Calcul de biomasse, estimation du CO2 stocké dans un arbre

Objectif : Estimation de la quantité de carbone stockée dans un arbre grâce à des calculs de biomasse. Comparaison avec une planche de bois, et un meuble.

Matériel : Calculatrice / Excel / données réelles sur plusieurs espèces d'arbres (téléchargeable sur le site) .
Pour la sortie en forêt : croix du bucherons / cahier de notes / mètre

Déroulement : Cette activité est liée à la partie théorique des services écosystémiques et fait appel à la compétence mathématique. Cette activité de terrain peut être réalisé ou poursuivie en classe avec les données du tableau Excel.
Le carbone est un élément chimique très présent dans tous les êtres vivants. Toute forme de vie est principalement composé de carbone, d'oxygène et d'hydrogène. Les arbres sont constitués à 50% de carbone car ils en stockent une grande quantité dans la paroie de leurs cellules notamment.
Tous les arbres effectuent la photosynthèse, qui leur permet de créer de nouveaux tissus et de se développer. En particulier, ils utilisent le CO2 atmosphérique pour le stocker sous forme de matière organique ou végétale (bois/feuilles/fruits/racines...).
L'activité suivante vous permet d'estimer la quantité de CO2 qu'un arbre ou une forêt peut stocker dans sa biomasse. De cette façon, nous connaissons la quantité de deux services écosystémiques que nos forêts génèrent, l'un étant la quantité de bois, en tant que service d'approvisionnement, et l'autre étant le CO2 absorbé, en tant que service de régulation.

Que sont un arbre et une forêt ?
L'importance de l'écosystème forestier

Pour avoir accès à la quantité de carbone stockée dans un arbre, nous devront calculer dans un premier temps le volume d'un arbre Vt puis nous calculerons la biomasse totale de l'arbre Bt et enfin nous pourrons estimer combien de carbone il y a dans toute cette biomasse QCO2.

Pour effectuer ces calculs, il est nécessaire d'avoir des mesures sur un même arbre : mesure de hauteur Ht, mesure de circonférence C1,3 (circonférence prise à 1,3m du sol) .
(On peut utiliser des moyennes si on raisonne à l'échelle d'une forêt.)

Pour les mesures réalisées par les élèves, ils pourront aller en dehors de l'établissement par groupe de 2-3 afin de mesurer la hauteur et la circonférence des arbres préalablement numérotés par le professeur. Chaque groupe devra ainsi mesurer 5 arbres et ensuite mettre les données dans un tableau commun (travail collaboratif optionnel).

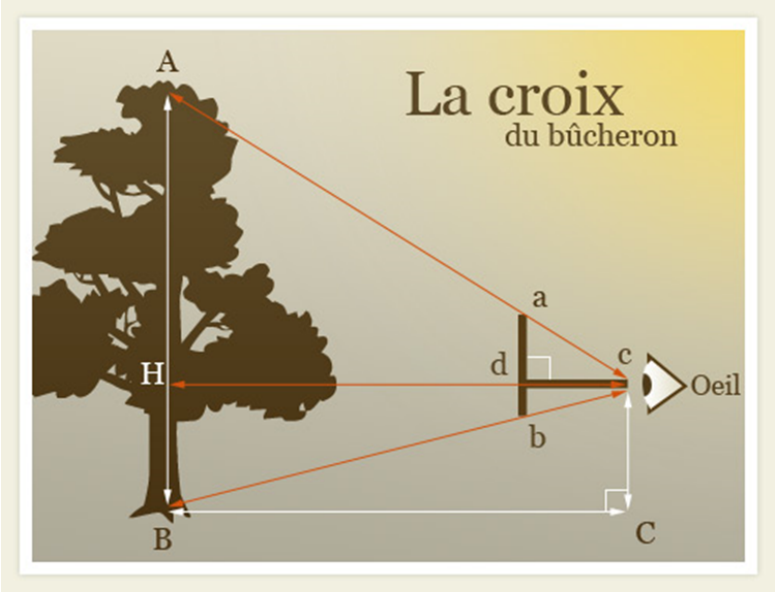
Pour comparer ces quantités de carbone contenu dans un arbre et dans les produits de la vie quotidienne, on peut utiliser le calcul suivant :
Carbone stocké dans une planche de bois = Longueur*Largeur*Hauteur pour Bt puis calcul on calcul directement QCO2 (il ne faut pas oublier de multiplier par la densité du bois, pour des résineux on peut prendre 0,438 tMS/m3 ; sachant que lors du sciage d'une planche on peut perdre jusque 50% de la biomasse)

Mesure de Hauteur et de la circonférence d'un arbre :
La collecte de données à effectuer sur le terrain est simplement la circonférence du tronc et la hauteur du tronc.

- Hauteur

Dans le cas de la hauteur, un instrument basé sur la trigonométrie sera nécessaire pour calculer ce paramètre. L'instrument utiliser est ici une croix de bûcheron, contituer de deux baguettes d'environ 20cm chacune.

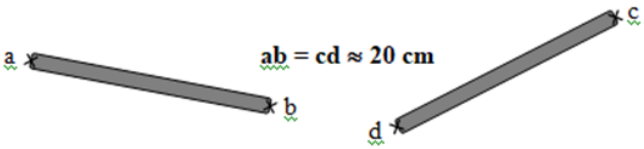
- Méthode d'utilisation de la croix du bucheron



Protocole expérimental

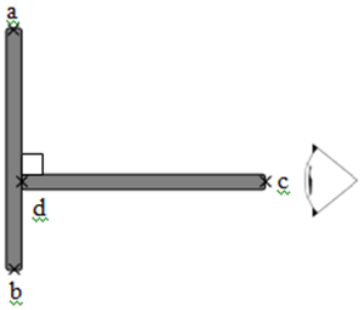
Utilisation de la Croix du Bûcheron pour déterminer la Hauteur de l'Arbre

1. Prendre deux baguettes de mêmes dimensions (*environ 20 cm*)



2. Placer la **première baguette** en position **horizontale** (*parallèle au plan du sol*) de telle sorte qu'**une de ses extrémités** soit **face à un œil**,

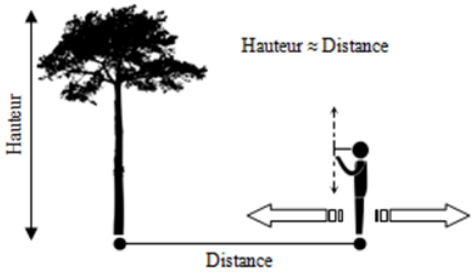
3. Placer la **seconde baguette perpendiculairement** à la première et à l'extrémité la plus éloigné de vos yeux,

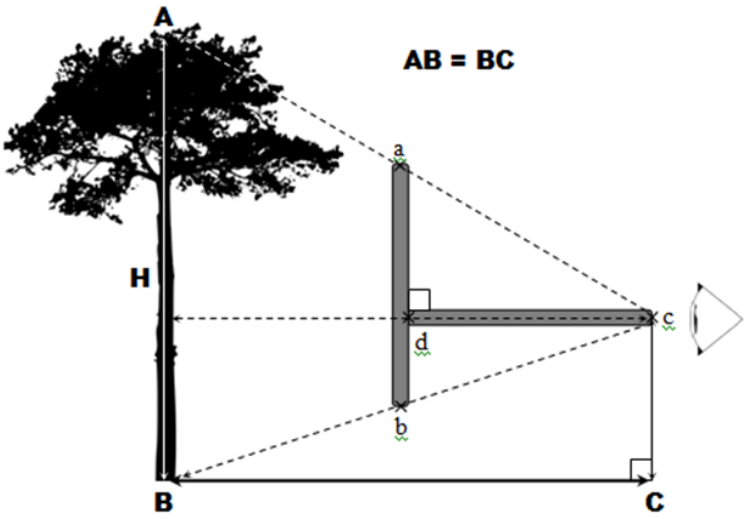


4. Se placer face à l'arbre dont on souhaite déterminer la hauteur à une **distance approximativement voisine de sa hauteur,**

5. Puis **avancer ou reculer** et **faire coulisser** la **baguette verticale** tout en maintenant l'autre baguette à l'horizontale de manière à **faire coïncider sur une même ligne** :

- Le pied de l'arbre, le bas de la baguette verticale et son œil (cB)
- La cime de l'arbre, le haut de la baguette verticale et son œil (cA)





6. Lorsque les **deux extrémités de l'arbre** correspondent **aux deux extrémités de la baguette verticale**, la mesure de la distance **BC** vous séparant de l'arbre vous donne la **hauteur AB ou H de l'arbre**.

Que sont un arbre et une forêt ?
L'importance de l'écosystème forestier

- Circonférence :

Mesure de la circonférence avec un ruban
Pour prendre la circonférence, un mètre ruban classique sera utilisé pour embrasser le tronc et mesurer son diamètre.
Tous les forestiers du monde ont décidé que la circonférence d'un arbre se mesure à 1,3 m du sol. Vous prenez donc votre mètre ruban pour mesurer à 1,3 m du sol, vous faites le tour de l'arbre à l'horizontale, en tenant fermement le mètre ruban, pour connaître sa circonférence.

- Calcul du volume aérien d'un arbre :

Un arbre ressemble plus ou moins à un cylindre quand il est en forêt. C'est ce que l'on peut voir sur la figure ci-après :

Nous utilisons la formule suivant pour calculer le volume totale de l'arbre :

$$V_t = 0{,}496 \times \frac{H_t \times {C_{1,3}}^2}{4\pi}$$

avec :

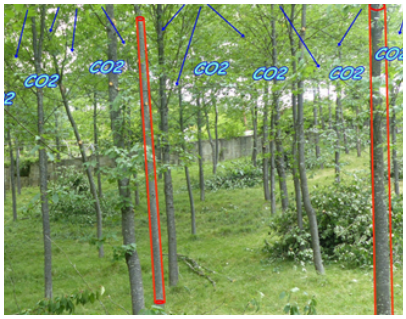
V_t volume total de l'arbre (m3)

$C_{1,3}$ circonférence à 1,3 m de hauteur (m)

H_t hauteur totale de l'arbre (m)

f facteur de forme de l'arbre, que l'on peut estimer à 0,496 pour toutes les espèces

- Calcul de la quantité de CO2 dans un arbre :



Un autre service écosystémique produit par la forêt, en plus de celui calculé ci-dessus, est l'absorption de CO2. L'estimation de cette fixation de CO2 se fait en tonnes et il est de plus en plus important de la connaître, car cet élément est directement lié au changement climatique.
Un réservoir de carbone est une réserve de carbone qui peut fonctionner comme une source ou un puits de carbone. Les forêts emmagasinent plus de carbone qu'elle n'en rejette, elles sont donc considérées comme des puits de Carbone. Le dioxyde de carbone ou CO2 inerte de l'atmosphère qu'elles absorbent est directement stocké sous forme de biomasse (matière organique vivante).

Afin d'avoir accès à cette quantité de carbone stocké dans les arbres, il faut auparavant calculer la biomasse d'un arbre.

- calcul de la biomasse aérienne

Ensuite, à partir volume total de bois aérien V_t et de l'infradensité du bois d_i , il est possible de calculer la biomasse aérienne de matière sècheB_a. L'infradensité est définie comme le rapport entre une masse de bois anhydre et son volume de l'état de saturation (en eau). Elle est exprimée en tonnes de matière sèche par m3 (tMS/m3).

$$B_a = V_t \times d_i$$

avec :

B_a biomasse aérienne en tonne de matière sèche (tMS)

V_t volume total de l'arbre (m3)

d_i infradensité de l'espèce (tMS/m3) qui peut être estimé à 0,546 tMS/m3 pour les feuillus et 0,438 tMS/m3 pour les résineux.

- Calcul de la biomasse totale

Ensuite, une fois que la biomasse aérienne B_a a été obtenue, il faut intégrer la partie souterraine des arbres. Elle est estimée à l'aide de facteurs d'expansion des racines ou d'équations basées sur la biomasse aérienne BEF_r.

$$B_t = B_a \times BEF_r$$

avec :

B_t biomasse totale, aérienne et racinaire (tMS)

B_a biomasse aérienne (tMS)

BEF_r le facteur d'expansion des racines, qui peut être estimé à 1,28 pour les feuillus et à 1,30 pour les résineux

- Calcul de la quantité de carbone

Enfin, la quantité de carbone contenue dans un arbre Q_{CO2} peut être calculée à partir de la biomasse totale (aérienne et racinaire) et de la teneur en carbone dans la matière sèche . Enfin, pour passer d'une valeur en tonnes de carbone à une valeur en tonnes de CO2, il suffit de multiplier la masse de carbone par la masse molaire d'une molécule de CO2, soit $\frac{44}{12} \approx 3{,}67$

$$Q_{CO2} = \tau_c \times B_t \times \frac{44}{12}$$

avec :

Q_{CO2} la quantité de CO2 séquestrée dans un arbre (t)

τ_c le taux de carbone, qui peut être estimé à 0,475 tC/tMS

B_t biomasse totale, aérienne et racinaire (tMS)

Pour passer d'une valeur en tonnes de carbone à une valeur en tonnes de CO2, il suffit de multiplier la masse de carbone par la masse molaire d'une molécule de CO2, soit $\frac{44}{12} \approx 3{,}67$

Remarque : attention aux résultats obtenus, ce sont des estimations ! On estime prendre un risque de ± 15-20% pour les feuillus et ± 20-25% pour les résineux
Pour illustrer les résultats, en 2017, les émissions de CO2 dans l'atmosphère étaient de 36,8 milliards de tonnes.
On estime que chaque seconde 1 000 tonnes de CO2 sont émises dans l'atmosphère.
Et le nombre de tonne de CO2 que nous avons calculé représente la quantité de CO2 absorbée sur terre pendant la durée de vie de l'arbre (c'est-à-dire 20-30-40 ans selon la date de plantation).

FICHE ÉLEVE

Nom du groupe : _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Date : _

Forêt : _

N° Arbre	Espèce	Hauteur (m)	Circon-férence à 1,3m (cm)	Volume (m3)	Biomasse aérienne (tMS)	Biomasse total (tMS)	Quantité de CO2 séquestrée (t)

Exemple d'application :

Arbre 1 : Pin maritime
Hauteur = 25m
Circonférence du tronc a 1m30 =110 cm

- Dans un premier temps nous allons calculer le volume de l'arbre (ce qui représente le tronc de l'arbre) :

$Vt = 0.496*(25*(1.10)^2)/4\pi$
= 1.1940 m3
Pour notre arbre nous avons un volume de 1.1940 m3

- Calculons ensuite la Biomasse aérienne (ce qui représente le tronc + les branches de l'arbre):

Ba = 1.1940 *0.438
Ba = 0,5229 tMS
La partie aérienne de l'arbre correspond à 0,5229 tonne de Matière Sèche

- Calculons ensuite la biomasse totale de l'arbre (partie aérienne + partie souterraine, les racines)

Bt = 0,5229*1.30
Bt = 0,6798 tMS
La biomasse totale de l'arbre représente 0,6798 t MS (partie aérienne + partie souterraine)

- Calculons ensuite la quantité de CO2 stocké dans cet arbre :

QCO2 = 0.475*0.6798*(44/12)
QCO2 = 1,1840 t

Pour notre exemple, l'arbre ici présent stocke dans sa biomasse 1,1840 tonne de CO2. Sachant qu'à titre de comparaison 1 tonne de CO2 correspond à un aller-retour Paris-New-York en avion par passager (12 000 km). Il est important de rappeler que cet arbre de 25metre a mis 30 ans pour pousser et donc il a mis 30 années pour emmagasiner 1.18 tonne de CO2. Donc un aller-retour Paris-New-York équivaut a 30 années de stockage de carbone pour un Pin Maritime.