

Interactions du chêne avec ses ennemis et leurs prédateurs selon le climat

Classe de terminale enseignement scientifique

Vous n'avez jamais trouvé les titres d'études scientifiques un peu trop compliqués ? Ces titres à rallonge qui vous découragent dès les trois premiers mots et généralement en anglais (une horreur pour les chauvins).

Et bien pour vous, on s'est plongé dedans et on a donc essayé d'en tirer le plus intéressant, parce que vous n' imaginez pas ce que vous ratez !

“Search for top-down and bottom-up drivers of latitudinal trends in insect herbivory in oak in Europe”, c'est bien le nom de l'étude qu'on va vous présenter. Ne partez pas, on vous explique !

Cet article de Bastien Castagnéyrol et d'une équipe internationale de 48 chercheurs a pour but de démontrer **une idée “zombie”**, une idée qui devrait être morte tant elle se fait malmenée par les données, mais qui subsiste malgré tout

Cette théorie qui a la peau dure nous affirme que les dégâts causés par les insectes herbivores sur les plantes augmentent à mesure que l'on se rapproche de l'équateur et qu'en réponse les plantes tropicales-développent des niveaux plus élevés de défenses contre les attaques d'herbivores. Il a voulu dépasser la simple contestation de cette idée dite zombie en allant plus loin, le

but de l'étude étant aussi d'observer, de comprendre et de tirer des conclusions (ou non, la science n'est pas que constante découverte) sur les interactions inter espèces autour du chêne pédonculé. Plus précisément, il cherche à montrer **l'effet de la latitude en lien avec les conditions climatiques sur la capacité de défense de l'arbre, l'intensité des attaques des herbivores et celle des prédateurs de ces herbivores**



Sommaire :

• INTRODUCTION

Vasseur Antoine

• RÉFLEXIONS SUR LE CHOIX DU MATÉRIEL D'ÉTUDE

Thube Lucie et Robert Camille

• ÉTUDE DE L'HERBIVORIE DES FEUILLES DE CHÊNE

Auguet Clara, Baile Stéphane, Bleuse Lucie, Bultez Dorian, Santoro Vittorio

• ÉTUDE DE LA PREDATION DES HERBIVORES DU CHÊNE

Biset Lina, Davis Noémie, Rocher Eryne, Starck Eléna, Vermeulen Ronan

• ÉTUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES FEUILLES

Roussel Phébée, Simon Elouan
Supervisée par C.Patin, svt

La science participative

Ce travail de classe s'inscrit dans une démarche de science participative coordonnée par l'association DECODER. Le biologiste **Bastien Castagneyrol**, de l'INRAP, nous a confié un de ses articles afin de comprendre la démarche scientifique. Son article était en anglais, mais nous avons aussi travaillé sur des passages traduits, of course ! De février à avril 2022, chaque groupe a pris en charge un point d'analyse afin d'en comprendre les objectifs, les méthodes utilisées et les résultats.

La science ce n'est pas forcément compliqué !



Moment fort : La rencontre virtuelle avec le chercheur pour discussion sur ses travaux. Merci pour les riches échanges

Tree Body Guard est le nom du projet de science participative décrit par les scientifiques. Des élèves ont été impliqués car les chercheurs ont voulu montrer que la science est accessible à tous et à tout âge !

I- RÉFLEXIONS SUR LE CHOIX DU MATÉRIEL D'ÉTUDE : LE CHÊNE PÉDONCULÉ

Le choix du chêne pédonculé est qu'il est suffisamment abondant dans pratiquement tous les pays d'Europe, de l'Espagne à la Finlande, pour favoriser les recherches. En effet, cette espèce est présente dans les zones tempérées où la température moyenne est comprise entre 0 et 15 degrés. Cela permet donc d'avoir une plus grande échelle de latitude et de climat à analyser, tout en conservant un protocole identique pour tous.



On peut également observer beaucoup d'insectes herbivores présents sur le chêne comme les coccinelles, les chenilles et les papillons qui permettent les interactions biotiques, c'est-à-dire entre les êtres vivants

Pour pouvoir localiser son chêne, il faut prendre ses coordonnées GPS sous la forme latitude -longitude.

La Carte d'identité de l'espèce



Des feuilles sans pédoncule

*Le chêne pédonculé
ou Quercus robur en
langue internationale de
scientifique !*



Ne pas confondre avec sa
cousine Cécile !

Le Chêne sessile a :

- des feuilles pédonculées
- des glands sans pédoncule



Des glands avec pédoncule
(= un petit pied)

*Une espèce interactive
suffisamment courante en
Europe*

Quel chêne pédonculé étudier ?

Il faut un **chêne adulte** mesurant 25 à 35 m de haut, suffisamment grand pour éviter les accidents tels que les tondeuses ou que les fausses chenilles soient mangées lors du broutage des feuilles par les

chevreuils et les escargots. De plus, les chênes adultes ont développé une certaine résistance.

Le chêne choisi doit contenir des branches basses qui sont faciles d'accès depuis le sol pour fixer les fausses chenilles et prélever des feuilles.

Résultats :

L'étude a porté sur un total de 261 chênes pédonculé répartis selon un gradient latitudinal de 20° correspondant à un gradient climatique de 7,4 °C et 81,7 mm de précipitation (moyenne du printemps sur la période 1970-2000), du Portugal à la Finlande !

II- ETUDE DE L'HERBIVORIE DES FEUILLES DE CHENE

Savez-vous ce qu'est l'herbivorie ?

L'herbivorie est simplement la consommation de substances végétales. Dans cette étude, on s'intéresse plus précisément à la consommation de feuilles.

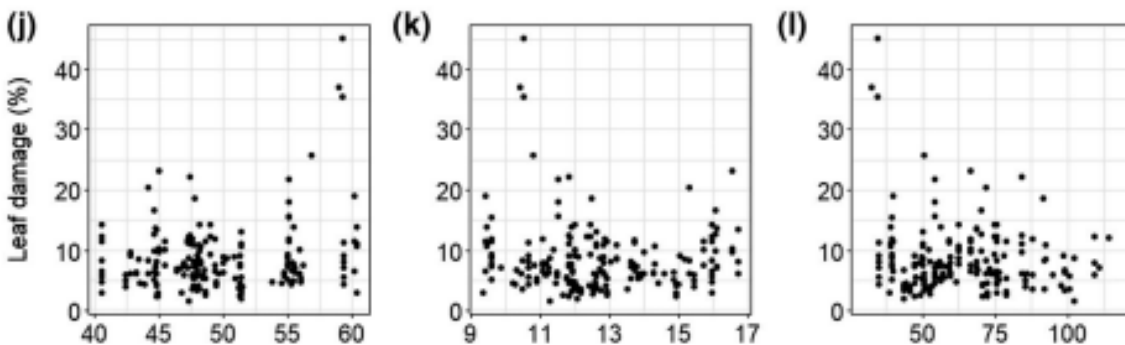
Pour la caractériser, les chercheurs ont organisé une collecte à une même date pour unifier le protocole : 10 semaines après la sortie des feuilles du chêne pédonculé. Chaque école prélève 120 feuilles à partir desquelles elle tire à l'aveugle 60 feuilles de manière à minimiser les biais d'échantillonnage inconscients en faveur de certaines feuilles.

En effet, ne serait-on pas tenté de prendre les plus belles ? Ou au contraire, les plus grignotées ? La science se doit d'être la plus objective possible !

3 paramètres qui ont été pris en compte : le **nombre de mineuses**, le **nombre de galles**, et le **pourcentage manquant de la feuille mangée**

L'herbivorie est la consommation de substances végétales

Les résultats des chercheurs



Effet de la latitude (j), température (k) et des précipitations (l) sur les dégâts d'insectes herbivores sur les feuilles du chêne pédonculé en Europe. Chaque point représente un arbre, échantillonné à une date (issu de l'article de B. Castagneyrol p.7)

Résultats :

- Impact de la latitude, la température et les précipitations = aucun effet visible sur la variation de l'herbivorie des insectes (grignotage)
 - Les précipitations font diminuer la part des feuilles attaquées par des larves de mineuses
 - L'Augmentation des températures provoque l'augmentation de la part des feuilles attaquées par des larves introduisant la formation de galles
- Ces espèces se sont adaptées au rayonnement UV et au dessèchement.

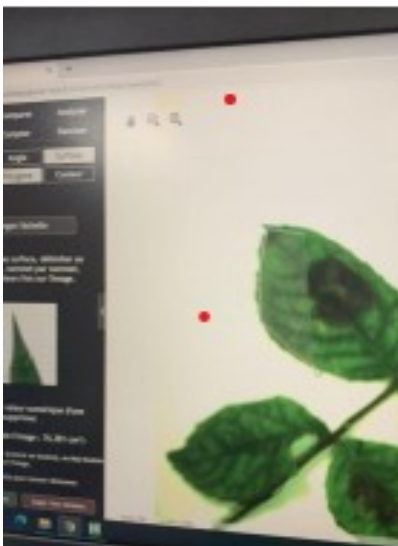
Leaf Herbivory

Mesure du % de surface de feuille endommagée
8% en moyenne

Nombre de mineuses
7% des feuilles attaquées

Comptage des galles
18% +/- 1% des feuilles attaquées

Les Insectes mineurs sont principalement des **larves de mouches** ou de **papillons** qui creusent dans les feuilles des galeries entre les 2 épidermes du limbe, formant une mine en consommant le parenchyme chlorophyllien.



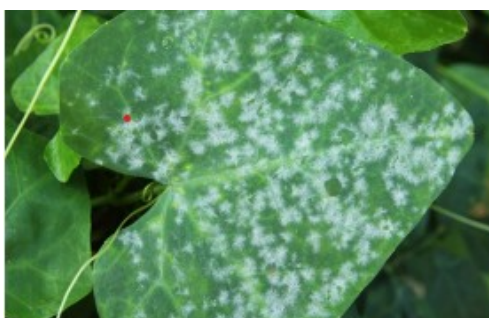
On a réalisé en classe une mesure de surface de feuille et celle de la proportion grignotée ou endommagée par des champignons grâce au logiciel mesurim



Galle

Des insectes de petite taille (guêpes, mouches, ...). Ils font partie de la famille des cynipidae et provoquent des galles sur les chênes.

Mineuse



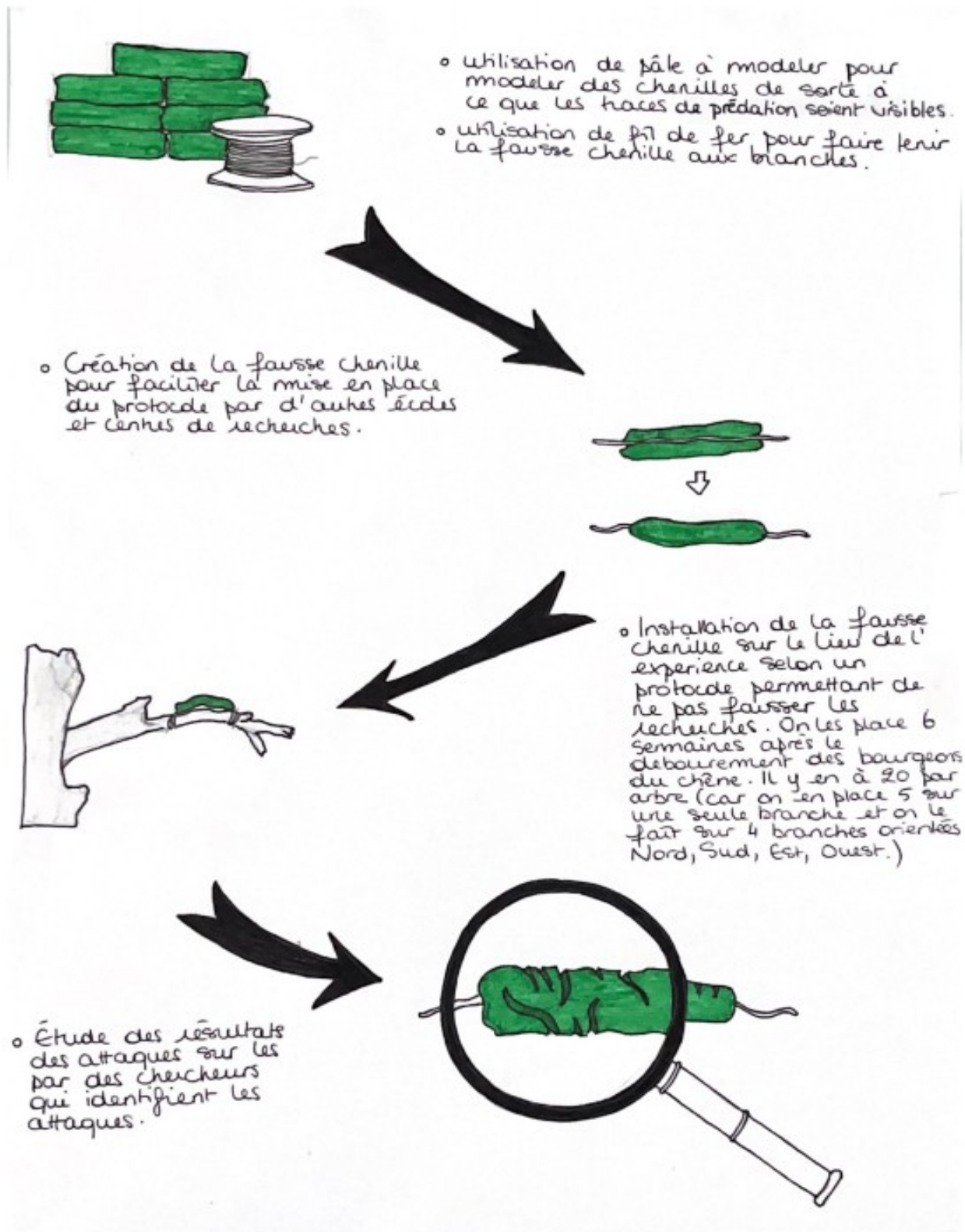
Champignon tâche blanche = mildiou

Les feuilles de chêne sont broutées ou endommagées par des champignons ou des insectes



larves

III- ETUDE DE LA PREDATION DES HERBIVORES DU CHENE



?COMMENT ESTIMER LE TAUX DE PRÉDATION?

IDENTIFICATION

Les marques
laissées par les
Mandibules
arthropode peut
être confondues
avec une
attaque de
lézard

Ces marques ne
sont pas prises en
compte, elle sont
juste identifiées

MAMMIFÈRES : SOUVENT RONGEUR



ARTHROPODES:



OISEAUX:



Avec les traces
d'oiseaux il n'y a pas
de confusion
possible

COMPTAGE

les scientifiques ne prennent pas en compte le nombre d'attaques présentes
(exemple: 3 coup de bec) mais si la chenille a été attaquée ou non par un
oiseau

RÉSULTAT ET CONCLUSION



Ils ont conclu statistiquement sur 10 020 chenilles posées sur 261 chênes qu'il n'y a pas de relation entre les attaques des oiseaux (24% des attaques) , la latitude, les précipitations et la température

Les attaques d'oiseaux sont plus de l'ordre de l'habitat local comme la ville, la campagne ou l'urbanisation (qui n'est pas pris en compte durant cette expérience) que du climat en général



on peut donc dire que le climat n'a aucune influence sur les attaques d'oiseaux

les résultats obtenus par les scientifiques ne prennent pas compte certains aspects

Le manque de liens peut être expliqué par d'autres facteurs comme les espèces d'oiseaux migrateurs. En effet, les oiseaux changent de latitude selon la nourriture disponible

les chenilles ont été mises sur des branches basses donc cela peut-être nuit à la visibilité de la chenille pour les oiseaux.

Donc les méthodologies utilisées peuvent fausser une partie des résultats

Certaines communautés d'oiseau sont influencées par la disponibilité en nourriture ou la variabilité du régime alimentaire.

IV- ETUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES FEUILLES

Nous nous sommes questionnés sur l'importance des caractéristiques nutritionnelles et les défenses chimiques des feuilles dans l'herbivorie. Pour cela, nous avons procédé à des analyses d'expériences menées à bien par les scientifiques et avons réalisé nos propres expériences.

Comment analyser les caractéristiques nutritionnelles d'une feuille et que pouvons-nous mettre en lumière ?

Pour commencer, les caractéristiques chimiques des feuilles servent à quantifier et expliquer les défenses de ces plantes. Les chercheurs se sont concentrés sur **les composés phénoliques** qui sont des **métabolites défensifs** du chêne, comme les tanins.

Pour analyser la composition chimique des feuilles ou les tannins, ils utilisent une technique assez simple : ils broient en poudre des feuilles séchées puis étudient cette poudre grâce à un chromatographe (la chromatographie est un procédé analytique permettant de séparer plusieurs constituants d'un mélange). L'analyse se fait sur des feuilles ne présentant que peu ou pas de preuves de dommage causés par les herbivores. En effet, les attaques de ces derniers changent la composition chimique de la feuille.

Les composés phénoliques (composés chimiques aromatiques 'Miam') sont ensuite séparés pour pouvoir commencer la quantification.

Néanmoins, dans la mesure où les scientifiques ne possédaient que des feuilles sèches, certains composés analysables seulement sur des feuilles fraîches comme relatifs à la ténacité de la feuille n'ont pas pu être analysés.

Les composés phénoliques sont à l'origine de problèmes digestifs chez les herbivores. Pour éclairer ce fait, nous allons vous présenter le cas des **Koudous**. Les koudous sont des antilopes vivant dans le nord de l'Afrique subsaharienne et sont des animaux herbivores.

Dans les années 80, une grande partie de la population meurt. Des autopsies sont alors réalisées pour définir la cause de cette mortalité élevée. Les scientifiques ont après autopsie déclaré que les antilopes étaient mortes de faim, pourtant leur estomac étaient pleins de feuilles. Les scientifiques ont finalement analysé les feuilles d'acacia pour comprendre ce paradoxe.

Ils ont relevé une très forte teneur en tannin dans les feuilles et donc dans l'estomac des gazelles.

Ils en ont conclu que **les tanins inhibent la digestion**

Les tanins, des armes contre les herbivores



Le Grand Koudou
(Pinterest.fr)

En quoi les caractéristiques nutritionnelles d'une feuille influencent l'herbivorie ?

Pour commencer, les caractéristiques nutritionnelles de la plante peuvent expliquer une variation de l'herbivorie. En effet, les herbivores analysent un certain nombre d'éléments avant de se nourrir d'une feuille. En effet, le visuel, et certaines caractéristiques olfactives rentrent en compte.

De plus, après avoir attaqué une première fois la feuille, les insectes vont sélectionner ou non cette feuille. Après une première attaque, l'insecte va connaître le contenu nutritionnel de cette feuille et décider si cela lui convient.

Chez la feuille, **la cellulose, le rapport C/N, le rapport N/P et les sucres solubles** représen-

tent le contenu nutritionnel de la plante. Ces variables sont liées elles aussi à l'herbivorie ce qui pourrait expliquer sa variation .

Testons l'impact du rapport C/N sur l'herbivorie des chenilles

Nous avons procédé à notre propre expérience pour analyser **l'appétence des chenilles en fonction du rapport C/N** des feuilles. Cela nous permettait donc de mettre en évidence ou non le rapport C/N comme facteur majeur de la sélection de la plante.

Plus précisément nous avons pesé 34 chenilles pendant 12 jours pour définir si elles avaient mangé plus de feuilles anormalement azotées. Nous avons fait une préparation témoin de troène arrosée à l'eau et une seconde arrosée avec une solution enrichie en azote.



Nous avons envisagé dans un premier temps de peser les végétaux, avant et après broutage pour connaître la quantité mangée. Mais la manipulation plus complexe n'aurait pas pris en compte la perte d'eau par les feuilles qui se flétrissent.

Nous estimons donc que la quantité de feuilles mangées se traduira par le mécanisme d'assimilation à une augmentation plus importante de poids des chenilles.

*2 boîtes, 2 élevages
avec +/- d'azote*

Notre traitement des résultats

Lorsque nous avons reçu les chenilles, après les avoir divisées en deux groupes égaux, l'ensemble des chenilles pesaient 8g pour celles qui seraient destinées à manger des feuilles classiques (groupe 1) et 8 g pour celles qui allaient manger des feuilles nourries à l'eau azotée (groupe 2).

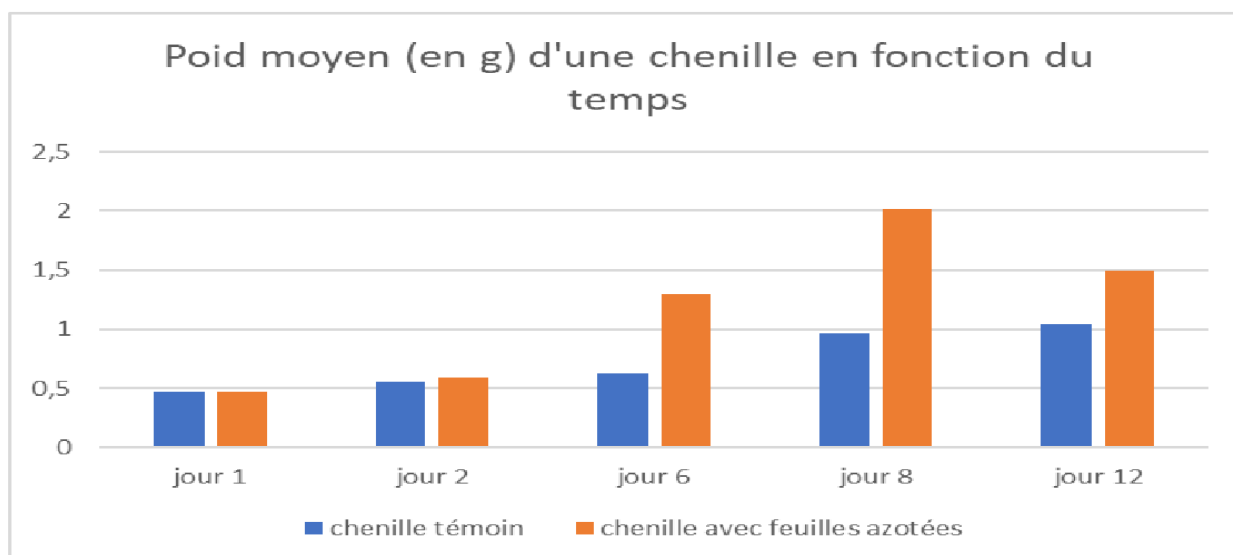
Le lendemain le premier groupe pesait 9,37g et l'autre 10,06g. Après les avoir laissées quatre jours en les approvisionnant régulièrement en feuilles, les résultats étaient surprenants.

Le groupe 1 pesait 10,56g tandis que le second groupe pesait 20,13g.

Cependant, nous avons dû noter un certain nombre de décès parmi chacun des groupes ainsi que la formation de chrysalides. C'est pourquoi nous avons divisé nos résultats par le nombre de chenilles restantes

	nbr de chenilles témoins	poid des chenilles témoins	nbr des chenilles nourries aux feuilles azotées	poid des chenilles nourries aux feuilles azotées
jour 1	17	8g	17	8g
jour 2	17	9,36g	17	10,06 g
jour 6	17	10,56g	15	20,13g
jour 8	10	9,69g	12	24,02
jour 12	9	9,37g	7	10,56

Tableau des résultats de pesées



ANALYSE des RESULTATS

On remarque donc déjà que les feuilles contenant plus d'azote provoquent une plus grande appétence chez les chenilles dans la mesure où elles ont pris plus de poids et ce rapidement.

Les résultats en baisse au 12e j s'expliquent par le fait que les plus grosses chenilles avaient fait leur chrysalides laissant seulement les petites chenilles.

De plus, le rapport C/N (carbone/azote) est un des facteurs majeurs de la sélection de la plante.

En effet, plus la quantité de carbone va être élevée, plus la feuille va être rigide et moins elle va être facile à digérer pour l'herbivore. En revanche, une plus grande quantité d'azote va rendre la feuille plus souple et donc plus attractive pour l'insecte. Pour comprendre l'importance de ce rapport, il est important de préciser que l'azote est souvent peu présent dans l'environnement des herbivores qui vont compenser ce manque en mangeant des feuilles (Merci pour ces précisions Mr Castagneyrol)



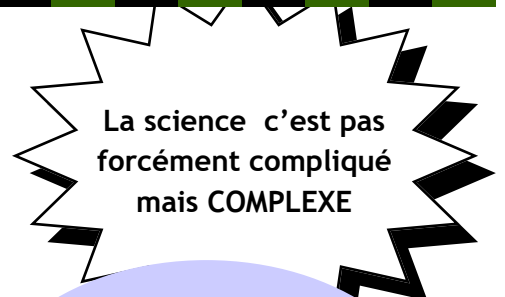
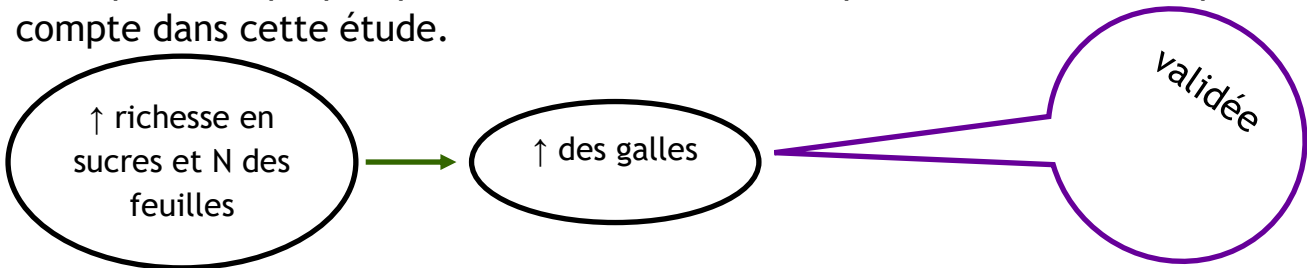
Prélèvement des chenilles pour pesée.



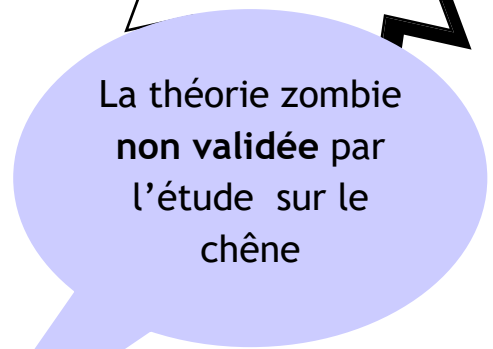
Il s'agit d'une chenille d'un papillon de nuit : Bombyx eri

CONCLUSION

les analyses auxquelles les chercheurs ont procédé n'ont mis en évidence **aucun lien entre défenses chimiques et un gradient de latitude ou climatique** . Néanmoins, **le rapport C/N a démontré un certain lien avec la latitude**. En effet, le rapport était plus élevé en basses et hautes latitudes et plus faible en moyennes latitudes. Ce qui va à l'encontre de la **théorie zombie**. Cela peut s'expliquer par une différence de composition **des sols** non prise en compte dans cette étude.

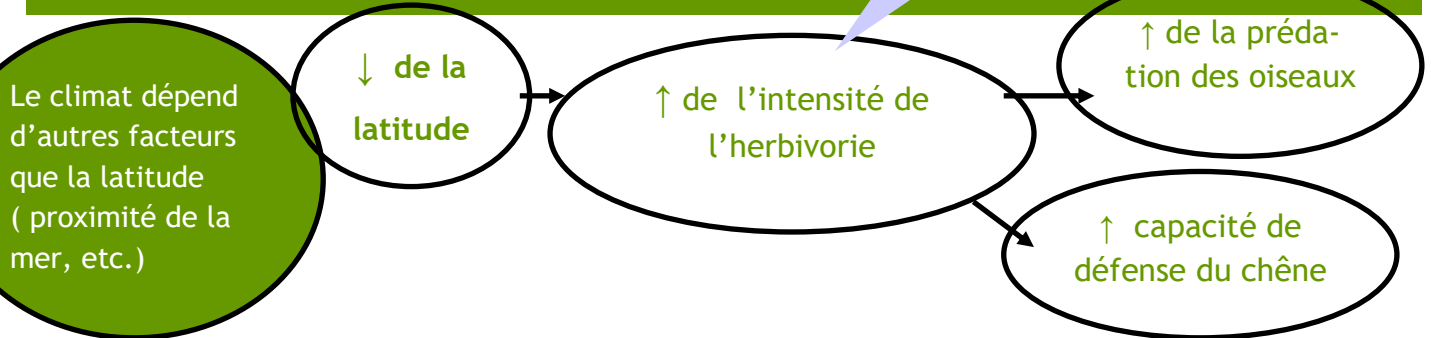


La science c'est pas forcément compliqué mais COMPLEXE



La théorie zombie non validée par l'étude sur le chêne

CONCLUSION GENERALE



LES CRITIQUES/ PERSPECTIVES

- Attaques des arthropodes comme les fourmis ou les coccinelles négligées , or elles réagissent aux conditions climatiques contrairement aux oiseaux
- L'intensité de défense varie sûrement selon le moment de la saison , selon la période de croissance de l'arbre : Etude sur un chêne à la fin de l'été ?