



Raymond PIOLAT
Jeannette JARLAN
Alain ROBERT

Biologie végétale

Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.0 France

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>

Vous êtes libres :



de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public



de modifier cette création

Selon les conditions suivantes :



Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).



Pas d'Utilisation Commerciale. Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.



Partage des Conditions Initiales à l'Identique. Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

- A chaque réutilisation ou distribution de cette création, vous devez faire apparaître clairement au public les conditions contractuelles de sa mise à disposition. La meilleure manière de les indiquer est un lien vers cette page web.
- Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits sur cette oeuvre.
- Rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint le droit moral de l'auteur ou des auteurs.

Ce qui précède n'affecte en rien vos droits en tant qu'utilisateur (exceptions au droit d'auteur : copies réservées à l'usage privé du copiste, courtes citations, parodie...)

Ceci est le Résumé Explicatif du Code Juridique

(la version intégrale du contrat - <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/legalcode>).



Sommaire

Partie 1 : Ateliers et rappels théoriques

Introduction

Page 4

Atelier 1 Circulation de l'eau

Page 6

Atelier 2 La cellule

Page 7

Atelier 3 Maquette et coupe longitudinale

Page 10

Atelier 4 Nutrition de la plante

Page 16

Rappels théoriques

Page 22

Partie 2 : Documents d'accompagnement

Documents d'accompagnement

Page 35

Séchage des feuilles

Page 44

Photothèque

Page 45



INTRODUCTION

Ce dossier donne des pistes pour animer quelques ateliers autour du thème « biologie végétale » et les rappels théoriques destinés aux animateurs qui auraient un peu oublié les années lycée et les cours biologie.

Expérience « Oxygène » : Production de dioxygène par une plante aquatique.
(Mise en place en début de demi-journée, exploité en fin de demi-journée) environ 15 minutes.

Ateliers :

Atelier 1 : « Circulation de l'eau dans la feuille »

Observations sur la table lumineuse de feuilles fraîches et sèches de la même plante, récoltées par les enfants :

Etat souple ou cassant, transparence, changements de couleur.

Nommer les parties de la feuille (limbe, nervures, pétiole, branche).

Atelier 2 : « la cellule végétale »

Utilisation d'outils d'observation notamment la manipulation d'une loupe binoculaire pour voir l'organisation des cellules végétales.

Cet atelier sera mené en même temps pour tous les groupes, la découverte de la cellule de la feuille étant nécessaire à la compréhension des ateliers suivants.

Atelier 3 : « Coupe transversale d'une feuille »

Manipulation d'une maquette pour découvrir les tissus de la feuille.

Atelier 4 : « Nutrition de la plante »

Phénomène de la photosynthèse. Manipulation d'un jeu de cartes pour découvrir comment la plante produit du glucose.

Ces quatre ateliers sont conçus pour durer environ 25 à 30 minutes et donc pour pouvoir, être tous réalisés, avec une classe divisée en quatre groupes (A, B, C, D) en une demi-journée selon le tableau suivant :

Durée	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
30 minutes	Atelier 1	Atelier1	Atelier 2	Atelier 2
30 minutes	Atelier 2	Atelier 2	Atelier 1	Atelier 1
30 minutes	Atelier 3	Atelier 3	Atelier 4	Atelier 4
30 minutes	Atelier 4	Atelier 4	Atelier 3	Atelier 3
10 minutes	Questions, réponses, conservation des feuilles			

Nota1 : Ces ateliers sont conçus pour être utilisés au CM2 (ou au CM 1 en fin d'année scolaire).

Pré-requis pour les ateliers :

Les élèves devront avoir appris les différentes parties d'une plante :

La racine qui fixe la plante dans le sol et puise l'eau et les éléments minéraux.

La tige qui porte les feuilles, les bourgeons, les fleurs, les fruits, les graines.

La feuille

La morphologie de la feuille sera également connue : pétiole, nervures ramifiées ou parallèles, limbe avec des formes très diverses.

Dans la quinzaine précédent notre intervention, solliciter les enfants pour qu'ils apportent des feuilles diversifiées (feuilles d'arbre, de plantes potagères, herbes, etc.) qu'ils feront sécher entre des feuilles de papier absorbant et de journaux (voir le dossier séchage des feuilles).

Rappels théoriques :

Les végétaux chlorophylliens possèdent la capacité remarquable de fabriquer des **molécules carbonées organiques** à partir de molécules inorganiques (dioxyde de carbone, eau, ions minéraux). Le processus de synthèse de ces molécules utilise l'énergie lumineuse : c'est la **photosynthèse**.

La photosynthèse se réalise dans les chloroplastes des cellules des feuilles. Aussi, les chloroplastes peuvent être qualifiés **d'usines photosynthétiques**.

D'où vient le **carbone**, constituant l'essentiel des molécules du vivant? Il provient du dioxyde de carbone (CO₂) contenu dans l'atmosphère.

L'homme n'a pas encore égalé ce captage de l'énergie solaire pour synthétiser des molécules carbonées organiques. Aucune industrie chimique humaine n'a aujourd'hui l'efficacité des végétaux dans la fabrication de matières organiques hautement diversifiées à partir de quelques éléments minéraux tirés de l'air, de l'eau et du sol.

Ainsi, le soleil apparaît comme le père de la vie, puisque, sans les synthèses végétales, les animaux, les hommes, seraient condamnés à mourir de faim... ou à être asphyxiés!

Sans vie végétale,
pas de vie animale.

Pour en savoir plus :

Rappels théoriques : structure et rôle de la feuille des végétaux chlorophylliens

Page 22

Atelier 1 : « Circulation de l'eau dans la feuille »

Préparation de l'atelier :

Lors d'activités préalables, les enfants pourraient faire sécher des feuilles et observer leur propre récolte.
(Voir fiche technique page 44)

Apporter le jour de l'activité :

- des feuilles fraîches de plantes les plus variées possibles (potagères, fleurs, arbres...)
- 1 poireau pour quatre enfants.

Observation à l'œil nu : lumière directe

Faire observer à l'œil nu les feuilles fraîches apportées et replacer le vocabulaire : pétiole, limbe, nervure.
Introduire les feuilles desséchées (de la classe ou apportées par le maître) et les observer .
Comparer avec les précédentes observations.



Conclusion : la feuille fraîche est opaque, la feuille desséchée est plus transparente.

Observation au moyen de la boîte d'observation : lumière traversante

On pourra utiliser avec profit une dalle lumineuse à DEL de 60 x 60 cm en vente par correspondance ou dans les magasins de bricolage

Introduire la boîte d'observation. Placer les différentes feuilles desséchées sur le support transparent ; l'éclairage étant placé sur le fond de la boîte, la lumière traverse les feuilles.
Affiner l'observation des nervures sur différentes feuilles desséchées.



Conclusion : les nervures apparaissent finement ramifiées.



Et si on découvrait autre chose qui ne se voit pas à l'œil nu ? Quel appareil pourrions-nous employer ?
Observations avec une loupe à main.

Observation à la loupe binoculaire :

- Observer les feuilles fraîches et desséchées sans effectuer de préparation préalable.
- Les nervures se présentent ramifiées et en relief, comme des fins tuyaux
Puisqu'il existe du relief, peut être pourrions nous entrer dans la feuille ?

ATELIER n°2 : La cellule

La cellule est la plus petite partie vivante des tissus végétaux, animaux ou humains.

La feuille est un empilement de cellules qui constituent des tissus différenciés.

Tous les organes de la plante sont des tissus qui se sont différenciés dans le temps. Les tissus sont formés de cellules qui contiennent un noyau qui oriente chaque cellule pour construire soit les tissus du limbe, des nervures, des tiges, des racines, de l'épiderme, de stockage pour les réserves. Le noyau, c'est l'ingénieur qui décide de la construction de tel ou tel tissu.

Si vous prenez une feuille de cahier et regardez la tranche: elle a une épaisseur 10 fois plus petite qu'un millimètre soit 0,10 mm.

Combien faudrait-il empiler de cellules d'un végétal pour obtenir l'épaisseur de la feuille de papier ?

Environ 20.

Vous pouvez donc imaginer maintenant ce qu'on appelle l'infiniment petit. On utilise une unité de mesure qu'on appelle le micromètre (μm). Vous divisez par 1000 un millimètre et vous obtenez un micromètre. La dimension d'une cellule végétale est d'environ 5 micromètres soit 0,005 mm.

Calcul: $0,005 \times 20 = 0,10$. C'est bien l'épaisseur de la feuille de cahier.

Il existe des outils pour voir les cellules: le microscope optique. Cet instrument agrandit la dimension d'une cellule entre 100 fois et 2000 fois pour la rendre visible à notre œil. Il existe des microscopes électroniques pour observer des éléments qui ne sont pas visibles au microscope optique.

Cet atelier a pour but de conduire l'enfant vers l'infiniment petit en découvrant les empilements de cellules qui composent les différents tissus des feuilles.

Pré requis :

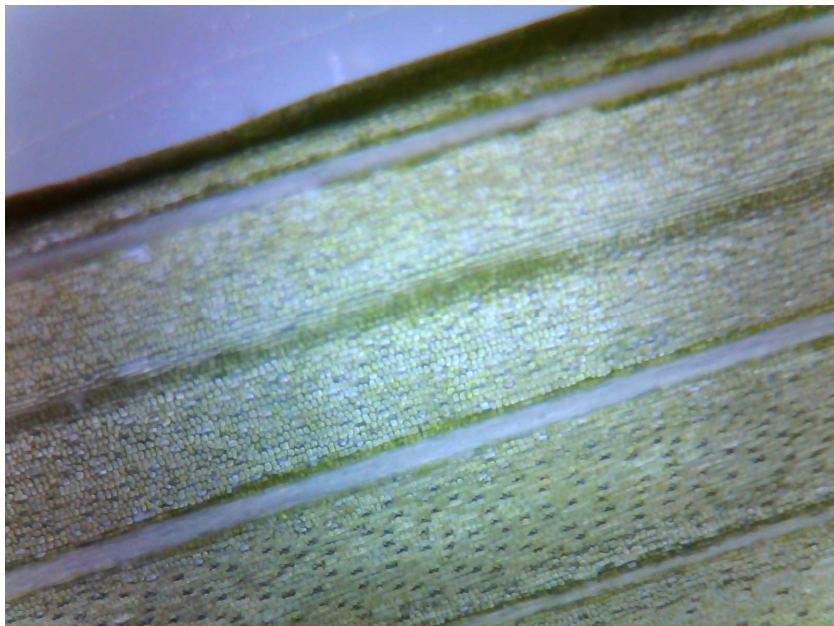
Une présentation générale de la plante avec ses différentes parties devra être introduite : tige, feuille, racine. Pour la feuille faire préciser les termes de pétiole, limbe, nervure et la différence entre feuille simple et feuille composée.

Matériel nécessaire:

Loupes (prévoir une loupe par enfant dans l'atelier)

Loupe binoculaire 20/40

Microscope numérique USB (si c'est possible).



Observation d'un prélèvement d'un épiderme à la loupe binoculaire.

Le poireau se prête facilement à cette opération.

- **préparation** : l'enfant peut la réaliser lui-même (l'usage du cutter est proscrit dans ce cas) :

Préparez une lame de microscope et y mettre une goutte d'eau.

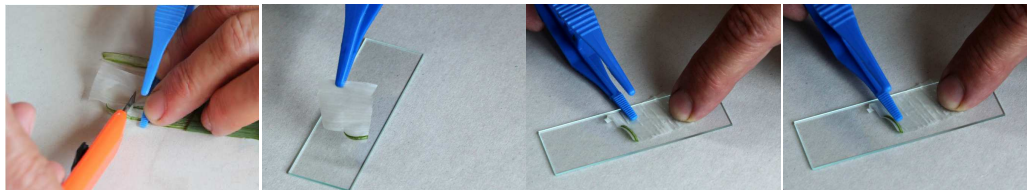
Prélevez une feuille, la casser et prélevez l'épiderme interne



Ce terme d'épiderme sera introduit à ce stade de la manipulation. A noter : la coloration est dans le parenchyme juste au dessous de l'épiderme.

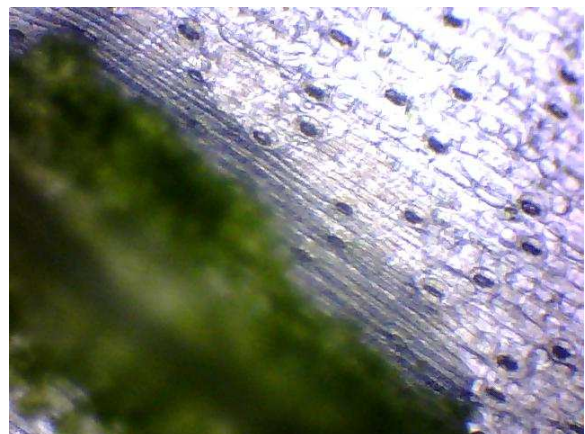
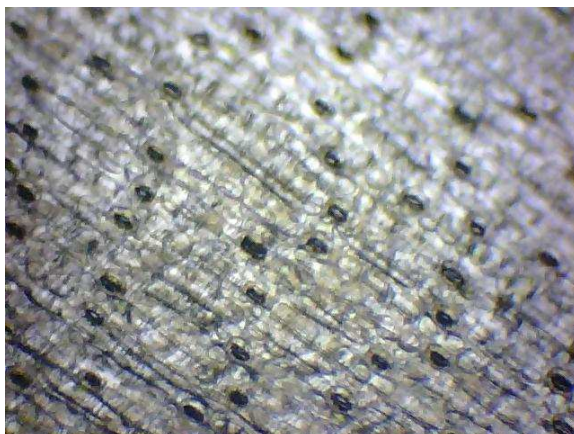


On place un morceau d'épiderme sur une lame de microscope



L'observation se fait sur écran à l'aide d'un microscope numérique USB. Il est alors possible d'enregistrer les images pour exploitation future (comptes-rendus sur les cahiers de science).

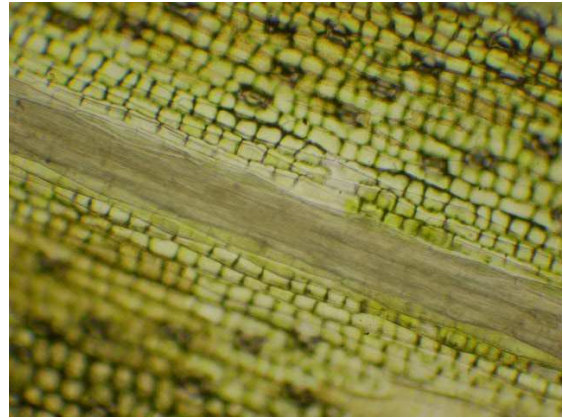
Photos de cellules :



Observation des vaisseaux qui conduisent la sève brute et la sève élaborée



Vaisseaux accolés formant une nervure



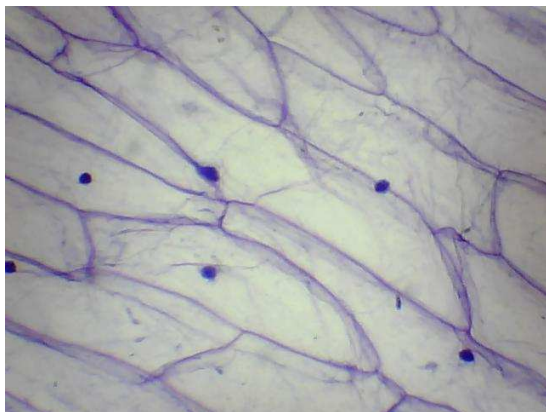
Coupe longitudinale



Cellules avec chloroplastes



Stomates



Cellules avec noyaux colorés

Le noyau de chaque cellule pilote leur différenciation :

- Cellules d'épiderme,
- Cellules de tissu de soutien contenant les chloroplastes
- Cellules stomatiques permettant les échanges gazeux
- Cellules formant les vaisseaux
- Cellules formant le pétiole, les racines, le tronc, etc.

Une série de photos de cellules de diverses feuilles est mis à disposition pour consolider les observations.
Voir pages 62 et suivantes.

ATELIER N°3 :

LA COUPE LONGITUDINALE D'UNE FEUILLE
(ETUDE DE LA MAQUETTE)



Pré requis : dans l'atelier n° 2 les enfants ont découvert la cellule de la feuille par l'observation au microscope. Ils connaissent sa forme et ont vu des éléments contenus dans la cellule. La cellule est la plus petite partie de la feuille.

Dans cet atelier, la manipulation de la maquette de la coupe longitudinale d'une feuille va permettre d'identifier et nommer les éléments internes constituant la feuille.

Matériel :

maquette de la coupe transversale d'une feuille

Déroulement de l'atelier

1 - Présentation de la maquette :





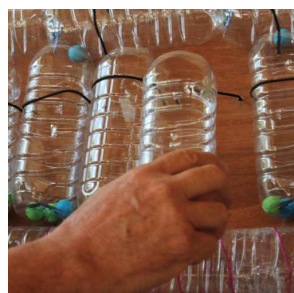
Les cellules sont représentées par des bouteilles d'eau de 50cl.

L'enveloppe plastique de la bouteille figure la membrane qui enveloppe la cellule.

Cette enveloppe semi rigide permet de contenir un liquide qui comporte différents éléments :

- de l'eau
- le noyau : ingénieur de la cellule
- les chloroplastes : grains verts qui contiennent des pigments de chlorophylle, ce qui donne la couleur verte aux plantes
- d'autres grains de différentes couleurs : autres pigments
- et bien d'autres éléments encore plus petits.

2 - Manipulation :



Faire intervenir les enfants pour enlever l'épiderme et les vaisseaux conducteurs de sève.

Epiderme :

Enlever les bouteilles de la **couche supérieure** :

Que contiennent ces cellules?

Un noyau, de l'eau (le tissu de la feuille est composé de 85% d'eau), pas de grains de pigments pour permettre à la lumière d'atteindre les cellules du dessous.

Ces cellules tiennent ensemble car elles sont gonflées d'eau : une plante qui manque d'eau flétrit. Lorsqu'elle est arrosée, elle se redresse.

L'épiderme est recouvert de cuticule qui le rend imperméable pour éviter de perdre l'eau qui circule en permanence dans les tissus.

A l'aide d'une pipette, mettre une goutte d'eau sur une feuille.

Observer le comportement de la goutte et demander aux élèves de formuler leur conclusion.

Même constatation que pour le dessus de la feuille mais avec une différence importante : Observer la présence de trous : ce sont les stomates. Ils sont verticaux et accolés; ils contiennent des chloroplastes. Quand la plante est gonflée d'eau, ils s'ouvrent; quand la plante est sèche, ils se ferment.

Ils permettent les échanges gazeux entre la feuille et l'extérieur; ils permettent aussi la sortie de vapeur d'eau.

Remarque : il faut traiter les plantes contre les maladies sous les feuilles pour que le produit pénètre dans la feuille.

Couches intérieures

Montrer les bouteilles constituant la première couche intérieure.

Les cellules sont assemblées en forme de palissade : parenchyme palissadique.

Elles ne sont pas imperméables : échange permanent entre les cellules.

Elles sont remplies de liquide, contiennent un noyau et de nombreux grains verts (chloroplastes avec la chlorophylle) et de nombreux autres grains de couleurs différentes contenant des pigments différents. A l'automne, la plante ralentit son développement, les grains de chlorophylle disparaissent et la couleur des feuilles change grâce à la présence des autres pigments.

Les enfants pourront, à partir des grains de couleurs différentes des bouteilles, créer des cellules pour les feuilles d'automne.



Couche inférieure

Les cellules sont séparées par des espaces : ce sont des bulles d'air emprisonnées qui sont rentrées par les stomates.



Vaisseaux

Faire enlever les tuyaux.

Les vaisseaux sont des tubes continus, perméables, formés par la superposition de cellules qui ont perdu les cloisons séparatrices transversales et dont les parois portent des épaissements de lignine qui assurent une certaine rigidité.



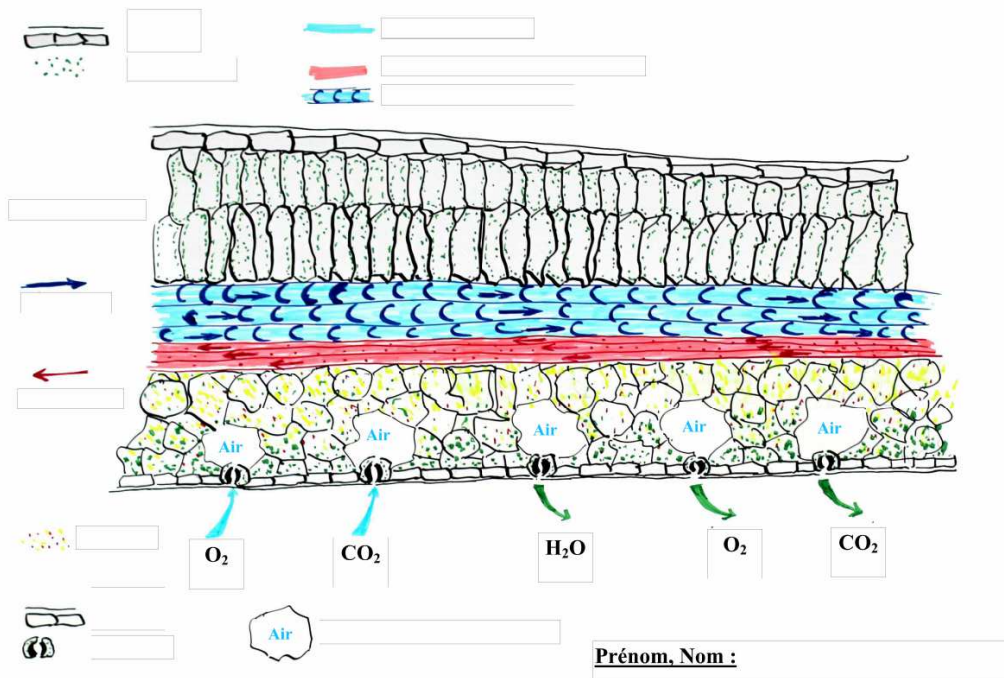
Les vaisseaux apportent l'eau aux cellules, eau récupérée dans le sol par les racines et chargée en sels minéraux (sève brute). D'autres vaisseaux vont amener le sucre (sève élaborée) vers d'autres parties de la plante.

3- Fin de l'observation :

Remonter la maquette.

Donner à chaque enfant un schéma de la coupe longitudinale de la feuille à compléter (voir pages suivantes) ou réaliser un dessin d'observation.

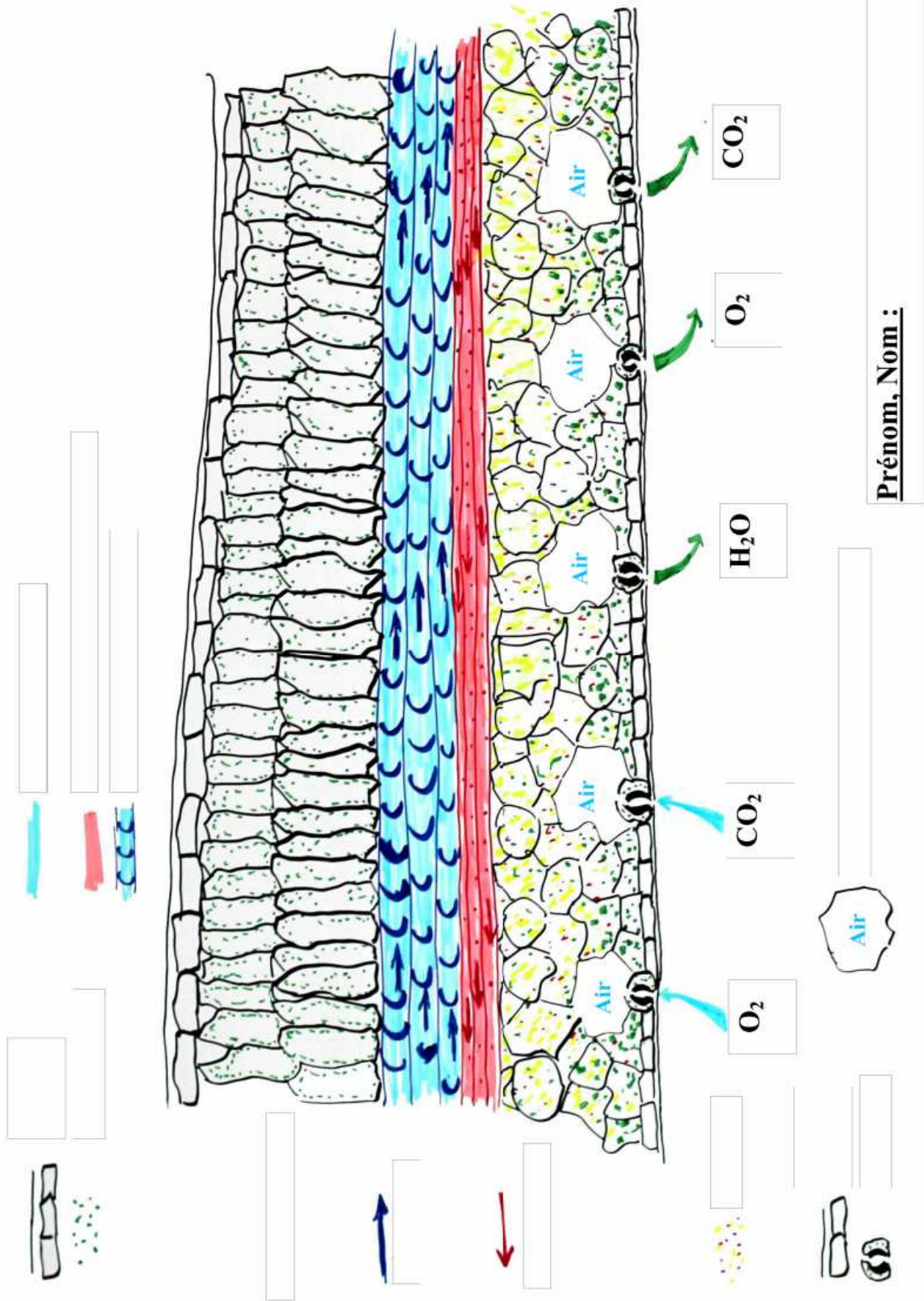
Schéma à compléter de la coupe longitudinale d'une feuille



4- Conclusion :

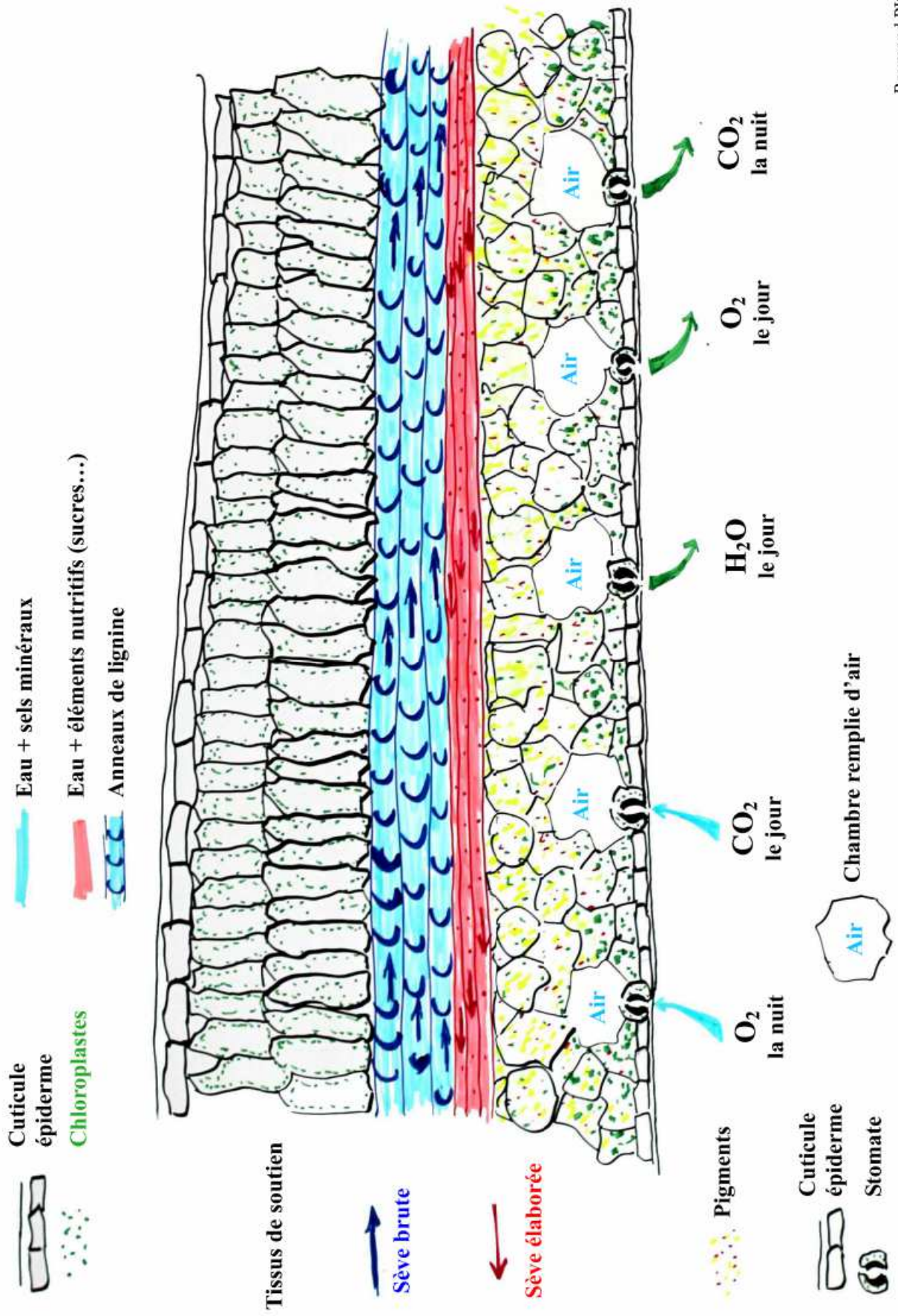
Dans la feuille il y a circulation et échange entre les cellules mais aussi avec l'extérieur grâce aux stomates.

Schéma à compléter de la coupe longitudinale d'une feuille



Prénom, Nom :

Schéma simplifié de la coupe longitudinale d'une feuille

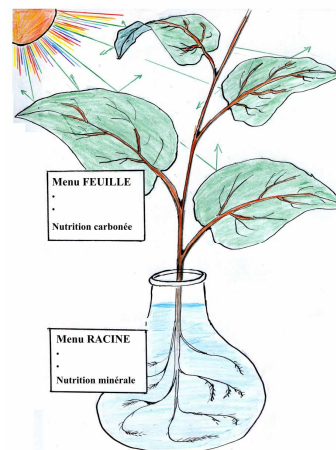


ATELIER N°4

LA NUTRITION DE LA PLANTE

Matériel :

dessin de la plante 1 feuille par élève : menu racine, menu feuille
Dessin en réduction ci-contre, original à photocopier en annexe page 38



Déroulement de l'atelier

A partir de l'observation du dessin, les enfants sont invités à parler.

➤ menu racine :

Menu RACINE
• H₂O
• sels
Nutrition minérale

La plante absorbe l'eau et les sels minéraux qu'elle trouve dans le sol. Cette nutrition minérale constitue la sève brute. Celle-ci est conduite des racines aux feuilles.
Faire remplir aux enfants le menu racine rempli (H₂O, sels)

➤ menu feuille :

La feuille utilise le CO₂ et la sève brute pour fabriquer du sucre.

Où se trouve le CO₂ (dioxyde de carbone) ? En quelle quantité ?
Il se trouve dans l'air.

L'air est formé de

- 21% d'oxygène qui nous permet de vivre
 - - 78% d'azote
 - - 1% autres gaz dont Argon et dioxyde de carbone 0.038%
- (Le dioxyde de carbone ne permet pas la vie mais il n'est pas toxique. C'est le monoxyde de carbone (CO) qui est mortel à faible dose ; de plus il est incolore et inodore.)*

Menu FEUILLE
• CO₂
• sève brute
Nutrition carbonée

Faire remplir aux enfants le menu feuille



Les hommes fabriquent trop de CO₂, les plantes le captent dans l'air ; les forêts sont les « poumons » de la terre.

Que fait la plante avec l'eau et le CO₂ ?

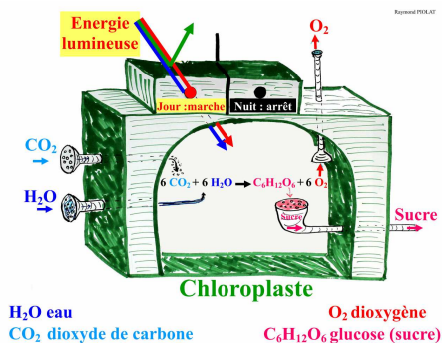
Dans chaque feuille, il y a une petite usine et dans l'usine une machine qui va transformer l'eau et le CO₂ en sucre (glucose) et en dioxygène

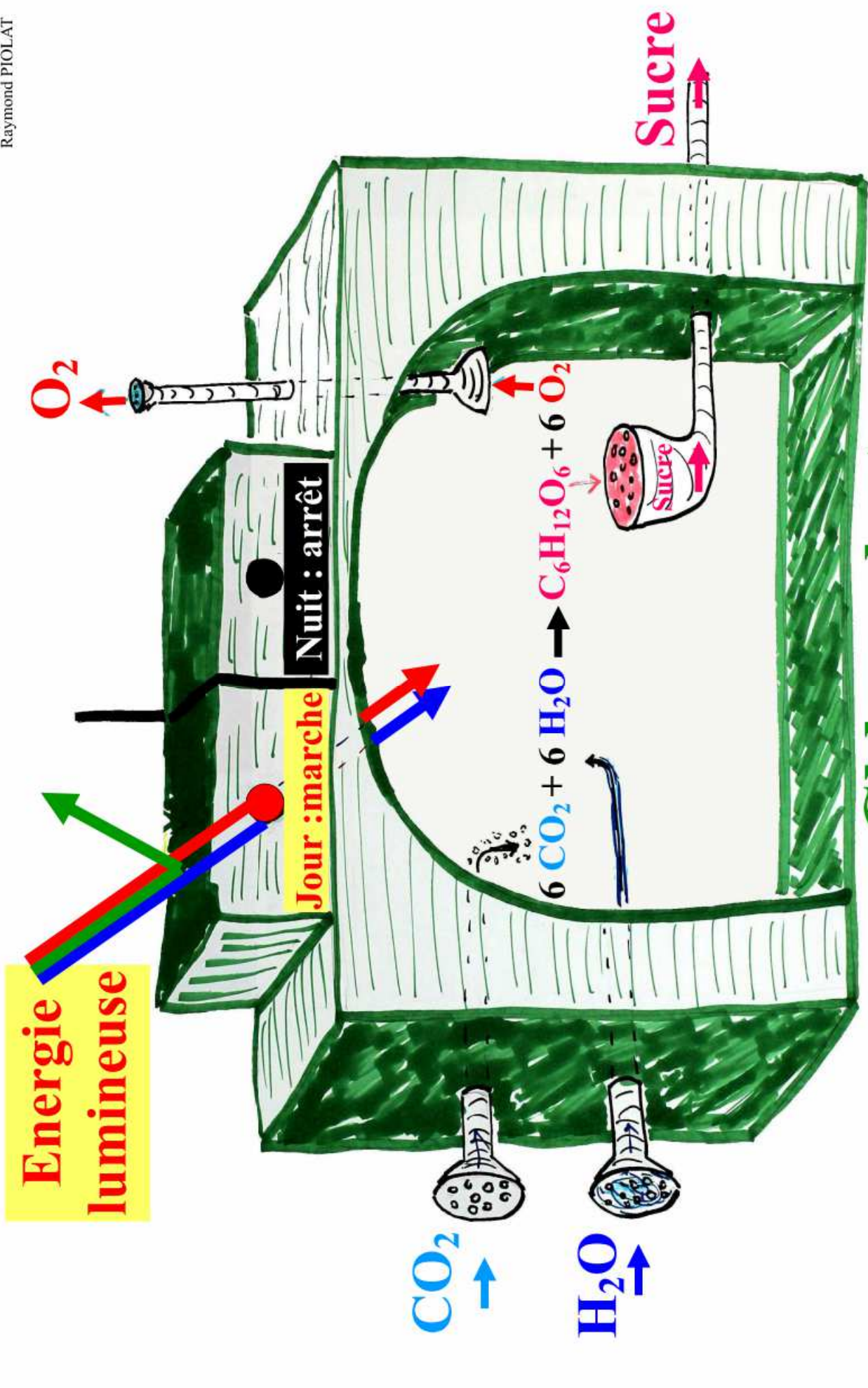
Comment ?

La cellule, c'est l'usine.

La machine, c'est le chloroplaste.

Dans une cellule chlorophyllienne, il y a environ 70 chloroplastes donc 70 machines.





Chloroplaste

H₂O eau

CO₂ dioxyde de carbone

O₂ dioxygène

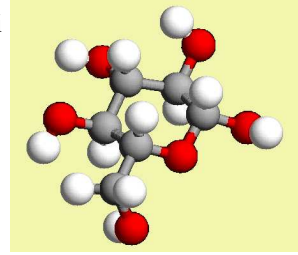
C₆H₁₂O₆ glucose (sucre)

JEU : Comment la plante va-t-elle produire du glucose ?

- Observer la représentation d'une molécule de glucose, que voit-on?
- Des boules de couleurs différentes qui correspondent aux 3 éléments qui composent le glucose.

Oxygène : 6 rouges
Hydrogène : 12 blanches
Carbone : 6 grises

des atomes liés entre eux d'une façon particulière.



- Qu'a la plante à sa disposition ?
du dioxyde de carbone CO₂
de l'eau H₂O
de la lumière

→ La machine (le chloroplaste) va donc utiliser le carbone du dioxyde de carbone, l'hydrogène de l'eau et l'oxygène apporté à la fois par l'eau et le dioxyde de carbone.

→ Sortir les cartes dioxyde de carbone et les cartes eau. Combien de cartes sont nécessaires ? (6 cartes dioxyde de carbone et 6 cartes eau).

Une fois prélevés 6 atomes de carbone, 12 atomes d'hydrogène et 6 d'oxygène, il reste donc 12 atomes d'oxygène qui se combinent en 6 molécules de dioxygène.

La machine a besoin d'énergie pour faire ce travail. C'est la lumière du soleil qui lui fournit.

Cette transformation s'appelle la photosynthèse ou l'assimilation chlorophyllienne.

Ce jeu permet de montrer que des atomes d'oxygène vont être rejetés dans l'atmosphère après que la plante ait fabriqué du sucre qui servira à sa nourriture de base. Le sucre restant sera transformé en matière de réserve sous forme d'amidon.

La photosynthèse assure seule le renouvellement de l'oxygène sur la planète. Or l'oxygène s'épuise avec la respiration des êtres vivants mais surtout avec les véhicules, les industries.

Les forêts et le phytoplancton océanique, en rejetant de l'oxygène dans l'air sont les poumons de la terre.

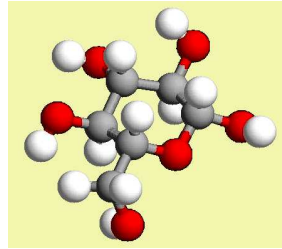
Au travers de cette activité, on aborde la production de glucose et de dioxygène par une plante, mais aussi la notion de réaction chimique et d'équation-bilan.

La page suivante détaille les différentes étapes de l'activité.

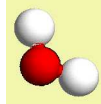
Approche de la réaction chimique

Pour réaliser cette activité, photocopiez la page suivante sur bristol ou sur papier photo et découpez les différents éléments.

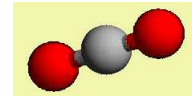
Par photosynthèse, la plante fabrique du glucose



Pour faire cela, elle dispose de molécules d'eau



et de dioxyde de carbone



1 - Carbone

Compter le nombre d'atomes de carbone (représentés en gris) contenus par la molécule de glucose

Compter le nombre d'atomes de carbone (représentés en gris) contenus par la molécule de dioxyde de carbone

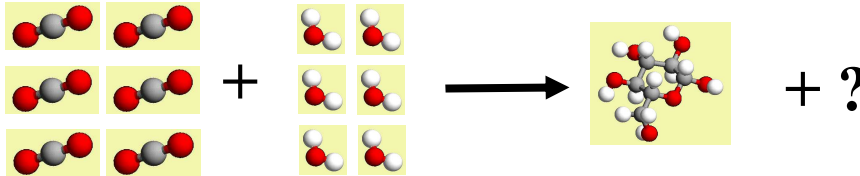
Combien de molécules de dioxyde de carbone faut-il pour avoir le nombre d'atomes de carbone nécessaires à la fabrication d'une molécule de glucose ?

2 - Hydrogène

Compter le nombre d'atomes d'hydrogène (représentés en blanc) contenus par la molécule de glucose

Compter le nombre d'atomes d'hydrogène (représentés en blanc) contenus par la molécule d'eau

Combien de molécules d'eau faut-il pour avoir le nombre d'atomes d'hydrogène nécessaires à la fabrication d'une molécule de glucose ?



Avant

Après


3 - Oxygène

Compter le nombre d'atomes d'oxygène (représentés en rouge) contenus dans les molécules de dioxyde de carbone et d'eau (avant).

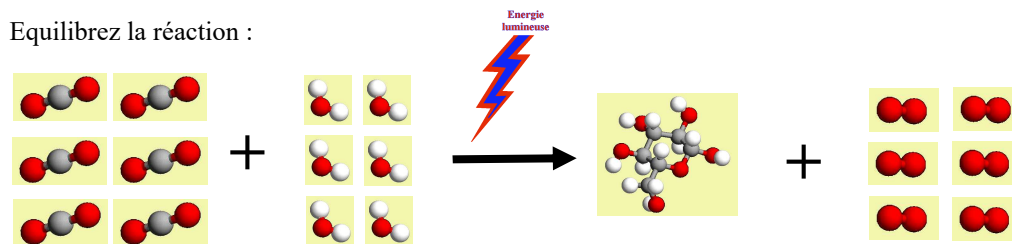
Compter le nombre d'atomes d'oxygène (représentés en rouge) contenus dans la molécule de glucose (après).

Combien en manque-t-il ?

Dans une réaction chimique, il n'y a ni création ni disparition d'atomes. Tous les atomes présents avant la réaction sont présents après, tous ceux qui sont là après étaient déjà là avant.

Combien de molécules de dioxygène  peut-on fabriquer avec les atomes d'oxygène manquants ?

Équilibrez la réaction :



Dioxyde de carbone

+

Eau

----->

Glucose

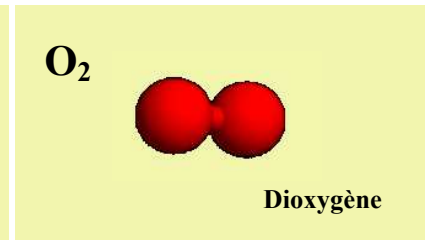
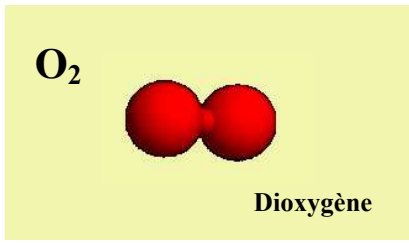
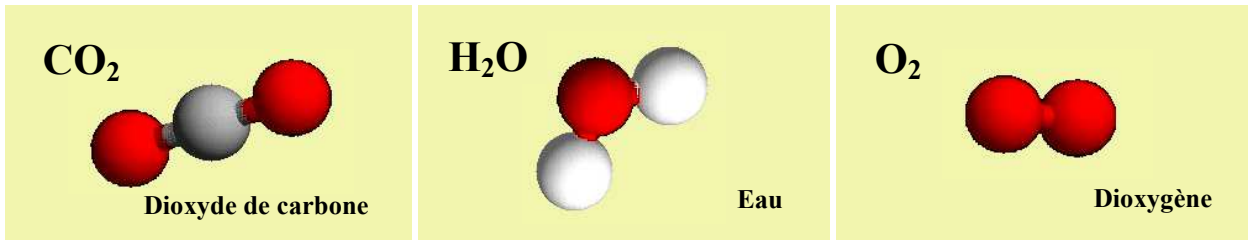
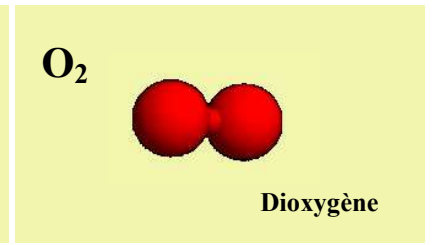
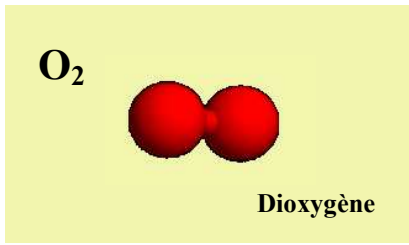
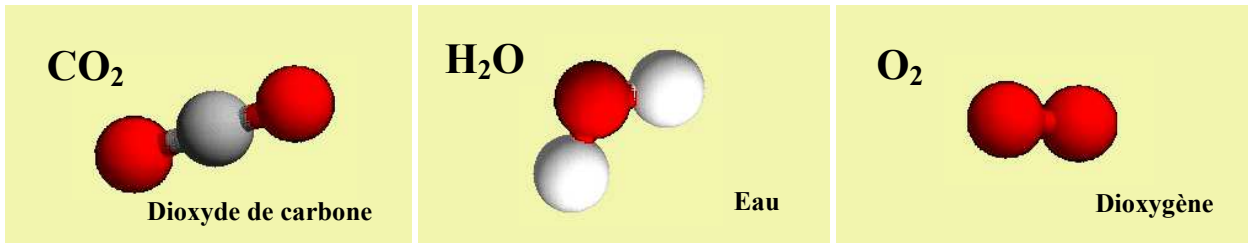
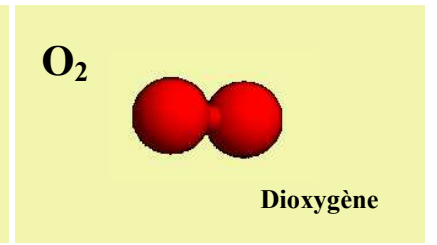
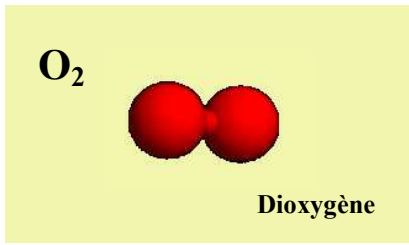
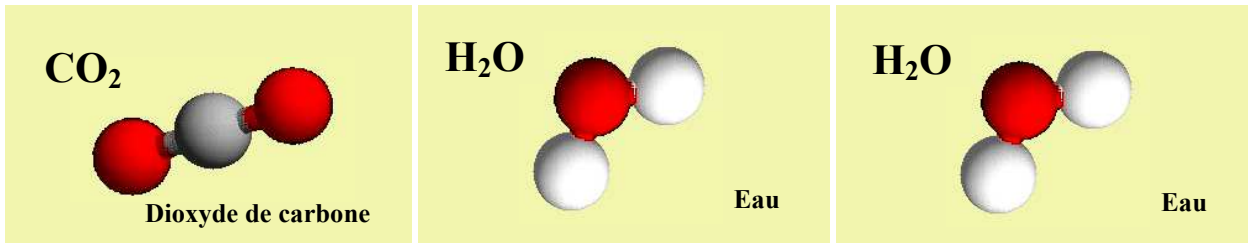
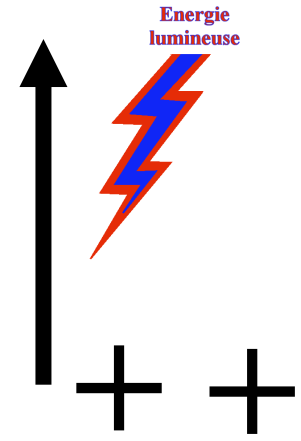
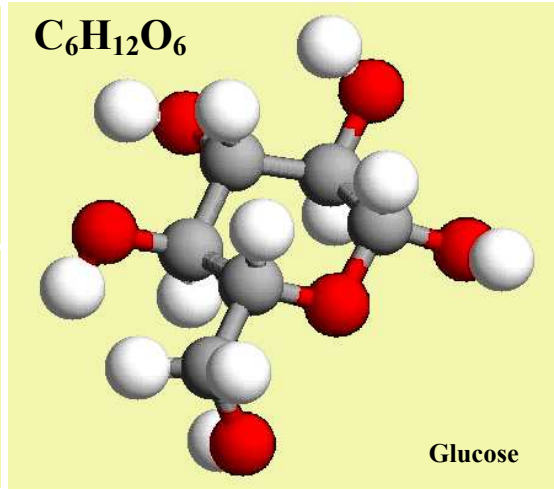
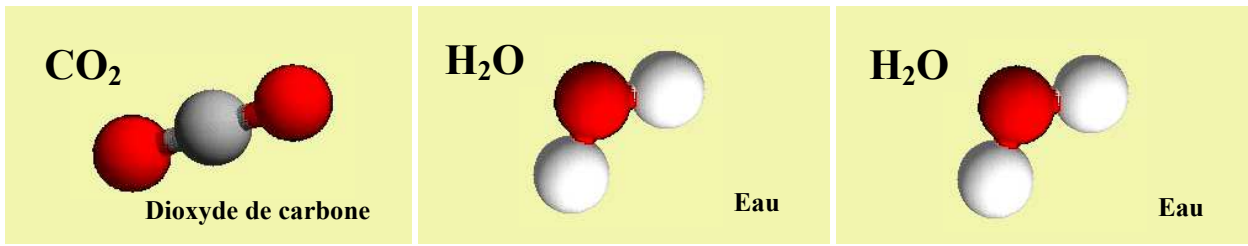
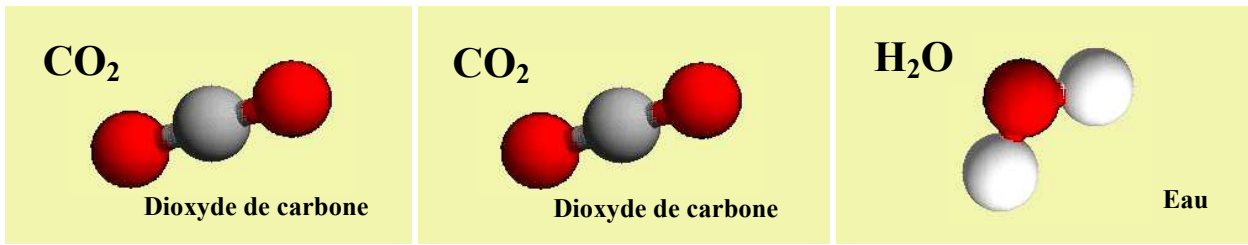
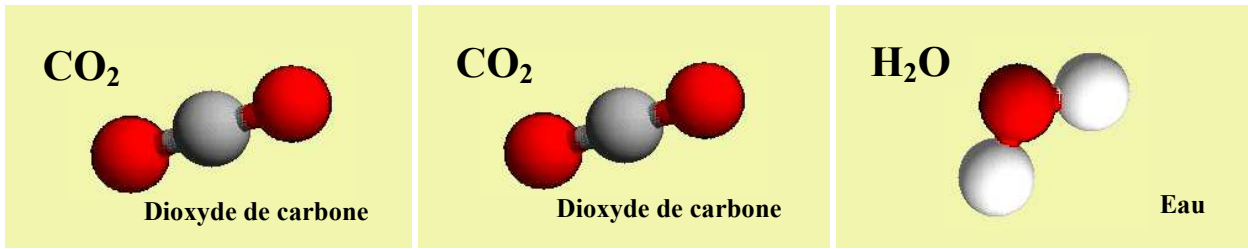
+

Dioxygène

Avant

Après

Planche à imprimer sur papier photo et à découper



Absorption de la lumière par un pigment coloré

Imprimez sur papier photo le spectre de la lumière visible (photo en bas de page).

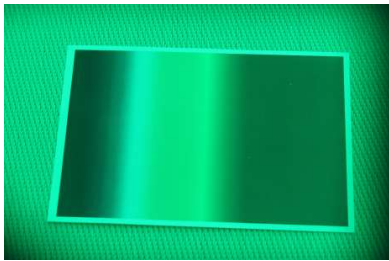
Rappeler que la lumière « blanche » est un mélange de lumières colorées que l'on peut décomposer par exemple avec des gouttes d'eau (arc en ciel).

Eclairez le spectre en lumière blanche (lumière du jour ou lampe), puis observez-le. On voit toutes les couleurs de l'arc en ciel car chaque partie de l'image nous renvoie les lumières colorées correspondantes (et absorbe les autres).

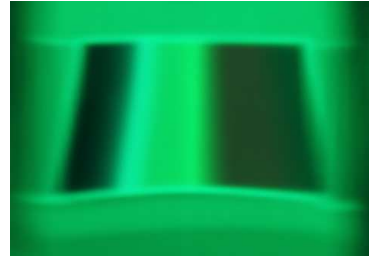


Observez ensuite ce spectre au travers d'un filtre vert (si vous n'avez pas de filtre vert, un morceau de plastique transparent vert fera l'affaire) puis au travers d'une bouteille contenant de la chlorophylle en solution alcoolique. (Il faut utiliser une bouteille en verre transparent, incolore, et à faces parallèles).

A défaut de chlorophylle, 4 gouttes de colorant jaune + 3 gouttes de colorant bleu (colorants alimentaires Vahiné) dans un pot de confiture à base hexagonale rempli d'eau et ça fonctionne.



Au travers du filtre



Au travers du pot

Dans les deux cas, on peut faire observer aux élèves que la lumière verte "passe", donc n'est pas absorbée alors que les lumières rouge et bleue ne passent pas, donc sont absorbées par le filtre ou le liquide vert (chlorophylle, mélange de colorants alimentaires ou encre verte) Ce sont ces lumières absorbées par la chlorophylle qui apportent l'énergie nécessaire à la synthèse du glucose par la plante.



Spectre de la lumière visible

Rappels théoriques

(pour les animateurs des ateliers et pour les enseignants)

LE FONCTIONNEMENT DES VEGETAUX CHLOROPHYLLIENS : STRUCTURE ET ROLE DE LA FEUILLE

Introduction

1/ Morphologie externe de la feuille

2/ Structure de la feuille

3/ Rôle de la feuille

4/Annexes

5/ Conclusion

Introduction.

Le monde végétal chlorophyllien comprend l'ensemble des êtres vivants capables d'utiliser l'énergie lumineuse pour **synthétiser** leurs **propres substances organiques** (corps composés de carbone) grâce à la photosynthèse. On compte à ce jour environ 290 000 espèces de plantes qui ont su s'adapter à leur environnement pour coloniser l'ensemble de la planète (terre, eau).

Rôle des différentes parties d'une plante verte :

La racine absorbe l'eau et les sels minéraux.

La tige porte le feuillage, les fleurs, les fruits, les graines.

La feuille est une usine chimique en miniature qui fabrique la matière organique, elle permet à la plante de respirer et de transpirer.

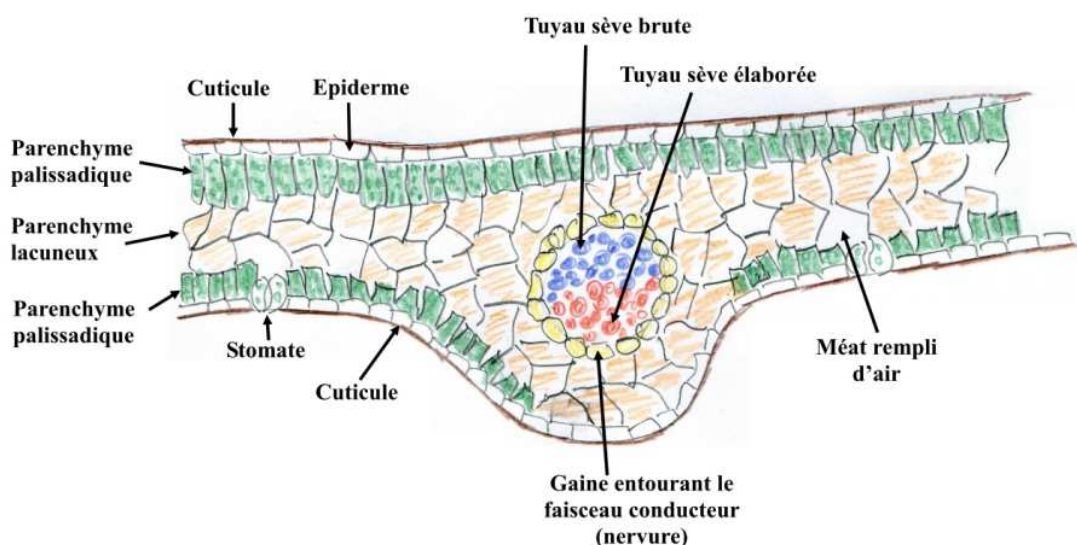
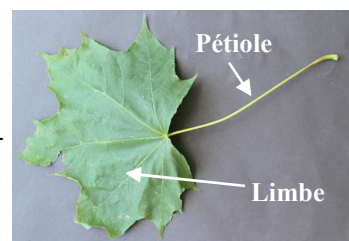
Notre exposé se limitera volontairement à l'étude de la structure des feuilles et au rôle « d'usine chimique » joué par les feuilles des végétaux chlorophylliens.

La feuille

1/ Structure externe de la feuille.

Une feuille complète comprend généralement le pétiole et le limbe. Les feuilles sont réparties sur la tige selon des règles très précises.

Morphologie externe du limbe foliaire et du pétiole.



Anatomie du limbe de la feuille

(coupe transversale au niveau d'un faisceau conducteur de sève)

1/La forme du limbe est extrêmement variable. D'une façon générale, le limbe est une lame aplatie parcourue par les nervures. Le tissu (parenchyme) interposé entre les nervures est le siège essentiel de l'assimilation chlorophyllienne. Par les tissus conducteurs des nervures s'effectue la circulation des sèves brutes et élaborées.

2/La forme du pétiole est aussi extrêmement variable. Le pétiole peut s'élargir à sa base pour former une gaine ou il peut être pratiquement absent et le limbe se rattache directement à la tige. Il joue un rôle de soutien et il est parcouru par de multiples faisceaux de tubes conducteurs de la sève brute et élaborée.

Classification des feuilles.

1/ D'après les dispositions des nervures on distingue :

Des feuilles dont le limbe étroit est parcouru par une seule nervure (bruyère, Tamarix...)

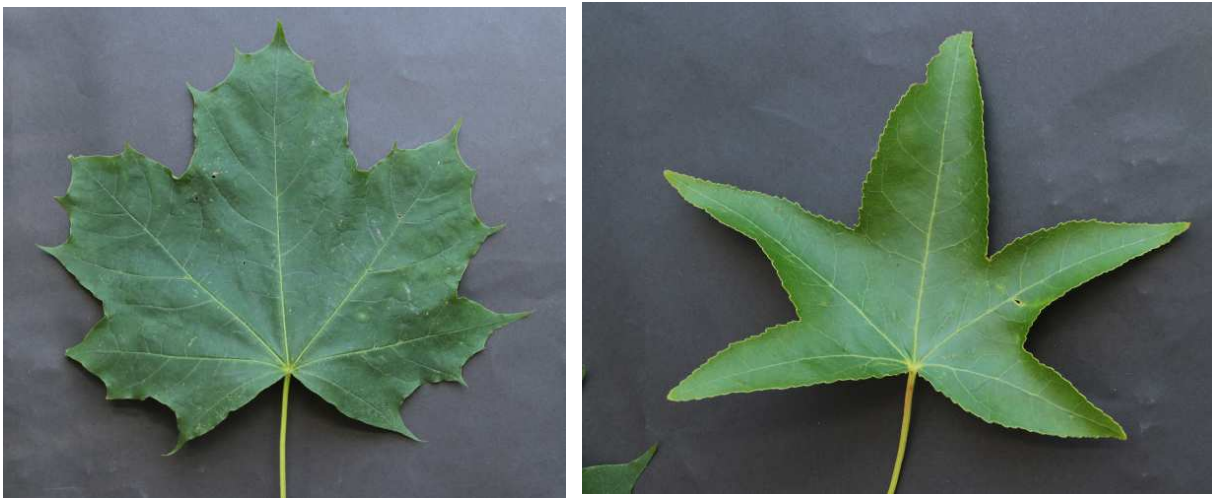
Des feuilles allongées, rubanées qui s'insèrent en embrassant la tige et possèdent des nervures parallèles qui se prolongent jusqu'au sommet.



Des feuilles dont le pétiole se prolonge par une nervure principale qui partage le limbe en deux parties sensiblement égales. De cette nervure principale partent des nervures secondaires (Châtaignier, Hêtre...)

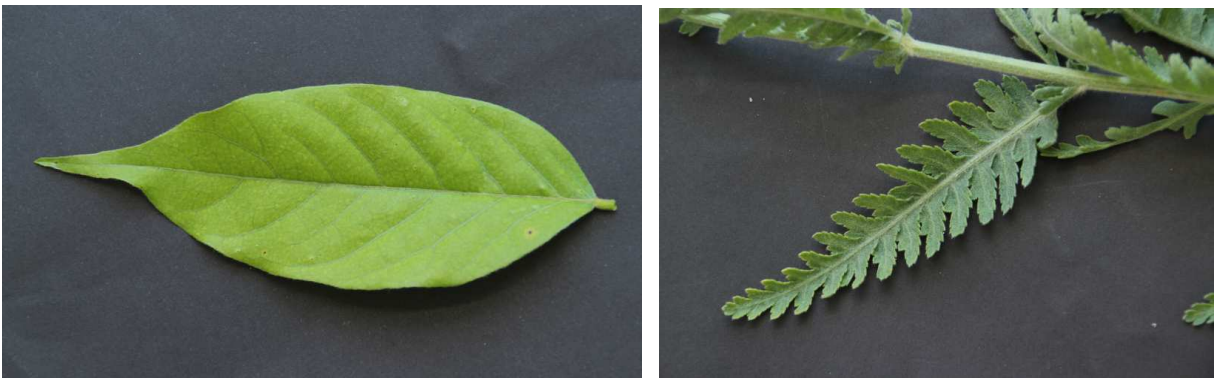


Des feuilles dont le pétiole, à l'endroit où il pénètre dans le limbe, se divise en nombres toujours impairs de nervures divergentes (Platane, Vigne, capucine...)



2/ D'après la disposition du limbe on distingue :

Les feuilles simples avec un limbe de forme très différente mais avec un pétiole unique.



Les feuilles composées qui ont un pétiole ramifié, chaque ramification se terminant par un limbe.



Structure anatomique de la feuille.

Tous les tissus de la feuille (épiderme, parenchyme, faisceaux conducteurs) sont en continuité directe avec les tissus correspondants de la tige par l'intermédiaire du pétiole.

Dans les ateliers proposés aux élèves, nous découvrirons les différents tissus du limbe à l'aide de la boîte d'observation et de la loupe binoculaire :

L'épiderme
Le parenchyme foliaire
Les nervures

La découverte de la structure anatomique du pétiole (semblable à la structure de la tige) fera l'objet d'ateliers ultérieurs portant sur la tige et la racine.

Adaptations diverses des feuilles.

- Les feuilles immergées des plantes aquatiques ont un épiderme mince sans cuticule et sans stomates
Chez les plantes dites « grasses », la feuille est épaissie, charnue. La cuticule est épaissie, les stomates sont plus rares pour limiter la transpiration. Les cellules du parenchyme profond ont de grandes vacuoles (réserve d'eau).

Chez les plantes à bulbes, les feuilles accumulent des matières de réserves dans leur parenchyme dépourvu de chlorophylle (écailles du bulbe d'oignon...).

Des feuilles sont parfois transformées en vrilles par lesquelles la plante s'accroche aux supports.

Des feuilles peuvent développer des épines foliaires (houx, ronce) ou même des épines à la base des rameaux feuillés (Epine-vinette, acacia)

Chute des feuilles

La feuille n'a qu'une existence transitoire. On distingue les feuilles caduques qui tombent à l'automne et les feuilles dites « persistantes » : celles des conifères (en réalité elles tombent elles aussi mais qu'après deux voire plusieurs années).

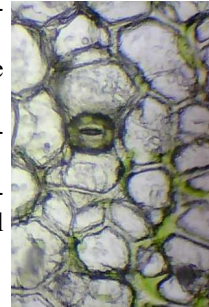
2/ Structure interne de la feuille.

La feuille est un empilement de cellules qui constituent des tissus différenciés (limbes, vaisseaux conducteurs de sève...).

La cellule est la plus petite partie vivante des tissus végétaux, animaux ou humains. La taille moyenne d'une cellule végétale est d'environ 30 microns soit 0,030 mm.

Les cellules sont délimitées par une membrane qui assure une rigidité et des formes multiples.

Elles possèdent un noyau qui oriente la construction des tissus (limbe, nervure, tige, racine, épiderme). Le noyau joue le rôle d'un ingénieur qui déciderait de la construction de tel ou tel tissu.



Les tissus des végétaux sont classés :

A) Tissus qui sont le siège de multiplications cellulaires actives (bourgeons, extrémités des racines)

B) Tissus assurant la nutrition de la plante :

L'ensemble des cellules chlorophylliennes

Les tissus conducteurs transportant la sève (nervures composées d'une multitude de vaisseaux).

Les vaisseaux sont des tubes continus, formés par la superposition de cellules mortes dont les cloisons séparatrices transversales ont disparu et dont les parois cellululosiques longitudinales portent des épaississements de lignine qui assurent une certaine rigidité.

Tissus dont le rôle est mécanique :

- Tissu de protection (épiderme).

Assise superficielle constituée par une couche de cellules. La cloison externe des cellules épidermiques est revêtue de cuticule qui forme une membrane imperméable. Celle-ci évite aux feuilles de perdre l'eau qui circule en permanence.

Cependant la feuille a besoin de respirer, de capter le dioxyde de carbone et de transpirer. Aussi la membrane imperméable est truffée plus particulièrement sur la face inférieure de trous appelés stomates par lesquels se font les échanges gazeux : air et vapeur d'eau.



- Les tissus de soutien sont composés de cellules qui par la consistance de leur paroi donne à la plante la solidité nécessaire.

En premier lieu cette solidité résulte de la force de turgescence de toutes les cellules gorgées d'eau dans les jeunes tiges et les feuilles. La plante a besoin au fur et à mesure de son développement d'une charpente solide. Ce sont les éléments conducteurs à parois lignifiées qui jouent le rôle de soutien en même temps qu'un rôle de conduction. La solidité, la flexibilité, l'élasticité d'une tige sont obtenues grâce aux qualités propres et à l'architecture de ces éléments de soutien. (tige, bois...).

3/ Fonctions des plantes vertes.

Les végétaux comme les organismes humains et animaux ont besoin **d'énergie** pour vivre et croître. A l'aide de l'énergie solaire, les plantes vertes fabriquent de la matière organique à partir du gaz carbonique de l'air et de l'eau: c'est la **photosynthèse chlorophyllienne**. Cette matière organique deviendra de la nourriture pour l'homme, les animaux et les êtres vivants du sol.

Comment cela fonctionne-t-il ?

Les racines absorbent l'eau et les sels minéraux qui constituent la **sève brute**. Cette sève monte dans la tige pour se rendre dans les feuilles. Les feuilles ont des trous (stomates) sur leurs faces inférieures qui permettent l'absorption du gaz carbonique pour le mélanger à la sève brute.

Les **pigments de chlorophylle** appelés **chloroplastes** ont la propriété **d'absorber l'énergie des rayons solaires** pour provoquer une réaction chimique. Cette réaction, appelée photosynthèse va changer le gaz carbonique mélangé à l'eau **en oxygène et en sucre**.

Eau + Dioxyde de carbone \longrightarrow glucose + dioxygène

Le sucre constitue la nourriture de base de la plante. Une partie sera transformée ensuite en matières plus complexes (amidon, graisse, protéine). Tous ces produits nouveaux, mélangés à l'eau, forment la **sève élaborée**. Pour affronter des périodes rudes en hiver, la plante stocke sucre et amidon dans des organes de réserve (fruits, racines, tiges, tubercules, graines).

Ainsi, les végétaux développent un maximum de feuilles. Pour 1 hectare d'arbres feuillus en région tempérée, il y a 30 à 45 millions de feuilles en été! Pour une surface de feuillus équivalente à un terrain de football, la surface couverte par l'ensemble des feuilles représente 5 à 7 terrains de football !

Conclusion : **La feuille des plantes vertes est une usine chimique en miniature qui utilise l'énergie lumineuse pour fonctionner.**

Première remarque: Sans pigment de chlorophylle et sans lumière la plante ne pourrait pas fabriquer de matière organique. Le monde végétal n'existerait pas. Par conséquent le monde animal n'existerait pas.

Deuxième remarque: La photosynthèse assure seule le renouvellement de **l'oxygène** sur la planète. Or l'oxygène s'épuise avec le processus de respiration des êtres vivants mais surtout avec le processus de combustion des énergies fossiles. C'est pourquoi on dit souvent que les forêts sont les « poumons » de la terre: elles produisent plus d'oxygène qu'elles n'en consomment.

4/ Annexes

Annexe 1 : Atomes et molécules.

Les atomes.

Tout ce qui existe dans l'univers est formé de minuscules particules : les atomes.

Les chimistes ont réussi à identifier 90 atomes naturels. Par convention, chacun de ces atomes est représenté par un symbole chimique :

'Ca' pour le calcium, 'C' pour le carbone, 'O' pour l'oxygène, 'H' pour l'hydrogène, 'K' pour le potassium etc.

Le corps humain est composé de 24 de ces atomes.

Le carbone est le composant essentiel des molécules organiques des êtres vivants.

Taille des atomes : Imaginez que les atomes qui composent le bois d'une table de cuisine soit de la grosseur d'un grain de sable. A cette échelle de grossissement, la table aurait une longueur d'environ 4 fois la distance entre le nord et le sud de la France.

Une gomme contient environ un million de milliards de milliards d'atomes ce qui représente en gros le nombre de grains de sable que recèlent tous les océans du globe !

Les molécules.

Les atomes s'organisent en structures plus ou moins complexes pour former les molécules. On divise les molécules en deux grandes familles selon qu'elles contiennent ou non du carbone.

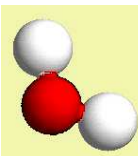
Les molécules inorganiques sont celles qui composent la matière inerte (non vivante).

Les molécules organiques se divisent en protides, glucides, lipides, acides nucléiques.

Ces molécules, suivant la température et la pression peuvent être liquides, gazeuses ou solides (3 états de cette matière).

Les molécules les plus utiles aux plantes vertes sont :

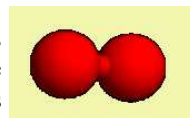
L'eau, composé chimique de formule H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule se compose d'un atome d'oxygène 'O' et de deux d'hydrogène 'H'. L'eau est un composé essentiel pour tous les organismes vivants. Près de 70% de la surface de la terre sont recouverts d'eau. L'eau possède la propriété de dissoudre un grand nombre de corps comme le CO_2 . Le phénomène de capillarité permet à la plante de s'alimenter en eau.



Le carbone de symbole 'C', corps simple. Il existe sous forme cristalline pure (graphite, diamant) et sous forme combinée à d'autres atomes (dioxyde de carbone, hydrocarbure, molécules organiques comme les glucides (sucres), les graisses, etc.

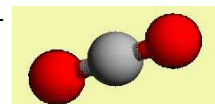
Le dioxygène, de symbole ' O_2 ' est constitué de deux atomes d'oxygène. C'est un gaz essentiel à la vie végétale ou animale, appelé communément oxygène (par les chimistes dioxygène).

Cette molécule s'est formée grâce à la photosynthèse réalisée par les végétaux, les algues et les cyanobactéries. La respiration cellulaire permet de produire l'énergie nécessaire aux réactions chimiques qui se déroulent de manière ininterrompue dans l'organisme vivant (synthèse organique).



Dans la haute atmosphère, sous l'action du rayonnement, le dioxygène est partiellement transformé en ozone de formule chimique ' O_3 '. Cette couche constitue un bouclier pour nous protéger contre le rayonnement nocif des rayons ultra violets du soleil.

Le dioxyde de carbone est composé d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène, de formule CO_2 . Dans des conditions normales de température et de pression, le CO_2 est un gaz incolore, inodore et communément appelé gaz carbonique.



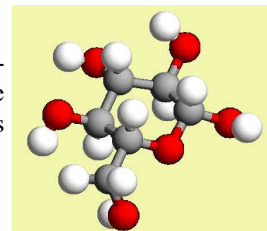
La plante verte, par la photosynthèse, absorbe beaucoup plus de CO₂ que sa respiration n'en produit.

Nota : Le CO₂ est très soluble dans l'eau. Sous forme gazeuse, il est utilisé pour carbonater les boissons, stimuler la croissance des plantes.

Sous forme liquide il est utilisé comme agent d'extinction, agent propulseur pour les boissons servies sous pression et de réfrigérant.

Sous forme solide il forme la glace carbonique appelée aussi carboglace.

Le sucre (glucose) est une molécule organique composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, de formule chimique C₆H₁₂O₆. C'est une source d'énergie pour les cellules vivantes. Chez les végétaux, les réserves de sucre se font sous forme d'amidon chez les animaux sous forme de glycogène.



Annexe 2. Représentation schématique d'une cellule végétale.

Principaux constituants de la cellule végétale :

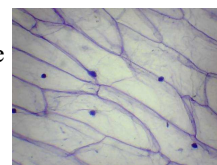
1/ La cellule est limitée par une paroi pecto-cellulosique qui assure sa rigidité. (sorte de squelette externe). Cette paroi est une spécificité de la cellule végétale : elle la protège.

La paroi est perméable (comme le papier filtre) à l'eau et aux substances dissoutes.

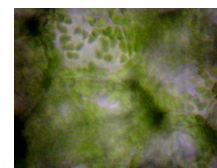
2/A l'intérieur de la cellule se trouve plusieurs éléments qui baignent dans le cytoplasme qui ressemble à une sorte de liquide visqueux transparent.

On y trouve :

Le noyau qui renferme l'information génétique. (Il est visible au microscope optique après coloration).



Les chloroplastes où se produit la photosynthèse sont visibles au microscope optique. C'est le lieu où l'énergie lumineuse est transformée en énergie chimique qui va permettre une réaction chimique pour créer la **matière première** de tout organisme végétal : **les molécules organiques carbonées**. (sucres).



Les vacuoles qui permettent le stockage de l'eau, d'ions, de sucres, de dérivés azotés et produits de dégradation, sont visibles au microscope optique après coloration.

D'autres éléments sont visibles seulement avec un microscope électronique (exemple : les ribosomes lieu de synthèse des protéines, les mitochondries qui transforment l'énergie contenue dans les molécules organiques en énergie utilisable par la cellule pour toutes ses fonctions).

3/Circulation de l'eau dans la cellule :

L'eau est apportée par les vaisseaux conducteurs de sève brute.

A la pénétration de l'eau dans la cellule correspond le phénomène de turgescence.

A la perte de l'eau dans la cellule correspond le phénomène de plasmolyse.



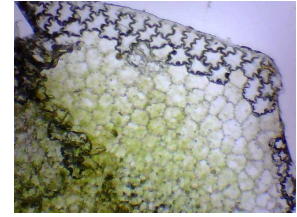
Turgescence : état normal de rigidité des tissus végétaux vivants dû à la pression de leur contenu liquide.

Plasmolyse : diminution d'une cellule vivante due à une perte d'eau qu'elle contenait.

Les cellules sont généralement fortement imbriquées côte à côte (voir schéma). Gorgées d'eau elles vont

pouvoir rigidifier les tissus du limbe. (photos)

A l'inverse si elles manquent d'eau, elles vont se plisser. Conséquence : les tissus vont flétrir. Pour éviter que la plante se vide de son eau, les stomates de l'épiderme vont se fermer pour réduire l'évapotranspiration. Cette régulation par les stomates permet à la plante de résister à une période de chaleur trop forte liée à un fort ensoleillement. (Exemple : en forte période de chaleur les feuilles des salades se flétrissent à midi et reprennent leur état normal dès que le rayonnement solaire ne les atteint plus).

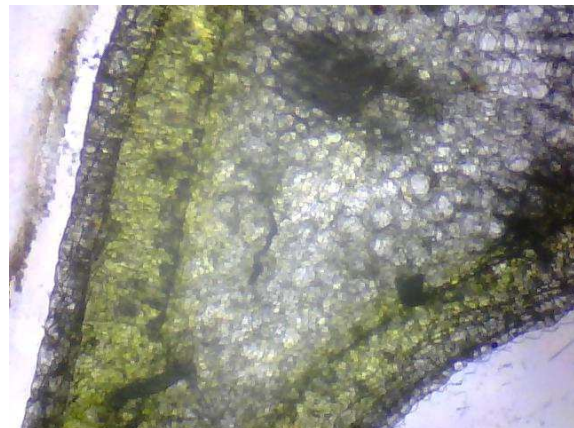
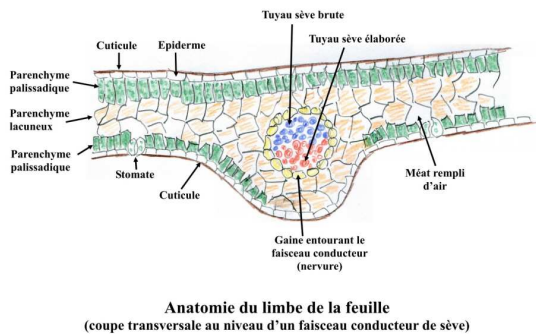


Annexe 3 : multiplication des cellules pour la croissance des tissus.

1/ Toute cellule résulte de la division d'une autre cellule. Au début de la division, les constituants cellulaires sont multipliés par deux. Ainsi toutes les cellules d'une plante possèdent la même information génétique, quel que soit le tissu végétal.

2/ Les cellules végétales prélevées sur un organe quelconque d'une plante possèdent la capacité de régénérer un individu complet identique à la plante mère. C'est ce qu'on appelle la totipotence des cellules végétales. (Application : bouturage, greffage).

Annexe 4 : représentation schématique des tissus du limbe d'une feuille :



La nervure médiane, très en relief, contient les vaisseaux conducteurs de la sève brute (xylème) et de la sève élaborée (phloème). De part et d'autre de cette nervure, le limbe est formé par du parenchyme palissadique (cellules côte à côte qui forment une palissade) et du parenchyme lacuneux (les espaces entre les cellules sont remplis d'air). La feuille est protégée des pertes d'eau par un épiderme recouvert de cuticule imperméable. Les échanges gazeux sont assurés par les stomates.

Annexe 5 : Circulation de l'eau dans la plante.

La plante est une « machine à évaporer » de l'eau

L'eau aspirée par osmose dans les racines alimente le flux ascendant de la sève brute jusqu'aux parties aériennes.

Où est la pompe ?

La transpiration par les stomates des feuilles permet à l'eau d'être aspirée à l'intérieur des vaisseaux conducteurs de la sève brute. Ce système d'aspiration fonctionne comme une pompe aspirante qui aspire l'eau dans un tuyau.

Un chêne adulte en période de végétation hisse quotidiennement près de 200 litres d'eau (+ sels minéraux) à une hauteur de 30 mètres. Parvenue aux feuilles, la sève brute dissout le dioxyde de carbone puisé par les feuilles au travers des stomates.

A partir de cette solution, la photosynthèse en utilisant l'énergie du soleil, va permettre la fabrication de 5 kg de sucre tout en libérant environ 1500 litres d'oxygène pur.

Dans le même temps, 90% de l'eau absorbée par les racines sont rejetés sous forme de vapeur d'eau par la transpiration.

Plus un arbre pousse vite, plus il a besoin d'eau. Par exemple, le peuplier pour fabriquer 1 gramme de matière sèche puise 1 litre d'eau dans le sol alors qu'un résineux qui pousse plus lentement se contente de la moitié.

En résumé, l'eau sert :

- de solvant aux substances nutritives et au dioxyde de carbone.
- à alimenter la pompe « évapotranspiration ».
- de solvant aux sucres fabriqués par la photosynthèse.
- à apporter la molécule hydrogène qui entre dans la formule chimique de la matière carbonée complexe.

Annexe 6 : La photosynthèse.

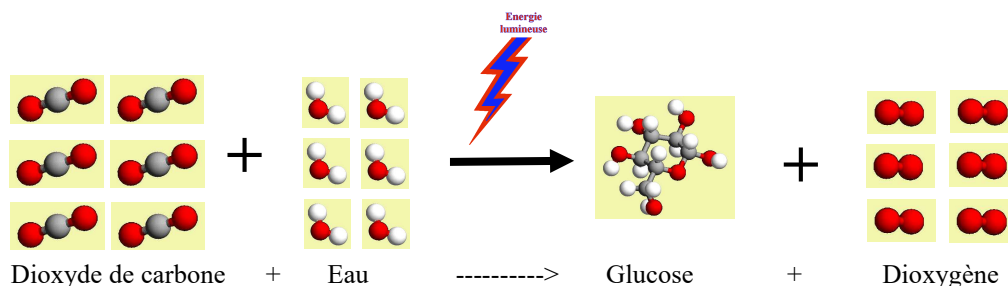
Les végétaux chlorophylliens sont des organismes phototrophes : ils synthétisent leur matière organique à partir de molécules simples ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) en utilisant l'énergie lumineuse du soleil.

Ce processus s'appelle la photosynthèse.

1/ La **photosynthèse** est une **réaction photochimique** (réaction chimique qui a besoin de la lumière).

Où cela se passe-t-il ?

Dans les cellules contenant des chloroplastes. Les molécules de dioxyde de carbone (CO_2) et d'eau (H_2O) vont se combiner (se lier) pour former de nouvelles molécules.



Qui est responsable de cette combinaison?

C'est l'énergie apportée par les rayons lumineux du soleil.

Comment ça se passe?

L'énergie lumineuse est captée par un pigment assimilateur (la chlorophylle) pour permettre aux éléments mis en présence dans la cellule de se combiner autrement et donner naissance à des molécules organiques (sucre). Ce sont les atomes de carbone du dioxyde de carbone et d'hydrogène de l'eau qui se **lient** de manière différente pour donner naissance à une nouvelle molécule.

Les pigments de chlorophylle sont enveloppés par une membrane qui forme des « **grains** » verts appelés chloroplastes que l'on peut observer avec un microscope.

Une cellule contient environ 70 chloroplastes. Une feuille grande comme la main contient plus de 5 milliards de chloroplastes.

La photosynthèse est un phénomène physiologique d'une importance capitale car il est indispensable à toute forme de vie animale et humaine.

2/ La chlorophylle

La chlorophylle est une molécule organique complexe qui en plus des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H) contient des atomes d'azote (N), d'oxygène (O) et de magnésium (Mg).

Les végétaux fabriquent les molécules de chlorophylle à partir des éléments qu'ils puisent par leurs racines (H_2O , N, Mg) et dans l'air (CO_2).

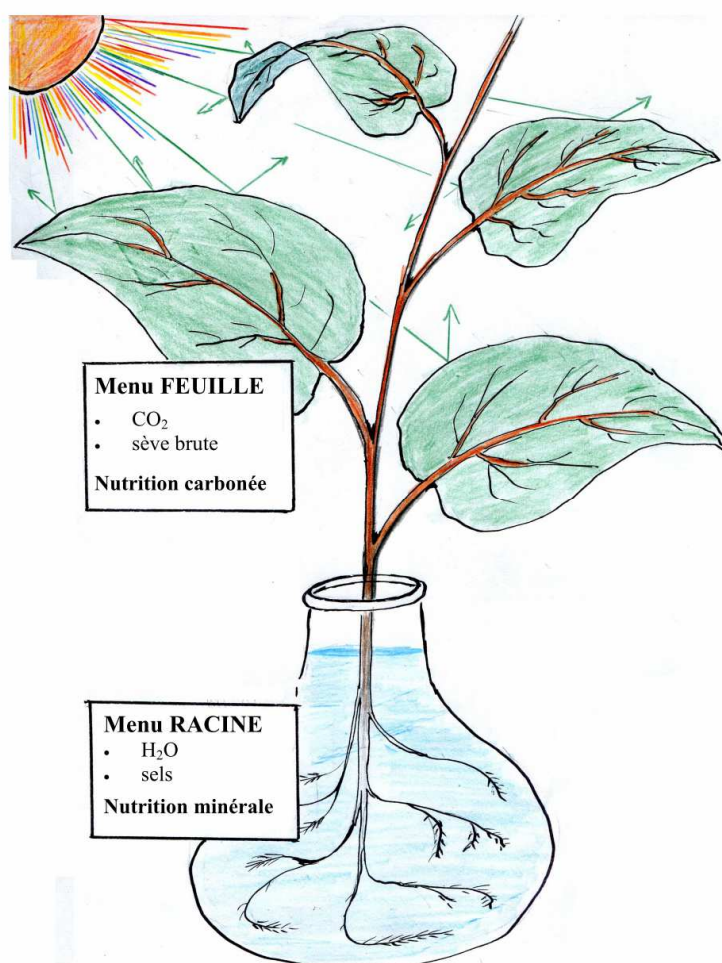
Comment un arbre sans feuilles, ou des graines, ou encore des tubercules font-ils pour disposer des atomes de carbone après une période de vie au ralenti.

Ils vont utiliser le sucre (glucose+ fructose) qu'ils ont mis en réserve dans des organes de stockage sous forme d'amidon. La molécule de glucose va libérer les atomes de carbone et les cellules auront le carbone nécessaire à leur multiplication et à la fabrication de la chlorophylle.

Comment la feuille trouve-t-elle l'azote

Les racines absorbent l'azote, présent dans l'eau du sol. Ces éléments seront transportés par la sève brute jusqu'aux cellules des feuilles pour qu'elles fabriquent un maximum de chlorophylle.

Annexe 7 : Nutrition : le menu de la feuille ($CO_2 + H_2O$).



Annexe 8 : Particularités des végétaux aquatiques

Le rôle de la feuille est identique à celui des végétaux terrestres. C'est dans la structure de la feuille qu'il existe une différence. En effet les feuilles sont immergées, elles ne risquent donc pas de perdre leur eau. Ainsi l'enveloppe de la feuille (épiderme) ne possède pas de cuticule pour rendre celle-ci imperméable. Les échanges d'eau et de gaz dissous dans l'eau se font au travers de l'épiderme. Conséquence : il n'existe pas de stomates.

Annexe 9 : Adaptation des végétaux à l'environnement.

L'observation du peuplement d'une forêt nous montre que si un arbre grandit moins vite que ses voisins, il sera tôt ou tard privé d'une certaine quantité de lumière. Dès lors, son alimentation sera perturbée (moins de photosynthèse) ce qui le conduira à la mort.

Dans ces conditions, qui survit ? Le plus fort, le plus compétitif qui, grâce à la croissance plus rapide de ses racines et de ses rameaux feuillus, finit par éliminer ses voisins (compétition naturelle).

La nature trouve son équilibre sur toute la planète. Cependant, les végétaux sont souvent menacés par l'homme qui abuse de certaines ressources conduisant par exemple à la déforestation d'immenses forêts tropicales.

5/ Conclusion :

Les végétaux ont été les créateurs de notre atmosphère il y a plus de trois milliards d'années et continuent d'être des dispensateurs de bienfaits sur notre planète. (une grande partie des médicaments sont tirés des végétaux, ils nous nourrissent, ils fabriquent plus d'oxygène qu'ils n'en consomment...).

Sans vie végétale, pas de vie animale
sur la planète.

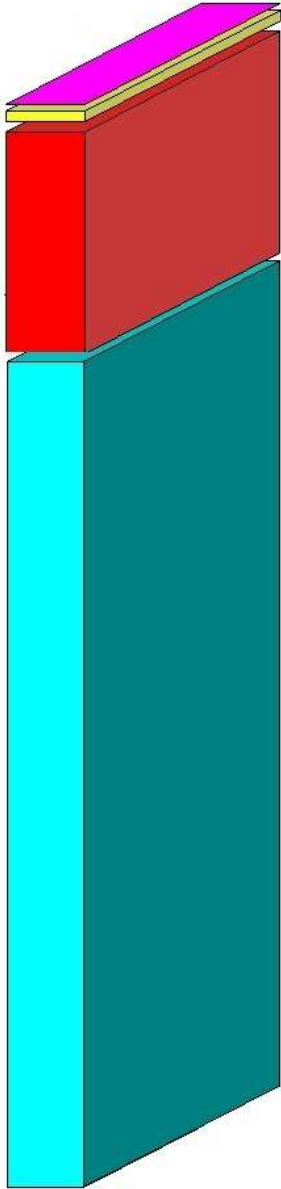
Pour en savoir plus : consulter l'ouvrage « Le génie des végétaux » (éditions BELIN) qui nous rappelle le rôle primordial des plantes et nous apprend comment elles ont conquis la majeure partie de notre planète.

Documents d'accompagnement

- à imprimer pour affichage**
- à photocopier pour
distribution aux élèves.**

- fiches techniques pour fa-
brications**

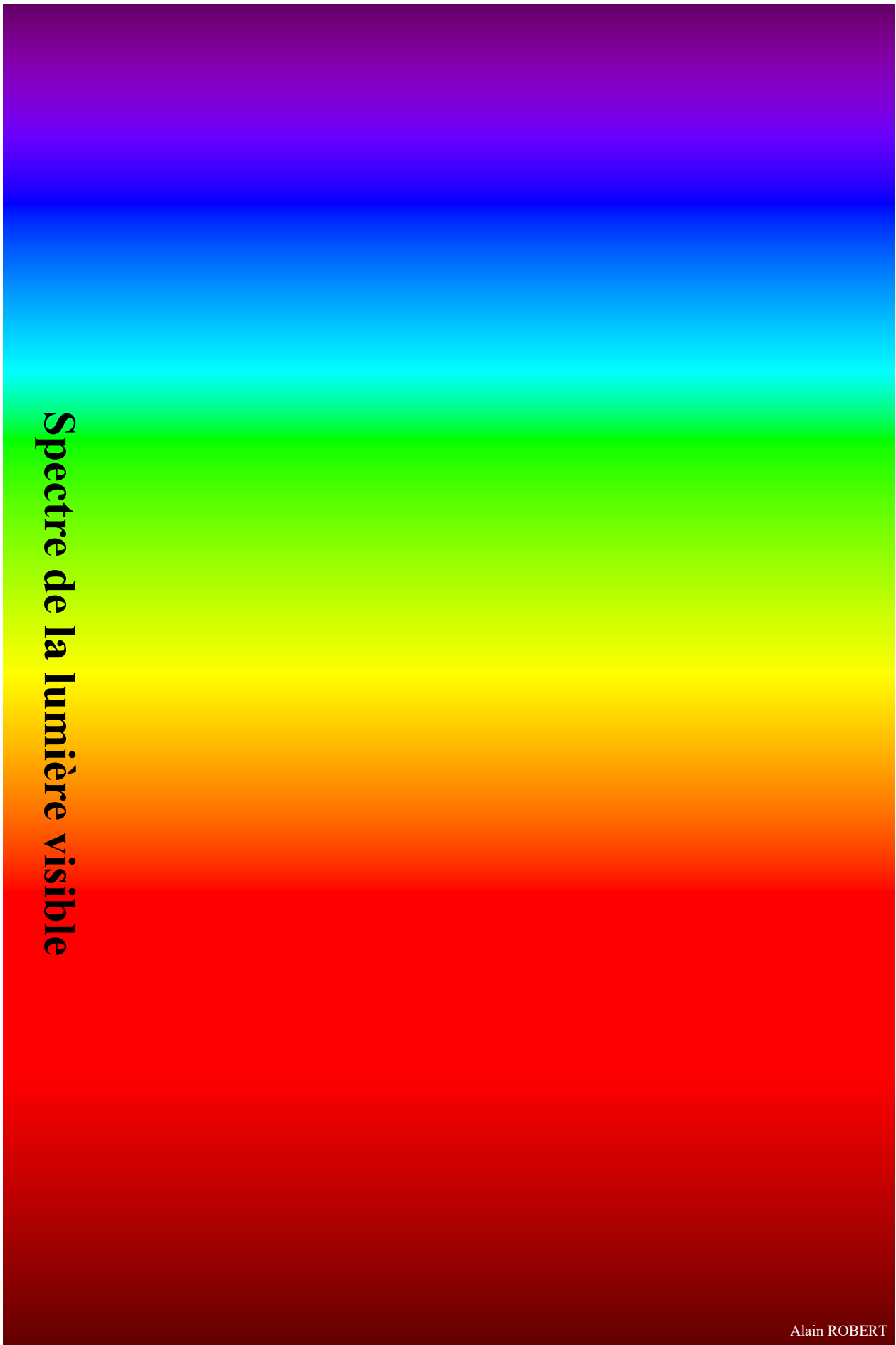
Dioxyde de carbone
Argon et autres gaz
Oxygène



Azote

Composition
de l'air

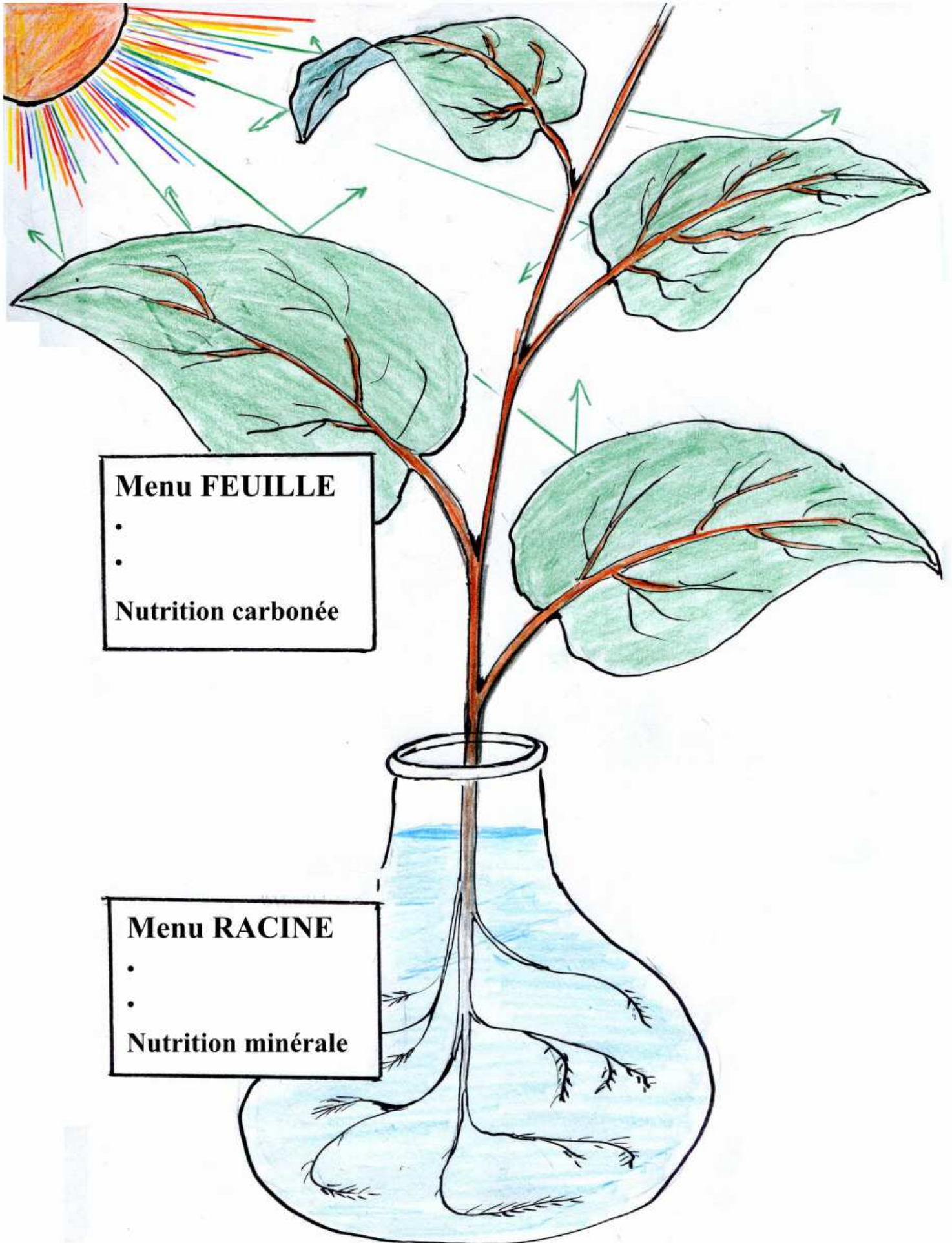
Ultraviolet

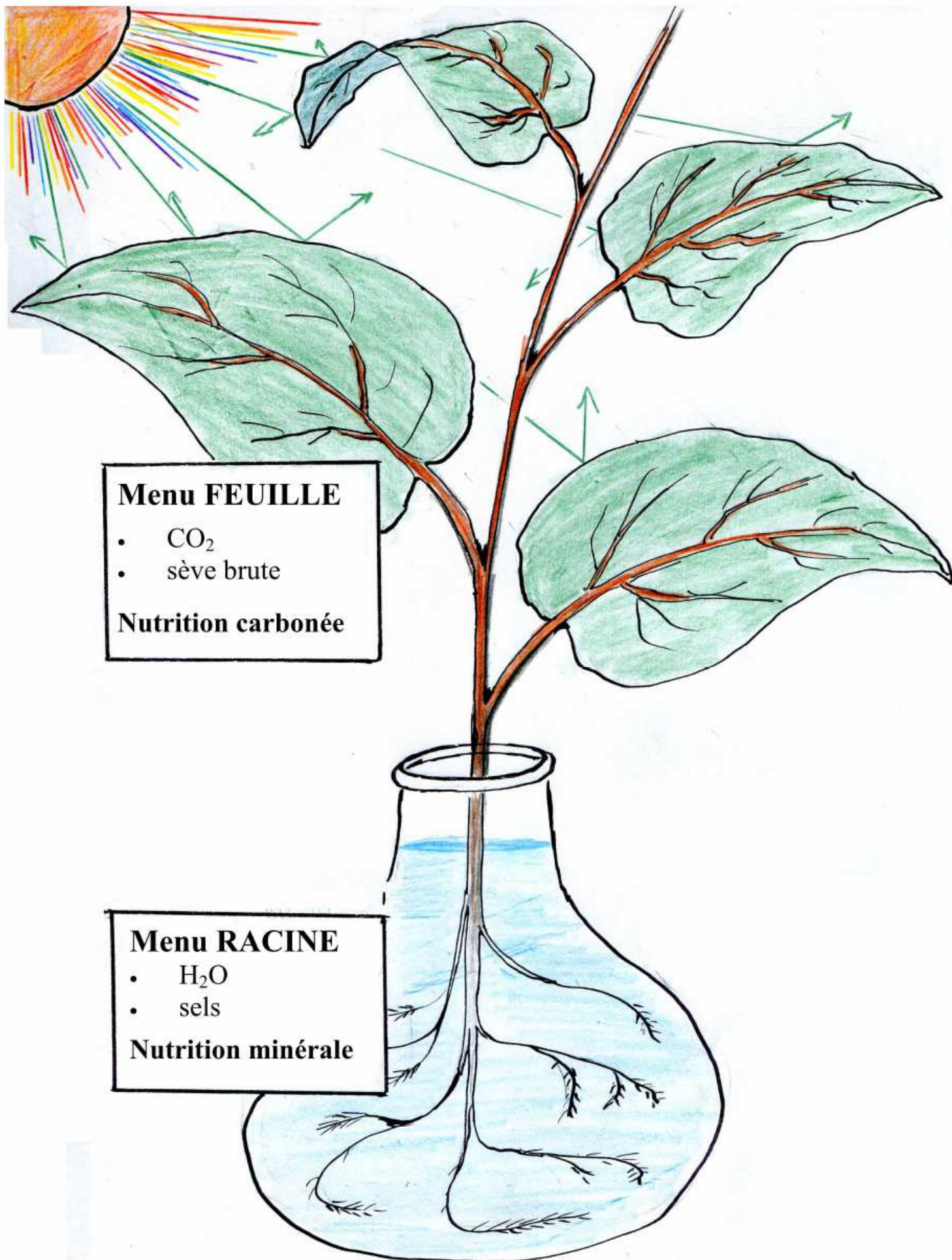


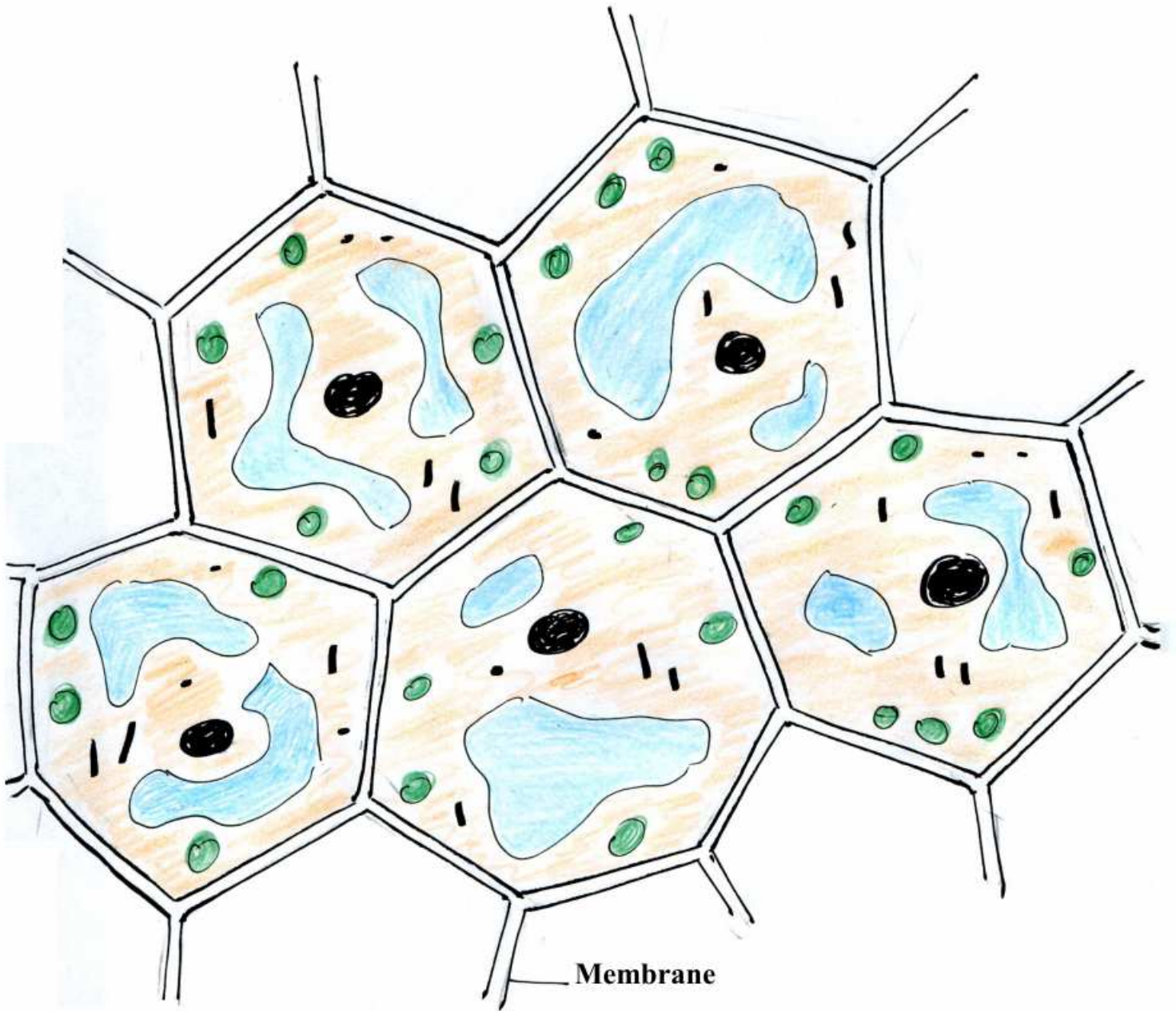
Spectre de la lumière visible





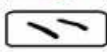


Alain ROBERT

Infrarouge







-  Membrane
-  Cytoplasme (liquide visqueux)
-  Noyau
-  Chloroplaste
-  Mitochondrie
-  Ribosome
-  Vacuole

Plusieurs cellules accolées

Schéma simplifié de la coupe longitudinale d'une feuille

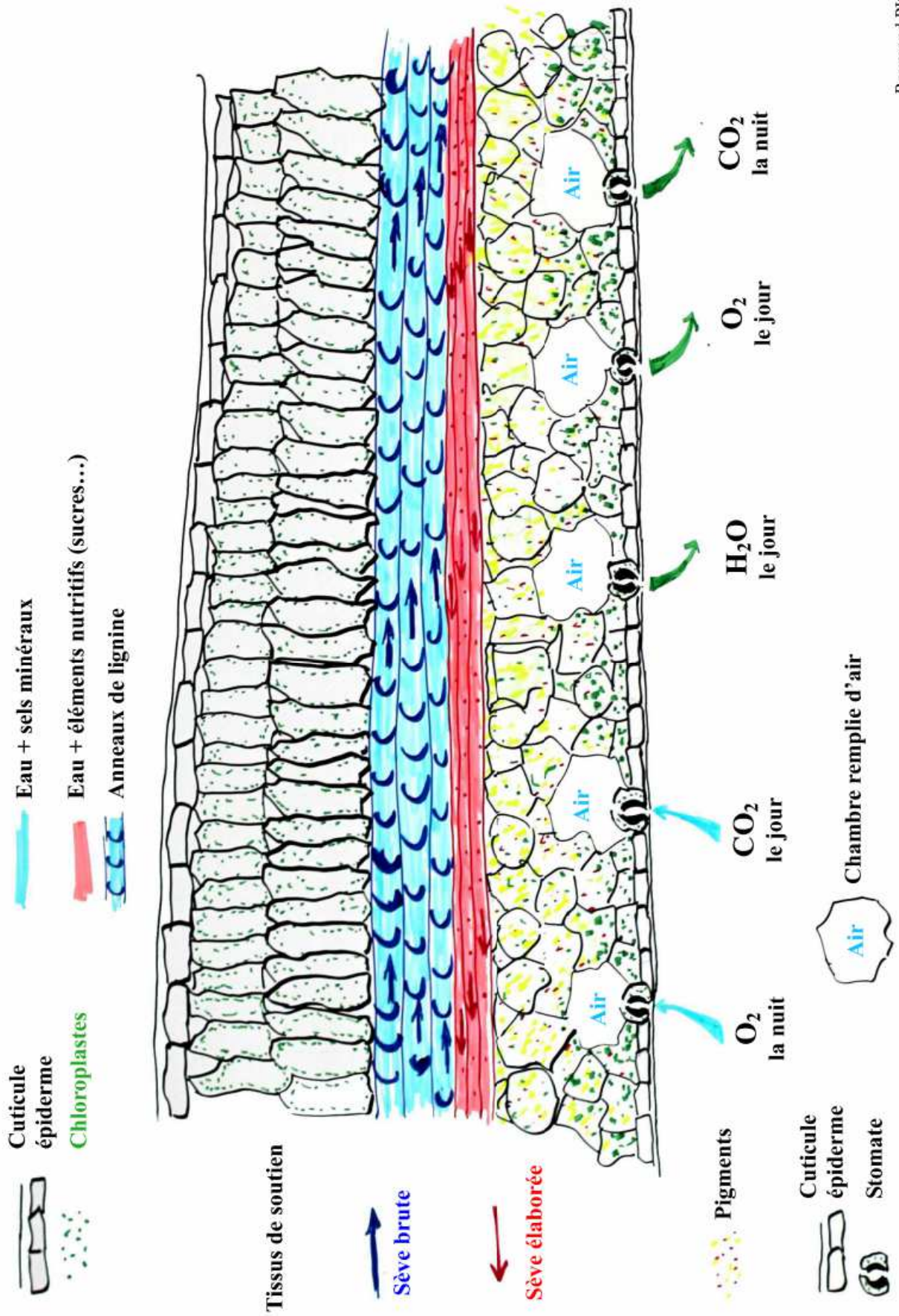
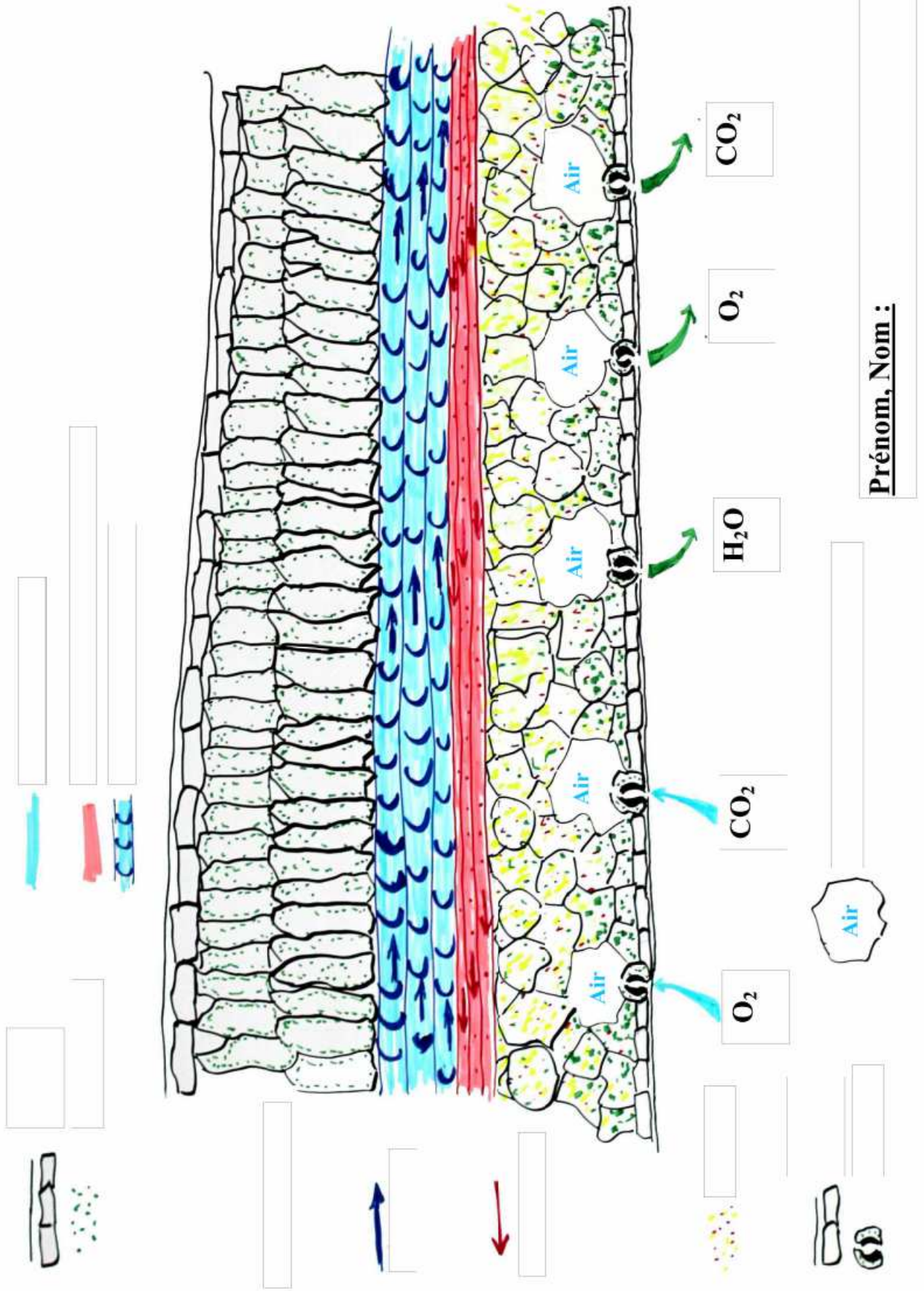
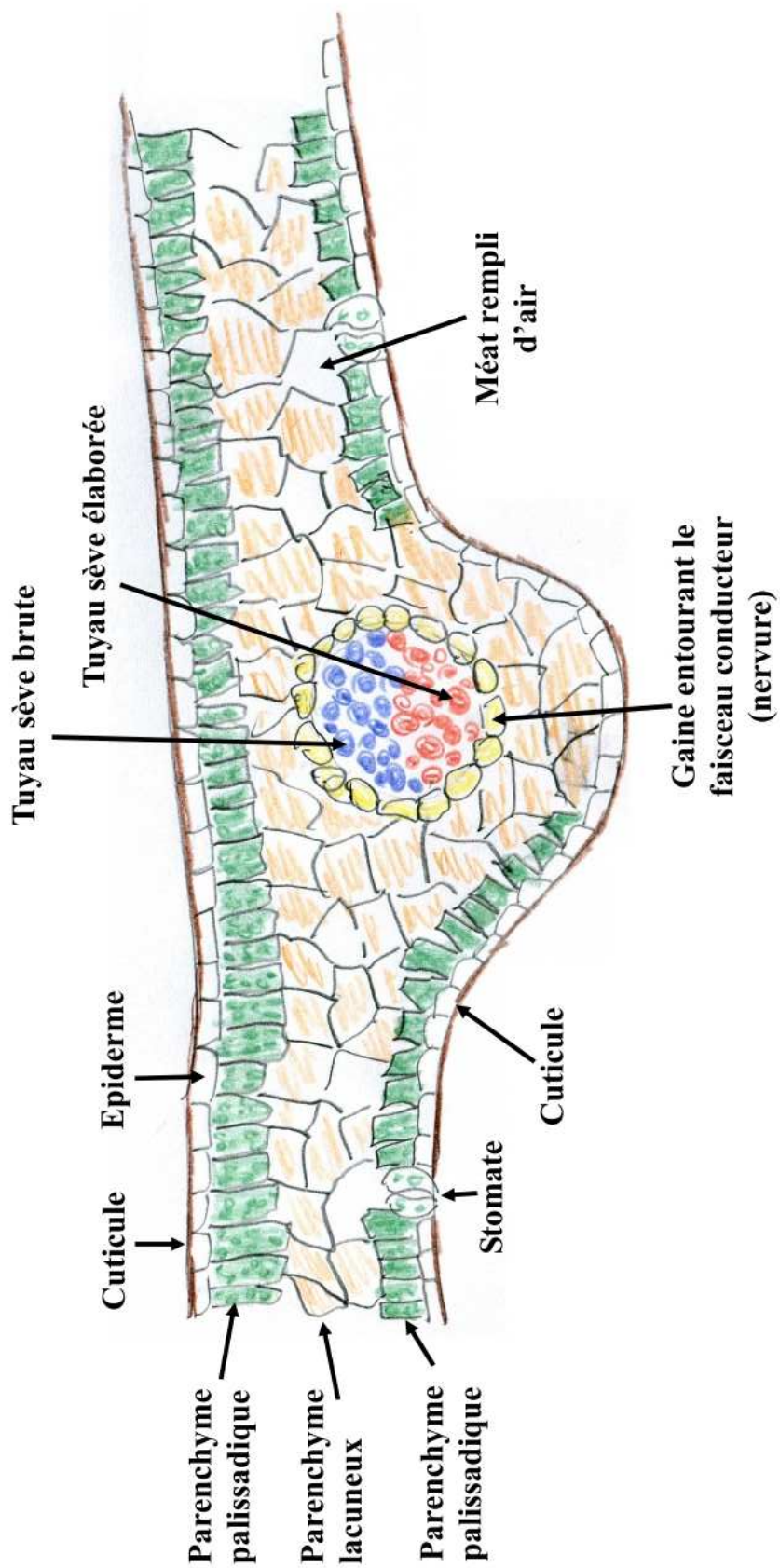


Schéma à compléter de la coupe longitudinale d'une feuille



Prénom, Nom :



Anatomie du limbe de la feuille
 (coupe transversale au niveau d'un faisceau conducteur de sève)

SECHAGE DE FEUILLES

La technique de séchage présente un double intérêt:

- Disposer de matériaux d'observation tout au long de l'année pour leur reconnaissance.
- Disposer de feuilles séchées pour alimenter la boîte d'observation.

Matériel:

Journaux

Papier essuie tout

Deux feuilles rigides de contre plaqué ou d'aggloméré (40 x 50 cm, épaisseur 15 mm)

Une dizaine de feuilles de carton ondulé de récupération (découpées dans des cartons d'emballage)

Des objets lourds (livres, briques...)

feuilles diversifiées fraîches

Mode opératoire :

1- Placer un support rigide pour commencer l'empilement

2- Placer 5 feuilles de papier journal

3- Placer deux feuilles de papier essuie tout

4- Placer plusieurs feuilles fraîches côte à côte

5- placer deux feuilles de papier essuie tout

6- placer 5 feuilles de papier journal

7- placer une feuille de carton ondulé

On recommence l'empilement sans dépasser 8 étages

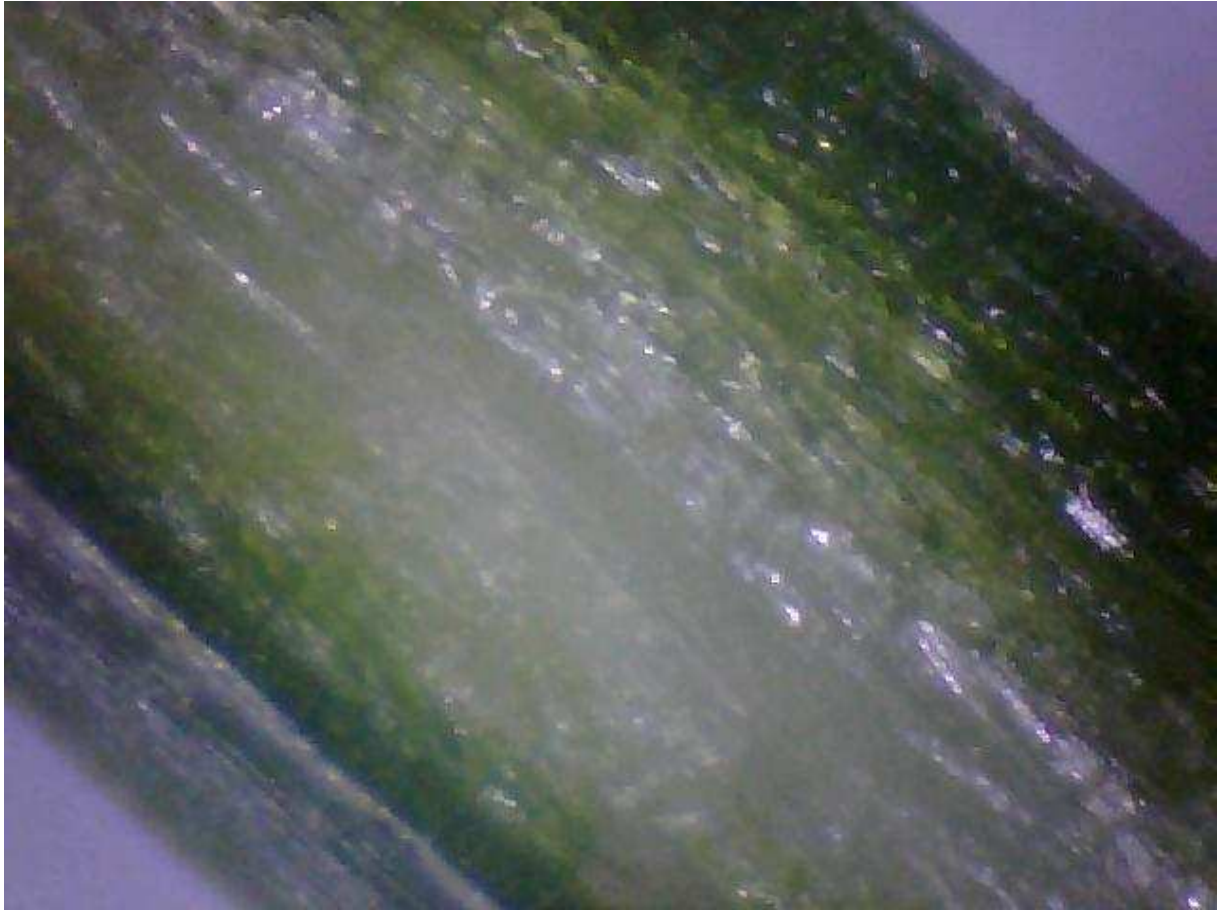
On termine l'empilement en plaçant un support rigide sur lequel on place un poids d'environ 5 Kg.

Le temps de séchage dépend de la température de la pièce, de l'épaisseur des feuilles et sera au minimum de 3 semaines. Vous pouvez laisser en place l'empilement beaucoup plus longtemps.

Faire un repérage des feuilles fraîches pour les identifier plus facilement après séchage.

Photographies

Quelques photographies à compléter avec celles que vous réaliserez ou que vous trouverez sur internet.



Feuille de poireau - Coupe longitudinale



Feuille de poireau - Coupe transversale

Photos : Raymond PIOLAT



Vaisseaux

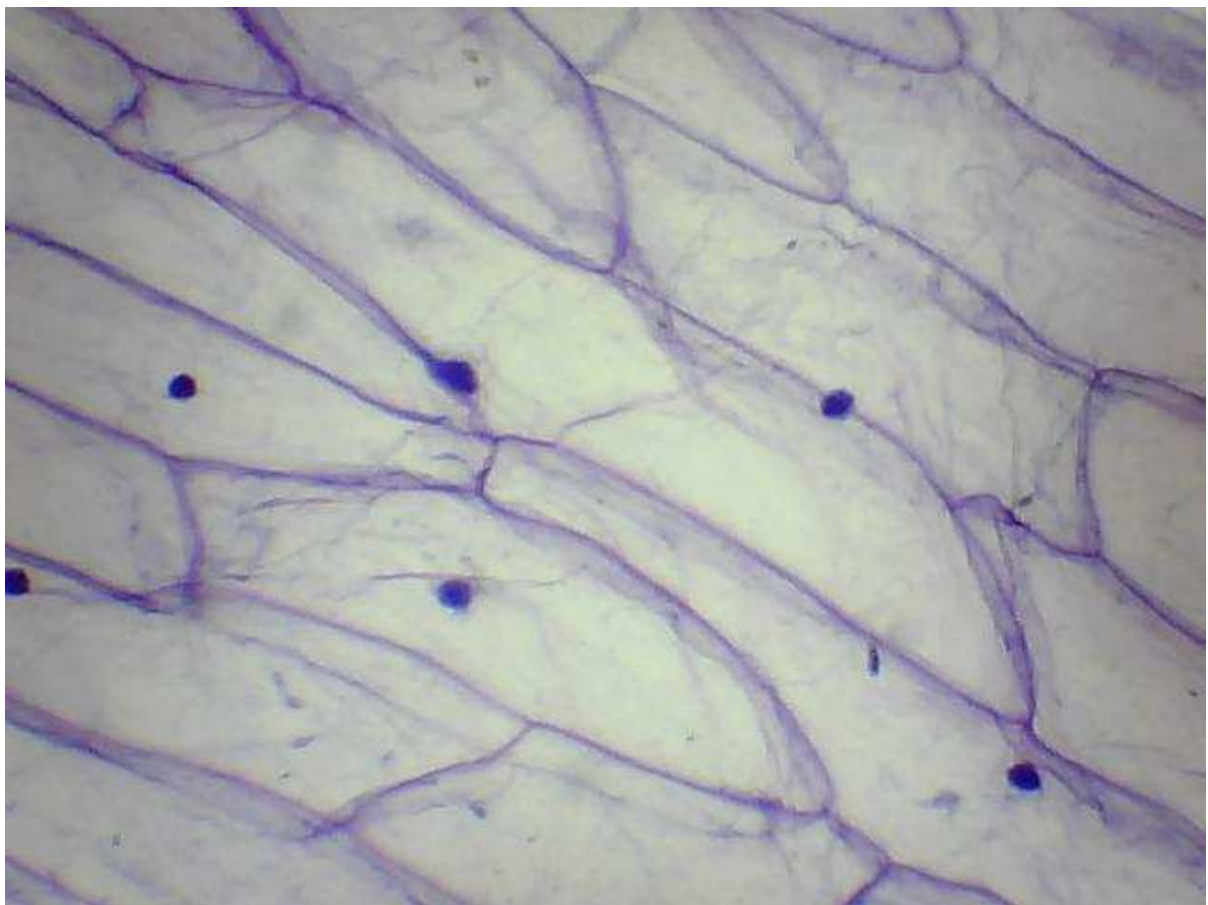


Cellules avec chloroplastes

Photos : Raymond PIOLAT



Stomates



Cellules avec noyaux colorés