

AERO-FARM PROJECT

Par : le Club Sciences de la
Croix Blanche à Bondues



CLUB SCIENCES DE LA CROIX BLANCHE BONDUES

Cyprien KERAMPRAN
Alexandre BOURDON
Valentin DUPRIEZ
Maxence BINOT
Gaspard DEREUX
Alice PUECH



Enseignants:
Valérie DEROI
Charlène COPPIN

L'équipe des collégiens: CONGUI Romane- DEJOINKHEERE Gabin- DENIMAL Mathilde- DHONT DEMORY Gabriel- DUFOREST Léonie- FLANDRIN DELBECQUE Baptiste- FRANCOIS Jules- HAMON Elana- LE CORRE Laurian- LEJEUNE Jacob- LENOIR Sacha- MAO Anatole- MARMIER Scott- SOUBIRON Florent- STEVENS Oscar

vidéo de notre projet : <https://www.youtube.com/watch?v=aR8yKhY9IW0>

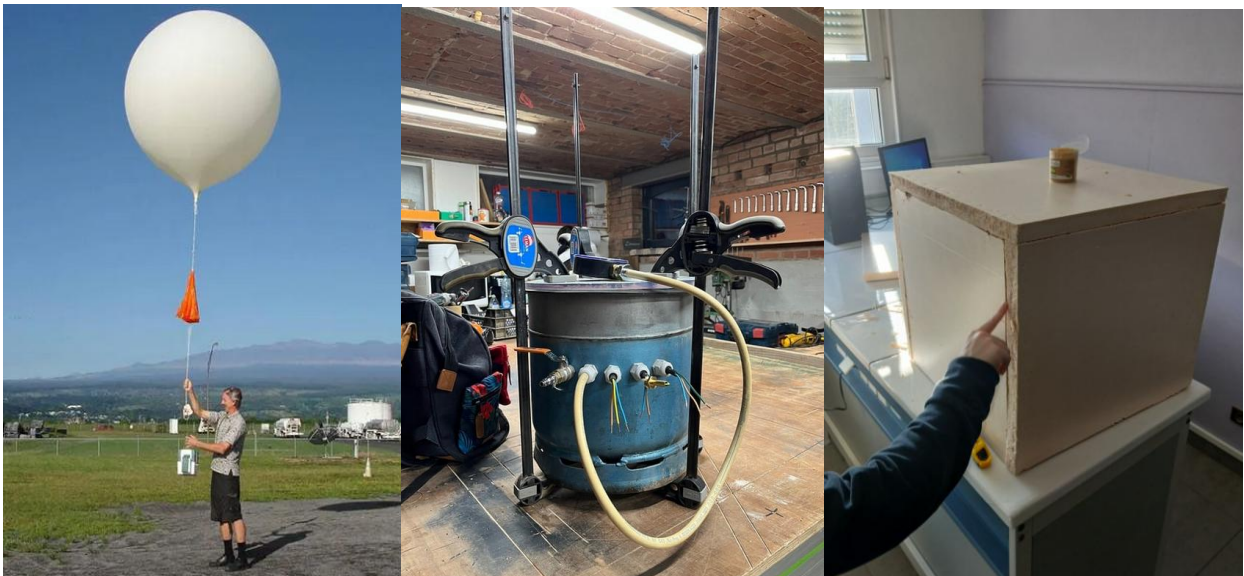
INTRODUCTION

Notre établissement possède un club sciences dans lequel des projets à caractère environnementaux sont développés. Depuis 2 ans, la dynamique tourne autour des végétaux et notamment, comment végétaliser notre établissement en s'inscrivant dans une dynamique de développement durable avec économies d'énergie. L'an passé, nous avons travaillé sur la mise en place de cadres végétalisés ainsi que de terrariums autonomes afin de pouvoir concevoir notre pergola végétalisée pour la cour de notre lycée.

Cette année, nous nous sommes posés de nombreuses questions afin de poursuivre avec ce fil directeur de « plantes innovations et avenir ». Très vite nous sommes partis d'un constat : la Terre se peuple de plus en plus. Nous n'aurons, dans un avenir proche, plus de place pour continuer à cultiver et donc nourrir le monde. C'est pour cela que nous avons eu l'idée de déplacer nos cultures dans la stratosphère ! Un lieu où la météo n'est pas capricieuse, un lieu où les plantes seront au plus proche de leur source de vie : le soleil, un lieu qui nous est de plus en plus facile d'accès, et dont la surface est bien plus importante que sur notre planète.

Deux problématiques sont alors apparues : quelles sont les conditions physico-chimiques qui règnent dans la stratosphère ? Celles-ci sont-elles favorables à la vie ?

Pour répondre à ces problématiques nous découvrirons dans un premier temps le fonctionnement des plantes, puis nous découvrirons les conditions physico-chimiques théoriques de la stratosphère afin de terminer sur l'élaboration d'une enceinte pressurisée expérimentale qui nous permettra de répondre à notre questionnement, l'agriculture de l'avenir ne serait-elle pas dans la stratosphère ?



SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	2
Partie 1 : A la découverte du fonctionnement des plantes.....	4
1-Questionnement et hypothèses	4
2- Le choix de notre objet d'étude : la lentille (Lens culinaris)	4
A) La photosynthèse.....	5
B) La respiration	8
3-Optimisation des éléments indispensables à la réalisation de la photosynthèse –notion de rendement	9
A) L'eau.....	9
B) Les minéraux.....	9
C) Le dioxyde de carbone	11
D) La lumière.....	11
Partie 2 : Etude théorique de la stratosphère	13
1-Questionnement et hypothèses	13
2-Conditions théoriques de la stratosphère	14
A) L'humidité, un facteur particulier	15
B) Composition en gaz de la stratosphère	16
Partie 3 : Expérimentations et conceptions.....	17
1-La nacelle de ballon stratosphérique.....	17
2-L'enceinte pressurisée	19
A) La pression	19
B) La qualité de la lumière et son intensité	20
C) La température	21
D) L'humidité	21
Conclusion & Perspectives.....	22

Partie 1 : A la découverte du fonctionnement des plantes

Comprendre le fonctionnement des plantes et leur croissance est indispensable à notre travail. Nous nous sommes donc posés des questions auxquelles nous avons tenté de répondre et développés des connaissances du métabolisme des plantes et leur compatibilité avec les conditions de la stratosphère.

1-Questionnement et hypothèses

Y-a-t-il de la vie dans la stratosphère ??

- Il pourrait y avoir des bactéries car on sait que certaines d'entre elles ont des adaptations aux conditions extrêmes (bactéries de l'hydrothermalisme par exemple)

Un végétal peut-il survivre et prospérer dans la stratosphère ?

- Certaines conditions physico-chimiques pourraient être néfastes (s'il y a de la glace cela pourrait peut-être provoquer la destruction des cellules)

Quels métabolismes utilisent les végétaux pour leur croissance ?

- On pourrait penser que la photosynthèse est le seul métabolisme existant chez les végétaux en lien avec la croissance.

2- Le choix de notre objet d'étude : la lentille (*Lens culinaris*)

Nous avons donc pensé aux plantes vertes (chlorophylliennes) car cela correspond à l'hypothèse recherchée. Cependant, leur croissance et leur développement sont trop lents pour la durée très courte du voyage du ballon dans la stratosphère (seulement quelques heures et n'atteint la stratosphère qu'à la fin).

Après de nombreuses recherches, nous avons établi que le choix des lentilles était le plus intéressant.

En effet, du point de vue alimentaire et intérêt dans l'agriculture, la lentille est une des bases de notre alimentation, c'est aussi une légumineuse (ou Fabacée). Ces Fabacées sont favorables aux symbioses avec les bactéries (*Rhizobium* par exemple), elles sont riches en fibre, en fer et en zinc. Elles limitent aussi l'apparition de maladies cardio-vasculaire.

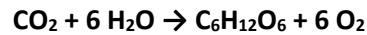
C'est donc un aliment précieux pour l'avenir. De plus, elles sont intéressantes pour nos expériences car un pied de lentille est très léger (2,5g), un avantage non-négligeable pour le ballon stratosphérique, et elles ont une croissance rapide, ce qui est plus pratique pour multiplier les tests dans notre enceinte par la suite.

Maintenant, que nous nous sommes décidés à étudier expérimentalement la lentille, il nous faut tout d'abord comprendre sa croissance afin de déterminer les conditions de production optimale. En effet, la lentille est un végétal chlorophyllien, son fonctionnement se base donc sur la photosynthèse et la respiration. Mais d'ailleurs, pourquoi est-ce qu'on la nomme végétal chlorophyllien ? Est-ce lié à son fonctionnement ? Quels sont ses besoins ? Eau, lumière et sels minéraux comme on nous l'a toujours appris ?

Tout d'abord, un végétal chlorophyllien est un organisme photoautotrophe et donc un producteur primaire de matière organique, c'est à dire qu'il est capable d'utiliser des éléments inorganiques pour synthétiser ses propres constituants organiques. Pour cela, il utilise un métabolisme : la photosynthèse.

A) La photosynthèse

La photosynthèse est un métabolisme qui permet aux végétaux de créer de la matière organique pour se développer à partir d'éléments minéraux :



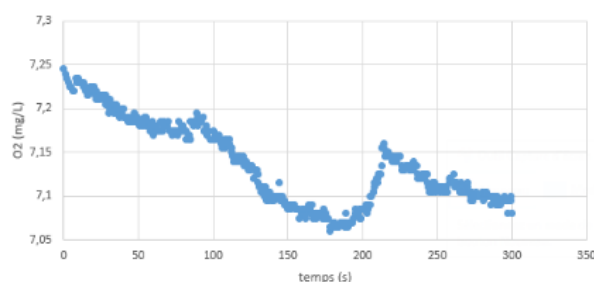
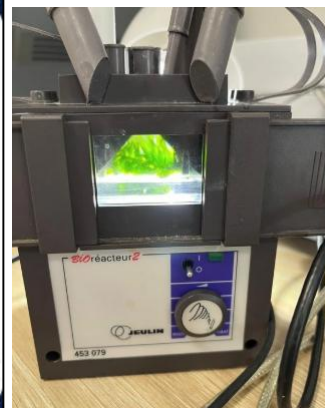
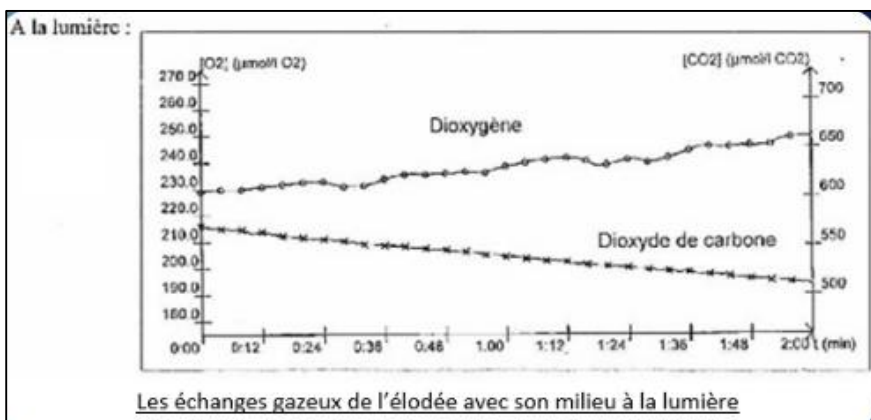
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$: glucose

O_2 : Dioxygène

CO_2 : Dioxyde de carbone

H_2O : Eau

Grâce à l'expérience ExAO que nous avons réalisé, nous constatons qu'en présence de lumière, le dioxyde de carbone est consommé par la plante. Ce dernier produit alors du dioxygène. La photosynthèse est ainsi mise en évidence.



Résultat de l'expérience EXAO : Evolution du dioxygène en fonction du temps

On peut voir que à l'obscurité (au début de l'expérience) la production de dioxygène diminue alors qu'en présence de lumière (vers 200 secondes) la production augmente. La production de dioxygène est donc liée à la lumière !

Observons à l'échelle microscopiques les plantes et donc localisons de façon plus précise le lieu de la photosynthèse.

En réalisant ces expériences, nous nous sommes rendu compte qu'à l'obscurité, les teneurs en dioxygène et dioxyde de carbone s'inversent, les plantes respirent également. Nous étudierons la respiration par la suite.

Nous avons réalisé diverses expériences en photo ci-dessous pour mettre en évidence au niveau microscopique la photosynthèse :



Sur les photos ci-dessus nous pouvons voir l'apparition, à l'aide d'un microscope, de certaines taches mises en évidence par de l'eau iodée. On voit sur les photos au microscope de droite que de la matière organique, l'amidon, a été produite par la plante comme mise en évidence par l'eau iodée (réactif spécifique de l'amidon).

La photosynthèse est réalisée au sein des cellules végétales dans un organe appelé chloroplaste.

Un organe est un élément présent dans la cellule et qui réalise une fonction.

La cellule c'est l'unité biologique structurale et fonctionnelle fondamentale de tous les êtres vivants connus.

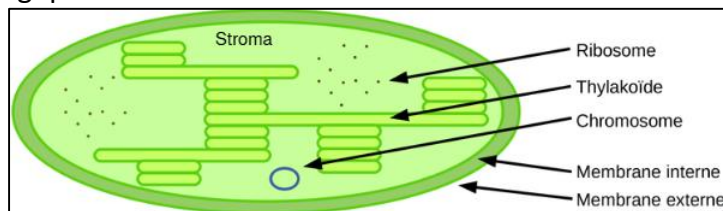


Schéma d'un chloroplaste.

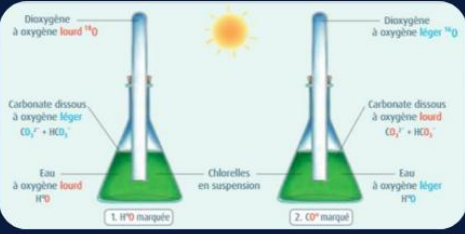
Pour aller plus loin :

Je comprends

DES EXPÉRIENCES QUI AIDENT À COMPRENDRE LA PHOTOSYNTÈSE

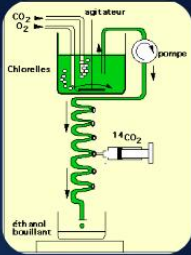
Expérience de Ruben et Kamen

Utilisation de la méthode du traçage isotopique pour déterminer d'où provient le dioxygène libéré lors de la réaction de photosynthèse. Grâce à cette expérience, ils ont déduit la demie réaction d'oxydation de l'eau :

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$


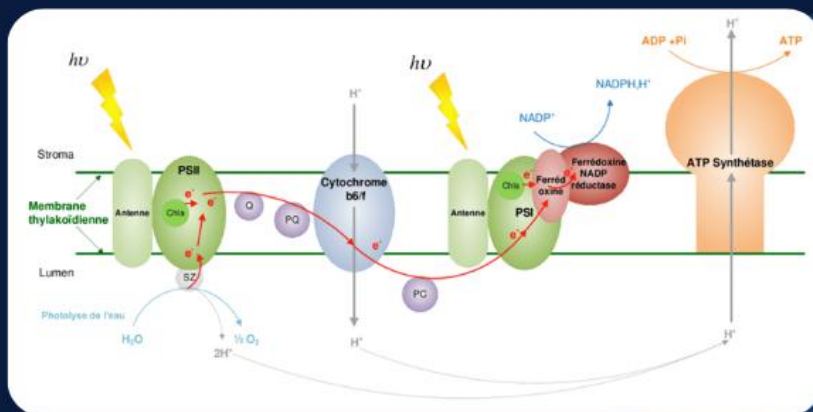
Expérience de Calvin-Benson-Bassham-Unsiciel

Grâce à cette expérience, ils ont déterminé que le carbone présent dans le sucre provenait du dioxyde de carbone :

$$CO_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow CH_2O + H_2O$$


Par des recherches, nous avons découvert que la photosynthèse se réalise en deux étapes :

Phase photochimique ou phase claire



L'eau, comme dit précédemment, est une source d'électrons. Ces derniers sont transportés au travers d'une chaîne de transporteurs d'électrons dans la membrane des thylakoïdes du chloroplaste avant d'aboutir au NADPH + H+. Ce dernier sera ensuite réduit dans le stroma au cours de la phase sombre. Le dioxygène O₂ sera quant à lui libéré par la plante.

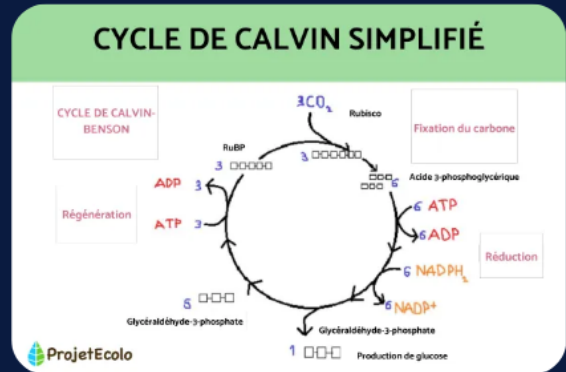
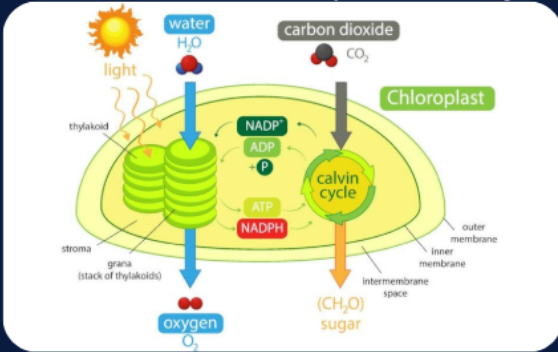
Réaction de photolyse de l'eau :



Phase non-photochimique ou phase sombre

Dans le stroma, se réalise une autre étape clé de la photosynthèse, la phase sombre où l'ATP et les coenzymes réduits produits durant la phase claire sont des sources d'énergie chimique permettant de synthétiser des molécules organiques. à partir du CO₂ atmosphérique.

Le stroma est le fluide incolore qui entoure les thylakoïdes



Le CO₂ est donc absorbé dans le stroma. Au fil du cycle de Calvin-Benson, de nombreuses étapes internes vont avoir lieu permettant notamment d'utiliser le NADPH dans la production du sucre. De nombreuses enzymes vont alors agir pour réaliser ce transfert d'atomes. A la sortie, des molécules de sucre à 3C sont créées (trioses phosphates) qui formeront divers sucres dont l'amidon (polymère de glucose/forme de stockage).

B) La respiration

En effet, comme la plupart des êtres vivant, la lentille respire en continu.

La lentille respire grâce aux mitochondries (organites) et effectue la respiration cellulaire, qui lui permet de transformer le glucose en énergie. Cette énergie lui permet de maintenir sa survie. L'équation de réaction de sa respiration se définit par :



C₆H₁₂O₆ : Glucose

O₂ : Dioxygène

H₂O : Eau

CO₂ : Dioxyde de carbone

La respiration cellulaire ou mitochondriale, qui intervient en permanence, jour et nuit, par absorption d'oxygène (O₂), rejet de gaz carbonique (CO₂) et rejet de vapeur d'eau (H₂O vapeur). Elle est assurée par la chaîne respiratoire située dans la membrane des mitochondries.

3-Optimisation des éléments indispensables à la réalisation de la photosynthèse –notion de rendement

Maintenant que nous avons découvert et compris les métabolismes mis en jeu, nous nous sommes interrogés sur le rendement. En effet, en optimisant les ressources nécessaires à la photosynthèse, ne pouvons-nous pas l'améliorer et donc permettre une fabrication de matière organique plus importante, permettant ainsi une productivité maximale dans le cadre de notre culture afin de nourrir l'humanité ?

A) L'eau

L'eau est un facteur clé de la réaction de photosynthèse. Cependant nous avons vu que l'eau était davantage présente sous forme de glace dans la stratosphère, il est donc impossible pour la plante de la consommer.

En effet, l'eau est absorbée par des poils absorbants (cellules spécifiques) présents sur les racines puis est transportée dans la racine grâce à l'apoplasme, le symplaste et la voie transmembranaire.

L'eau de formule H_2O est la source principale d'électrons dans la réaction de photosynthèse.

Si nous en revenons à nos lentilles, elles nécessitent une quantité d'eau avoisinant Il est égal à environ 16 centimètres cubes d'eau par semaine.

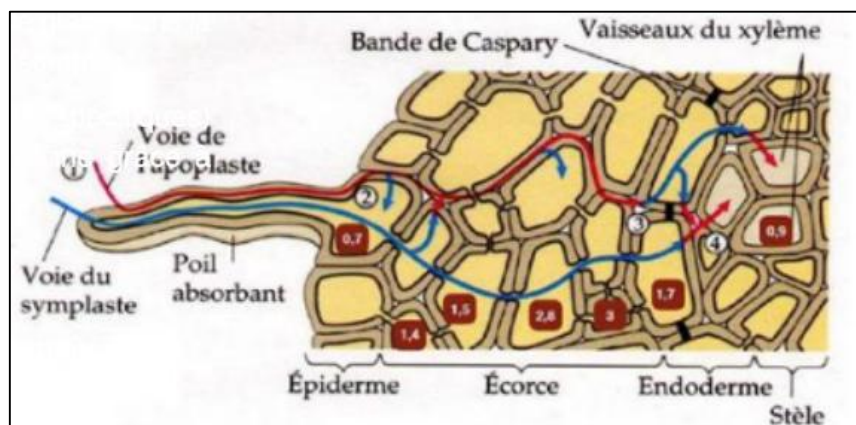


Schéma du poil absorbant

B) Les minéraux

Les sels minéraux participent à la réaction de photosynthèse mais n'entrent cependant pas dans la constitution des molécules organiques produites

Azote (N) : C'est un facteur de rendement et de croissance. Présent sous différentes formes à travers le globe, il est cependant utilisé dans l'agriculture sous forme de Nitrate (NO_3^-) et Ammonium (NH_4^+). Ces molécules peuvent être synthétisées par des bactéries fixatrices d'azote (Rhizobium par exemple). Ces bactéries sont en symbiose avec certains végétaux tels les légumineuses (ou Fabacées). Nous pouvons citer par exemple les lentilles ce qui est un véritable avantage dans le choix de ce végétal chlorophyllien.

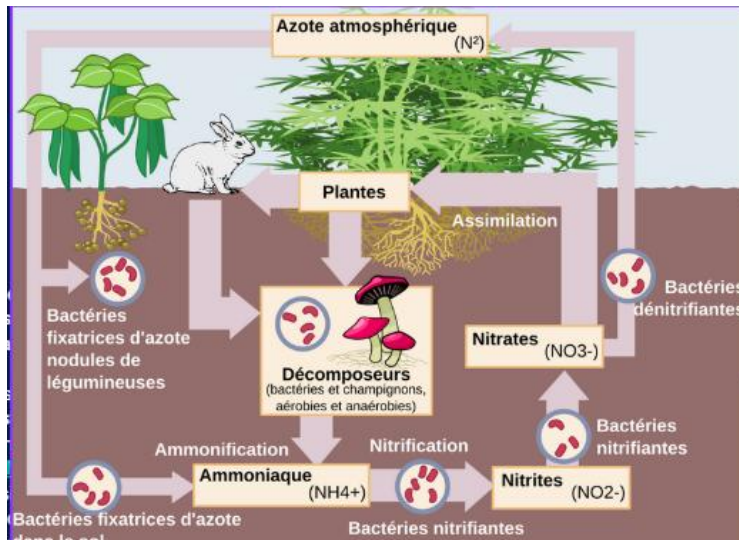


Schéma du cycle de l'azote

Phosphore (P) : joue un rôle important dans les phénomènes de photosynthèse et de respiration, et favorise le développement racinaire, la fécondité et la résistance au froid.

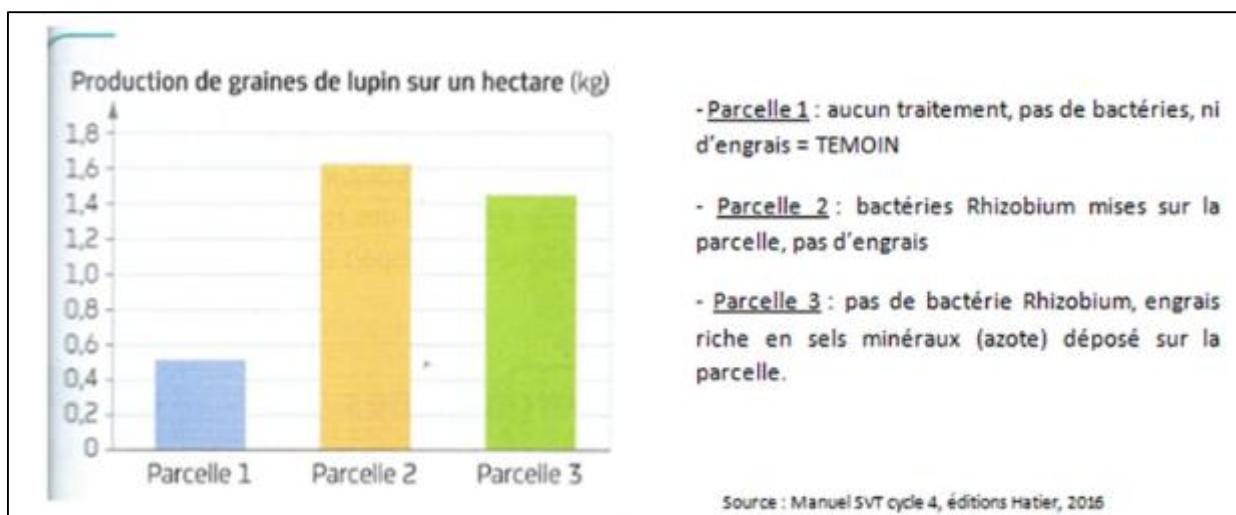
Potasse(K) : utile à la photosynthèse et limite la transpiration.

Bore (Bo) : agit sur la croissance, sur la germination et la fertilité du pollen et sur la migration des sucres.

Calcium (Ca) : est un constituant des parois et des membranes cellulaires. Il assure une meilleure cohésion et résistance des tissus végétaux donc une meilleure tenue du fruit à la cueillette et en conservation.

Fer (Fe) et le Manganèse (Mn) : interviennent dans la synthèse de la chlorophylle, et entrent dans la composition de plusieurs enzymes intervenants entre autres dans la respiration.

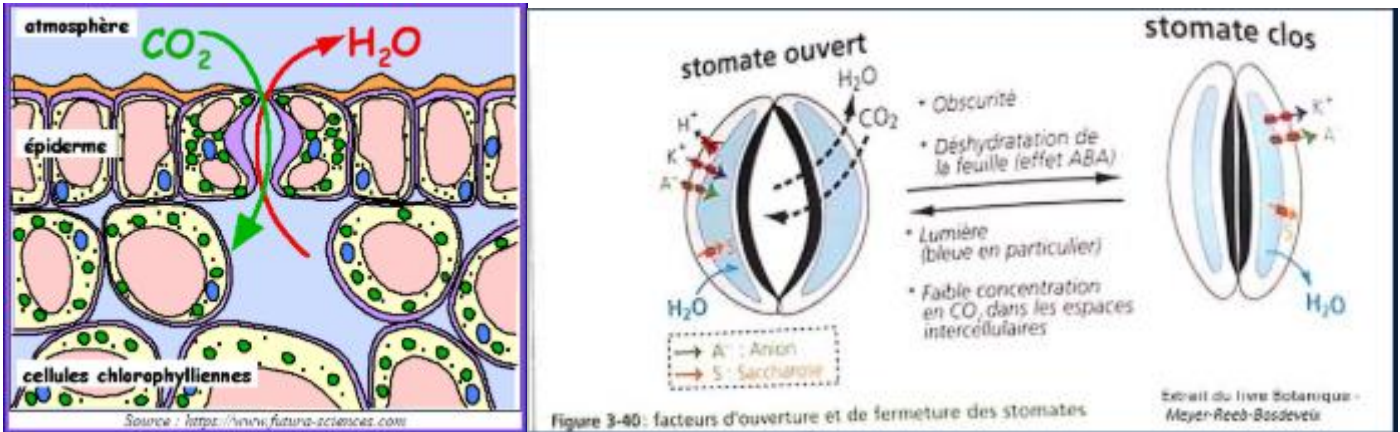
Cuivre (Cu) : agit comme cofacteur d'enzymes, notamment celles qui interviennent dans la synthèse de lignine. Une carence p



Ce graphique fait suite à une étude démontrant l'efficacité de la productivité végétale en présence de bactéries fixatrices d'azote de type Rhizobium sur une Fabacée, le lupin.

C) Le dioxyde de carbone

Le CO₂ est la source de carbone de la réaction de photosynthèse, il est donc essentiel à la fabrication de molécules organiques. Il est également absorbé sous forme de gaz par les feuilles et les aiguilles grâce à la présence de stomates (cellules).

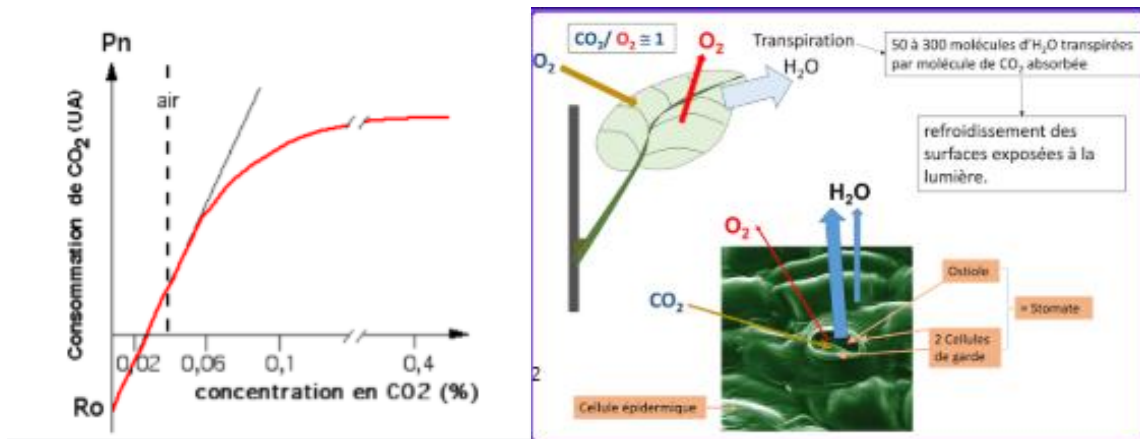


Le CO₂ arrive dans les cellules par les stomates présents à la surface de l'épiderme des feuilles avant de se rendre dans les cellules végétales où il sera consommé et utilisé dans le cycle de Calvin pour produire la matière organique.

La quantité de CO₂ disponible est limitante dans des conditions d'éclairement moyen. Par conséquent, une augmentation de la photosynthèse est observée lorsqu'on augmente la concentration de CO₂.

Influence de la concentration en CO₂ de l'air sur la consommation en CO₂ d'une plante verte.

La courbe présente une première partie pseudo-linéaire pour laquelle le CO₂ est limitant, et une seconde partie qui correspond à un plateau pour lequel l'éclairement est devenu limitant et la photosynthèse maximale, dans ces conditions.

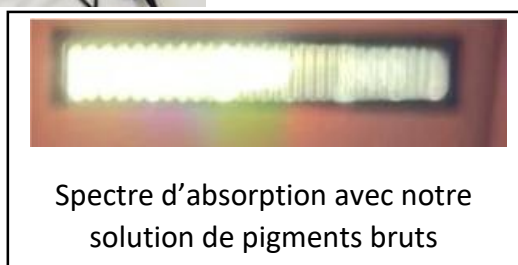


D) La lumière

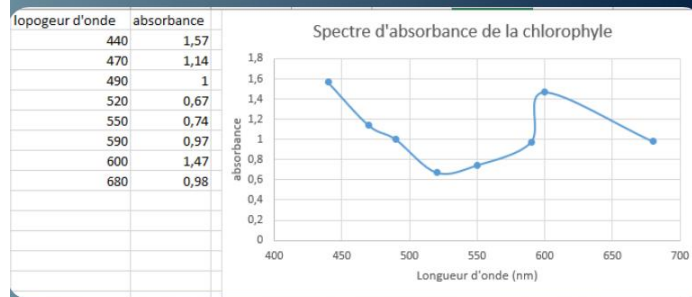
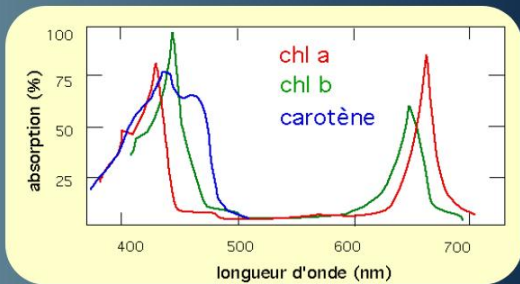
Tout d'abord, pourquoi les plantes sont-elles vertes ?

Les plantes absorbent partiellement les rayons du Soleil. En effet, si l'on observe le spectre d'absorption de la plante verte en générale, on remarque une faible absorption pour les longueurs d'onde du vert (500-600nm), et une plus forte absorption pour les longueurs d'onde du bleu (400-480 nm) et du rouge (600-750 nm). Nous en avons déduit ces résultats à l'aide d'un spectromètre à main, sur un mélange de pigments

(pigments bruts) obtenus suite au broyage de feuilles d'épinards avec de l'éthanol. Cet appareil dirige un faisceau lumineux polychromatique à travers une solution du pigment étudié et mesure la proportion de lumière transmise pour chaque longueur d'onde. La proportion de lumière absorbée peut donc être déduite.



De plus, à la suite de la réalisation d'une chromatographie sur couche mince (CCM) avec comme dépôt une élodée, nous avons pu distinguer les 4 pigments de la plantes (chlorophylle a, chlorophylle b, carotène et xanthophylles).



On se rend rapidement compte que les 2 expériences sont cohérentes car les 4 pigments absorbent le bleu et le rouge, ne laissant donc passer que du vert. De plus, sachant que ces 4 pigments participent à la photosynthèse, nous en avons donc déduit que la couleur verte que l'on perçoit des plantes chlorophylliennes* provient donc de ces pigments qui n'absorbent pas dans le vert et donc n'utilise que le bleu et le rouge de la lumière naturelle et renvoient le vert. On s'est donc posé des questions sur l'éclairage idéal pour une plante chlorophyllienne : augmenterait-on la vitesse de croissance et donc le rendement si on éclairait uniquement avec de la lumière bleue et rouge ? La réponse est OUI.

*D'autres plantes sont de couleurs différentes comme les algues rouges ou brunes, qui pratiquent la photosynthèse différemment.



Maintenant que nous avons compris comment se développent les plantes de façon optimale. Analysons les conditions de la stratosphère !

Partie 2 : Etude théorique de la stratosphère

1-Questionnement et hypothèses

Pour étudier la stratosphère, nous nous sommes posé plusieurs questions.

La composition de l'atmosphère varie-t-elle entre la stratosphère et la troposphère ?

Quelles conditions règnent dans la stratosphère ? Sont-elles différentes de celle de la troposphère ?

Des facteurs varient-ils ?

- Quel est le taux d'humidité dans la stratosphère ?
A ce jour, nous attendons les données recueillies lors du lâcher de ballon car d'après nos recherches le taux d'humidité est très variable.

- Quelle est la température dans la stratosphère ?
Nous pensons qu'au plus on est en altitude au plus il fait froid (on s'éloigne du centre de la Terre qui est chaud/gravité conserve la chaleur), on aurait d'abord un refroidissement car on s'éloigne de la surface terrestre chaude puis un réchauffement car on se rapproche des rayons du Soleil.

- La luminosité est-elle la même dans la stratosphère que à la surface de la Terre ?
Nous pensons qu'il pourrait y avoir :
Soit de moins en moins de luminosité car on s'éloigne des sources artificielles de lumière
Soit de plus en plus de luminosité car on se rapproche du Soleil et on passe au-dessus des nuages.

- La pression est-elle la même dans la stratosphère et la troposphère ?
Nous savons que la pression est différente entre la stratosphère et la troposphère, nous souhaitons étudier ce paramètre car pour nous il risque d'avoir son importance dans le développement de la plante.

2-Conditions théoriques de la stratosphère

Nous avons donc trouvé des valeurs théoriques que nous comparerons aux valeurs expérimentales, voir tableau ci-dessous :

Couche	Troposphère		Stratosphère	
Altitude (km)	[0;30]		[30;50]	
Valeurs	Exp	Théo	Exp	Théo
Pression(hPa)		[1013;54]		[54;1,1]
Luminosité(Lux)		[5;120000]		120000 et +
Humidité (%)		[10;95]		[0;10]
Température(°c)		[15;-56,5]		[-56,5;-2,5]

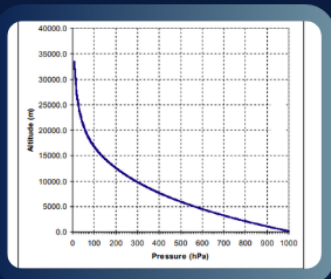
TABLEAU DES CONDITIONS STRATOSPHERIQUES

Les valeurs expérimentales de la stratosphère seront prises avec les capteurs embarqués dans la nacelle du ballon stratosphérique que nous avons réalisé (ballon en partenariat avec Planète Sciences et le CNES). Pour les valeurs de référence/théorique (Théo), nous avons pris des valeurs connues (mais pas toujours sûres) pour pouvoir comparer et s'assurer qu'aucune expérience sera défectueuse ou non fiable. La colonne expérimentale (Exp) sera complétée avec les données récoltées lors du *lâcher du 28 mars 2025*. Lors de ce lâcher, le journal « La Voix du Nord » sera présent pour immortaliser le moment. Cela nous permettra de toucher un plus grand public et de faire découvrir autour de nous notre projet et nos recherches pour l'avenir.

Théorie **POUR ALLER PLUS LOIN**

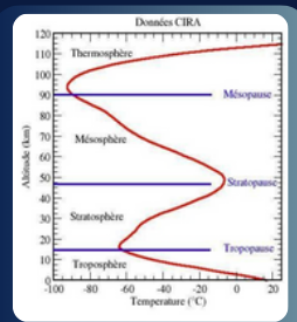
Il est important pour nous de réunir un maximum d'informations sur la stratosphère pour mieux comprendre sa composition et ses caractéristiques afin de déterminer si ces conditions peuvent permettre le développement de la vie et si oui, en des conditions meilleures ou non que dans la troposphère.

Évolution de la pression en fonction de l'altitude.



On constate une chute de la pression.
Le manque de pression sur la plante pourrait être un facteur néfaste pour le développement de cette dernière.

Évolution de la température en fonction de l'altitude

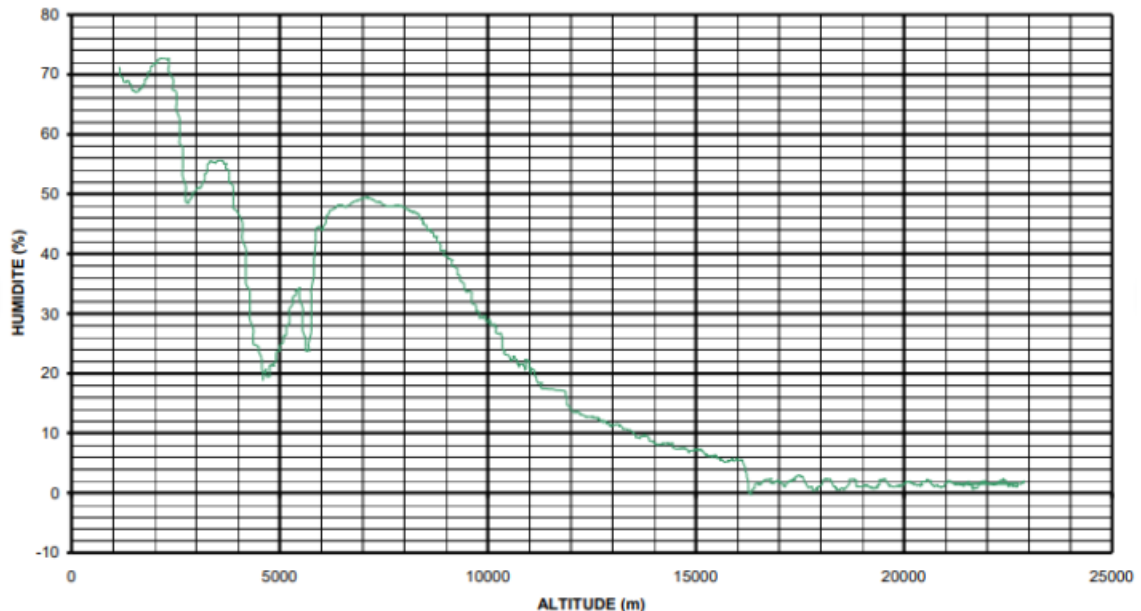


La température est plus basse dans la stratosphère, par conséquent nous sommes obligés de nous interroger sur les températures de changement d'état des composants comme l'eau.

Détaillons certains de ces facteurs.

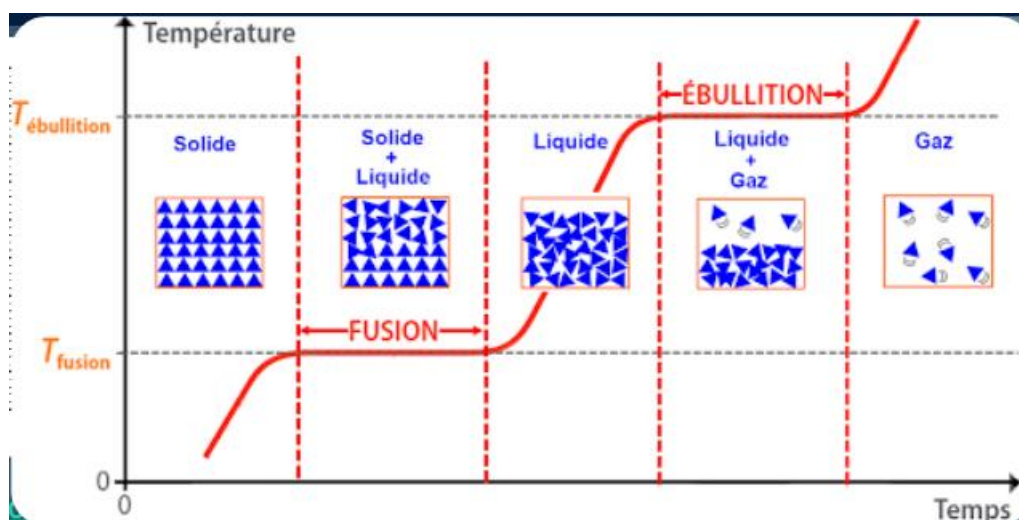
A) L'humidité, un facteur particulier

L'humidité est très variable dans la troposphère. Elle est donc difficile à estimer. Cependant on peut préciser qu'elle est suffisamment élevée pour permettre le développement. Or ici l'humidité chute avec l'altitude :



Évolution de l'humidité en fonction de l'altitude

Les masses d'air stratosphériques échantillonnées sont sèches avec une humidité relative moyenne de 12% sur l'eau et de 23 % sur la glace. Cependant, 2 % des données stratosphériques indiquent une sursaturation de la glace. On constate en effet que la température de fusion de l'eau se trouve être supérieure à celle de la stratosphère, il est donc normal que l'on trouve plus d'eau sous forme de glace.



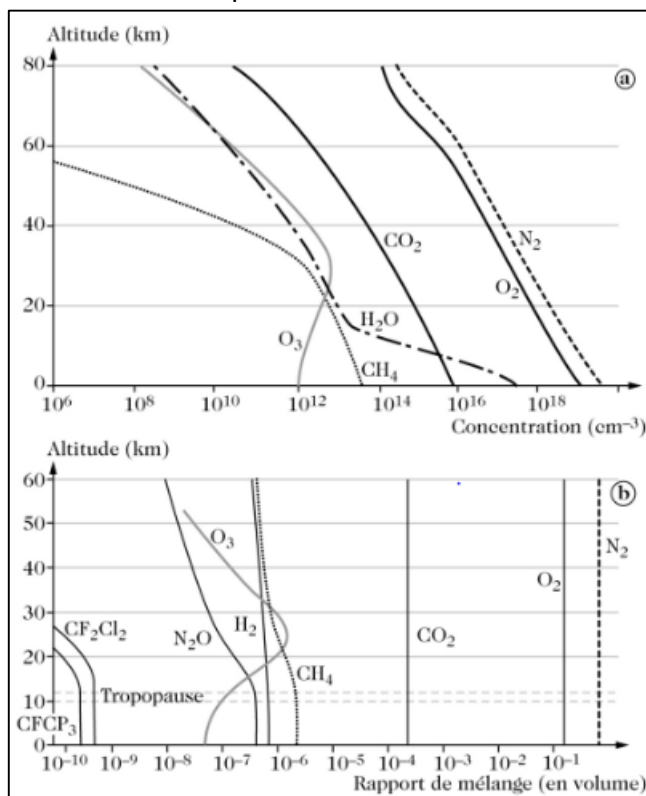
Vient alors un problème, la plante est-elle capable d'utiliser de l'eau solide pour pouvoir se développer ? Sont-elles capables de s'adapter ? La solidification est-elle dangereuse pour les plantes ?

Notre lâcher, avec à son bord des plantes, nous permettra de pouvoir observer les résultats d'un court trajet dans la stratosphère sur la physiologie des plantes : vont-elles survivre ? Une fois revenu dans la troposphère, leurs croissances seront-elles les mêmes ? Des expériences témoin restant dans la troposphère nous permettrons de comparer les résultats.

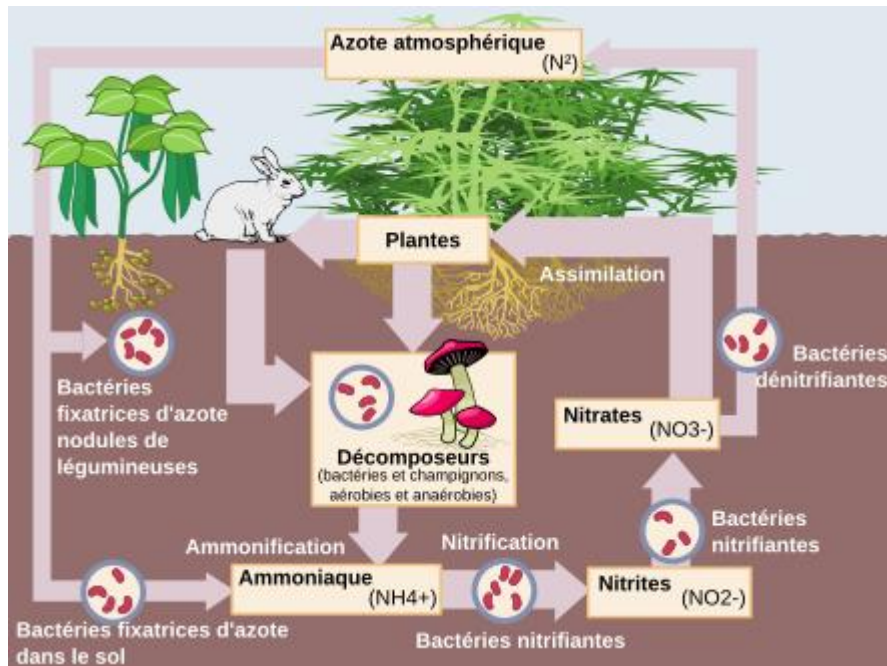
B) Composition en gaz de la stratosphère

Afin de savoir si la plante peut se développer dans la stratosphère, il est essentiel de connaître la composition de cette dernière pour vérifier que le taux de CO_2 et d' O_2 ne soit pas trop bas. En effet, sans CO_2 , la plante ne peut plus réaliser la photosynthèse et sans O_2 , la respiration.

De plus, le constituant majeur de la stratosphère reste le diazote ce qui est intéressant car l'azote est un des composant minéral principalement utilisé par les plantes. Il n'est cependant pas consommable sous sa forme N_2 . On constate également un pic d'ozone (O_3) dans la stratosphère ou couche d'ozone responsable de la filtration des UV. Ce point est remarquable car nous avons vu que l'azote est consommable par les plantes sous forme de nitrate de formule NO_3 . Tous les éléments sont donc présents pour permettre aux bactéries fixatrices d'azote de produire ces molécules à partir du N_2 .



Graphique de l'évolution de la composition de la stratosphère en fonction de l'altitude



Le cycle de l'azote dans le sol

Maintenant que nous avons des apports théoriques, place à la pratique.

Partie 3 : Expérimentations et conceptions

Afin de vérifier nos hypothèses, une nacelle de ballon stratosphérique en partenariat avec *Planète Sciences* et le *CNES* a été réalisée et sera lancée ce vendredi 28 mars 2025. Les données récupérées nous permettront d'appliquer différents paramètres au sein de notre enceinte pressurisée réalisée à l'aide de notre partenaire *Créa Dereux Paysage* et d'ainsi trouver les conditions optimales de culture.

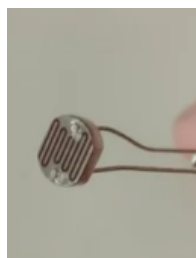
1-La nacelle de ballon stratosphérique.

Cette partie du projet a été menée avec le groupe collège de notre club sciences participant au concours C'génial collège. Le lancer du ballon stratosphérique a pour objectif de récolter le plus d'informations possibles sur les conditions de la stratosphère pour pouvoir ensuite les tester en laboratoire avec notre enceinte (que l'on présentera dans la 2ème partie) car en effet, le temps du voyage du ballon dans la stratosphère est trop court pour tester la viabilité des plantes dans ce milieu.

Nous avons donc mis au point une nacelle de tests dans laquelle nous avons placé un ensemble de capteurs reliés à un système de télémesure kikiwi permettant de suivre en direct notre ballon. Une fois les données des capteurs récupérées, nous pourrions les comparer aux valeurs théoriques et faire nos conclusions.

Cependant le lancer du ballon nécessite de nombreuses conditions, tant au niveau météorologique, qu'administratives. Il sera donc lancé ce 28 mars 2025 si toutes les conditions et les autorisations des aviations militaire et civile française et belge sont réunies. Une deuxième date secours est prévue au cas où.

Une caméra sera également embarquée pour avoir des images/vidéos de la stratosphère.



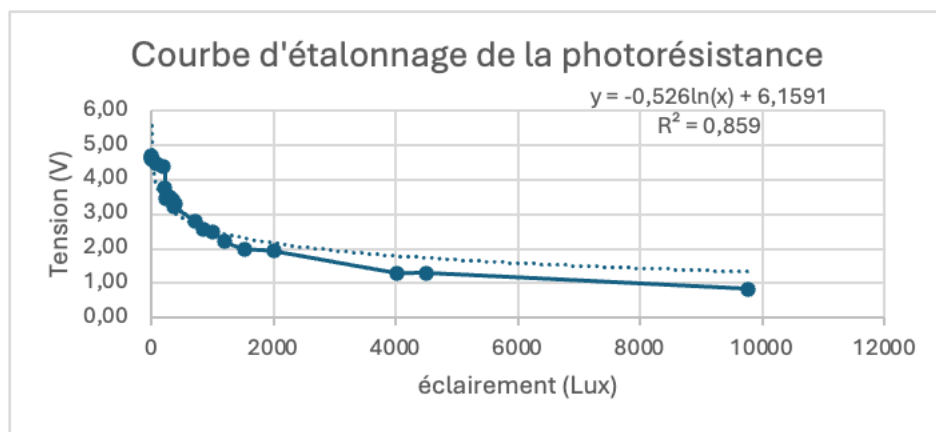
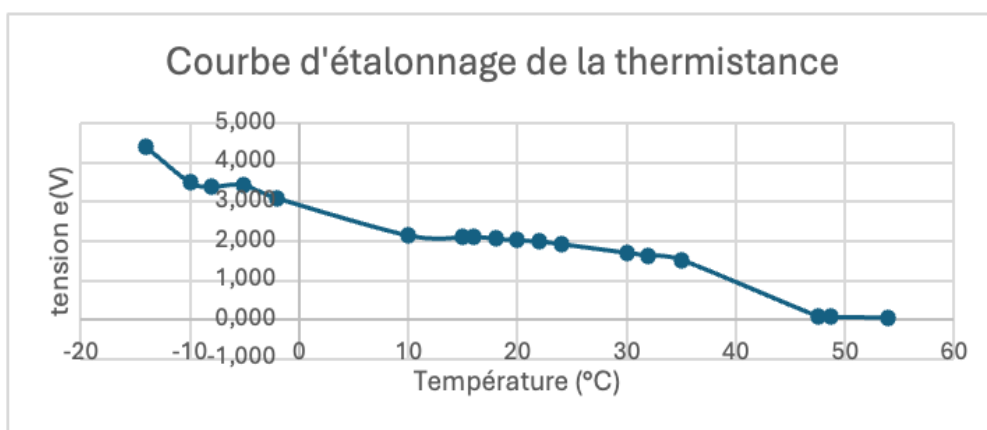
Capteur de pression

Capteur de luminosité.

Capteur d'humidité.

Capteur de température

COURBES D'ÉTALONNAGE DES DIFFÉRENTS CAPTEURS RÉALISÉS PAR LES COLLÉGIENS



Compte rendu des collégiens disponible au lien suivant :

<https://view.genially.com/67b5fc46e55d6419d459df8a/presentation-aero-farm-concours-cgenial-college>

2-L'enceinte pressurisée

Peut-on recréer les conditions de la stratosphère dans une enceinte à notre échelle ? C'est la question que l'on s'est posé et qui nous a mené à créer notre enceinte expérimentale.

En effet, pour connaître les conditions qui pourraient être bénéfiques pour la croissance de nos lentilles, il faut pouvoir effectuer plusieurs tests en variant les conditions de pousse.

Pour cela nous allons utiliser des lentilles témoin qui vont se développer dans les conditions troposphériques normales.

Puis nous effectuerons des tests en fonction des conditions qui pourraient affecter la plante grâce à l'enceinte que nous avons réalisée.

Nous avons ainsi créé une enceinte permettant de faire varier de nombreux paramètres sur un temps plus long et capable d'accueillir divers capteurs permettant ainsi de reproduire les conditions s'approchant des valeurs théoriques de la stratosphère. Nous y placerons des lentilles afin d'étudier leur croissance.

En fonction des résultats obtenus, nous peaufinerons nos hypothèses, et déterminerons si certains paramètres de la stratosphère seraient meilleurs que ceux de la troposphère afin d'améliorer la productivité végétale et donc le rendement agricole. On pourra ainsi conclure si l'avenir de nos cultures est plus haut dans notre atmosphère.

A) La pression

Le plus complexe des paramètres à mettre en place est la pression. C'est pour cela que nous avons pris la décision de créer notre propre enceinte pressurisée et capable de faire varier d'autres paramètres supplémentaires en parallèle comme la luminosité, les longueurs d'ondes appliquées etc...

Nous avons décidé de partir d'une bouteille de gaz et d'y incorporer une plaque de plexiglas en guise de couvercle. Mais le plus compliqué à réaliser fut l'étanchéité de notre enceinte : il nous fallait un joint qui correspondait parfaitement au diamètre du couvercle en plexiglas afin maximiser cette dernière.

Pour remédier à cela, nous avons utilisé une chambre à air de roue de brouette que, nous avons disposé entre la plaque de plexiglas et l'enceinte. Ensuite nous nous sommes servi de serre-joints pour faire pression sur la chambre à air et ne laisser aucun espace pour que l'air ne puisse rentrer ou s'échapper. Une fois le manomètre installé nous avons effectué différents tests en augmentant et diminuant la pression à l'intérieur de l'enceinte grâce à une valve reliée à un compresseur.



Pour recréer ces conditions optimales nous avons prévu d'effectuer le montage suivant :

- lampe
- enceinte pressurisée
- manomètre
- câbles hermétiques reliés aux capteurs
- tuyau à air comprimé



B) La qualité de la lumière et son intensité

Nous avons vu que la lumière est le facteur indispensable à la réalisation de la photosynthèse.

Pour tester les différentes longueurs d'onde qui pourraient permettre une meilleure croissance des lentilles, nous allons tester l'éclairage puis nous allons voir si la plante se développe si le spectre de lumière reçue n'est pas complet. Voici le dispositif à mettre en place :

Pour faire varier la lumière il nous faut une lampe qui puisse changer de luminosité sur une longue durée nous pouvons la créer avec un variateur de prise et une lampe.



Pour faire varier le spectre lumineux, il nous faut aussi des ampoules de différentes couleurs.





- Lampe
- lentille
- luxmètre

C) La température

Pour pouvoir trouver la température optimale, il va nous falloir un milieu chaud et un milieu froid.



D) L'humidité

Pour faire varier l'humidité et voir les effets sur les lentilles il nous faudra un lieu très humide et un autre très sec. Nous allons réutiliser l'enceinte pressurisée pour créer un environnement très hermétique à l'humidité. Ensuite pour faire augmenter cette humidité il nous faudra ajouter de l'eau dans l'enceinte. Pour pouvoir rendre le milieu plus sec nous avons décidé d'utiliser des absorbeurs d'humidité.



Une fois tous les paramètres testés nous pourrons faire un résumé.

Tableau reprenant l'ensemble des paramètres testés :

Lumière	Luminosité (lux)	Humidité (%)	Température (°C)	Pression (hPA)
Blanche	10000-25000	50	15	1013
Rouge	50000	80	30	2026
Verte	0	0	0	0
Bleue			-10	

Pour chaque paramètre un témoin, un test 1, 2 et parfois 3 seront réalisés indépendamment afin de déterminer l'effet de chaque paramètre sur le végétal (un seul paramètre sera modifié à chaque fois).

Chacun des tests sera réalisé sur un temps donné (15 jours) et nous aurons à relever la croissance de la plante (taille, couleur, aspect des feuilles et de la tige, masse sèche).

Ces tests vont être effectués après le lancement et l'analyse des résultats du ballon stratosphérique. Ainsi, nous pourrons adapter les différentes conditions à celles relevées pour pouvoir tester leurs effets sur les lentilles et déterminer les conditions optimales de culture.

A suivre...

Conclusion & Perspectives.

En conclusion, dans ce projet, nous avons pu étudier la stratosphère ainsi que le fonctionnement des végétaux chlorophylliens. Certains paramètres semblent favoriser le développement de ceux-ci (longueurs d'onde par exemple).

Ainsi, grâce à nos recherches nous sommes capables de pouvoir trouver les conditions optimales pour la survie de la plante et ainsi optimiser sa croissance et donc sa productivité afin de nourrir l'humanité.

Nous avons imaginé une enceinte qui nous permettra de faire varier nos paramètres (suite aux données récoltées par notre ballon stratosphérique envoyé le 28 mars 2025), pour infirmer ou confirmer nos hypothèses, et d'ainsi créer la serre du futur permettant une productivité maximale.

On pourra ainsi établir les limites ou les bénéfices des conditions de la stratosphère sur notre culture.

L'agriculture du futur est-elle dans la stratosphère ? Nous espérons pouvoir répondre à cette question dans les jours à venir.

Des perspectives s'offrent à nous grâce à ce projet qui nous a permis d'anticiper un problème majeur actuel et peut-être d'y apporter une réponse.

Nous avons souhaité proposer une solution pour nourrir les populations en créant un milieu propice à la pousse des lentilles avec des paramètres différents de ceux actuels sur Terre.

Mais ce résultat soulève d'autres questions :

Comment envoyer des plantations dans la stratosphère ? Est-ce possible financièrement ? Dans combien de temps cela sera-t-il réalisable ?

A court terme, nous pouvons essayer de réaliser une serre optimisée ayant une empreinte carbone faible en utilisant des énergies renouvelables pour faire fonctionner nos capteurs et nos appareils permettant de maintenir les conditions physico-chimiques définies. De plus en nous basant sur les travaux effectués par notre club sciences en 2024 avec les projets de terrariums, nous avons des connaissances qui nous permettraient de réfléchir à un système pour limiter la consommation d'eau (culture en autonomie), autre ressource épuisable qui fait partie également des enjeux contemporains en termes de gestion des ressources.

Les avancées dans les domaines de la physiologie végétale et de la génétique nous permettent également de réfléchir aux possibilités de modifier génétiquement nos plantes pour améliorer leur résistance, au froid par exemple (au vu des conditions de la stratosphère). En effet, nous avons connaissance d'espèces capables d'empêcher la destruction de leurs cellules pour pouvoir résister au froid en fabriquant des molécules de type antigel naturels par exemple.

Nos recherches ouvrent donc un monde infini... un futur peut être plus proche qu'on ne le pense.

Et merci à tous nos sponsors pour nous avoir permis de réaliser notre projet et de nous épanouir, merci à Planète Sciences, au CNES, à la Fondation CGénial, à l'académie de Lille et à Créa Dereux Paysage.

Sources

<https://www.kartable.fr/ressources/svt/cours/la-photosynthese/19422>

https://www.planete-sciences.org/espace/publications/CR/pegase_eseo_99.pdf

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/manipulations-en-svt/la-photosynthese-generalites>

https://www.umr-cnrm.fr/ecole_lidar/IMG/pdf/16_vm_structure_atmosphere.pdf



Nous tenons à remercier chaleureusement tous nos partenaires qui nous ont aidé dans notre projet !

MERCI !