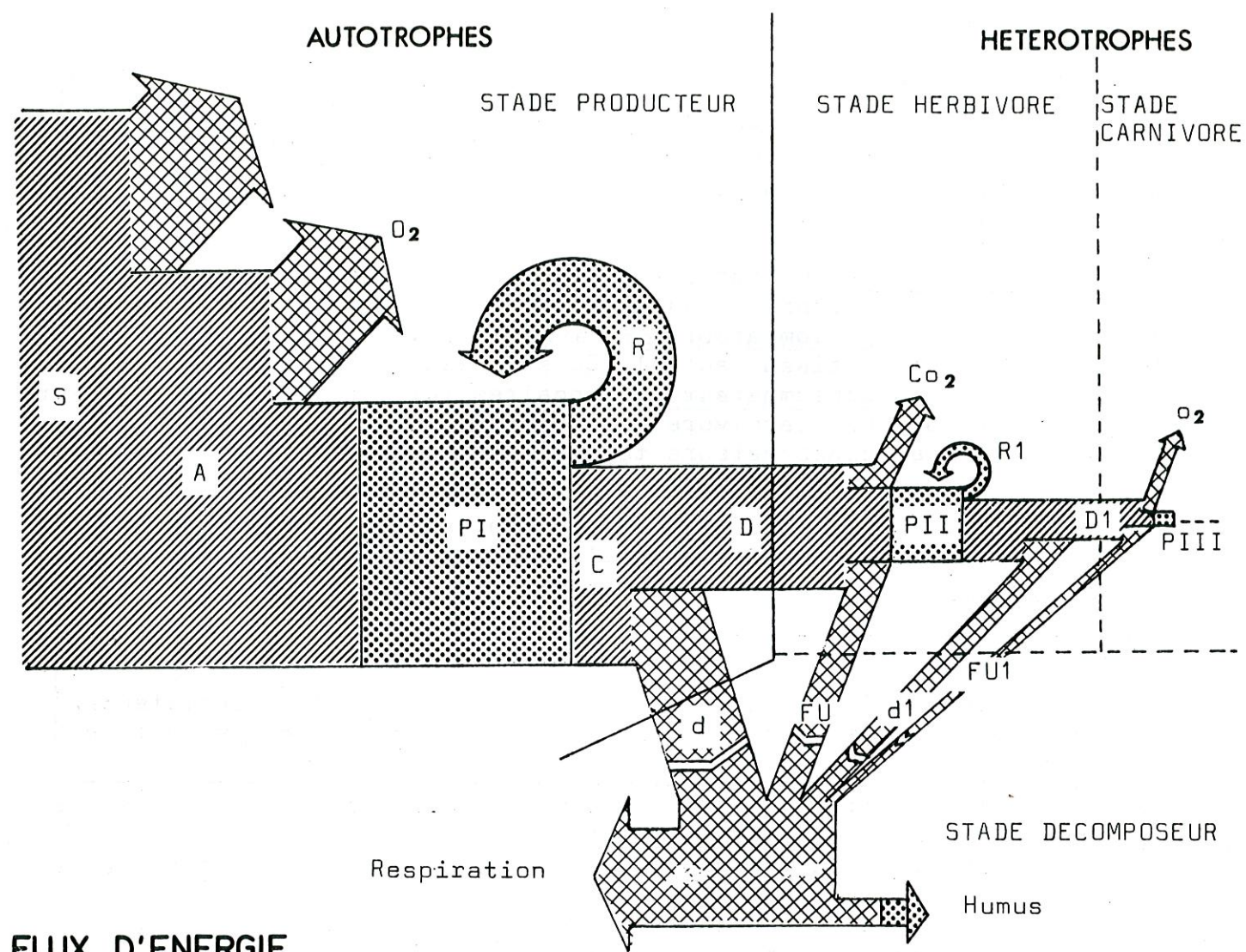
- Les charognards : consommateurs de cadavres animaux frais (chacal)

- Les saprophages : consommateurs de cadavres végétaux frais (lombrics)

- Les transformateurs : Ils minéralisent la matière organique remaniée aux deux stades précédents et la rendent assimilable par les végétaux chlorophylliens. Ils sont essentiellement représentés par les Saprophytes (nombreuses bactéries et champignons).

Tous ces êtres vivants contribuent à former un vaste réseau trophique qui se superpose au flux d'énergie.

(voir page suivante l'illustration de ce texte)



FLUX D'ENERGIE

- | | |
|---|--------------------------------------|
| S : Energie disponible du soleil | D : Ingérée par herbivores |
| A : Energie lumineuse absorbée par les tissus chlorophylliens | FU : Fecès - Urine |
| PI : PRODUCTIVITE PRIMAIRE | PII : PRODUCTIVITE SECONDAIRE |
| R : Tissus persistants en fin de production | R1 : Constitution de nouveaux tissus |
| C : Support à hétérotrophes | D1 : Ingérée par carnivores |
| d : Déchets - gaspillage | PIII : PRODUCTIVITE TERTIAIRE |
- Pertes
 Productivité
 Energie disponible

(d'après DUVIGNEAUD)

AUTRES INFLUENCES DU SOLEIL

Nous verrons rapidement comment le soleil, par des formes dérivées, peut fournir des énergies autres que celle de la photosynthèse :

1: HYDROELECTRICITE :

Par l'évaporation qu'elle entraîne, l'énergie solaire amorce le cycle de l'eau. Cette eau, par le jeu des précipitations et du relief (cf Fiche T. et P. n°3) s'accumule dans les rivières et constitue, par sa masse, une force intéressante piégée par les barrages et utilisée par les usines hydroélectriques. Cette énergie solaire transformée fournit l'électricité.

2: ENERGIE MAREMOTRICE :

Soumises à l'attraction du soleil et de la lune, les masses d'eau des océans oscillent et représentent une force que l'homme sait parfois utiliser.

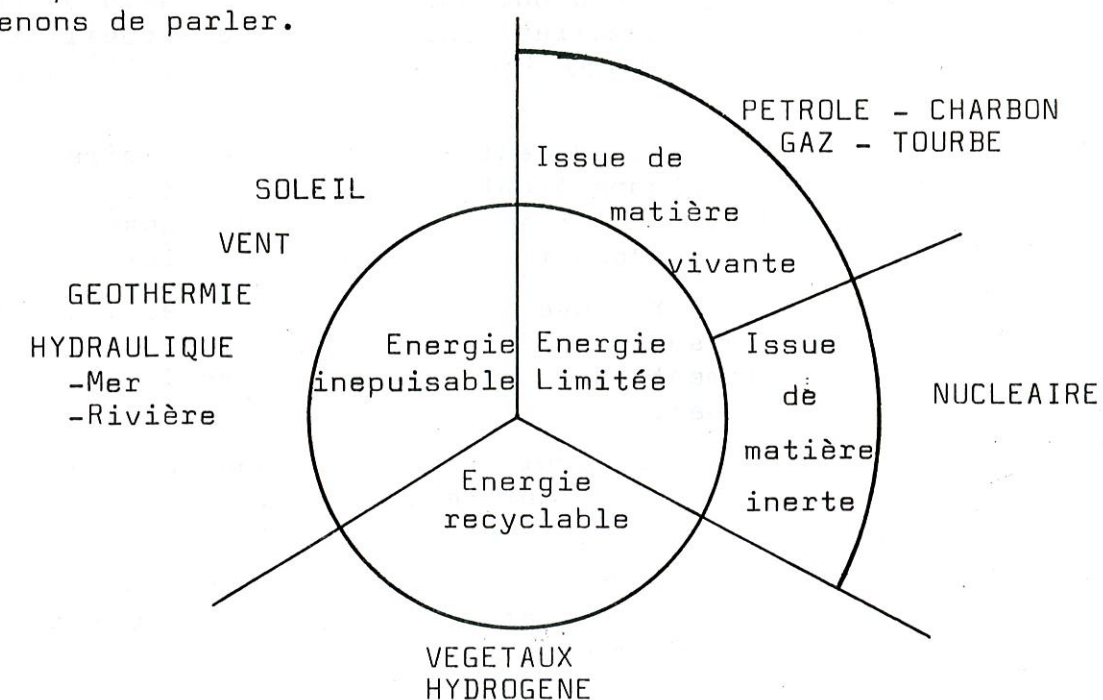
3: ENERGIE EOLIENNE :

Le vent et la force qu'il représente sont le résultat de mouvements de convection engendrés par les différences de température entre les pôles et l'équateur, elles mêmes dues à l'angle d'incidence plus ou moins oblique des rayons du soleil (cf F.T.P. "Hiver" n°7).

4: ENERGIE SOLAIRE :

Cette énergie peut être utilisée directement, sans l'intermédiaire du vent ou de l'eau pour fournir chaleur et électricité.

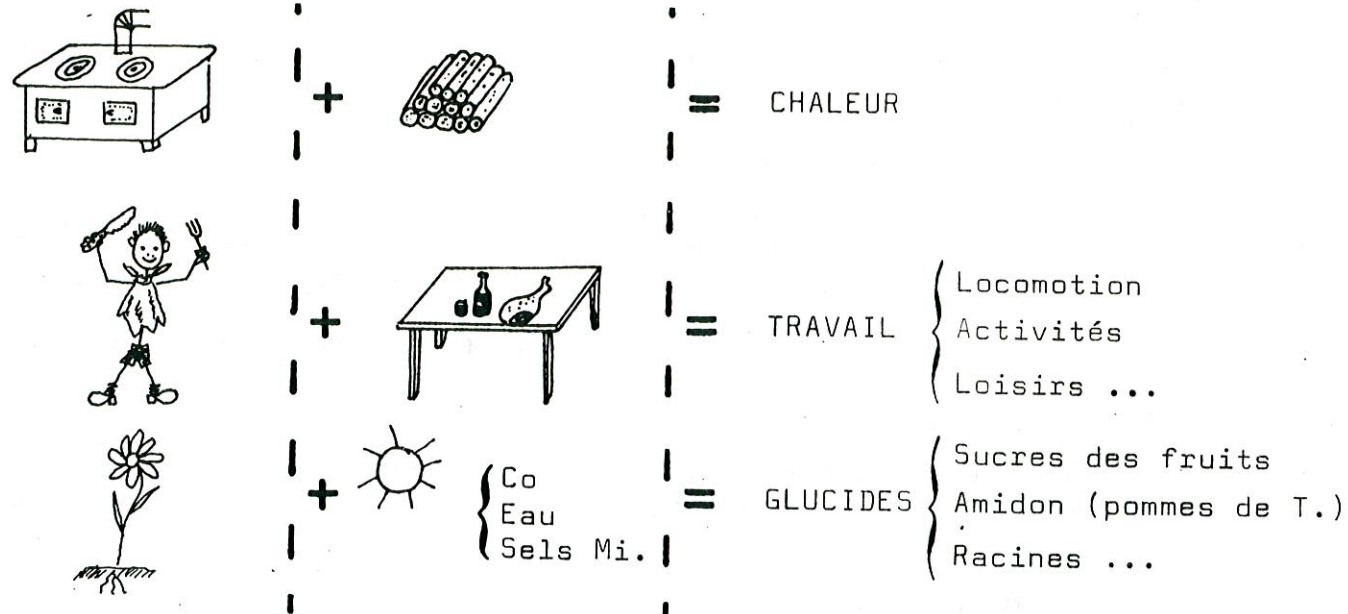
Le spectre ci-dessous situe les différentes énergies dont nous venons de parler.



APPLICATIONS PEDAGOGIQUES

I : APPROCHE DE LA NOTION D'ENERGIE

L'énergie est une notion difficilement palpable qu'il convient de visualiser ou représenter de façon simplifiée.



Pour chaque exemple, trouver une définition de l'énergie. Comparer ces définitions et en trouver une commune.

Approcher la notion de transformation et de perte d'énergie (perte par chaleur).

II : L'HOMME ET L'ENERGIE

Face aux pertes d'énergie inhérentes à la transformation de la matière organique tout au long des chaînes alimentaires, montrer comment l'homme a tenté d'emprisonner l'énergie, de la stocker et de l'utiliser.

Etape 1 : L'homme nomade. Il trouve une nourriture au hasard de ses déplacements grâce à des techniques sommaires (chasse - pêche - cueillette). L'énergie emmagasinée ne sert qu'à pallier à celle dépensée. Il assure sa survie.

Etape 2 : L'homme agriculteur. Il domestique l'énergie solaire par la pratique de l'agriculture et de la domestication animale en utilisant son savoir. Il fait des stocks d'énergie (réserves de graines, conservation de la viande). Il réalise une sorte de "court circuit" dans le flux d'énergie.

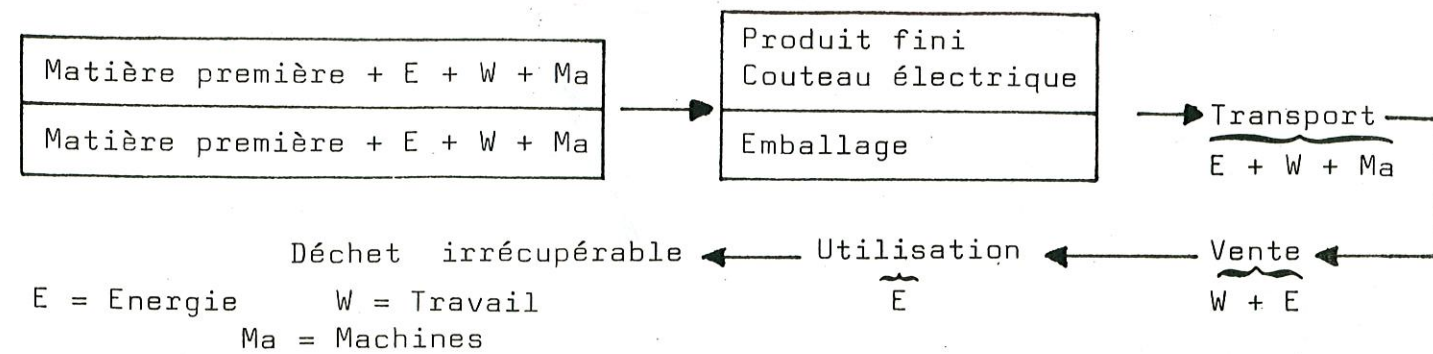
Etape 3 : L'homme artisan. Pour subvenir à de nombreux besoins, il se détache de sa seule fonction de subsistance. Il crée des objets utiles qu'il échange (troc) contre des aliments par un système de marché. Le réseau d'énergie commence à se compliquer.

Etape 4 : Ere préindustrielle. Les outils de l'artisan sont remplacés par des machines utilisant des sources d'énergie diverses. Le travail se spécialise et se divise. Les échanges se font par un système de monnaie.

Etape 5 : Société industrielle. Dans ce système d'organisation, l'énergie circule sous différentes formes (biens et services, savoir, création) en passant par un grand nombre d'intermédiaires (transformations) et subissant à chaque relais, la loi de la perte d'énergie.

Dans ce système encore, l'énergie solaire dérivée de la photosynthèse tient une grande place, en effet, l'homme se sert des énergies fossiles (gaz pétrole - charbon).

En se plaçant à l'étape 5 qui caractérise notre époque, chercher toutes les entrées d'énergie et de travail nécessaires à l'élaboration d'un produit. Le schéma simplifié ci-dessous donne une idée de la complexité d'un circuit aboutissant à la réalisation d'un objet dont l'utilité reste à prouver!



Faire un inventaire des différentes formes d'énergie et trouver les liaisons possibles entre celles-ci. Chercher à l'aide d'exemples puisés dans la vie courante les transformations et la destinée de l'énergie suivant les deux lois de la thermodynamique (voir p.2). Arriver à la mise en évidence du principe de la dissipation de l'énergie sous forme de chaleur irrécupérable. En tirer des conclusions de gestion. Il peut être également intéressant de rapprocher les dates de formation des énergies fossiles, celles du début de leur utilisation et les problèmes d'énergie que nous vivons.

III RAYONNEMENT SOLAIRE

- Composition : Bien qu'il soit très difficile de mettre en évidence le rayonnement ultra-violet, infra-rouge et visible composant la lumière solaire, il est important de les citer et d'en rechercher des manifestations.

◦ Ultra-violet : Rayonnement responsable du bronzage de la peau (brûlure d'une couche de l'épiderme)

◦ Infra-rouge : Impossible à visualiser sans procédé photographique spécial

le, le rayonnement infra-rouge peut néanmoins s'appréhender par la notion de chaleur qui lui est associée: après le coucher du soleil, un mur exposé à la chaleur de celui-ci émet un rayonnement infra-rouge que nous ressentons comme un apport de chaleur. De même, nous sommes sensibles à ce rayonnement quand nous approchons notre main d'une plaque de cuisinière électrique en marche ou d'un moteur que l'on vient d'arrêter. Les photographies infra-rouge permettent de visualiser ces dégagements de chaleur.

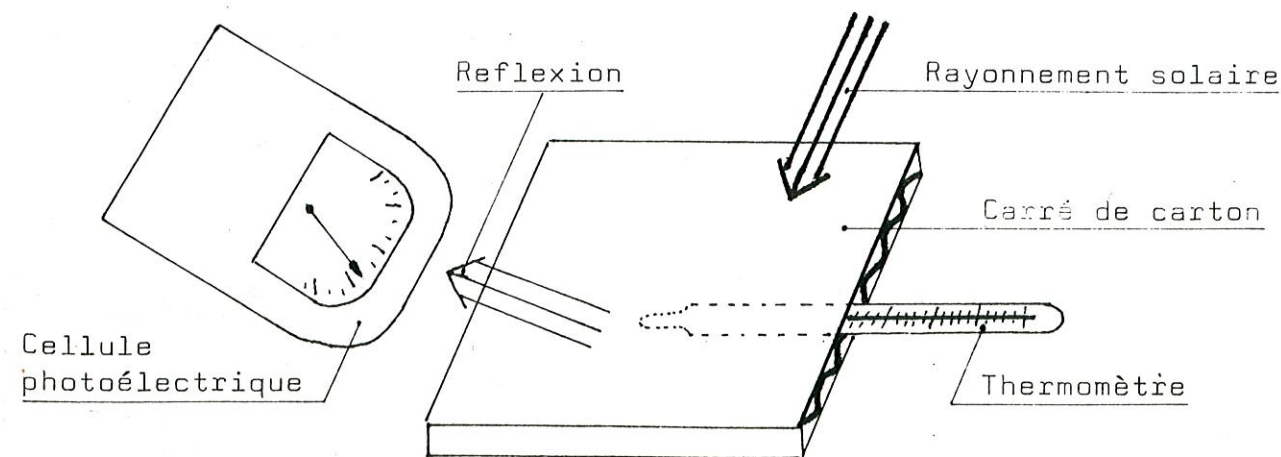
◦ Visible : Il aura ici de l'intérêt dans la mesure où l'on pourra, à l'aide d'un prisme, en visualiser la composition (couleurs de l'arc-en-ciel) et montrer les bandes de couleurs les plus efficaces à la photosynthèse (rouge - bleu).

- Affectations du rayonnement solaire :

Nous avons vu qu'une partie du rayonnement parvenant dans les couches de l'atmosphère était réfléchi ou absorbée par les particules de celle-ci. Bien que ce phénomène soit impossible à vérifier, il est toutefois possible de le comparer avec celui, identique, qui affecte le rayonnement parvenant à la surface du sol.

Découper une série de carrés de carton de taille identique. Les peindre de couleurs mates différentes (bleu-vert-rouge-noir...). Les exposer au soleil et mesurer la réflexion de la lumière à l'aide d'une cellule photoélectrique (appareil photo). Porter les résultats sur un graphique.

Sur ce même montage expérimental, glisser un thermomètre dans les alvéoles qui constituent l'épaisseur du carton. Faire un relevé de température simultané sur les différents carrés, reporter les résultats en fonction des couleurs. Chercher les corrélations possibles entre taux de réflexion et température.



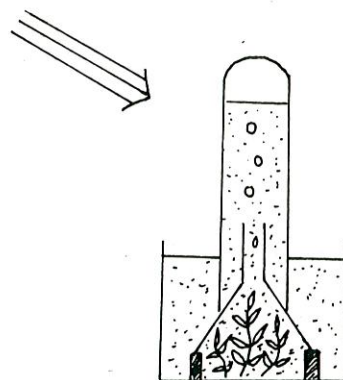
IV: PHOTOSYNTHESE :

Mise en évidence du dégagement d'oxygène :

Dans un récipient, renverser un entonnoir sur des plantes aquatiques. Le sommet de l'entonnoir sera recouvert d'un tube à essai. Remplir d'eau de mare et vérifier qu'il n'y ait pas d'air dans ce tube.

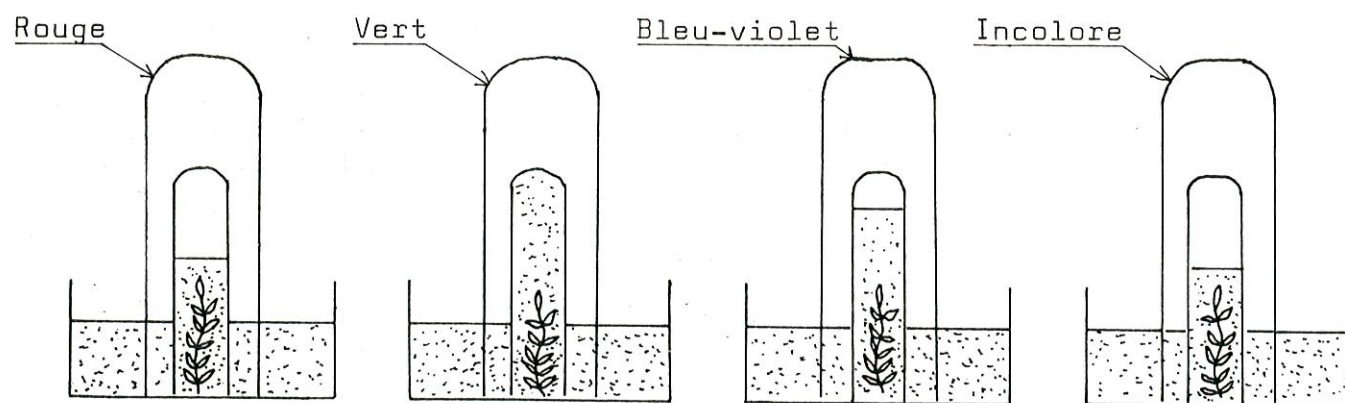
Exposer le tout à la lumière et constater le dégagement qui s'accumule dans le tube. Refaire l'expérience avec des intensités lumineuses différentes et comparer les résultats.

Afin de prouver qu'il s'agit surtout d'un dégagement d'oxygène, introduire en fin d'expérience un fusain porté à incandescence ou une allumette présentant un simple point en ignition. Si celui-ci s'enflamme, nous pouvons dire que le dégagement gazeux de la plante est fortement enrichi en oxygène.



Utilisation du spectre solaire : (activité en lumière colorée)

Refaire plusieurs fois l'installation précédente en recouvrant chaque tube d'un verre de couleur. Exposer quelques heures à la lumière et comparer les dégagements. Du spectre de la lumière, la chlorophylle utilise surtout les bandes correspondant au rouge et au bleu-violet.



Chercher les applications agricoles de ce phénomène.

Nécessité de la lumière pour la synthèse de la chlorophylle :

Mettre une ou plusieurs plantes à l'abri de la lumière. Au bout de quelques jours, la plante blanchit : il n'y a plus synthèse de la chlorophylle. Chercher les applications agricoles du phénomène (endives, salades, cardons)

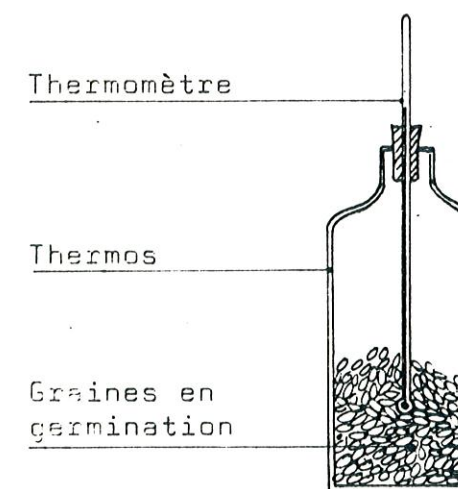
V : RESPIRATION ET ENERGIE :

La mise en évidence du phénomène de dégagement de chaleur associé à celui de respiration peut s'illustrer par le montage ci-contre.

Au bout de quelques jours, relever la température et la comparer avec celle relevée en début d'expérience.

Veiller à ce que ce montage reste à température constante pendant l'expérience.

Faire des relevés de température deux fois par jour et reporter les résultats sur un graphique. En tirer les conclusions qui s'imposent.



VI : LA PHOTOSYNTHESE ET L'HOMME :

Application au niveau alimentaire : En considérant un aliment courant de l'homme, retracer son histoire en suivant le principe de la chaîne alimentaire. Dans la mesure du possible, évaluer les pertes par un système de mesure choisi.

VII : AUTRES INFLUENCES DU SOLEIL :

a : Sur l'énergie : Exceptées les énergies mises en service par la photosynthèse (énergie alimentaire - énergies fossiles), chercher d'autres manifestations énergétiques du soleil: Hydraulique
Eolienne
Marémotrice
Solaire proprement dite.

b : Sur le comportement social des hommes :

- choix du lieu de vacances
- importance du soleil dans certaines publicités...