

## Table des matières

Introduction :.....	1
I- Choix du matériel et des composés biodégradables.....	2
A) Choix du produit organique.....	2
B) Choix des sachets.....	2
II- Méthode Tea Bags et étude cinétique de la dégradation.....	2
A) Principe de la méthode Tea Bags (1) et application à notre TIPE :.....	2
B) Modélisation numérique :.....	3
III – Les matériaux qui se décomposent.....	4
A) Coloration au carmino-vert.....	4
B) Spectres infrarouges :.....	5
IV – Les acteurs de la décomposition.....	6
A) Activité fongique.....	6
B) Activité bactérienne.....	7
Conclusion :.....	7
Bibliographie :.....	8

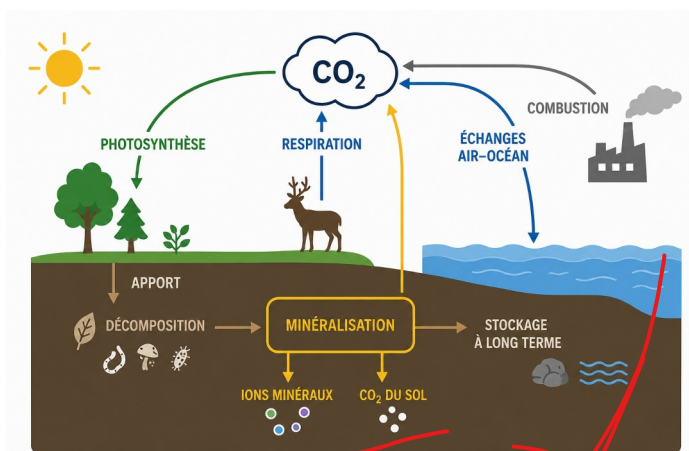


Figure 1: Représentation du cycle du carbone

### Introduction :

Nous avons établi notre sujet autour de l'étude de la décomposition des éléments organiques du sol après avoir entendu parler de la méthode Tea Bags par le biais d'un article. Cette dernière permet de quantifier le taux de décomposition du sol de manière simple et à partir d'éléments biodégradables.

En effet, la qualité de décomposition des éléments organiques d'un sol reflète à la fois :

- Son activité biologique, car la matière organique est transformée par ses organismes (notamment micro-organismes)
- Sa fertilité ; en effet, les processus de minéralisation libère des éléments nutritifs essentiels comme l'azote, le phosphore ou le potassium ensuite assimilables par les plantes, et la dégradation de la matière favorise la formation de l'humus.

Notre étude s'inscrit ainsi dans le cycle de la matière, on s'intéressera plus précisément au passage de l'état organique à l'état minéral.

Nous nous sommes donc intéressés au sol du parc de notre lycée, et nous nous sommes fixés comme démarche centrale d'enterrer des lots de sachets contenant des éléments dégradables (riches en cellulose), puis de les déterrer à intervalles réguliers, pour mesurer la différence de masse et donc le taux de dégradation de la matière ; nous avons d'abord étudié majoritairement le thé vert, puis le coton blanc en fin d'année.

Nous nous sommes ainsi intéressés aux questions suivantes :

- Comment la méthode Tea Bags permet-elle de déterminer une constante de décomposition ?
- Quels sont les paramètres influençant la décomposition ?

Notre objectif principal était d'établir une constante de décomposition pour le sol du parc.

*pas mentionné ensuite à Paris à Paris ?*

*étrocher sur le climat ? pour insister sur le thème ?*

## I- Choix du matériel et des composés biodégradables

### A) Choix du produit organique

Nous avons principalement utilisé au cours de nos expériences du thé vert en feuilles entières roulées (références ci-dessous). Nous avons choisi ce produit parce que nous savions grâce à nos recherches qu'il était adapté aux expériences que nous souhaitons réaliser, et parce qu'il contient à la fois de la matière organique se décomposant rapidement (fraction labile), et de la matière plus persistante (fraction récalcitrante).



Figure 2: Références du thé utilisé sur l'ensemble des expérimentations + échantillon observé au microscope optique (Grossissement x40)



Figure 3: Référence du coton cardé utilisé

Nous avons également utilisé, comme point de comparaison avec les propriétés du thé, du coton cardé – c'est-à-dire une fibre de coton brute qui n'a pas subi de traitements supplémentaires pour augmenter son absorption – dont la proportion de matière labile (notamment la cellulose) est plus importante ; ainsi que du rooibos, une plante plus fibreuse que le thé vert, contenant davantage de composés ligneux.

### B) Choix des sachets

Nous avons placé ce thé dans des sachets en nylon, dont nous nous étions assurés qu'ils étaient résistants, et ne seraient pas dégradés dans le sol. La taille des mailles sélectionnant les organismes pouvant rentrer dans le sachet, nous avons mesuré pour ces sachets une largeur des mailles de 0,25mm

pourquoi? avec optique?

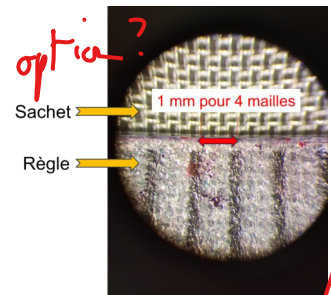


Figure 4: Mesure de la taille des mailles à la règle à la loupe binoculaire

## II- Méthode Tea Bags et étude cinétique de la dégradation

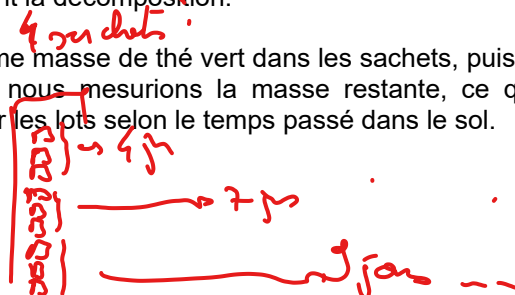
### A) Principe de la méthode Tea Bags (1) et application à notre TIPE :

La méthode des *Tea Bags* (1) (ou Tea Bag Index, TBI) est une approche standardisée permettant d'évaluer la décomposition de la matière organique dans les sols. Elle consiste à enfouir deux types de matières végétales aux propriétés contrastées : du thé vert, facilement dégradé, et du rooibos, plus résistant. Après une période d'incubation, généralement d'environ 90 jours, les sachets sont récupérés, séchés puis pesés afin de déterminer leur perte de masse. Cette perte permet de calculer des indicateurs tels que le taux de décomposition et le facteur de stabilisation de la matière organique.

Dans le cadre de notre TIPE, nous avons réalisé deux séries d'expériences : une durant l'été 2025, où nous avons enterrés du thé vert et du rooibos, pour comparer leurs taux de décomposition, et une seconde au cours de cette année scolaire, cette fois-ci exclusivement avec du thé vert, pendant laquelle nous nous sommes penchés sur les paramètres influençant la décomposition.

Pour chaque expérience, nous mettons la même masse de thé vert dans les sachets, puis nous récupérons les lots à différents intervalles de temps, et nous mesurons la masse restante, ce qui nous a donné différentes valeurs de différence de masse pour les lots selon le temps passé dans le sol.

Schema? suite à pi.



Ce sont ces valeurs que nous avons ensuite pu exploiter avec Python, pour quatre expériences :

- Deux menées pendant l'été, sur la même période, l'une avec du thé vert et l'autre avec du rooibos
- Une réalisée en début d'année dans le sol du parc du lycée, avec du thé vert
- Une quatrième, également avec du thé vert, que nous avons menée dans la serre

**B) Modélisation numérique :**

Nous avons dans un premier temps utilisé les listes de données pour tracer les courbes de la masse de thé restante dans les sachets en fonction du temps passé dans le sol.

On a supposé pour la modélisation que la décomposition suivait une loi exponentielle, d'après la modélisation de la méthode Tea Bags ; on a donc linéarisé par passage au logarithme népérien (ln) ; les graphiques obtenus (figures 4 et 5) sont ceux des expériences menées l'été.

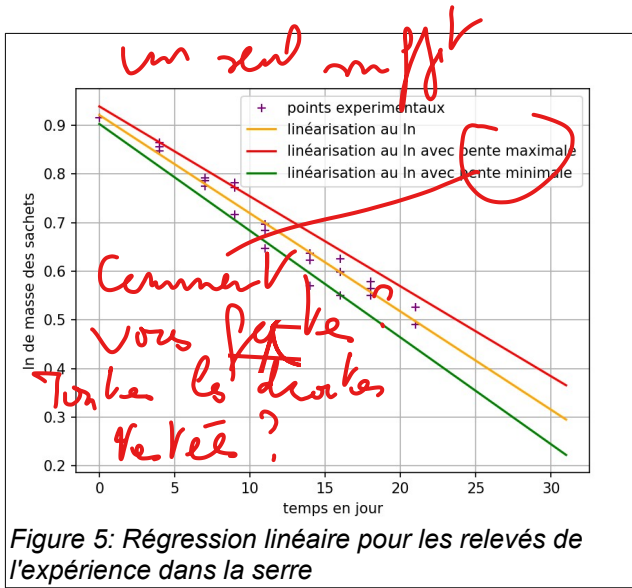


Figure 5: Régression linéaire pour les relevés de l'expérience dans la serre

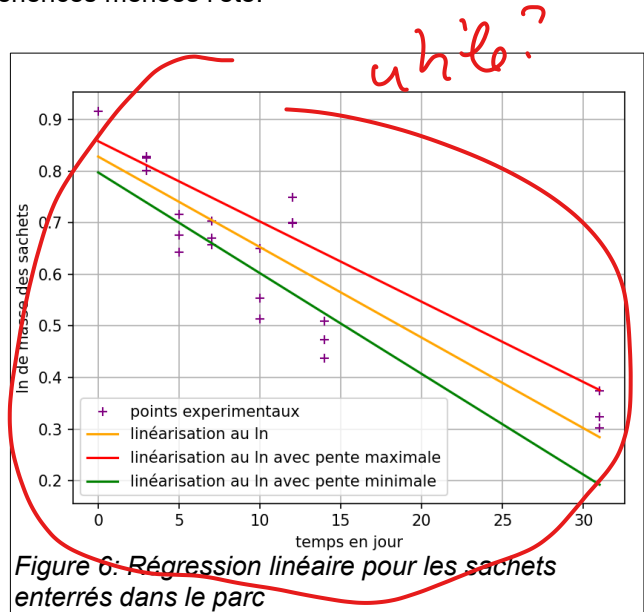


Figure 6: Régression linéaire pour les sachets enterrés dans le parc

On a ainsi pu obtenir, en traçant les régressions, la valeur de la pente - en considérant plusieurs valeurs de pentes obtenues avec nos données et en prenant une moyenne - ce qui nous a permis de déterminer une constante de décomposition pour chaque expérience.

En procédant de la même façon pour les autres expériences, on a pu calculer les demi-temps de décomposition de la matière :

Expérience d'été (thé vert)	Expérience d'été (Rooibos)	Expérience de la serre (thé vert)	Expérience du parc (thé vert)
42 jours	74 jours	35 jours	40 jours

On remarque ainsi que le demi-temps de décomposition du Rooibos est presque deux fois plus important que celui du thé vert, ce qui concorde avec les résultats de l'étude Tea Bags. Le Rooibos contient donc des composés plus difficiles à dégrader.

Par ailleurs, pour les deux expériences réalisées cette année avec le thé vert, on a cherché à évaluer le Z score, à partir des données du site Tea Bags (2) ; nous avons pris le lieu d'étude le plus proche du nôtre (qui constitue notre référence), pour comparer les valeurs de k calculées.

Le Z-score (aussi appelé score standardisé) permet d'évaluer l'écart entre une valeur et une référence, en fonction de l'écart-type. On a ici pu calculer les Z-scores des expériences en comparant les valeurs de k trouvées avec leurs incertitudes, au k de référence.

Les valeurs de Z-score suivantes ont été respectivement obtenues pour les expériences dans le parc du lycée et dans la serre : 16 et 8. Or les valeurs de Z-score attendues pour respecter un écart cohérent sont entre -2 et 2. Notre modèle n'est donc pas suffisant pour obtenir une valeur proche de notre référence.

*Handwritten red notes:* 'peu besoin de rappels', 'le Z-score est une normalisation pour comparer données (c'est juste se ramener à d(10,1))', 'je ne comprends pas', 'un intervalle?', 'et-? ils sont ou?', 'valeur?', 'et-? ils sont ou?'.

### III – Les matériaux qui se décomposent

#### A) Coloration au carmino-vert

Nous avons voulu dans un premier temps mettre en évidence les composés constitutifs du thé – à savoir la lignine et la cellulose – afin de s'assurer de la présence de matière biodégradable. Nous avons pour cela réalisé une coloration carmino-vert du thé issu de la boîte (constituant le témoin)

Nous avons donc mis en œuvre deux protocoles différents afin, d'une part, de mettre en évidence la présence de matière biodégradable, et d'autre part la disparition de cette matière due à la décomposition.

#### Coloration différenciatrice cellulose-lignine au carmino-vert :

Nous avons préalablement mis à tremper nos morceaux de thé, puis une fois dépliés, nous avons réalisé des coupes à l'aide d'une lame de rasoir ; les produits ont été déposés dans des verres de montre.

→ Les échantillons sont déposés (à l'aide d'une petite passoire si nécessaire) dans l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) pendant 10-15 minutes afin de vider les cellules, tout en préservant les parois

→ Un rinçage à l'eau pendant au moins 2 minutes élimine l'eau de Javel pour permettre leur coloration

→ Les échantillons sont placés ensuite dans l'acide acétique dilué (pendant au moins 5 min) qui fixe les colorants, puis trempés 5 minutes dans le carmin aluné et 30 secondes dans le vert d'iode dilué.

Nous avons d'abord observé les échantillons après les avoir mis uniquement dans le carmin aluné.

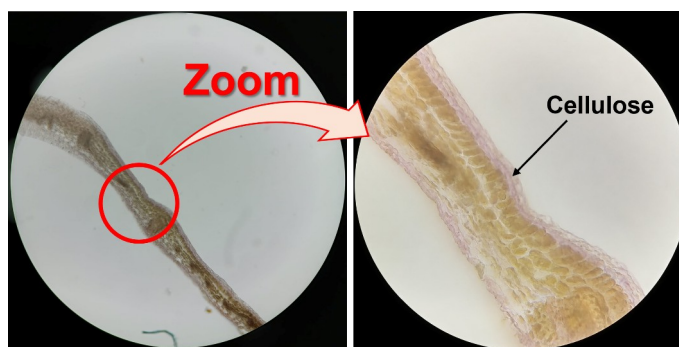


Figure 7: Coloration au carmin aluné d'une coupe de feuille de thé (mise en évidence de la cellulose)

On a ainsi mis en évidence la présence de cellulose, coloré en rose (dans la paroi pecto-cellulosique) dans la feuille de thé, donc une molécule facilement dégradable.

Nous avons ensuite observé des échantillons colorés par le vert d'iode, pour mettre en évidence la présence de composés ligneux.

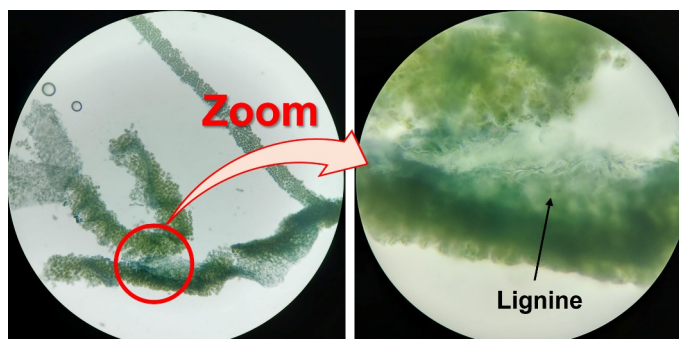


Figure 8: Coloration au vert d'iode d'une coupe de feuille de thé (mise en évidence des composés ligneux)

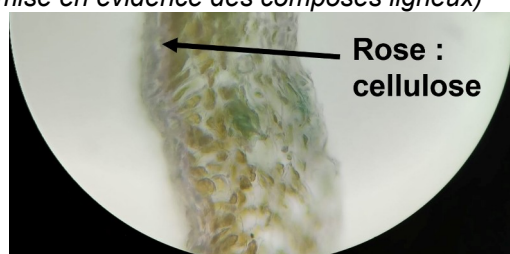


Figure 9: Coloration d'une coupe de feuille de thé au carmino-vert

On a ainsi mis en évidence la présence dans le thé (témoin) de lignine, et de cellulose, deux composés dont la dégradation n'est pas équivalente : la cellulose se décompose beaucoup plus vite que les composés ligneux, plus résistants, qui se décomposeront sur une période beaucoup plus longue.

On peut alors assimiler les composés constitutifs du thé à 2 phases : une phase labile (comportant la cellulose), dont le temps moyen de décomposition est compatible avec la durée de nos expériences ; et une phase récalcitrante (comportant la lignine), qui sera toujours présente à la fin de l'expérience car très peu dégradée.

Nous avons tenté au cours de l'année de réaliser des colorations sur les derniers sachets de thé sortis de terre, afin de vérifier si les composés cellulosiques étaient toujours présents. Cependant la coloration n'a pris à aucune de nos tentatives. Il est possible que cela soit dû à la forme naturelle de ce thé, très desséché et enroulé sur lui-même. Il est également envisageable que cela soit dû à la présence d'autres composés dans le thé, comme les tanins.

## B) Spectres infrarouges :

Nous avons été orientés vers les spectres infrarouges après que nos tentatives de colorations n'aient pas été concluantes. La spectroscopie infrarouge permet de déterminer la présence de certains éléments, puisque les spectres obtenus présentent différentes bandes d'absorption que l'on peut relier à des liaisons particulières.

Autrement dit, elle permet d'analyser les groupements spécifiques de chaque molécule, et d'en déduire les composés présents dans le produit.

On a donc comparé les spectres obtenus avec différents spectres déjà établis, notamment celui de la cellulose, afin de déterminer si les mêmes bandes, et donc les mêmes liaisons étaient présentes, ce qui indiquerait la présence ou non du composé en question dans l'échantillon, et nous permettrait donc de vérifier la disparition de la matière organique.

Voici les spectres de référence auxquels nous nous sommes référés :

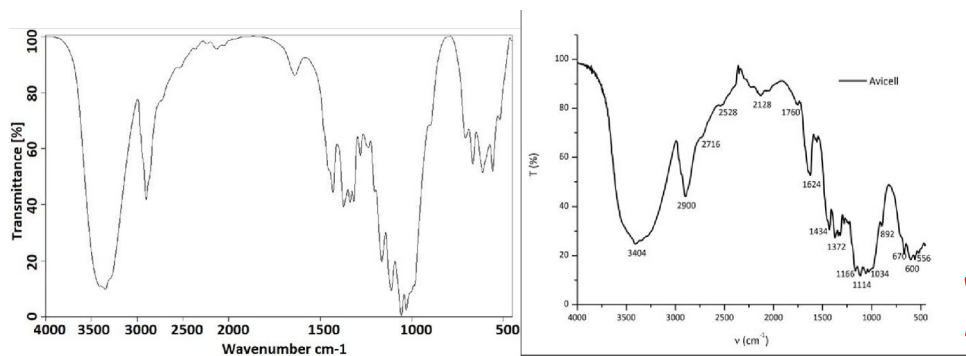


Figure 10: Spectres infrarouges de la cellulose et de la cellulose hémicristalline

On s'intéressera donc principalement pour les spectres obtenus (Figure 10 et Figure 11) aux pics de transmittance au-delà de 2000cm-1, qui reflètent ceux caractérisant la cellulose (ci-dessus)

Nous avons ensuite obtenu, à l'issue d'une de nos expériences, les spectres infrarouges du thé en boîte – constituant le témoin – et du thé partiellement décomposé dans un des sachets.

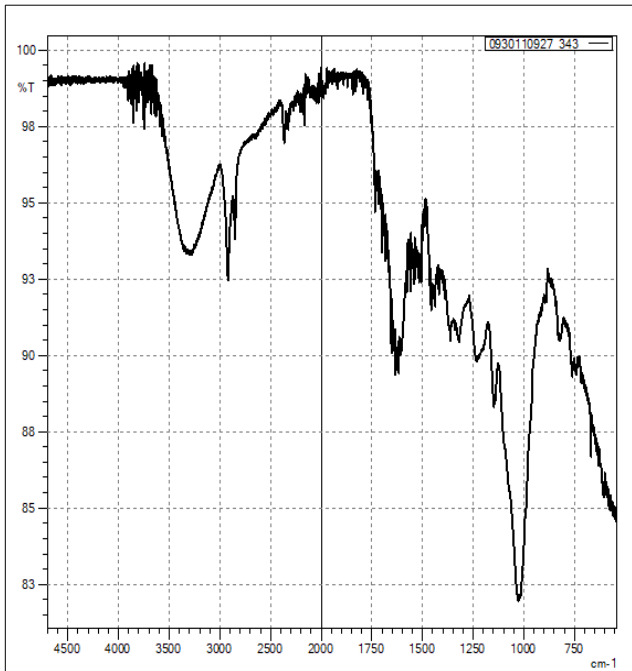


Figure 11: Spectre infrarouge obtenu pour le thé en boîte (témoin)

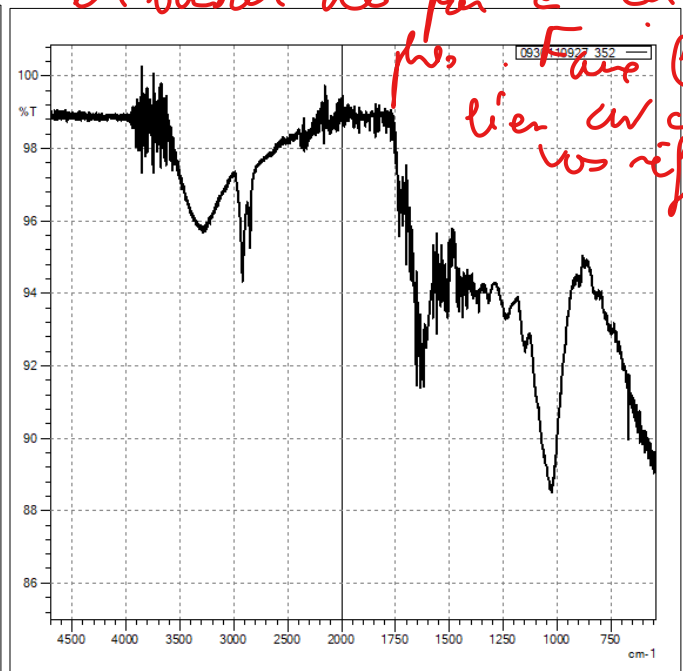


Figure 12: Spectre infrarouge obtenu pour le thé dégradé

On observe ici, en comparant les deux spectres, que le pourcentage de transmittance du thé en boîte (Figure 10) est plus important que celui du thé dégradé (Figure 11) : on observe par exemple, à la longueur d'onde 3400 cm<sup>-1</sup>, que la transmittance du témoin est à 93 % et celle du thé dégradé à 96 %.

La transmittance variant dans le sens inverse de l'absorbance ( $A = -\log_{10}(T)$ ), les spectres indiquent que l'absorbance du témoin est moins importante, donc que la concentration des composés responsables de l'absorption est plus faible.

Les pics indiqués correspondant à ceux des liaisons présentes dans la molécule de cellulose, on en déduit ainsi que la concentration de cellulose était plus faible pour le thé dégradé, donc que les composés cellulosiques se sont en partie décomposés.

On peut ainsi conclure que cette analyse met en évidence une diminution de la matière organique labile.

#### IV – Les acteurs de la décomposition

##### A) Activité fongique

On a pu observer sur certains sachets récoltés après les expériences dans la serre que du mycélium de champignon s'était développé, ce qui traduirait une activité fongique participant à la décomposition ; nous avons cherché à le mettre en évidence par coloration au bleu coton :

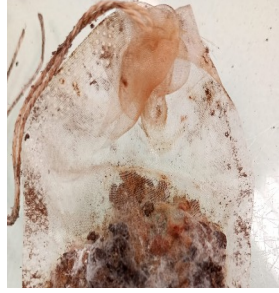


Figure 13:  
Développement du  
mycélium sur les  
sachets

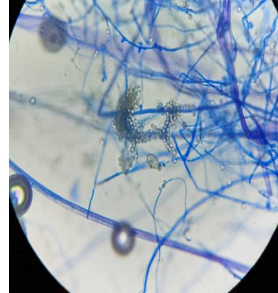


Figure 14: Observation  
microscopique du  
mycélium et de spores

Nous avons constaté lors de nos observations, en plus du mycélium formé (Figure 12), la présence de sacs de spores ouverts, des sporocystes (Figure 13) et de spores qui s'étaient déversées dans le milieu (deuxième photo).

Ces observations révèlent donc la présence de champignons dans le sol, participant potentiellement à l'activité de décomposition de la matière. ✓

### **B) Activité bactérienne**

Par ailleurs, nous avons soupçonné qu'une activité bactérienne intervenait également, étant donné que le mycélium n'était pas présent sur tous les sachets pour lesquels nous avons relevé une différence de masse.

Nous avons pour cela prélevé de la terre dans le parc, suffisamment pour remplir une jardinière, que nous avons stérilisée en la plaçant 1h dans un four (un autoclave) à 150°C. // ça ne va pas les bactéries ?  
Nous avons enterré trois sachets dans cette jardinière, que nous avons récupéré puis traité de la même manière que les autres.

L'objectif était ensuite de mesurer la différence de masse des sachets, afin de tester l'hypothèse selon laquelle les bactéries seraient responsables de la plus grande partie de la décomposition.

Nous avons malgré tout relevé une perte de masse dans ce lot de sachets ; nous avons ensuite voulu vérifier si les bactéries étaient malgré tout absentes, ce qui indiquerait que la décomposition est également réalisée par d'autres micro-organismes. // similaire ?

Nous avons mis les sachets récupérés à tremper dans de l'eau, puis nous avons déposé quelques gouttes de cette eau dans des boîtes de Pétri préalablement préparées, ainsi qu'une boîte avec de l'eau pure.

Cependant, après quelques jours à l'étuve, nous avons constaté le développement de bactéries. Il est possible que celles-ci aient contaminé la boîte lors de son ouverture, les sachets déterrés ou qu'elles étaient encore présentes dans la terre.

Une absence de bactéries aurait indiqué que la décomposition observée était le produit d'autres organismes, indiquant ainsi que la décomposition de la matière organique est réalisée par différents organismes du sol, à différentes échelles.

### **Conclusion :**

Nous avons ainsi pu, en nous appuyant sur la méthode Tea Bags, tracer l'évolution de la perte de masse au cours du temps, grâce à nos relevés au cours de l'année.

Nous avons ainsi évalué les constantes de dégradation des différents substrats étudiés, ce qui nous a permis d'estimer des demi-temps de décomposition, et donc de constater que le Rooibos se décompose environ deux fois plus lentement que le thé vert.

Le thé vert est donc préférable dans une étude simple, car son temps d'altération est davantage compatible avec la durée de l'expérience, et l'observation de la perte de masse sera favorisée.

Nous avons également pu analyser la disparition des composés cellulosiques au cours du processus de minéralisation, et nous avons pu identifier certains acteurs de ce processus – notamment les champignons.

Cependant, le manque de contrôle des conditions nous a empêché d'identifier d'autres paramètres influant sur la dégradation du thé vert : on peut ainsi se demander quelles influences ont le pH du sol, la température, ou la présence de bactéries.

on veut voir le  
thème apparaître  
dans la conclusion

### Bibliographie :

- (1) Le site du projet Tea Bags Index : <http://www.teatime4science.org/>
- (2) L'ensemble des données recueillies et publiées pour le projet : <https://teabagindex.org/>