

**Programme de Physiologie Végétale du Cycle Préparatoire**  
**Biologie - Géologie (BG2)**

30 heures de cours (un devoir, un examen et un test écrits)

5 H de Travaux dirigés

10 h de travaux pratiques (des comptes rendus et un examen TP)

**SECTION I : SOL-PLANTE-ATMOSPHERE : Relation plante - eau**

**CHAPITRE I : NUTRITION HYDRIQUE ET MINERALE**

**Introduction :** Les plantes vivent dans un milieu inorganique, composé surtout d'eau, de nutriments minéraux, de dioxyde de carbone et d'oxygène. Le dioxyde de carbone pénètre par les parties aériennes, l'oxygène pénètre à la fois par la partie aérienne et la racine, l'eau et les substances minérales étant absorbées surtout par le système racinaire.

Un système racinaire sain et actif ainsi qu'une bonne disponibilité en eau et en nutriments sont nécessaires à la physiologie de la plante et à son développement

Pour croître et se développer les plantes vertes utilisent l'eau, les ions minéraux et le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) du milieu. Dans une première partie il convient d'étudier l'eau qui est d'une extrême importance pour tous les processus vitaux ; en seconde partie les échanges d'ions qui lui sont étroitement liés. Ces éléments minéraux participent aux structures des plantes et contribuent à leurs activités.

**A/ La nutrition hydrique (3H)**

|                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-Propriétés de l'eau<br>1.1. La polarité<br>1.2. La cohésion<br>2-Les forces de liaison<br>3- Teneur en eau                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir la polarité et la cohésion</li> <li>- Définir les forces de liaisons de l'eau avec les constituants des systèmes naturels : forces osmotiques; forces matricielles</li> <li>- TE, TER, DH, facteurs de variations (TP)</li> </ul>                                                                         |
| 4-Mouvement de l'eau dans le système Sol-Plante-Atmosphère<br>4.1. Etapes du mouvement de l'eau<br>4.2. Forces motrices du mouvement de l'eau<br>4.3. Transpiration                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire les étapes du mouvement de l'eau : l'absorption racinaire ; le transfert horizontal ; l'ascension dans le xylème ; l'émission dans l'atmosphère (transpiration)</li> <li>- La poussée radiculaire ; l'aspiration foliaire (théorie de la cohésion)</li> <li>- Transpiration (en TP)</li> </ul>            |
| 5- Les échanges d'eau dans la cellule végétale<br>5.1. Les membranes biologiques<br>5.2. La diffusion<br>5.2.1. La diffusion facilitée<br>5.2.2. L'osmose<br>5.3. Le potentiel hydrique | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importance des membranes biologiques</li> <li>- Définir la diffusion ; la diffusion facilitée ; l'osmose</li> <li>- Le potentiel hydrique se divise en plusieurs composantes : le potentiel osmotique, le potentiel matriciel, le potentiel de pression ou de turgescence, le potentiel de gravitation</li> </ul> |

**B/ La nutrition minérale (3H)**

|                                               |                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-Classification<br>2-Critères d'essentialité | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir : les macroéléments ; les oligoéléments</li> <li>- Qu'est ce qu'un élément essentiel</li> <li>- Rôles et symptômes de carence (Tableau)</li> </ul> |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-Variations de la composition minérale<br>3.1. Espèces<br>3.2. Age et maturité de l'organe<br>3.3. Composition du sol et facteurs externes                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les variations, en fonction de différents facteurs : l'espèce ; l'âge et la maturité de l'organe ; la composition du sol et facteurs externes</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4- L'absorption minérale<br>4.1. Les modalités de l'absorption<br>4.2. Le transport dans les membranes<br>4.3. Déroulement de l'absorption en fonction du temps<br>4.3.1. Les doses utiles<br>4.3.2. Destinée des éléments minéraux<br>4.4. Détermination des besoins nutritifs<br>4.4.1. Méthode unifactorielle<br>4.4.2. Méthode à somme constante | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sélectivité, formes d'absorption (ions, chélats) Synergie, antagonisme</li> <li>- Les membranes biologiques : diffusion simple, diffusion facilitée, transport passif, transport actif.</li> <li>- Cinétique de l'absorption (active, passive). Système de Donnan : (définition, formule, conséquences)</li> <li>- Courbe d'action, consommation de luxe</li> <li>- Absorption, accumulation, sécrétion dans le xylème, excrétion.</li> </ul> |

## SECTION II : PHYSIOLOGIE DE LA CROISSANCE ET DU DEVELOPPEMENT

### CHAPITRE II : LES PHYTOHORMONES, SUBSTANCES REGULATRICES DU DEVELOPPEMENT (2H)

**Introduction :** Les hormones végétales sont des substances responsables de la régulation du développement et de l'intégration des activités des différents organes de la plante. Elles agissent à très faible dose (de l'ordre de 1  $\mu$ M), généralement loin de leur lieu de production, de manière plus ou moins spécifique sur des cellules ou des tissus, et souvent en interaction les unes avec les autres.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1- Notion de phytohormone<br>2- Classification                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition</li> <li>- Les auxines, les cytokinines, les gibbérellines (GA), l'éthylène (<math>C_2H_4</math>), l'acide abscissique (ABA) l'acide jasmonique et l'acide acétyl-salicylique</li> </ul> |
| 3- Caractéristiques spécifiques et effets physiologiques<br>3.1. Les phytohormones de la croissance<br>3.1.1. Auxine (AIA)<br>3.1.2. Cytokinines (CKs)<br>3.1.3. Gibbérellines (GAs)                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour chaque phytohormone définir le lieu de synthèse, le transport et le mode d'action</li> <li>- Rôles physiologiques</li> </ul>                                                                   |
| 4- Croissance en danger: Hormones du stress<br><b>4.1.</b> Acide abscissique (ABA)<br>4.1.1 Fermeture des stomates<br>4.1.2. Maturation des graines des pays tempérés<br><b>4.2.</b> Ethylène<br><b>4.2.1.</b> Maturation des fruits<br><b>4.2.2.</b> Abscission<br><b>4.2.3.</b> Croissance des organes<br><b>4.2.4.</b> Epinastie<br><b>4.3.</b> L'acide jasmonique | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour chaque phytohormone définir le lieu de synthèse, le transport et le mode d'action</li> <li>- Rôles physiologiques</li> </ul>                                                                   |

#### 4.4. L'acide salicylique

### CHAPITRE III : PHYSIOLOGIE DE LA GERMINATION (2H)

**Introduction :** La germination est un phénomène qui conduit la semence à une *plantule viable* capable de poursuivre son développement. La semence est un organe en *état de vie ralentie*, caractérisé par une activité métabolique réduite. La vie ralentie (latente) est un moyen pour le végétal de résister aux conditions défavorables de l'environnement. La germination peut donc être définie comme l'ensemble des processus qui marquent la reprise des activités métaboliques et des échanges avec le milieu ambiant (surtout échanges d'eau et d'oxygène au départ). Elle débute avec l'imbibition de la semence et s'achève dans les quelques heures qui précèdent la percée des enveloppes par la radicule.

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1- Constitution des semences<br>2- Maturation et longévité des semences<br>2.1. Maturation morphologique<br>2.2. Maturation physiologique<br>2.3. Longévité                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir le terme semence en tant que organe de reproduction de la plante</li> <li>- La maturation morphologique se produit sur la plante mère, et se termine par une déshydratation poussée de la semence</li> <li>- La maturation physiologique correspond à des modifications internes</li> <li>- La longévité est la durée de vie des graines dans les conditions naturelles.</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| 3- Cinétique de la germination                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir la capacité germinative</li> <li>- Définir la vitesse de germination</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4- Phases de la germination<br>4.1. Imbibition<br>4.2. Germination <i>s.s.</i><br>4.3. Croissance de la radicule                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les phases de la germination<br/> phase I ou phase d'imbibition<br/> phase II ou phase de germination<br/> phase III Croissance de la radicule ou phase de levée</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5- Conditions de la germination<br>5.1. Conditions externes<br>5.2. Conditions internes                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions externes<br/> Eau, oxygène, température et lumière (semences photolabiles, scotolabiles et indifférentes)</li> <li>- Conditions internes<br/> Maturité de la graine<br/> Longévité de la graine<br/> Semence vivante – pouvoir germinatif – semence mure-aptitude à germer (semence non dormante)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6- Dormances embryonnaires<br>6.1. Types de dormances<br>6.2. Déterminisme des dormances<br>6.3. Relativité des phénomènes de dormance<br>6.4. Levée des dormances embryonnaires | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les dormances embryonnaires</li> <li>- Définir les dormances primaires</li> <li>- Définir les dormances secondaires</li> <li>- Le déterminisme des dormances est basé sur les Corrélation entre organes et l'équilibre entre les phytohormones</li> <li>- La dormance n'est donc pas une <i>inaptitude absolue</i> à la germination, mais plutôt une <i>restriction des conditions compatibles</i> avec une bonne germination<br/> Levée des dormances embryonnaires : Stratification ; Ablation des cotylédons ; Traitement par des</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | phytohormones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7- Contrôle hormonal de la germination<br>7.1. Tissus de régulation<br>7.2. Processus de régulation                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les tissus des semences qui régulent la germination</li> <li>- Cas des graines amylacées et processus de régulation hormonale</li> <li>- Cas des graines oléagineuses et processus de régulation hormonale</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8- Conservation des semences                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au cours du stockage des semences, il y a une perte progressive du pouvoir germinatif, en raison:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) de la dénaturation des protéines, des acides nucléiques, et des membranes cellulaires,</li> <li>b) de l'accumulation dans la graine de produits toxiques.</li> </ul> </li> </ul> <p>La <i>température</i> et l'<i>humidité</i> sont les deux principaux facteurs qui modifient la longévité des semences.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>CHAPITRE IV : CROISSANCE, MORPHOGENESE ET DEVELOPPEMENT (3H)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Introduction :</b> Au cours de leur développement, tous les organismes vivants sont capables de changer de forme, de dimensions et de poids. La croissance désigne l'ensemble des <i>modifications quantitatives irréversibles</i> qui se produisent pendant le développement. La croissance d'une plante met en jeu l'augmentation du nombre et de la taille des organes préexistants. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1- Définitions                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Définir : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifications quantitatives</li> <li>- Croissance à l'échelle de l'organe</li> <li>- Croissance à l'échelle de la cellule : mérése, auxèse</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2- Organes de croissance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Semences, racine, tige, bourgeon, feuille                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3- Critères de croissance et méthodes de mesure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomasse, épaisseur, longueur, surface</li> <li>- méthodes de mesure :               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Mesure des dimensions géométriques d'un organe (mesurer la longueur, hauteur, largeur) par des procédés optiques ou photographiques et à l'aide d'instruments métriques ou d'auxanomètres pour des mesures fines de l'augmentation des dimensions linéaires. .</li> <li>* Mesure de l'augmentation de masse (masse de matière fraîche ou masse de matière sèche) à l'aide d'une balance de précision.</li> <li>* Détermination de l'augmentation de la masse d'azote protéique synthétisé.</li> <li>* Mesure des variations de diamètre (utilisées surtout pour les espèces arborescentes) réalisées à l'aide d'un appareil appelé dendrographe.</li> <li>* Mesure de la surface foliaire à l'aide d'un planimètre qui la calcule électroniquement.</li> </ul> </li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4- Mode d'expression de la croissance                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Croissance absolue</li> <li>- Croissance relative</li> <li>- Vitesse de croissance</li> <li>- Vitesse de croissance relative</li> <li>- Taux de croissance</li> </ul>                                                                                                                                                                                                              |
| 5- Cinétique de la croissance : Les phases de la croissance                                                                                                                              | <p>Définir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase de latence</li> <li>- Phase exponentielle</li> <li>- Phase linéaire</li> <li>- Phase de sénescence</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>6- Les mouvements de croissance</p> <p>6.1. Mouvements révolutifs (ou de circumnutation)</p> <p>6.2. Nasties</p> <p>a) Photonasties</p> <p>b) Thermonasties</p> <p>6.3. Tropismes</p> | <p>*Certains mouvements de croissance sont de type exogène, d'autres sont de type endogène.</p> <p><i>*Les modalités de positionnement dans l'espace constituent un aspect essentiel de la biologie des organismes et de leur vie en relation avec l'environnement.</i></p> <p>*Définir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les mouvements révolutifs</li> <li>- les nasties</li> <li>- les tropismes</li> </ul> |

## CHAPITRE V : A - PHYSIOLOGIE DE LA FLORAISON (3H)

**Introduction :** dans le cycle de développement d'une Angiosperme, la mise à fleur correspond à une étape de différenciation au cours de laquelle le bourgeon passe de l'état végétatif à l'état reproducteur. L'initiation florale est une différenciation qui présente deux phases : l'évocation florale et l'organogenèse florale.

La *maturité de floraison* est le stade végétatif que doit atteindre le végétal pour être capable de mettre à fleur. Chez les arbres fruitiers, par exemple, la maturité de floraison nécessite 5 à 7 ans.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1- Acquisition de l'aptitude à la floraison</p> <p>1.1. Vernalisation</p> <p>1.2. Exigences spécifiques</p> <p>1.3. Mécanismes</p> <p>1.3.1 La maturité de vernalisation</p> <p>1.3.2 Perception de la vernalisation</p> <p>1.3.3 La dévernalisation</p> <p>1.3.4 Les traitements de substitution</p> <p>1.4. Thermopériodisme</p> | <p>Une plante ne devient capable de fleurir que si elle a acquis, à un stade plus ou moins précoce de son développement, l'aptitude à la floraison.</p> <p>Cette acquisition :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* est spontanée</li> <li>*nécessite l'intervention des basses températures (<i>vernalisation</i>)</li> <li>*ou des températures élevées (<i>thermo-induction chaude</i>).</li> </ul> <p>Exigences spécifiques de la vernalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* espèces indifférentes</li> <li>* espèces préférentes</li> <li>* espèces à vernalisation obligatoire</li> </ul> <p>Le thermopériodisme désigne la réaction de la plante à l'alternance quotidienne ou saisonnière des températures, en relation avec la floraison.</p> |
| <p>2- Mise à fleur</p> <p>2.1 Facteurs trophiques</p> <p>2.2 Photopériodisme</p> <p>2.2.1 Définitions</p> <p>a) Hémérophase, Photophase ou Photopériode</p>                                                                                                                                                                           | <p>Deux types de facteurs contrôlent la mise à fleur : facteurs trophiques (le rapport C/N (sucres/matières azotées)) et facteurs environnementaux (Photopériodisme).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| b) Nyctiphase, Scotophase ou Nyctipériode<br>c) Eupériode<br>d) Dyspériode<br>2.2.2 Exigences photopériodiques<br>a) les espèces <i>indifférentes</i><br>b) les plantes de <i>jours courts</i> (JC), ou espèces <i>nyctipériodiques</i><br>c) les plantes de <i>jours longs</i> (JL) ou espèces <i>hémériopériodiques</i><br>2.2.3 Mécanismes<br>a) L'induction photopériodique<br>b) Le lieu de perception du stimulus photopériodique<br>c) La phase obscure contrôle la photoinduction |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## CHAPITRE V : B- LE PHYTOCHROME (3H)

**Introduction :** Le phytochrome est un pigment photorécepteur très répandu chez les végétaux ; il contrôle plusieurs processus physiologiques, depuis la germination jusqu'à la floraison.

|                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1-</b> Mise en évidence<br>1.1. Germination de la laitue<br>1.2. Floraison du <i>Xanthium</i>                                                                                      | La découverte du phytochrome part de deux observations, l'une sur la germination des akènes de laitue, l'autre sur la floraison du <i>Xanthium</i>                                                                                                       |
| <b>2-</b> Nature du système photorecepteur                                                                                                                                            | Le phytochrome est une chromoprotéine qui se présente sous deux formes                                                                                                                                                                                   |
| <b>3-</b> Localisation, Isolement et Dosage                                                                                                                                           | Localisation : régions méristématiques des racines et des tiges<br>Isolement : par chromatographie sur colonne<br>Dosage : par <i>spectrophotométrie</i> à $\lambda=660$ nm et $\lambda=730$ nm                                                          |
| <b>4-</b> Fonctionnement du Phytochrome<br>4.1. Germination de la laitue<br>4.2. Floraison du <i>Xanthium</i><br>4.3. Interprétation des résultats                                    | Fonctionnement du Phytochrome, se baser sur les deux expériences : germination de la laitue et floraison du <i>Xanthium</i><br>Interpréter les résultats en se basant sur le passage du phytochrome de la forme inactive à la forme active et vis versa. |
| <b>5-</b> Mécanismes à l'échelle moléculaire                                                                                                                                          | La réponse physiologique à l'éclairement se fait en 3 étapes :<br>- la <i>réception</i> .<br>- la <i>transduction</i><br>- l' <i>induction</i>                                                                                                           |
| <b>6-</b> Phénomènes contrôlés par le phytochrome<br>6.1. Germination<br>6.2. Croissance<br>6.3. Floraison<br>6.4. Mouvements d'organes<br>6.5. Potentiel électrique transmembranaire | Mettre en évidence le rôle du phytochrome dans les phénomènes physiologiques cités                                                                                                                                                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.6. Biosynthèse de pigments et d'enzymes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>SECTION III : METABOLISME CARBONE ET AZOTE DES PLANTES VASCULAIRES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>Le premier Principe de la thermodynamique dit : “ l’énergie ne peut ni être créée ni être détruite, elle ne peut qu’être transformée ”. Par opposition aux êtres inanimés, les êtres vivants sont capables de transformer l’énergie en ses différentes composantes, énergie chimique (ATP), travail, chaleur, etc., ce qui leur permet entre autres d’édifier et de maintenir une structure organisée au cours de leur évolution. La seule source universelle d’énergie pour la cellule est l’ATP. Pour former l’ATP la cellule dispose de deux sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le catabolisme des glucides, des lipides et accessoirement des acides aminés et des protéines. La cellule va récupérer une partie de l’énergie des liaisons entre les différents atomes des composés dégradés.</li> <li>- l’anabolisme : en présence de lumière, seuls les organismes chlorophylliens sont capables d’exploiter cette source d’énergie et de la convertir en ATP.</li> </ul> <p>Les organismes vivants sont le siège de réactions chimiques au cours desquelles varie l’énergie libre susceptible d’être utilisée pour la formation de l’ATP.</p> <p>La croissance d’une plante (augmentation de sa biomasse) résulte d’un équilibre entre gain et perte de carbone : les gains proviennent de la photosynthèse et les pertes proviennent de la respiration : rejet du CO<sub>2</sub>.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>CHAPITRE VI : METABOLISME RESPIRATOIRE (4H)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>1. Rappel</b><br>1.1 Oxydation du glucose<br>1.2 La glycolyse<br>1.3 Décarboxylation du pyruvate <i>via</i> le cycle de Krebs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dans l’oxydation du glucose, la molécule est scindée et les atomes d’hydrogène (les électrons et les protons qui les accompagnent) sont arrachés aux atomes de carbone et combinés à l’oxygène qui sera, ainsi, lui-même réduit. Les électrons passent de niveaux énergétiques élevés à des niveaux inférieurs d’où libération d’énergie.</li> <li>- Rappeler succinctement les dix étapes de la glycolyse déjà vue en biochimie</li> </ul> <p>Produit de la glycolyse, le pyruvate passe du cytosol à la matrice de la mitochondrie où il est oxydé et décarboxylé. Au cours de cette réaction exergonique, une molécule de NADH est produite à partir de NAD<sup>+</sup></p> |
| <b>2. Structure et caractéristiques de la mitochondrie</b><br>2-1 Structure<br>2-2 Caractéristiques : Formation concomitante de nucléotides pyridiniques réduits (NADH + H <sup>+</sup> / FADH <sub>2</sub> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure de la mitochondrie : membrane externe, membrane interne et matrice</li> <li>- Formation des nucléotides pyridiniques réduits (NADH + H<sup>+</sup> / FADH<sub>2</sub>) : équation globale du cycle de Krebs (rappel)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>3. Mécanisme de la respiration : La chaîne respiratoire</b><br>3-1 Introduction                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La chaîne respiratoire ou chaîne de transfert d’électrons est localisée dans la membrane interne des mitochondries. Chaque mitochondrie contient des milliers d’exemplaires de la chaîne de transfert</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>3-2 Caractéristiques générales des complexes protéiques de la chaîne respiratoire</p> <p>3-3 Mécanismes du transfert des électrons</p> <p><b>a.</b> Le complexe I : NADH - coenzyme Q oxydoréductase</p> <p><b>b.</b> Le complexe II : succinate - coenzyme Q oxydoréductase</p> <p><b>c.</b> complexe III : coenzyme Q - cytochrome c oxydoréductase</p> <p><b>d.</b> Le complexe IV : cytochrome c oxydase</p> <p>3-4 Enzymes supplémentaires spécifiques de la chaîne respiratoire chez les végétaux</p> <p>3-5 Bilan - résumé de la chaîne de transfert d'électrons</p> | <p>d'électrons.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire les quatre complexes protéiques de la chaîne respiratoire.</li> <li>- Décrire les réactions d'oxydo-réduction qui se déroulent dans chaque complexe et qui aboutissent au transfert des électrons.</li> <li>- Enzymes supplémentaires spécifiques de la chaîne respiratoire chez les végétaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Les NAD(P)H déshydrogénases interne et externe.</li> <li>b. L'oxydase alternative ou AOX</li> </ul> </li> <li>- Bilan :</li> </ul> <p>Dans l'enchaînement des réactions d'oxydo-réduction qui ont lieu lors du transfert des électrons de l'ensemble de la chaîne de transport d'électrons on constate que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le premier donneur de protons et d'électrons (NADH + H<sup>+</sup>)</li> <li>• le dernier accepteur d'électrons (l'oxygène moléculaire, O<sub>2</sub>)</li> </ul> <p>Donner donc les deux demi-réactions rédox</p> <p>Donner le nombre de molécules d'ATP synthétisées par molécule de (NADH + H<sup>+</sup>) réoxydée.</p> |
| <p><b>4. Théorie chimio-osmotique - Synthèse d'ATP par l'ATP synthase</b></p> <p>4-1 Rappel sur l'expulsion des protons au cours de la chaîne de transport d'électrons</p> <p>4-2 La théorie chimio-osmotique et la force proton motrice</p> <p>4-3 Le complexe V ou ATP synthase</p> <p>4-4 Expression de la force proton motrice <math>\Delta p</math></p> <p>4-5 Le mécanisme de la synthèse de l'ATP par l'ATP synthase</p> <p>4-6 Transport de l'ATP formé au cours de la respiration</p>                                                                                 | <p>-La théorie chimio-osmotique formulée par Peter Mitchell en 1961 postule que le gradient de concentration de protons crée à travers la membrane sert de réservoir d'énergie libre pour la synthèse d'ATP.</p> <p>-Le complexe V, appelé ATP-synthase F<sub>0</sub>F<sub>1</sub>, se sert du gradient de concentration de protons comme source d'énergie pour synthétiser l'ATP</p> <p>-Expression de la force proton motrice <math>\Delta p</math> (exprimée en volts) : <math>\Delta p = \Delta \Psi + Z \cdot \Delta pH</math></p> <p>-Décrire l'ATP synthase, cylindre composé de sous-unités <math>\alpha</math> et <math>\beta</math> alternées</p> <p>-L'ATP produit dans la mitochondrie doit retourner vers le cytosol pour y être utilisé pour les divers travaux cellulaires.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>5. Bilan de la respiration - Intensité respiratoire et contrôle respiratoire</b></p> <p>5-1 Bilan de la synthèse d'ATP au cours de la respiration</p> <p>5-2 L'intensité respiratoire et le contrôle respiratoire</p> <p>5-3 Inhibiteurs et agents découplants de la respiration</p> <p><b>Cette partie (5) peut être traitée en TD</b></p>                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un bilan de la synthèse d'ATP au cours de la respiration, sous forme de tableau, en tenant compte de toutes les étapes depuis la glycolyse</li> <li>- L'intensité respiratoire (IR) est la quantité d'oxygène consommé (ou de CO<sub>2</sub> dégagé) par unité de temps et de matière biologique (masse, nombre, surface, ...).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Exemple : IR = 150 pmoles O<sub>2</sub> / min / mg protéine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La dépendance de la vitesse de respiration en fonction de la disponibilité de l'ADP (substrat de l'ATP synthase) est appelé <b>contrôle respiratoire</b>.</li> </ul> $\text{contrôle respiratoire} = \frac{\text{IR en présence d'ADP}}{\text{IR en absence d'ADP}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inhibiteurs et agents découplants de la respiration : Il existe six types d'inhibiteurs qui affectent le fonctionnement de la mitochondrie</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>Les inhibiteurs de la chaîne respiratoire (cyanure, antimycine, thenoyl-trifluoroacétone ou roténone obtenue à partir de plantes tropicales). Ils bloquent la respiration en présence d'ADP ou d'un agent découplant.</li> <li>Les inhibiteurs du transport (atractyloside, N-éthyl maléimide). Ils empêchent soit l'exportation de l'ATP, soit l'importation de la molécule précurseur, au travers de la membrane mitochondriale interne.</li> <li>Les ionophores (valinomycine, nigericine). Ils rendent la membrane mitochondriale interne perméable à des composés qui normalement ne pourraient pas franchir cette membrane.</li> <li>Les inhibiteurs du cycle de Krebs (arsenite, amino-oxyacétate). Ils inhibent une ou plusieurs enzymes de ce cycle.</li> <li>Les inhibiteurs de la phosphorylation (oligomycine).</li> <li>Les agents découplants (2,4 dinitrophénol, CCCP). Ils dissipent artificiellement le gradient de protons et il n'y a plus synthèse d'ATP. Le transfert d'électrons et la consommation d'O<sub>2</sub> sont à leur maximum. Le carbonyl cyanide m-chloro-phenyl hydrazone (CCCP) est un composé lipidique faiblement acide. C'est un agent découplant très fort.</li> </ol> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## CHAPITRE VII : METABOLISME PHOTOSYNTHETIQUE (4H)

**Introduction :** C'est la principale voie par laquelle l'énergie de l'environnement est disponible pour le monde vivant. C'est aussi la principale source de composés à carbone réduit

|                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Définition et importance <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'autotrophie</li> <li>- La photosynthèse</li> </ul> </li> </ol> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importance de la chlorophylle a dans l'autotrophie</li> <li>- Conversion de l'énergie solaire en énergie chimique potentielle</li> <li>- Synthèse de la matière organique à partir du CO<sub>2</sub> et de l'eau</li> </ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2- Structure du chloroplaste<br>2.1. les pigments du chloroplaste<br>2.2. structure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- chlorophylle <b>a</b>, la chlorophylle <b>b</b> et les pigments accessoires</li> <li>- la membrane externe et la membrane interne</li> <li>- le stroma</li> <li>- les systèmes membranaires : les thylakoïdes ou lamelles (granaires ou stromatiques)</li> <li>- L'espace intrathylakoïde</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3- Mécanisme de la photosynthèse<br>3.1. les phases de la photosynthèse<br>3.2. chaîne de transfert des électrons et photophosphorylation acyclique<br>3.3. Photophosphorylation cyclique<br>3.4. Les réactions de fixation du carbone                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réactions de transduction de l'énergie = phase lumineuse = phase photochimique = réaction claire</li> <li>- Réactions de fixation du carbone = phase enzymatique = phase thermochimique = réactions sombres</li> <li>- Décrire : <ul style="list-style-type: none"> <li>*la chaîne de transfert des électrons et la photophosphorylation acyclique</li> <li>*la photophosphorylation cyclique</li> </ul> </li> <li>- Décrire les 3 étapes du cycle de Calvin</li> </ul> <p>Donner l'équation globale pour la production d'une molécule de glycéraldéhyde 3 phosphate</p> |
| 4- Transport et mise en réserve du produit glucidique de la photosynthèse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saccharose</li> <li>- Amidon</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5- La voie à quatre carbones ou en C4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire le déroulement de la voie C4</li> <li>- Séparation spatiale entre la voie en C4 et le cycle de Calvin</li> <li>- Anatomie de Kranz</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6- Les plantes CAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire le déroulement de la voie CAM</li> <li>- Séparation temporelle entre la voie en CAM et le cycle de Calvin</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Avantages et inconvénients des trois mécanismes C3, C4 et CAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un bilan énergétique des trois mécanismes</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>CHAPITRE VIII : METABOLISME DE L'AZOTE (3H)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Introduction :</b> L'analyse chimique des plantes montre que, du point de vue quantitatif, l'azote occupe le 4 <sup>ème</sup> rang parmi les éléments majeurs chez les végétaux, sa teneur est de 1 à 2% de la matière sèche. Du point de vue qualitatif, l'azote rentre dans la formation chimique de toutes les protéines et les acides nucléiques. Il intervient également dans la synthèse de la chlorophylle, des cytochromes et de plusieurs métabolites secondaires. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1- Les sources d'azote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Il existe 4 sources d'azote :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* L'azote atmosphérique N<sub>2</sub></li> <li>* Plusieurs roches</li> <li>* Un procédé industriel</li> <li>* Les éclaires</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2- Mobilité de l'azote                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire le cycle de l'azote en mettant l'accent sur :</li> <li>- Les trois principales étapes :</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2-1 le cycle de l'azote</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a- L'ammonification</li> <li>b- La nitrification</li> <li>c- La dénitrification</li> <li>d- Fixation de l'azote</li> </ul> <p>2-2 Fixation symbiotique de l'azote</p> <p>2-3 Fixation non symbiotique de l'azote</p> <p>2-4 Les organismes symbiotiques</p> <p>2-5 Les facteurs influençant la fixation symbiotique</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* l'ammonification</li> <li>* la nitrification</li> <li>* l'assimilation</li> </ul> <p>Fixation symbiotique de l'azote</p> <p>RHIZOBIUM et BRADYRHIZOBIUM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixation non symbiotique de l'azote</li> <li>• Un procédé non photosynthétique : les clostridiums et les azotobacters.</li> <li>• Les voies métaboliques, 2 systèmes d'enzymes: la nitrogénase et l'hydrogénase.</li> <li>- Les organismes symbiotiques</li> </ul> <p>Décrire La séquence d'événements aboutissant à la formation d'une nodosité sur la racine d'une plante fixatrice d'azote</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les facteurs influençant la fixation symbiotique : <ul style="list-style-type: none"> <li>*La forme d'azote</li> <li>*La température</li> <li>*Le pH</li> <li>*Les oligoéléments</li> <li>*Le rapport C/N :</li> </ul> </li> </ul> |
| <p>3- Utilisation des nitrates, des sels ammoniacaux et autres sources d'azote pour les végétaux</p> <p>3-1 Utilisation du nitrate</p> <p>3-2 Les sels ammoniacaux</p> <p>3-3 Utilisation de l'azote organique</p> <p>3-4 Réduction du nitrate</p>                                                                                                                                            | <p>L'azote sous forme nitrique ou ammoniacale constitue la source principale d'azote pour la plante. L'azote du sol peut provenir d'une fixation réalisée par les microorganismes sous forme nitrique ou bien des légumineuses (engrais vert). Il peut également être apporté par les fertilisants chimiques ou la matière organique.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## Travaux Pratiques et Dirigés De Physiologie Végétale

15 h de travaux pratiques et dirigés (une note de TP)

TP N°1: Etude des caractéristiques hydriques d'un végétal : Mesure de la pression de succion.  
TD N°1: Etude des caractéristiques hydriques d'un végétal : Mesure de la pression osmotique par la méthode cryoscopique.  
TP N°2: Etude de la transpiration d'une plante par EXAO.  
TD N°2 : Exercices sur la transpiration  
TP N°3: Dosage de l'auxine  
TD N°3: Les interactions entre les phytohormones  
TP N°4: Etude de la respiration d'une plante par EXAO  
TD N°4 : Exercices sur la respiration (Intensité et quotient respiratoires)  
TP N°5: Etude de la photosynthèse par EXAO  
TD N°5: Exercices sur la photosynthèse

### **Matériels nécessaires pour les TP de Physiologie Végétale**

La liste du matériel suivant est nécessaire pour la réalisation des TP de Physiologie Végétale

#### **TP Transpiration :**

Dispositif EXAO avec hygromètre pour transpiration

#### **TP Respiration :**

Ordinateur et logiciel de traitement de données

Module oxymétrique

Sonde oxymétrique

Agitateur magnétique

#### **TP Photosynthèse :**

Ordinateur et logiciel de traitement de données

Module oxymétrique

Sonde oxymétrique

Agitateur magnétique

Sonde thermométrique

Sonde lux métrique

Lumière monochromatique

**2 modules EXAO pour chaque type de mesure (transpiration, respiration, photosynthèse) et par salle de TP.**

**2 spectrophotomètres pour le dosage de l'auxine**

Verrerie et produits chimiques