

Table des matières

Introduction	1
I- Flux hydrique dans une plante.....	2
A) Potométrie	2
1. Montage du potomètre	2
2. En fonction du nombre de feuilles.....	2
3. En fonction de l'heure	3
B) Observations complémentaires : stomates (jour – nuit)	3
C) Bilan	3
II- Comparaison végétaux / absence de végétaux	4
A) 1e expérience.....	4
1. Comparaison gazon / terreau nu	4
2. Corrélation avec la température.....	5
B) Humidité en fonction de la hauteur	5
C) En milieu extérieur	6
III- Paramètres autres que la transpiration végétale	6
A) Jour / nuit entre gazon et lentilles : effet du couvert végétal.....	6
B) Double effet de la densité du gazon.....	7
C) Comparaison avec une « fausse » plante.....	8
Conclusion	8
Références bibliographiques :	9



Figure 1 – Brume matinale dans un parc

Introduction

On observe souvent que les espaces végétalisés (les forêts notamment) sont plus humides et plus frais que les espaces sans végétaux. Ainsi, on remarque par exemple sur cette image (figure 1) que la brume matinale, présente dans le parc, est absente sur la route. On peut donc penser que les végétaux jouent un rôle dans le cycle de l'eau. Cet effet des végétaux sur l'humidité ambiante est souvent corrélé à un effet sur la température, ce qui en fait un outil de lutte contre les îlots de chaleur urbains.

Nous nous sommes donc posé les questions suivantes :

- **Quel est le rôle des végétaux dans le cycle de l'eau ?**
- **Quels sont les paramètres qui l'influencent ?**
- **Comment l'humidité des végétaux est-elle corrélée à la température ?**

On notera cependant que de nombreux paramètres n'ont pas pu être étudiés, faute de temps et de matériel permettant de les isoler, tels que le vent et les différences entre les espèces végétales.

*ok. ce que ce ks a l'air
m'est pas au peu
trop
artificielle*

*nécessaire de
d'intrus?*

I- Flux hydrique dans une plante

Le premier élément que nous avons étudié est le flux hydrique dans une plante, son impact directement observable sur l'eau.

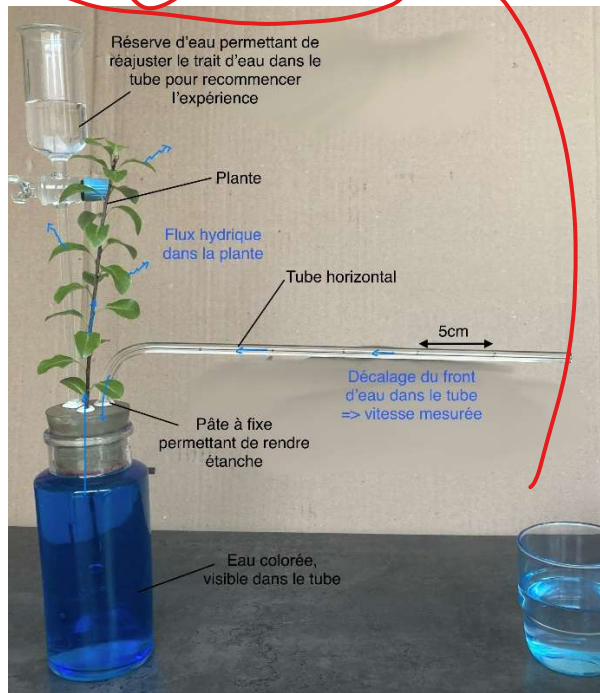
A) Potométrie

1. Montage du potomètre

Le potomètre est un montage (figure 2) permettant de mesurer le flux hydrique à travers une plante. Nous avons décidé d'en étudier les variations selon deux paramètres : le nombre de feuilles (donc la surface foliaire) et l'heure (donc la luminosité ambiante).

! logique pas exactement pareil... toutes de m^{ême} taille?

luminosité



legende un peu plus grosse?

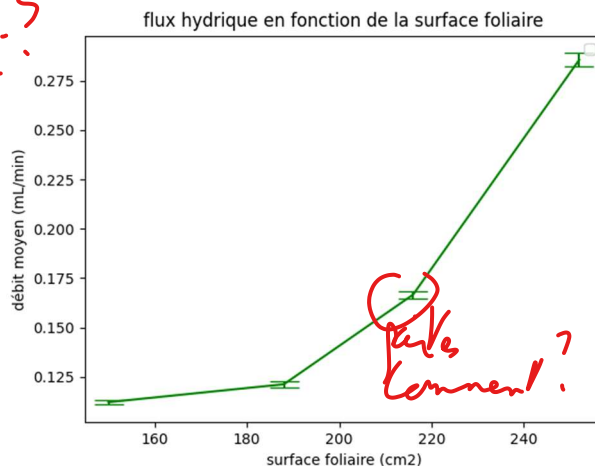
Figure 2 - Montage du potomètre

2. En fonction du nombre de feuilles

Une première expérience consistait à mesurer le flux d'eau grâce au potomètre en retirant les feuilles une par une. Nous avons ensuite mesuré la surface de chaque feuille, retirée ou non, grâce au logiciel Mesurim afin de relier directement le débit à la surface foliaire.

OK la c'est plus précis

heure/luminosité?



on a en l'air que 3 feuilles?

Ch de répétitions?

Comment ça se fait exactement les m^{ême} surfaces foliaires par chaque répétition?

Figure 3 - Résultat de l'expérience de potométrie en fonction de la surface foliaire

Les résultats de cette expérience (figure 3) montrent une nette corrélation entre la surface foliaire et le débit hydrique dans la plante. Cependant, on remarque le débit ne tend pas vers 0 lorsque

Comment ??

la surface foliaire diminue. En effet, on peut supposer que la blessure due à la coupure des feuilles (qui restait constante à chaque mesure) crée également un lieu de transpiration sur la plante.

3. En fonction de l'heure

Nous avons de plus mesuré le flux hydrique plusieurs fois dans l'heure du coucher du soleil afin de relier le débit à la hauteur solaire, calculée à partir de l'heure locale grâce aux formules suivantes :

$$h = \arcsin(\sin \delta \cdot \sin \lambda + \cos \delta \cdot \cos \lambda \cdot \cos \omega)$$

h : hauteur solaire en degrés
 δ : déclinaison solaire en degrés → formule de Cooper : $\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360}{365} (J + 284)\right)$
 avec J le rang du jour dans l'année (11 janvier → $J=11$) ou $(J-81)$
 λ : latitude du lieu en degrés ($48,75338^\circ$)
 ω : angle horaire en degrés → $\omega = 15 \cdot (12 - H)$
 avec H l'heure solaire vraie : $H \approx H_{\text{local}} + \frac{\text{Longitude} - \text{Longitude de Paris}}{15}$

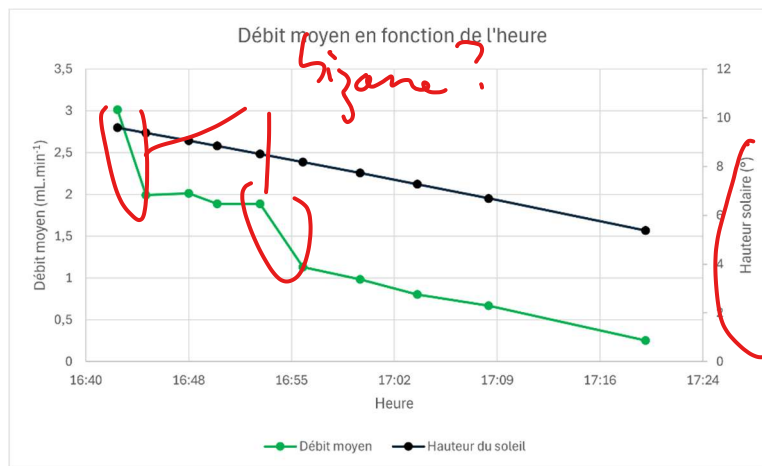
pour avoir une variation lumineuse ? On ne peut pas utiliser des lampes pour mieux contrôler ce paramètre.

pas lisible

Figure 4 – Calcul de la hauteur solaire [1]

Les résultats obtenus sont présentés en figure 5. A nouveau, on observe une diminution du flux hydrique à travers la plante lorsque que la luminosité diminue. On note également que cette fois-ci, en l'absence de blessure, le débit moyen tend à s'annuler lorsque la nuit tombe.

(h de mesures ?



? mesure comment ? on ne peut pas mesurer à l'aide d'un luxmètre

Figure 5 – Résultats de l'expérience de potométrie en fonction de l'heure

B) Observations complémentaires : stomates (jour – nuit)

Nous avons choisi de réaliser quelques observations supplémentaires sur des paramètres qui pourraient avoir un impact sur le flux hydrique.

Nous avons vu que le flux hydrique dépendait à la fois de la surface foliaire et de la luminosité. Cela est cohérent avec le fait que les pertes d'eau se font principalement par les stomates. En effet, les stomates sont situés sous les feuilles, donc leur nombre augmente avec la surface foliaire, et s'ouvrent à la lumière qui active la phototropine.

Observations à faire.

intéressant

C) Bilan

Le flux hydrique dans une plante semble dépendre de nombreux paramètres, pour certains difficilement mesurables. Nous n'avons donc pas réussi à obtenir une modélisation quantitative réaliste du flux hydrique végétal.

être plus positive.

En revanche, nous avons pu confirmer sa nette dépendance à l'ouverture des stomates, donc à la surface foliaire et à la luminosité ambiante.

II- Comparaison végétaux / absence de végétaux

A) 1e expérience

Pour étudier l'impact des végétaux sur l'humidité ambiante, nous avons modélisé deux milieux, avec (boîte 1) ou sans (boîte 2) végétaux, dans des boîtes en plastique transparentes dans lesquelles nous avons placé des hygromètres / thermomètres (figure 6). Nous avons choisi d'utiliser du gazon comme modèle végétal, en raison de la facilité de sa culture et de son importante surface foliaire.

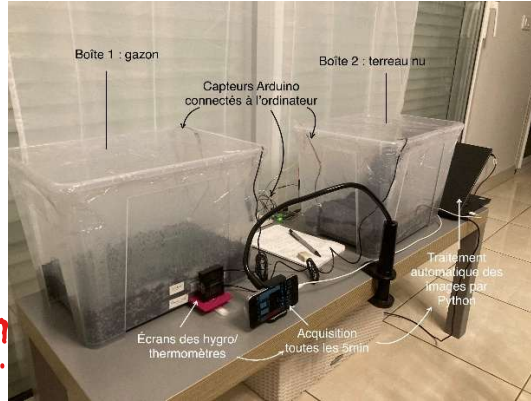


Figure 6 – Montage de la 1^{re} expérience (le gazon n'a pas encore poussé)

Cependant, nous avons vite constaté qu'en gardant les boîtes fermées en permanence, l'air était rapidement saturé. Nous avons donc dû les ouvrir régulièrement pour pouvoir obtenir des résultats exploitables. Avec des mesures en continu sur plusieurs semaines en alternant des périodes d'ouverture et de fermeture, nous avons pu obtenir plusieurs résultats.

1. Comparaison gazon / terreau nu

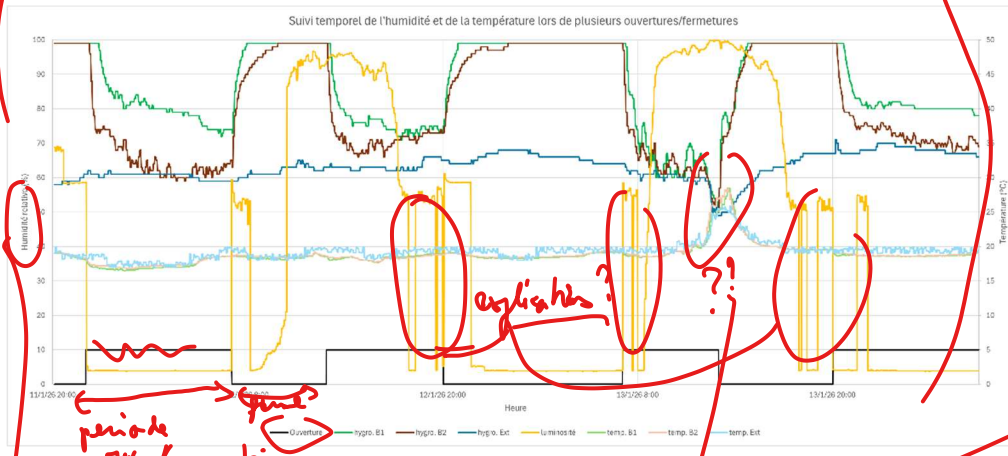


Figure 7 - Extrait des résultats de l'expérience 1

Le graphique (figure 7) est un extrait des résultats obtenus sur les semaines de suivi. Faut de paramètres extérieurs identiques, faire la moyenne des valeurs obtenues n'aurait pas de sens. En revanche, nous avons pu constater la répétition d'un schéma général pour les variations d'humidité (figure 8) :

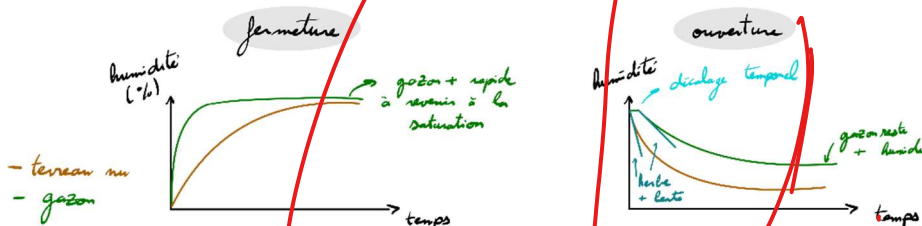


Figure 8 – Tendances schématisées des variations d'humidité

Ainsi, on peut dire que, de manière générale, le gazon est plus humide que le terreau seul.

On humidifie ?
 On aimerait en fait se concentrer uniquement sur la période d'ouverture et de fermeture (le reste, ça peu d'intérêt !)
 légende en bas du graph on mettra des bandes de couleur en fond
 P'humidité relative est un concept qui dépend de la température, est-ce le bon choix ?

Comment ?
 durée ? régularité ?
 illisible
 les boîtes semblent presque transparentes, qu'il y a un effet de un bal de lumière lumineuse
 à quel paramètre ten penser ? impact fait ?
 On aimerait voir les autres mesures pour voir si on peut pas faire qq chose quand on on aimerait vraiment des graphes liés aux données que vous avez collectés

est-ce que d'autres paramètres ne seraient pas bons ?

formulation "l'air dans la boîte ..."

pour moi l'humidité relative c'est le rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air et la quantité d'eau que peut contenir l'air à la température à laquelle on est...

2. Corrélation avec la température

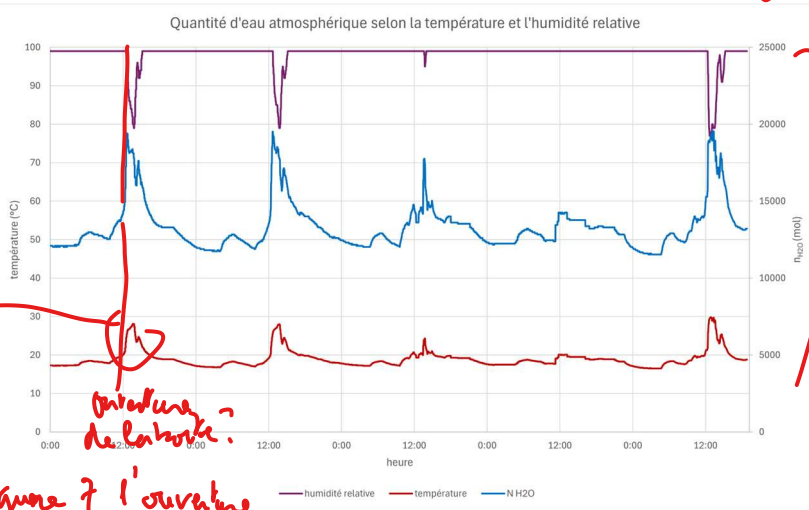
Les résultats de cette expérience (figure 7) montrent également bien la corrélation entre l'humidité et la température : sur le troisième cycle présenté, une soudaine augmentation de la température (provoquée par la lumière directe du soleil, voir augmentation de la luminosité) correspond également à une diminution de l'humidité relative. Cependant, cela semble montrer que la causalité est davantage dans le sens « température => humidité » que l'inverse. En effet, les précédentes baisses d'humidité n'ont pas entraîné d'augmentation de la température.

Par ailleurs, une baisse de l'humidité relative ne signifie pas une baisse de la quantité d'eau dans l'air. En effet, l'humidité est un rapport : $humidité\ relative = \frac{P_{H_2O}}{P_{H_2O}^*}$. On peut donc calculer la quantité d'eau atmosphérique dans la boîte grâce aux constantes $\Delta_{vap}H^\circ$ et $\Delta_{vap}S^\circ$ de l'eau :

$$n_{H_2O} = humidité \times \frac{V}{RT} p^\circ e^{\left(\frac{\Delta_{vap}S^\circ}{R} - \frac{\Delta_{vap}H^\circ}{RT}\right)}$$

On obtient les résultats suivants sur une période de plusieurs jours où la boîte était restée fermée (figure 9) :

On est dans le cas d'une boîte avec ou sans herbe?



Je ne comprend pas bien A dans fig 9

il faut plus froid dans la boîte?

ouverture de la boîte?

est-ce que c'est une alternance ouverture/fermeture?

Quid du lien entre température et luminosité?

en figure 7 l'ouverture de la boîte n'avait pas d'impact sur la T° (ce qui me semble plus normal)

Figure 9 – Quantité d'eau atmosphérique. Ainsi, on constate que, contrairement à l'humidité relative, la quantité d'eau présente dans l'atmosphère augmente avec la température.

B) Humidité en fonction de la hauteur

Afin d'affiner cette étude, nous avons placé plusieurs hygromètres par boîtes, à des hauteurs différentes (montage en figure 10).

à différentes hauteurs?



Un de côté avec le hater

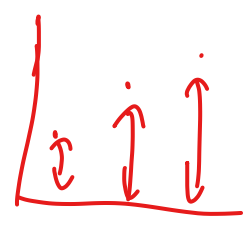


Figure 10 – Montage des sondes à différentes hauteurs

je ne comprends pas

En reprenant le même protocole que précédemment, on obtient les résultats en figures 11 (ouverture des boîtes) et 12 (fermeture) pour des créneaux d'après-midi. Les graphiques du haut correspondent aux sondes 1 à 3 (gazon) et ceux du bas aux sondes 4 à 6 (terreau). Les courbes les plus foncées correspondent aux périodes où la température maximale a été la plus élevée :

Grosin et se concentrent sur le partie intéressante

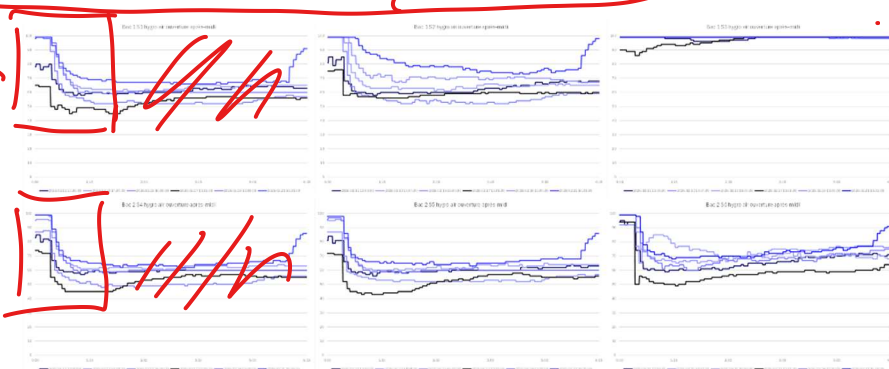


Figure 11 - Humidité à différentes hauteurs lors de plusieurs ouvertures

il faut essayer de les regarder etc... sinon on ne met qu'un significatif et explique ce de fois qu'a été fait etc...

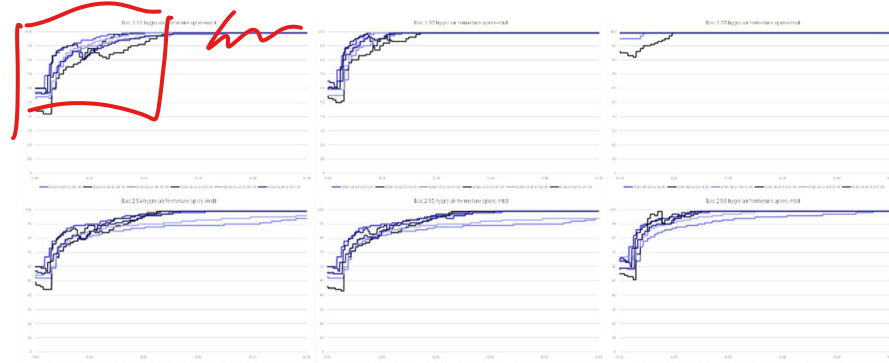


Figure 12 - Humidité à différentes hauteurs lors de plusieurs fermetures

illicite

On remarque à nouveau les différences entre la boîte de gazon et celle avec le terreau seul notées dans la partie II- A) 1. Mais on peut également noter que le gradient d'humidité dans la hauteur est bien plus marqué pour le gazon : les trois sondes de la boîte de terreau donnent des résultats très similaires alors que l'humidité est de plus en plus importante en descendant vers le gazon. La sonde 3 notamment, située au milieu du gazon, montre une humidité quasiment constamment saturée (à l'exception des créneaux où la température monte fortement à cause de la lumière solaire).

On en déduit que l'importante densité du gazon crée une couche limite conséquente qui empêche l'eau de quitter la couche de gazon.

C) En milieu extérieur

En attente des résultats.

un peu rapide, mais ce peut justement l'objectif du II ?

ne fait pas trop de sens dans vos boîtes, si ?

III- Paramètres autres que la transpiration végétale

Nous avons donc vu que la présence de végétaux dans le milieu augmentait l'humidité, ou du moins la rapidité d'accumulation d'eau dans l'air. Cependant, nous pouvons nous demander si cet effet est dû à la matière végétale et sa capacité de transpiration, ou à d'autres paramètres comme l'augmentation de l'ombre et la diminution du vent qui ne dépendent pas d'un végétal mais seulement de la présence de quelque chose.

je dois

A) Jour / nuit entre gazon et lentilles : effet du couvert végétal

Pour départager ces paramètres, nous avons commencé par comparer deux végétaux : le gazon (boîte 1), comme dans les expériences précédentes, qui présente une importante densité végétale, et des plants de lentilles (boîte 2), placés dans une autre boîte, qui offrent un couvert végétal bien plus réduit. Nous avons également conservé la boîte de terre nue comme témoin (boîte 3). Les différentes boîtes et leur couvert végétal sont présentés en figure 13.

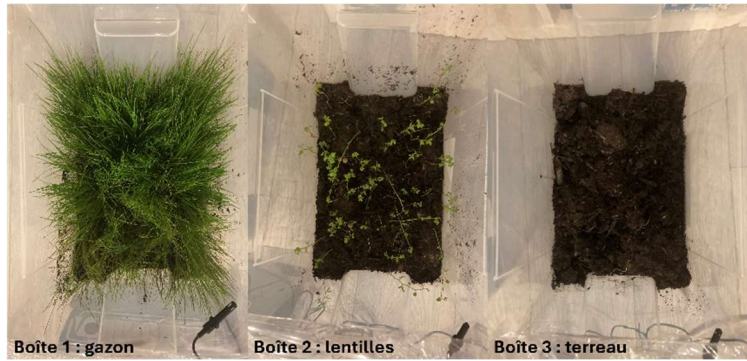


Figure 13 – Couvert végétal dans les différentes boîtes

Une analyse en continu de la température et de l'hygrométrie dans les trois boîtes nous donne les résultats suivants.

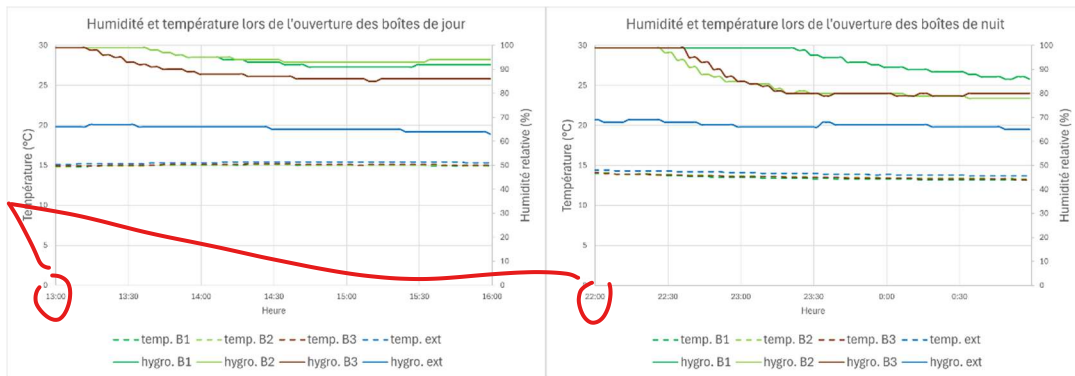


Figure 14 – Comparaison gazon / lentille de jour et de nuit

On constate sur ces courbes (figure 14) que le comportement des lentilles diffère entre le jour et la nuit. En effet, de jour, lorsque le flux hydrique est actif (voir I- A) 3.), l'humidité de la boîte de lentilles est proche de celle de la boîte de gazon. A l'inverse, de nuit, son comportement ressemble à celui du terreau nu. On en déduit que le couvert végétal dense du gazon crée une couche limite qui empêche l'eau de quitter la végétation.

Ainsi, les végétaux ont un effet actif par leur flux hydrique et leur transpiration par les stomates et un effet passif par leur présence qui fait obstacle à l'évaporation de l'eau du sol vers l'atmosphère.

B) Double effet de la densité du gazon

En observant les cycles d'ouverture et de fermeture, un autre élément a attiré notre attention. Comme on peut le voir sur la figure 15, l'atmosphère au-dessus du gazon fini quasiment systématiquement plus sèche que les deux autres, alors que la boîte de lentilles reste la plus humide.

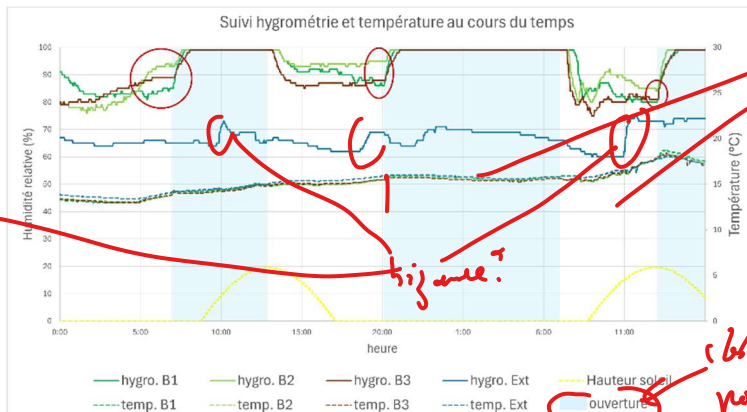


Figure 15 – Extrait du suivi de l'hygrométrie et de la température sur plusieurs semaines

heure d'ouverture ?

deux a été répétée ?

a quelle hauteur de comp ?

pourquoi les données sont-elles d'humidité ?

inversion ? en bleu c'est fermeture et en blanc ouverture ?

? ce sont des moyennes ? car ici ça semble être un peu plus de 24h...

Un coup pour de ilôt de fraîcheur durable, il vaut mieux du terrain plein de
pesticide pour empêcher au moins ce soit de pousser ?

Pour expliquer ce phénomène nous avons émis l'hypothèse d'un double effet de la densité du couvert végétal du gazon :

- A court terme, plus le couvert végétal est important, plus il retient l'humidité, humidifiant ainsi lentement l'air juste au-dessus
- A plus long terme, lorsque l'eau contenue dans la partie supérieure de la couche végétale s'est dissipée dans l'air, la densité du gazon empêche l'eau du sol de s'évaporer et de rejoindre l'atmosphère.

! évaporation lente et durable du sol sans
herbe ?

C) Comparaison avec une « fausse » plante

En attente des résultats.

Conclusion

Ainsi, nous avons montré que les végétaux ont un double effet dans le cycle de l'eau :

Lorsque leurs stomates sont ouverts, en journée, ils transpirent et sont traversés par un flux hydrique qui fait passer l'eau contenue dans le sol vers l'atmosphère : c'est un rôle actif dans le cycle de l'eau.

Mais ils ont également un effet passif dû à la densité du couvert végétal qu'ils apportent : leur présence crée un espace ombragé et à l'abri du vent où l'évaporation est limitée puisque la température y est plus basse et les mouvements d'air bloqués par l'obstacle physique qu'ils forment (voir figure 16). On peut donc également noter que la présence de végétaux apporte de la fraîcheur, ce qui augmente l'humidité, plutôt que de l'humidité qui crée de la fraîcheur.

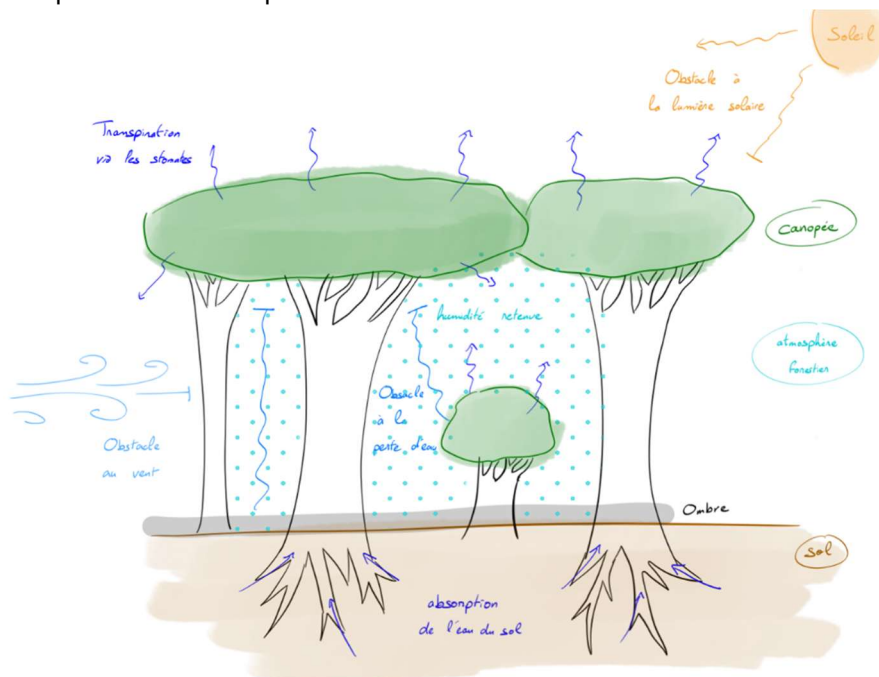


Figure 16 – Schéma bilan

On peut donc dire que les végétaux sont à la fois moteurs et obstacles dans le cycle de l'eau.

Cependant, il est important de noter que ces effets dépendent du végétal concerné. En effet, toutes les plantes n'ont pas la même efficacité de transpiration : les plantes sclérophytes par exemple sont adaptées aux milieux secs car leur forme et leurs feuilles limitent les pertes d'eau.

Références bibliographiques :

[1] : V. BOURDIN, 2014. Calculs astronomiques simplifiés, Université Paris-Sud Orsay
https://perso.lisn.upsaclay.fr/bourdin/master/Calculs_astronomiques_simples.pdf

c'est tout ?