



**Manon BUZES 4A
2021/2022**



RAPPORT DE STAGE

Le cycle du carbone dans les zones humides et les écosystèmes forestiers et de montagne

Polytech Tours

Département Génie de l' Aménagement et de l'Environnement

Tuteur académique : **Mr Stéphane RODRIGUES, Mme Mathilde GRALEPOIS**

Université de Parme

Département des sciences chimiques, de la vie et de la durabilité de l'environnement

Tuteur : **Mr Alessandro PETRAGLIA**

TABLE DES MATIÈRES :

Tables des figures :	4
I - Ma structure d'accueil : l'Université de Parme	5
II – L'analyse et la compréhension du cycle du carbone : outils essentiel face aux enjeux futurs	7
A) Augmenter le stock de carbone dans une forêt déjà existante	7
1° L'importance des puits de carbone sur Terre	7
2° Création du projet INSCAPE (augmentation de la séquestration du carbone dans les forêts des Apennins éмилиens)	7
a) Un projet mêlant différents acteurs	7
b) La création de 6 zones d'études dans les Apennins	8
c) Les expériences et les différents traitements subis par les plantes	9
B) Repeupler la forêt pour maintenir la vie dans les montagnes	11
1° L'augmentation des périodes de sécheresse et l'intensification des épisodes pluvieux	11
2° La recherche de gènes résistants à la sécheresse	12
C) Préserver les zones humides : puits de carbone très importants	12
1° Les fonctions et services rendus par les zones humides	12
2° Le diagnostic des tourbières dans les Apennins	13
D) Apréhender l'impact très fort de la fonte précoce des neiges sur la flore et la faune des Alpes	13
1° Un réchauffement climatique qui perturbe le cycle de vie dans les montagnes	13
2° La conséquence de ce phénomène à anticiper dans les années à venir	14
III - Le déroulé de ma mission et présentation de mes livrables	14
A) Etat de l'art des techniques et notions nécessaires	14
B) Analyse du taux de décomposition et de développement des arbres : projet INSCAPE	15
1° Prise de données et d'échantillons sur le terrain	15
2° Mon travail sur excel pour interpréter les résultats et les communiquer	17
3° Prendre part à la discussion des résultats	18
C) Identification des relations qui relient le développement de l'hêtre, la génétique, l'environnement et les conditions climatiques	19
D) Diagnostic de l'état de conservation des tourbières	21

1° Carottage et analyse du flux hydrique	21
2° Mon travail en laboratoire : l'utilisation des fours et la pesée des échantillons	23
E) Observation des variations de développement des végétaux	26
IV – Le retour réflexif sur mon expérience	28
A) Ma démarche pour appréhender ce stage et les méthodes qui j'ai mis en place	28
B) Mon analyse critique des résultats produits	30
C) Mes propositions et pistes de changement	31
D) La projection dans un métier	33
Bibliographie :	34
Webographie:	35
Résumé :	36
Abstract :	36
Annexes :	37

Tables des figures :

Figure 1 : Logo du projet INSCAPE

Figure 2 : Localisation des 6 zones d'étude

Figure 3 : Les 4 schémas d'amincissements

Figure 4 : Photographie du schéma 3 d'amincissement sur le terrain

Figure 5 : Photographie d'un arbre cerciné sur l'une des zones d'étude

Figure 6 : Empilement de bois morts

Figure 7 : Localisation du glacier de Presena et du col du Gavia

Figure 8 : Photographies de la surélévation du bois pour l'expérience de la décomposition

Figure 9 : Photographie de la "NPD method" pour calculer le diamètre d'un arbre sur deux années différentes

Figure 10 : Schéma de fonctionnement du TeaBag Index

Figure 11 : Schéma représentant les premiers résultats et les besoins futurs pour la compréhension de l'impact du Biochar sur la germination

Figure 12 : Carottage dans un arbre pour observer son développement au cours des années

Figure 13 : Photographies de certaines espèces végétales présentes dans la tourbière

Figure 14 : Installation d'un quadrat et d'un point d'étude dans la tourbière

Figure 15 : Mesure de la profondeur de l'aquifère

Figure 16 : Mesure du flux de carbone dans le sol à l'aide d'une sonde

Figure 17 : Photographies d'une tourbière eutrophisée

Figure 18 : Préparation et mesure du poids des échantillons de sol

Figure 19 : Sites expérimentales du projet Gloria présents sur les flancs du col du Gavia

Figure 20 : Installation du site expérimental (Manon Buzes)

Tableau 1 : Résultats de l'impact du Biochar sur la décomposition du sachet de thé rouge

I - Ma structure d'accueil : l'Université de Parme

Pour valider ma deuxième année à l'école d'ingénieur Polytech Tours en Génie de l'Aménagement et de l'Environnement, j'ai dû réaliser un stage de 12 semaines minimum. J'ai décidé de faire ce stage à l'étranger pour pouvoir réaliser mon stage de fin d'étude en France et potentiellement me faire recruter après ce stage.

Ainsi, j'ai fait une demande à plusieurs universités en Europe pour savoir si des professeurs chercheurs recherchaient des stagiaires pendant la période de mai à juillet 2022. Après plusieurs échecs dû aux conditions sanitaires de certains pays, de l'instabilité d'autres... J'ai eu une réponse positive de l'université de Faro au Portugal, de Zagreb en Croatie, d' Helsinki en Finlande et de Parme en Italie. Ensuite, j'ai pu faire un choix selon les projets qui m'étaient proposés. Ainsi, j'ai choisi l'université de Parme qui me proposait un stage de terrain et de traitement de données environnementales. Cela était très différent du stage de 3A que j'avais réalisé dans une communauté des communes et qui était tourné vers la législation et le social. Ainsi, je développais d'autres savoirs qui pourraient enrichir mon curriculum vitae et ma future efficacité dans une entreprise.

Ma structure d'accueil durant ce stage a donc été l'Université de Parme. C'est un établissement d'enseignement supérieur qui accueille 27 000 étudiants et 1 700 professeurs. J'ai été sous la direction de Mr Alessandro Petraglia, professeur et chercheur en botanique dans le département des sciences chimiques, de la vie et de la durabilité environnementale.

L'université de Parme n'est pas la plus célèbre en Italie. Elle est même très loin des universités telles que Bologne ou Milan. Pourtant, elle est connue pour être tournée vers l'environnement. Elle est notamment à l'initiative de nombreuses actions et a installé de nombreux aménagements dans le campus pour préserver la biodiversité. Elle a d'ailleurs publié deux rapports de durabilité depuis 2019 dans lesquels le président Paolo Andrei témoigne de *« l'attention que l'Université porte au développement durable en rendant compte de ses initiatives et de ses performances dans les domaines environnemental, social et bon marché. »*(10) Pour lui, *« la durabilité est étroitement liée à toute l'activité de l'Université et doit être un objectif partagé, dans son importance et son urgence, par toutes les composantes de la Communauté : étudiantes et étudiants, enseignants, chercheuses et chercheurs, personnel technique et administratif. »*(10) Cette façon de pensée m'a beaucoup plus et correspondait à l'option que j'avais choisie en 4e année Aménagement DurAble et Gestion Écologique. Ainsi, j'avais le sentiment que cette université pourrait me convenir et que le stage que l'on m'avait proposé pourrait me plaire.

Cette université comporte 12 facultés dispersées dans la ville de Parme. De nombreux étudiants viennent y étudier. Deux tiers de ceux-ci viennent de l'extérieur de la province de Parme. Un nombre qui lui procure *« le premier rang pour attirer les étudiants non-résidents à l'échelle nationale. »* Pour ma part, j'ai intégré la faculté des Sciences naturelles située au sud de la ville. Sur le campus, il y a à notre disposition des bibliothèques, des laboratoires, des cantines, des activités culturelles ainsi que des bureaux d'informations utiles pour les étudiants comme moi qui ont dû s'inscrire en milieu d'année. Grâce au bureau des relations internationales, j'ai pu très vite faire mon inscription et accéder aux services tel que la WIFI, une adresse électronique universitaire...

Sur ce campus, j'ai intégré le département des sciences chimiques, de la vie et de la durabilité environnementale qui comprend des enseignements et des projets sur la biologie et applications biomédicales, les sciences biomoléculaires, génomiques et cellulaires, la chimie, l'écologie et éthologie pour la conservation de la nature, la biotechnologies génomiques, moléculaires et industrielles, les sciences et technologies géologiques, la chimie industrielle, et les sciences et technologies pour l'environnement et les ressources.

Il a été élu département d'excellence par le ministère italien et s'est vu recevoir un financement de ces projets pour une période de 5 ans (2018-2022). Les thèmes de ces projets doivent être en relation avec *« l'étude de systèmes complexes, qui implique d'importants défis d'innovation basés sur la centralité des molécules dans les systèmes biologiques, le développement de nouveaux matériaux et dispositifs, les relations d'échange entre les éléments vivants du monde naturel et des environnements. »* (10)

Ce département est réparti sur plusieurs bâtiments du campus. Pour ma part, mon bureau était localisé dans le bâtiment principal où il y avait des salles de cours, des laboratoires et des bureaux dont celui de Mr Petraglia et de ses collègues. Dans celui-ci, j'ai travaillé pendant 12 semaines sur le cycle du carbone dans les écosystèmes forestiers et de montagne. Ce projet m'a beaucoup intéressé au départ car il correspondait à ma spécialité ADAGE (aménagement durable et gestion de l'environnement) de Polytech. Ainsi, j'avais beaucoup de notion sur le sujet de par les cours auxquels j'ai assisté. Ce sujet m'intéressait beaucoup et je voulais voir quels points de vue et quelles techniques avaient les italiens pour traiter le sujet. J'avais donc comme attentes d'être intégré à l'équipe de recherche environnementale, d'avoir diverses tâches sur le terrain, en laboratoire et d'analyse de données. A la fin du stage, je voulais savoir ce que c'était de monter un projet et qu'est ce qu'était le métier de chercheur.

II – L'analyse et la compréhension du cycle du carbone : outils essentiel face aux enjeux futurs

Mon tuteur de stage était en charge de plusieurs projets depuis plusieurs années. En tant que chercheur en botanique, il étudiait les changements dans la biodiversité végétale et les impacts du réchauffement climatique sur les zones humides et les écosystèmes forestiers et de montagne. Ainsi, mon travail durant ce stage était relié à ces activités que je vais maintenant décrire.

A) Augmenter le stock de carbone dans une forêt déjà existante

1° L'importance des puits de carbone sur Terre

Face au réchauffement climatique qui touche le monde entier et qui aura de nombreux impacts sur notre vie future, l'un des enjeux est de réduire la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Il existe plusieurs gaz à effet de serre mais le plus présent est le CO₂. L'une des stratégies de demain est d'augmenter les puits de carbone sur Terre et donc de favoriser la séquestration du carbone sur terre ou sur mer. Pour cela, une option possible est de transformer le carbone gazeux en biomasse végétale. Cette transformation est déjà réalisée naturellement lors de la photosynthèse par les plantes. Ainsi, les forêts en tant qu'écosystèmes favorisent la captation de carbone dans l'atmosphère. La gestion de ceux-ci doit être réfléchi dans une pensée durable pour augmenter son potentiel futur.

L'une des solutions pour réduire le carbone atmosphérique est donc de développer le potentiel des forêts. Pour cela, des arbres peuvent être plantés à travers le monde pour augmenter le nombre d'individus photosynthétiques et donc augmenter la séquestration de carbone. La ville de Parme est très végétalisée pour une ville de 200 000 habitants. Cela s'explique par la volonté des habitants et des autorités qui sont tournés vers le vert. A l'instar de cette volonté, depuis 2015, un projet a été réalisé "*Kilometro Verde Parma*" qui avait pour but initial de "*créer un couloir arboré le long des 11 kilomètres de l'autoroute A1 qui traverse Parme pour réhabiliter l'environnement de l'un des tronçons autoroutiers les plus fréquentés d'Europe.*" (A) Aujourd'hui, l'objectif s'est étoffé à l'échelle de toute la ville pour planter des arbres dans toute la commune.

L'autre solution pour réduire le carbone atmosphérique est de capter et fixer plus de carbone à l'échelle d'une forêt déjà installée. C'est ce qu'à décider d'étudier le département des sciences chimiques, de la vie et de la durabilité environnementale de l'université de Parme et dont je vais développer le propos.

2° Création du projet INSCAPE (augmentation de la séquestration du carbone dans les forêts des Apennins éмилиens)

a) Un projet mêlant différents acteurs

L'hypothèse faite par les chercheurs dans le cadre de ce projet est que « la séquestration du carbone peut être favorisée en augmentant le stock de carbone et en réduisant les taux de décomposition dans les principaux compartiments où le carbone est stocké : arbres, bois morts et sol. » (B) La logique est donc de créer plus de matière organique et de moins la dégrader pour réduire le rejet de gaz carbonique et augmenter le stock de carbone dans la forêt.



Ainsi, certains chercheurs de l'université de Parme, dont fait partie mon maître de stage, ont décidé de vérifier cette hypothèse en montant le projet INSCAPE « *Incremento del Sequestro del Carbonio nelle Foreste dell'Appennino Emiliano* » (Augmentation de la séquestration du carbone dans les forêts des Apennins émilien). Ce projet est financé par le programme de développement rural de l'Emilie Romagne.

figure 1 : Logo du projet INSCAPE : <https://www.inscape.unipr.it/it/partners/2/>

Ce projet met en relation plusieurs acteurs locaux pour réfléchir aux questions de gestion forestière et de durabilité. Avant tout, il y a des responsables scientifiques dont fait partie Mr Alessandro Petraglia, ainsi que d'autres professeurs de l'université de Parme. Ils apportent leurs expertises et leurs expériences des milieux naturels. Par la suite, le parc national des Apennins Tosco-Emiliano a été sollicité. Sur une partie de son territoire de 26 149 ha vont être réalisés des diagnostics, des activités et des projets afin de connaître ses ressources paysagères, naturalistes et environnementales. Pour finir, des coopératives tel que C.O.F.A.P. SCRL, la Coopérative Monte Navert, la société coopérative Val Parme et la coopérative alpine seront invités à fournir leurs services et donner leurs points de vue sur les décisions prises. (B)

b) La création de 6 zones d'études dans les Apennins

En Europe, les écosystèmes forestiers les plus répandus sont les forêts de hêtres. Le projet INSCAPE s'est donc concentré sur ce type de forêt que l'on trouve dans la chaîne de montagnes des Apennins. C'est ainsi que 150 000 hêtres ont été identifiés dans 6 zones distinctes des Apennins en automne 2020 comme indiqué ci-dessous. Puis, celles-ci ont été soumises à des traitements expérimentaux pour tester les hypothèses et atteindre les objectifs voulus.



Figure 2 : Localisation des 6 zones d'étude : <https://www.inscape.unipr.it/it/progetto/31/142/>

c) Les expériences et les différents traitements subis par les plantes

L'idée du projet est d'augmenter la création de matière par photosynthèse et gérer le bois mort et la décomposition pour augmenter la quantité de carbone "vivant" et dans le sol.

« Le stock dans la partie émergée des arbres peut être enrichi en augmentant la croissance secondaire, c'est-à-dire l'augmentation du diamètre du tronc. Cela peut être favorisé par l'éclaircie des forêts, qui consiste à réduire la concurrence en éliminant certains individus sélectionnés. »(B) Par conséquent, le but est de faire grandir les arbres plus vite avec des méthodes d'enrichissement du sol. Puis, certains de ces arbres vont être coupés pour que ceux en périphérie aient plus de ressources et se développent plus (méthodes d'amincissement). Le bois mort ainsi créé sera géré de manière astucieuse pour augmenter la permanence du carbone dans leur tissu en ralentissant les processus de décomposition dans le sol et donc réduire les émissions de CO₂. Finalement, cette gestion favorisera la séquestration du carbone des forêts et réduira la libération de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

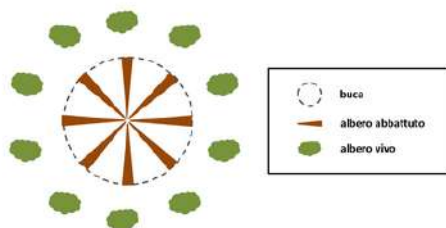
Pour vérifier cette hypothèse, plusieurs expériences ont été réalisées. Premièrement, des expériences sur la croissance des plantes.

En première partie, le groupe a étudié la croissance des arbres par enrichissement du sol. Dans cette partie du projet, ils ont enrichi le sol en Biochar. "C'est une forme stable d'un composé riche en carbone qui est produit par la décomposition thermique de matières organiques sous une réserve limitée d'oxygène (aussi appelée pyrolyse) et à basse température généralement entre 300 °C et 700 °C."(3) Celui-ci, d'après plusieurs études tel que celle citée précédemment, a une capacité de rétention et d'absorption des éléments nutritifs et de l'eau forte ainsi il peut être utilisé comme amendement.

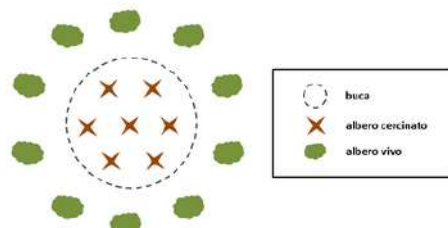
Ainsi, dans cette première partie, le groupe a observé les impacts potentiellement positifs de celui-ci sur le développement des arbres et donc de la fabrication de la matière organique et donc le piégeage du CO₂. Ce type d'expérience a un impact très lourd sur le terrain, ainsi cette expérience a été réalisée en laboratoire.

En deuxième partie, des expériences sur la croissance des plantes par amincissement ont été réalisées. Les 150 000 arbres étudiés ont été soumis à différents traitements c'est-à-dire que sur chacune des 6 zones d'études, des traitements ont été réalisés. Ces traitements ont été des schémas d'amincissement comme on peut le voir sur les croquis ci-dessous :

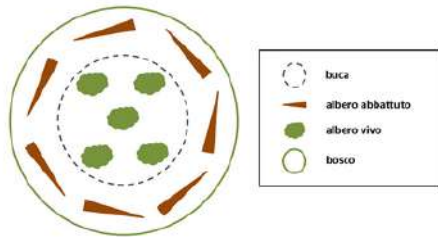
**Schéma 1 : ceinture d'arbres
avec au centre des arbres abattus**



**Schéma 2 : ceinture d'arbres
avec au centre arbre cercinés**



**Schéma 3 : couronne d'arbres abattus
avec au centre arbres vivants**



**Schéma 4 : couronne d'arbres cercinés
avec au centre arbres vivants**

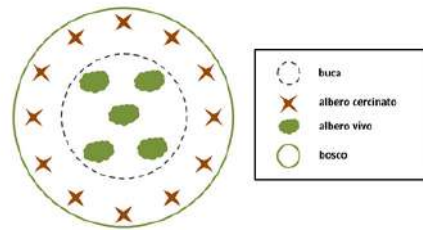


Figure 3 : Les 4 schémas d'amincissements, <https://www.inscape.unipr.it/>

Légende :

- bosco = forêt
- albero abbattuto = arbre abattu
- albero vivo = arbre vivant
- albero cercinato = arbre cerçé



La photographie ci-contre représente l'un des schémas d'amincissement. On peut y voir l'ampleur de ces traitements en réalité.

Figure 4 : Photographie du schéma 3 d'amincissement sur le terrain
(Manon Buzes)



Les schéma ci-dessus représentent des cercles de 35 m de diamètre comportant des arbres vivants et des arbres abattus ou cerçés (un arbre abattu est un arbre mort au sol tandis qu'un arbre cerçé est mort mais à la verticale). Comme nous pouvons le voir sur la figure ci-contre, le groupe de recherche a cerçé l'arbre pour couper les vaisseaux qui transportent les sucres et l'eau des racines vers les feuilles et inversement. Ainsi l'arbre ne peut plus se développer et meurt mais il reste à la verticale et non au sol.

Figure 5 : Photographie d'un arbre cerçé sur l'une des zones d'études
(Manon Buzes)

Ainsi, dans cette expérience, nous avons cherché à observer si les arbres sélectionnés pour rester en vie allaient mieux se développer car moins en compétition avec les autres arbres ou non. L'objectif a donc été de comparer la matière organique créée par cet amincissement et de la comparer avec la matière organique qui aurait pu être créée si aucun traitement n'avait été réalisé. Ainsi, un cercle de contrôle a été réalisé sans traitement pour pouvoir comparer les résultats.

Dans un deuxième temps, des expériences sur les processus de décomposition de la matière organique ont été réalisées.

L'objectif a été d'augmenter la permanence du carbone dans les tissus morts des plantes et ralentir les processus de décomposition dans le sol pour favoriser la séquestration du carbone des forêts et réduire la libération de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Ainsi, l'équipe du projet INSCAPE a cherché des méthodes pour rendre les conditions de décomposition du bois morts, plus défavorables.

L'hypothèse de départ était que les arbres abattus allaient plus vite se décomposer que les arbres cercinés car ils étaient dans des conditions plus favorables : lumière, humidité, micro-organismes du sol....Pourtant, l'expérience ne s'arrêtait pas là, d'autres traitements ont été réalisés; des traitements de surélévation et d'empilement du bois morts, d'enrichissement en tanin du bois et en biochar du sol (connu pour ralentir la décomposition).



Lorsque le bois de châtaignier est coupé et humidifié, les tanins sont libérés dans l'environnement. Nous avons supposé que les tanins libérés par la couche de châtaignier placée sur l'empilement de bois morts du sol (10 ou 20 cm), en percolant sur les tas, allaient ralentir les processus de décomposition du bois de hêtre sous-jacent.

Ainsi, des empilements tels que celui ci-contre ont été placés sur les 6 zones d'études.

Figure 6 : Empilement de bois morts, <https://www.inscape.unipr.it/>

Pour finir, avant de conclure à quelques résultats, il nous fallait vérifier si le cycle du carbone n'était pas coupé, c'est-à-dire que l'enrichissement en Biochar dans le sol ne devait pas perturber le cycle de développement de l'arbre mais pas non plus celui de sa descendance. Ainsi, il nous a fallu vérifier l'impact du Biochar sur la germination des graines. Ce travail a été fait en laboratoire.

B) Repeupler la forêt pour maintenir la vie dans les montagnes

1° L'augmentation des périodes de sécheresse et l'intensification des épisodes pluvieux

Mr Petraglia et des collègues chercheurs ont un autre projet qui est d'étudier l'impact des périodes de sécheresse sur l'espèce *Fagus sylvatica* L.

Avec le réchauffement climatique, de nombreuses études montrent que les périodes de pluie seront plus courtes et plus intenses ainsi des périodes de sécheresse plus longues surviendront. J'ai pu le constater durant mon stage. Les températures ne suivaient pas du tout les normales de saison. En Lombardie, dans le nord de l'Italie, l'état d'urgence a été déclaré face à une sécheresse record depuis 70 ans. Cette vague de chaleur n'a pas atteint seulement l'Italie mais toute l'Europe du Nord cette été et la France a aussi été touchée. (C)

Or, ce phénomène se répétera dans le futur. D'après le GIEC, *“ la sécheresse, les pluies excessives et la chaleur ont entraîné dans l'UE des baisses de la productivité des forêts, des récoltes et de l'élevage, en particulier des pertes sur le blé. Les pertes de récoltes liées aux sécheresses et aux canicules auraient triplé ces 50 dernières années.”*(D) De plus *“en Europe méridionale, plus d'un tiers de la population sera exposée (d'ici 2050) à une pénurie d'eau à un niveau de réchauffement planétaire de 2°C ; et ce risque doublera et des pertes économiques importantes pourraient survenir dans les secteurs dépendant de l'eau et de l'énergie.”* (E)

Ainsi, comme indiqué, les secteurs dépendant de l'eau seront gravement touchés par ces périodes de sécheresse. Or, une économie forte se développe autour de l'industrie du bois dans les montagnes des Apennins. Si le bois venait à manquer par manque d'eau, c'est toute une économie qui s'effondrerait. Ainsi, les personnes vivant dans ces zones de montagnes viendront sûrement chercher du travail dans les grandes villes situées dans les plateaux. Par conséquent, des vagues de migration arriveraient et les montagnes se désertifieraient.

2° La recherche de gènes résistants à la sécheresse

Ainsi, le but de ce projet est de repeupler la forêt avec des arbres résistants à la sécheresse.

L'hypothèse étant que certains arbres sont déjà adaptés à ces périodes de sécheresse mais ne forment qu'une minorité des individus de la population. Pour vérifier cela, nous avons cherché à identifier un ou plusieurs gènes qui procureraient des aptitudes aux arbres. Le but final étant de trouver ces arbres pour pouvoir récupérer leurs graines et recoloniser certaines parties de la forêt des Apennins. Cette recolonisation permettra d'éviter les pertes trop importantes dans le futur, maintenir une biodiversité et garder florissante l'économie dans les montagnes et éviter les migrations des populations vers les grandes villes.

C) Préserver les zones humides : puits de carbone très importants

1° Les fonctions et services rendus par les zones humides

D'après la loi sur l'eau, les zones humides sont *«les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année»*.(F)

Elles sont très utiles car elles remplissent de nombreuses fonctions écologiques telles que la filtration de l'eau, la recharge de la nappe, le stockage et transfert de l'eau, une régulation des crues, un support de la biodiversité, une régulation du climat, et surtout un stock de carbone.....

Mais aujourd'hui, de part le réchauffement climatique et l'activité humaine, les zones humides sont en danger. Nous parlons beaucoup de la déforestation et de la disparition des forêts, poumon vert de la Terre tout en ignorant que *“les zones humides disparaissent 3 fois plus vite que les forêts et en ne recouvrant que 3% de la superficie de la planète, elles stockent deux fois plus de carbone que toutes les forêts du monde !”*. *“Entre 1970 et 2015, environ 35% des zones humides de la planète ont disparu et le rythme de disparition s'est accéléré depuis 2000, selon les premières perspectives mondiales pour les zones humides, de la Convention de Ramsar.”*(G)

2° Le diagnostic des tourbières dans les Apennins

Le but du projet dans les zones humides est de faire un diagnostic des tourbières situées dans la chaîne de montagnes des Apennins. C'est un projet de 5 ans financé par le ministère dans tous les parcs naturels d'Italie sous l'appellation "Parco per il clima". Celui-ci va être étendu à plusieurs tourbières du parc national des Apennins mais pendant ma période de stage, nous nous sommes concentrés sur quatre d'entre elles.

L'hypothèse est que, au vue des activités humaines et du réchauffement climatique, les tourbières sont en danger et que cela va s'aggraver avec le temps. Ainsi, l'objectif du projet est de créer une base (le diagnostic) qui sera donnée aux autorités pour mettre en place des plans de gestion adaptés.

Ainsi, nous avons étudié la décomposition dans les tourbières, et la quantité d'eau superficielle et en profondeur pour pouvoir comprendre comment elles sont impactées et comment les conserver dans le futur.

D) Apréhender l'impact très fort de la fonte précoce des neiges sur la flore et la faune des Alpes

1° Un réchauffement climatique qui perturbe le cycle de vie dans les montagnes

Un autre projet de Mr Petraglia est d'étudier la fonte précoce des neiges dans les Alpes italiennes en vue d'une gestion dans le futur face au réchauffement climatique.

La neige est très importante dans les écosystèmes alpins. Elle rythme le développement écologique dans les montagnes en impactant de nombreux facteurs de la vie. " *La dynamique de la neige et de sa fonte modifie la durée de croissance des êtres vivants, la phénologie, la composition de la communauté, l'humidité du sol, la biogéochimie, la séquestration du carbone, les interactions trophiques...* ".(8) Elle est plus importante que la température ambiante elle-même.

Pourtant, aujourd'hui face au réchauffement climatique, les écosystèmes froids des Alpes italiennes se voient faire face à une fonte précoce des neiges hivernales et de la hausse des températures.

Un exemple typique qui représente ce réchauffement est l'effondrement du glacier de la Marmolada, le plus haut sommet des Alpes italiennes qui a fait une dizaine de morts au début du mois de juillet.

Un autre glacier qui subit de très lourdes conséquences de ce réchauffement est le glacier de Presena qui se situe à 3,069 mètres d'altitude entre la région de Trentin et de la Lombardie.

Ce glacier, très populaire par les amateurs de ski, voit sa fonte s'accélérer depuis quelques années face au réchauffement climatique. Pour faire face à cette catastrophe écologique et économique pour la région, depuis 2008, "des dizaines d'ouvriers s'affairent sur le glacier pour le recouvrir d'immenses bandes de toiles blanches afin de créer "une couverture de survie" dans cette partie de la montagne. Ces bâches blanches en matière brillante réfléchissent les rayons du soleil et permettent de maintenir une température plus basse que celle de l'extérieur. Résultat, la neige ne s'évapore plus aussi rapidement qu'en temps normal. " (H)

Pourtant, cette couverture n'est pas une solution à long terme. Ainsi, les chercheurs de l'université de Parme veulent s'intéresser plus en détail à cette fonte, en découvrir les réels impacts sur la biodiversité et par la suite, au vu des résultats, discuter avec les différents acteurs pour trouver des solutions durables.

2° La conséquence de ce phénomène à anticiper dans les années à venir

Les chercheurs de l'université de Parme ont alors décidé de participer à un programme mondial nommé GLORIA. *“Le programme GLORIA exploite un réseau mondial d'observation à long terme avec des parcelles permanentes en milieu alpin. Les données sur la végétation et la température recueillies aux sites GLORIA seront utilisées pour discerner les tendances en matière de diversité, de composition et d'abondance des espèces et de la température, et d'évaluer et de prévoir les pertes de biodiversité dans ces écosystèmes alpins fragiles qui subissent des pressions croissantes liées au changement climatique. Le programme GLORIA vise à établir des indicateurs applicables à l'échelle mondiale pour comparer l'ampleur et la vitesse des changements des différentes composantes de la biodiversité dans les principaux biomes terrestres et les zones climatiques de la Terre.”*(1)

Par la suite, Mr Petraglia en charge du projet a créé un centre d'expérimentation dans les Alpes italiennes au pied du col du Gavia comme on peut le voir sur la figure ci-dessous. Ce site se situe à 16km à vol d'oiseau du glacier de Presena. Ce centre permettra d'étudier l'impact de la fonte des neiges et du réchauffement climatique sur la végétation du sol.



Figure 7 : Localisation du glacier de Presena et du col du Gavia, Google Maps

L'hypothèse est que la fonte précoce des neiges va avoir plusieurs conséquences : des dommages sur la flore causés par le gel, une modification de l'hydrologie et des changements dans le rythme de développement des plantes avec une disponibilité altérée des éléments nutritifs... L'objectif de cette étude est d'avoir une idée des conséquences de la fonte précoce des neiges sur la végétation italienne pour pouvoir mieux anticiper les enjeux futurs.

III - Le déroulé de ma mission et présentation de mes livrables

A) Etat de l'art des techniques et notions nécessaires

Pour comprendre clairement le but et les traitements de ces projets, Mr Petraglia m'a conseillé dans un premier temps de lire des articles notamment sur le BIOCHAR et sur l'effet de la neige sur les sols. Cela m'a permis de gagner en connaissance et de comprendre beaucoup mieux les intervenants que j'allais rencontrer par la suite. Tous ces articles sont présents dans la bibliographie.

Ensuite, j'ai pu rencontrer des Italiens travaillant à l'université de Parme; des étudiants, des professeurs et aussi des professionnels intervenants pendant les sorties naturalistes... J'ai pu assister à plusieurs entretiens d'étudiants travaillant à l'université de Parme et faisant leur thèse de fin d'étude sur un sujet relié au travail de Mr Petraglia. Ils m'exposaient leur problématique, leur démarche pour y répondre et leurs premiers résultats. Cela me permettait de comprendre plus en détails les sujets concernés et leur intérêt dans la pratique. J'ai pu aussi aider certains d'entre eux dans le traitement de leurs données.

J'ai ensuite participé à plusieurs sorties éducatives avec des intervenants de l'université. La biodiversité de l'Italie n'est pas la même que celle de la France. Ainsi, j'ai pu découvrir de nouvelles espèces et interactions biotiques dans différents environnements tel qu'une prairie, dans les montagnes des Apennins, dans des zones humides aux côtés d'étudiants italiens.

Ces interventions m'ont permis de m'exprimer auprès de professionnels en anglais et par conséquent d'améliorer ma compréhension et ma diction de la langue et aussi d'apprendre un peu d'italien. Ces premières semaines ont aussi permis à mon tuteur de m'analyser, connaître mes capacités et mes connaissances sur l'écologie en général. Par la suite, j'ai pu rentrer dans son équipe de recherche et l'aider dans ces travaux.

B) Analyse du taux de décomposition et de développement des arbres : projet INSCAPE

Ce projet a été réfléchi et commencé en 2019. Ainsi, je n'ai pas pu prendre part à la réflexion du projet (les hypothèses, les expériences...). Mr Petraglia m'a expliqué ce qui avait été pensé et réalisé jusque là. Je suis arrivée à la partie collecte de données et résultats.

Pour rappel, cette étude était une évaluation du taux de décomposition et de croissance du bois de hêtres avec la mise en place de sites expérimentaux soumis à différents traitements d'enrichissement du sol et de schéma d'amincissement. Le but étant donc de comparer les traitements et de trouver la méthode la plus efficace pour augmenter le stock de carbone dans la forêt.

Les sites expérimentaux, les schémas d'amincissement, les échantillons avaient déjà étaient installés et des prises de données diamétriques et volumétriques pour observer le développement des arbres avaient déjà été réalisées avant mon stage.

1° Prise de données et d'échantillons sur le terrain

Durant ma période de stage, j'ai pu tout de même participer aux sorties terrain en allant récupérer des échantillons sous forme de cubes de hêtre.

Pour l'expérience sur la décomposition du bois mort, nous nous demandions si la surélévation du bois aurait un impact sur la décomposition. Ainsi, le groupe a réalisé une expérience qui consistait à poser des cubes de bois de hêtre sur 4 différents supports; au sol, sur une souche, sur du bois morts et dans du bois morts comme le montre les figures ci dessous :



Figure 8 : Photographies de la surélévation du bois pour l'expérience de la décomposition (Manon Buzes)

Ces cubes avaient été pesé initialement et nous voulions observer la différence entre cette masse initiale et la masse qu'ils auraient après avoir passé une certaine durée sous traitement (6, 12, 18, 24, 36 et 48 mois). Ces données serviront ensuite à construire une courbe des taux de décomposition.

Pour calculer cette masse, j'ai dû aller sur le terrain avec le groupe de recherche et récolter les cubes (de 18 mois) sur chacun des supports et sur chaque site d'études. Au total, j'avais 48 cubes que je devais par la suite "laver" sans eau en retirant juste les impuretés (champignons, feuilles, litière...) qui pourraient fausser les mesures.

Par la suite, je devais les mettre dans un four à 100 degrés Celsius pour faire évaporer l'eau. Ensuite, je pesais les cubes tous les jours jusqu'à obtenir une masse stable durant 2 jours. Cette masse finale était celle retenue pour rentrer dans la base de données pour ensuite faire les analyses.

La masse initiale des cubes m'a été donnée dans un fichier excel. J'y ai donc indiqué la masse finale que j'obtenais et j'ai fini par rendre l'excel en tant que livrable à la fin de mon stage à mon tuteur sur la différence entre ces deux masses.

2° Mon travail sur excel pour interpréter les résultats et les communiquer

Le projet INSCAPE ayant démarré bien avant mon stage, de nombreuses données de terrain avaient déjà été répertoriées dans des fichiers excel mais aucune interprétation ou traitement n'avaient été réalisé. Ainsi, quand je n'étais pas sur le terrain à récupérer les cubes de hêtres, j'étais au bureau à analyser des données.

Dans un premier temps, j'ai dû prendre des données écrites récoltées pendant le terrain et les rentrer dans un excel pour pouvoir faire un traitement puis une représentation graphique des résultats. Cette partie a été assez longue car beaucoup de données avaient été récoltées durant l'année précédant mon stage et je devais tout combiner dans une seule feuille excel. Cette transcription des données sur deux supports (l'un papier et l'autre numérique) est inévitable dans chaque projet du groupe de recherche. Cela permet d'avoir deux exemplaires des résultats en cas de perte ou d'erreur.

Après cette entrée de données, ma première analyse de données reposait sur des mesures de diamètre et de volume de bois. En effet, pour observer le développement des arbres, le diamètre était mesuré puis à partir de celui-ci le volume de bois donc de matière organique créée était calculée.

Sur l'ensemble des arbres du projet, la méthode du calcul du diamètre différait. Les 150 000 arbres étudiés ont été mesurés à l'aide d'un mètre classique et 150 d'entre eux ont été mesurés à l'aide de la "NPD method". Cette méthode est illustrée sur la figure ci-dessous. Un anneau gradué est fixé sur l'arbre et des repères y sont placés pour y mesurer le diamètre de l'arbre d'année en année.

Je devais dans un premier temps identifier si les deux méthodes pour calculer le diamètre était similaire. L'une des méthodes coûte très chère (NPD). Ainsi, je devais les comparer pour voir si un investissement était nécessaire ou pas sur l'ensemble des arbres étudiés..



Figure 9 : photographie de la "NPD method" pour calculer le diamètre d'un arbre sur deux années différentes (Manon Buzes)

La mesure du diamètre a été réalisée sur deux années pour ensuite calculer la croissance de l'arbre. Grâce à un traitement sur excel, je me suis rendue compte qu'il existait une corrélation linéaire entre les deux méthodes de mesure et que, pour le projet, l'investissement n'était pas nécessaire sur les 150 000 arbres. J'ai donc rendu mon livrable à mon tuteur et il a confirmé mes résultats. (Annexe 1)

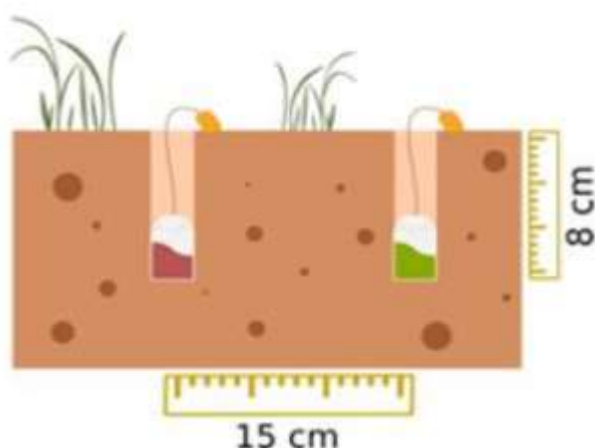
Ensuite, grâce aux données de diamètre, j'ai pu calculer le volume de chaque arbre. En effet, la variable qui nous intéressait le plus était le volume car c'est celui ci qui va nous donner une indication sur le stock de carbone de l'arbre. Pour être précis, une formule assez longue m'a été donnée prenant en compte le diamètre, la hauteur et un certain nombre de coefficient.

J'ai dû, par la suite, comparer la croissance des arbres avec ou sans traitement d'amincissement. J'ai eu à ma disposition les données sur les 150 000 arbres étudiés. Chacun avait des informations précises sur son environnement, sa place, son exposition, et sur le traitement qu'il avait subi. J'ai pu alors faire une analyse de données en comparant la croissance des arbres selon ces différentes informations. Je comparais alors l'efficacité des traitements. J'ai dû par la suite communiquer mon livrable à mon tuteur et à une étudiante qui faisait sa thèse sur le sujet. (Annexe 2)

3° Prendre part à la discussion des résultats

Le second paramètre étudié était l'impact de l'enrichissement du sol en Biochar. Malheureusement celle-ci a été réalisée en laboratoire avant que j'arrive en Italie. Pourtant, j'ai pu participer à la discussion des résultats obtenus.

Les chercheurs ont tout d'abord observé le développement des plantes dans ce sol enrichi et ont remarqué une corrélation entre le nombre de feuilles des plants et la quantité de Biochar présent dans le sol de culture. Ils ont aussi remarqué que l'index de Chlorophylle était en hausse chez les plants poussant dans un sol enrichi. De plus, la taille des feuilles a été mesurée et une toute petite augmentation a été observée chez les plants enrichis. Ainsi, ils ont pu en conclure que l'enrichissement en Biochar a bien un impact positif sur la croissance des plantes et favorise leur développement donc le piégeage de carbone par photosynthèse.



Toujours dans l'expérience d'enrichissement du sol en Biochar, les chercheurs ont étudié la décomposition de la matière organique dans le sol enrichi. Pour cela, ils ont utilisé le protocole scientifique international TeaBag Index représenté ci-contre.

Figure 10 : Schéma de fonctionnement du TeaBag Index

“La méthode utilise des sachets de thé, disponibles dans le commerce, et exploite le différentiel de décomposition entre le thé vert des feuilles séchées de *Camellia sinensis* (décomposition rapide) et le thé rouge des feuilles séchées d'*Aspalathus linearis* (décomposition lente) pendant 90 jours. À ce jour, le Teabag Index a été utilisé dans plus de 2000 endroits à travers le monde et permet de faire des comparaisons et d'étudier l'évolution de la matière organique à différents endroits. Pour uniformiser et comparer les données au niveau mondial, il est nécessaire d'utiliser deux formulations de thé standardisées et facilement disponibles en ligne” (J)

Dans l'expérience menée, le sachet de thé vert représente les feuilles mortes et le sachet de thé rouge représente le bois mort. Ainsi, les sachets de thé ont été enterrés dans un sol enrichi en Biochar pendant 3 mois durant la période estivale. Ensuite, le groupe de recherche a récupéré les sachets de thé puis a comparé leurs poids initiaux à leurs poids finaux pour trouver la quantité de matière organique décomposée.

Les résultats obtenus sont qu'il n'y a pas d'impact significatif du biochar sur la décomposition du sachet de thé vert. Ainsi, la décomposition n'est pas ralentie par l'enrichissement du sol en Biochar mais n'est pas non plus augmenter.

Pour le sachet de thé rouge, la décomposition en présence de Biochar a été ralentie

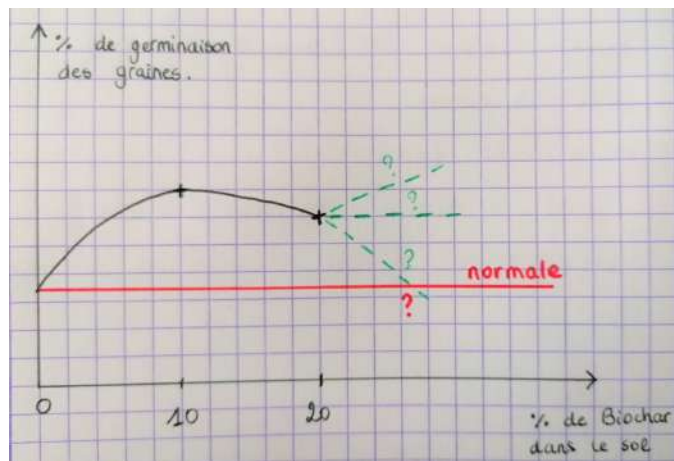
Enrichissement en Biochar (%)	0	10	20	100
perte de masse du sachet de thé rouge (%)	33	31	28	23

tableau 1 : Résultats de l'impact du Biochar sur la décomposition du sachet de thé rouge

Ainsi, l'enrichissement en Biochar du sol ralentit la décomposition du bois mort mais n'a pas d'impact sur la décomposition des feuilles.

Par le même système d'enrichissement, des graines de chêne et de hêtres ont été plantées en présence de plus ou moins de Biochar. Le groupe de recherche a pu remarquer que la période de germination était la même avec ou sans présence de Biochar

Ensuite, le pourcentage de graine germée a été étudié et est représenté sur la figure ci-dessous.



Ce pourcentage augmente avec le sol composé à 10% de BIOCHAR mais la courbe redescend pour 20 % de BIOCHAR. Ainsi, nous en avons conclu à la fin de la discussion que l'expérience nécessitait plus de mesures et plus de précisions dans la préparation de l'enrichissement notamment plus de sol à fort pourcentage de Biochar pour vérifier les résultats et voir s'il y a un pic à 10% (maximum) puis une diminution ou une stagnation de l'impact du Biochar. Si une diminution était observée, il nous faudrait savoir la limite de l'enrichissement pour lequel celui est négatif sur la germination des graines comparé à la normale.

Figure 11 : schéma représentant les premiers résultats et les besoins futurs pour la compréhension de l'impact du Biochar sur la germination (Manon Buzes)

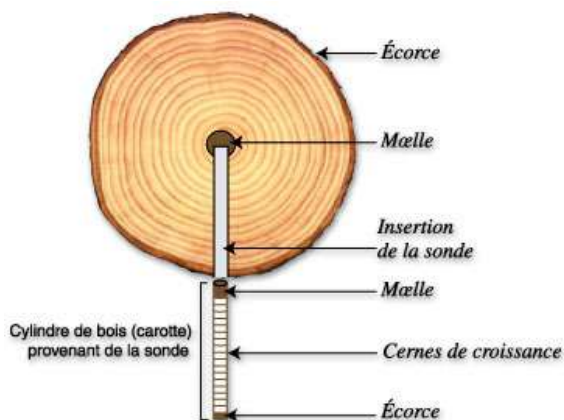
C) Identification des relations qui relient le développement de l'hêtre, la génétique, l'environnement et les conditions climatiques

Ce projet de repeupler la forêt avec des arbres résistants à la sécheresse a commencé début 2022. Le groupe de recherche a mis en place le projet et a prévu les périodes de terrain qui tombaient pendant mon stage. Ainsi, pour ce projet, j'ai réalisé plusieurs activités dans la chaîne des Apennins.

La première phase de mon expérience de terrain consistait à identifier des arbres ayant des capacités spéciales face aux périodes de sécheresse c'est-à-dire des individus de type early et late (des arbres dont la foliaison (apparition des feuilles) est soit précoce soit tardive). La foliaison étant contrôlé de manière génotypique, ces individus étaient intéressants à comparer car leur période de photosynthèse était soit réduite, soit augmentée. En effet, si un arbre sort ses feuilles plus tôt que les autres, il pourra activer son métabolisme photosynthétique et créer de la matière organique plus tôt que les autres donc pourra se développer plus que les autres.

Pour faire ce repérage, nous nous sommes rendus dans la forêt à des points préétablis par le groupe de recherche et à différentes altitudes. Les arbres en basse altitude ouvrent leurs feuilles plus tôt que ceux en hautes altitudes. Ainsi, selon les disponibilités du groupe de recherche, quand le terrain pouvait être réalisé en mai, nous allions aux basses altitudes pour trouver les premiers arbres feuillus (EARLY). Lorsque le terrain était réalisé en juillet, la plupart des arbres en basses altitudes avaient ouverts leurs feuilles donc nous pouvions observer les arbres qui avaient du retard (LATE) et nous allions en haute altitude pour trouver de nouveaux arbres de type EARLY.

Après ce repérage, ma mission consistait à réaliser un marquage, des mesures de diamètre/hauteur, des prises de coordonnées GPS, et des prises d'échantillons de feuilles. Tout ceci avait pour but de comprendre la différence de développement de ces arbres par rapport aux autres.



La seconde phase aura pour but de décomposer le cycle de développement de ces arbres grâce aux cernes de développement. Celles-ci vont pouvoir être analysées grâce à un carottage dans l'arbre comme le montre la figure ci-contre. Cette phase sera réalisée après mon stage.

Figure 12 : carottage dans un arbre pour observer son développement au cours des années,

<https://mffp.gouv.qc.ca/forets/echo-foret/mai2001/feuillelet/savoir/savoircroissance2.htm>

La troisième phase consistera à comparer ce développement aux données météorologiques. Si un arbre a réussi à bien se développer (cerne épaisse) lors d'une période de forte sécheresse alors ces feuilles seront analysées génétiquement pour essayer de trouver le gène permettant ce développement et donc permettant une résistance à la sécheresse.

D) Diagnostic de l'état de conservation des tourbières

1° Carottage et analyse du flux hydrique

Les tourbières sont un milieu très particulier car la décomposition dans le sol y est très minime du à sa saturation en eau. Ainsi, elles forment un puits de carbone très très important. Pourtant, avec le réchauffement climatique et les activités humaines, ces zones sont en danger. Ainsi, nous avons mené une étude pour protéger ces milieux.

Lors de mes sorties terrain dans la tourbière, Mr Petraglia nous a tout d'abord expliqué à moi et à d'autres étudiants le rôle d'une tourbière dans un environnement et l'enjeu de les protéger dans le futur.

Il a insisté sur le fait que ce milieu était un réservoir de carbone, d'eau et de nutriments et permettait de réunir plusieurs paramètres afin de créer des écosystèmes uniques qui pouvaient accueillir une multitude d'espèces végétales typiques de ces habitats comme le montre les photographies ci-dessous:



Sphagnum subsecundum



Sphagnum Compactum

Carex lipidocara

Trichophorum alpinum

Figure 13 : Photographies de certaines espèces végétales présentes dans la tourbière (Manon Buzes)

Par la suite, nous avons réalisé l'étude de la zone. Nous voulions mesurer la quantité d'eau en surface et la quantité d'eau dans la tourbe.



Pour cela, nous avons réalisé plusieurs points de mesure. Pour déterminer ces points, Mr Petraglia a utilisé la végétation pour identifier les microhabitats présents sur la tourbière. En effet, un petit relief ou une différence dans la quantité d'eau de la tourbe pouvait influencer les espèces végétales présentes au-dessus.

Par la suite, pour chaque microhabitat, nous devons créer une zone d'étude c'est-à-dire nous avons fait un quadrat au sol pour identifier la diversité végétale comme le montre la photo ci-contre. Cette diversité sera comparé par la suite à une tourbière saine pour savoir l'état de celle étudiée.

Figure 14 : Installation d'un quadrat et d'un point d'étude dans la tourbière (Manon Buzes)

Ensuite, nous devons faire un trou dans le sol et y placer un tube percé en plastique comme indiqué sur la figure ci-contre :

Ce tube percé permet à l'eau qui circule dans la tourbe de s'infiltrer dans celui-ci. Ainsi, nous avons regardé dans un premier temps le niveau de l'aquifère au temps t_0 à l'aide d'un tube graduée puis le groupe de recherche répétera la même manipulation les semaines suivantes pour voir la différence et expliquer les mouvements de l'eau dans le sol.

Figure 15 : Mesure de la profondeur de l'aquifère (Manon Buzes)



En parallèle de cela, une sonde a été placée pour mesurer le flux de carbone verticalement par respiration du sol. Ainsi, nous avons dû couper les plantes sur une petite partie pour poser la sonde et qu'elle ne soit pas faussée par la respiration de celles-ci. Les résultats sont récoltés toutes les semaines et sur plusieurs mois pour comprendre le flux de carbone et ainsi le stock de carbone ou les émissions de carbone présents dans chaque tourbière.

Figure 16 : Mesure du flux de carbone dans le sol à l'aide d'une sonde (Manon Buzes)

Nous avons aussi réalisé des carottes de sol sur plusieurs centimètres sur chaque zone d'étude pour ensuite les analyser au laboratoire.

Par la suite, ces opérations seront réalisées sur plusieurs années pour observer le lien entre changement climatique, mouvement et quantité d'eau et donc changement dans la vitesse de décomposition du sol et donc changement dans le flux de carbone et donc du stockage dans ce milieu.

Ce que j'ai beaucoup apprécié aussi est que nous n'avons pas étudié que des tourbières "saines" en vue de les conserver mais nous avons aussi étudié une tourbière endommagée dans le but de la restaurer.

Monsieur Petraglia nous a expliqué ce qui pouvait détruire une tourbière. J'en ai conclu que le pire qu'il pouvait arriver était la réduction du niveau de l'eau et le passage des animaux tels que les chevaux.

Sur la tourbière ci dessous, nous voyons encore de la tourbe mais celle-ci est beaucoup plus grise, claire ce qui montre une eutrophisation depuis quelques années; la tourbière perd du carbone. De plus, la végétation y est beaucoup moins diversifiée avec un surpeuplement de *Carex leporina* et *Scirpus sylvaticus*, des espèces témoins d'une eutrophisation.



Figure 17 :
Photographies
d'une tourbière
eutrophisée
(Manon Buzes)

Ainsi, grâce à cette observation, j'ai pu comprendre l'impact des activités humaines sur les zones humides en comparant les deux tourbières et ainsi identifier l'enjeu fondamental de les conserver.

Pour cette tourbière endommagée, nos observations et mesures vont permettre au parc national, déjà enclin à aider, de financer un projet de réhabilitation. L'idée est de faire mieux circuler l'eau dans cette tourbière. Il existe un tronçon d'eau qui la traverse. Ainsi, les chercheurs aimeraient "bloquer" la circulation de l'eau par ce tronçon pour que celle-ci s'infiltre sur les côtés, dans la terre, et ainsi ralentir la décomposition dans le sol et ainsi recréer de la tourbe. Cette idée a émergé de nos premières observations et analyses mais les résultats du diagnostic n'étant pas encore publiés, le projet de réhabilitation n'est pas encore sous forme de projet mais plutôt sous forme d'idée que moi et le groupe de recherche avons pu discuter mais la construction du projet ne se fera qu'en fin d'année ou l'année prochaine.

2° Mon travail en laboratoire : l'utilisation des fours et la pesée des échantillons

Par la suite de ce travail de terrain, j'ai eu pour mission d'analyser les échantillons de sol.

Dans un premier temps, j'ai eu pour mission de peser l'ensemble des échantillons récoltés (plus de 600 échantillons). Cette pesée permettait de calculer la "bulk density" du sol. Celle-ci "reflète la capacité du sol à fonctionner pour le soutien structurel, le mouvement de l'eau et des solutés, et l'aération du sol. "The Bulk density" est également utilisée pour convertir le poids en volume du sol."(K)

Pour avoir la Bulk density, nous avons préparé les échantillons et nous les avons mis dans un four à 105°C pour enlever toute trace d'humidité.

Cette manipulation a dû être réalisée très méticuleusement en suivant méticuleusement un protocole (annexe 3) car la pesée devait être précise donc aucune perte de sol ne devait arriver et la pesée était réalisée avec une balance spéciale comme le montre la figure ci-dessus. J'ai été en autonomie dans le laboratoire puis chargée d'un groupe d'étudiants pour m'aider dans la pesée.



Figure 18 : Préparation et mesure du poids des échantillons de sol (Manon Buzes)

A la suite de cette expérience, j'ai dû rendre un livrable sous forme de fichier excel avec toutes les données récoltées pour que le groupe d'étudiants puissent finir la manipulation après que je sois partie et qu'il puisse calculer la "bulk density".

Ensuite, nous voulions mesurer le pourcentage de matière organique présente dans la tourbe. Alors, après la pesée décrite précédemment, les échantillons ont été tamisés avec un tamis de 2mm puis chauffés à très haute température dans un four à moufles à 600 degrés pour qu'il n'en ressorte que la partie minérale. Cette partie minérale était ensuite pesée.

Pour cela, j'ai dû prendre chaque échantillon de sol, en prélever 1g puis l'introduire dans un compartiment en céramique et l'installer dans le four comme le montre la figure ci-dessous et le protocole (annexe 4):

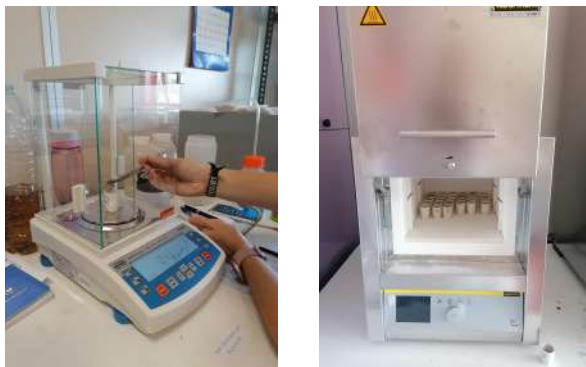


Figure 19 : Préparation et mesure de la quantité de matière organique dans les échantillons de sol (Manon Buzes)

Par la suite, je pesais à nouveau l'échantillon après 4h dans le four. Le différentiel entre les 1g introduit et le poids sorti du four nous donnait la quantité de matière organique dans la carotte. Je notais tout cela sur une feuille puis je la transcrivais sur un excel que j'ai pu rendre par la suite à mon tuteur.

Ainsi, grâce à la quantité de matière organique dans les carottes et la bulk density, le groupe de recherche va pouvoir calculer la quantité de carbone dans toute la tourbière et donc prouver son importance.

E) Observation des variations de développement des végétaux

Pour ce projet, Mr Petraglia m'a emmené sur le terrain au col du Gavia qui se situe dans les Alpes italiennes et qui culmine à 2 618 m d'altitude. Il est le troisième plus haut col routier des Alpes italiennes. Nous nous sommes rendus au col en voiture avec plusieurs étudiants et chercheurs qui m'ont accompagné pour aider Mr Petraglia.

Durant ces journées de terrain, nous avons réalisé plusieurs activités.

Tout d'abord, nous nous sommes rendus sur des sites préétablis et nous y avons observé la flore présente sur des quadrats déjà présents depuis 20 ans. En effet, le projet GLORIA a été initié en 2002, et tous les 5 ans, des identifications sont faites toujours au même endroit.

Ainsi, j'ai dû accompagner Mr Petraglia et l'aider à identifier et quantifier les populations végétales présentes en 2022 pour ensuite les comparer avec les données des autres années. N'étant pas botaniste, j'ai pu apprendre à reconnaître quelques espèces mais pour gagner du temps, lors des réelles prises de données, Mr Petraglia me disait les espèces présentes et je les notais.

Les premières observations nous ont permis de dire que, depuis 20 ans, il y a des changements dans la richesse des espèces, des changements dans la couverture végétale et des pertes de diversité végétale locale. De plus, nous avons observé des modifications dans la phénologie. Les espèces observées fleurissent plus tôt qu'habituellement et avec les températures plus chaudes, elles font plus de graines. Cela n'est pas forcément une bonne nouvelle car au moindre épisode de gel, les graines peuvent être détruites. Par conséquent, plus de fabrication de graines ne veut pas forcément dire maintien de la population.

Nous avons aussi observé des modifications dans les caractéristiques physiques des espèces. Les espèces observées réalisaient la reproduction mais subissaient tout de même un stress hydrique. En effet, nous observions des espèces plus petites et moins allongées qu'à la normale. Cela s'explique par la modification de la plasticité de la plante. Moins d'eau signifie moins de pression sur les cellules végétales par la paroi cellulaire et donc les cellules s'allongent moins et donc la plante grandit moins. Ces résultats varient selon les sites, leur exposition et le substrat (sol mature, profond, substrat rocheux...). Ces paramètres font varier les types de milieux et donc les types de végétation (dans notre cas, des milieux dominés par *salix herbacea* ou *polytrichastrum*).

Les recherches de Mr Petraglia ne s'arrêtent pas là. Au vue des résultats du projet GLORIA qui inquiètent de plus en plus les chercheurs et l'accélération du réchauffement climatique, Mr Petraglia voudrait prévoir les changements futurs en modifiant artificiellement les conditions de vie des plantes (réchauffement et sécheresse). Pour cela, j'ai réalisé l'installation d'un nouveau site de recherches sur l'un des flancs du col.



Sur cette partie du col, la neige va fondre plus rapidement dans l'avenir. Ainsi, les plantes vont fleurir encore plus tôt et vont subir des conditions climatiques encore plus extrêmes. Ainsi, grâce à ce centre d'observation, nous pourrions anticiper leurs réponses à ce changement.

Nous y avons donc construit des aménagements avec des gouttières dans le but d'étudier les changements climatiques sur la végétation du sol. Des installations sous formes d'auvents vont permettre de contrôler la quantité de précipitations et donc ici de simuler une sécheresse comme on peut le voir sur la figure ci-contre. Pour cela, nous avons installé les barres métalliques, puis les tubes en plexiglas qui réduisent de 40 % la quantité d'eau tombée au sol lors des précipitations. Cet abri a été répliqué 8 fois sur le flanc du col.

De plus, des prismes hexagonaux en plexiglas ont été installés au sol pour augmenter localement la température.

Figure 20 : Installation du site expérimental (Manon Buzes)

Des premiers relevés ont été réalisés par le groupe de recherche sur ce site durant mon stage (richesse spécifique sous les installations, tailles des racines des plantes grâce à des carottes de sol, mesure de la respiration et de l'humidité du sol avec des sondes). Ceux-ci vont être analysés l'année prochaine avec les nouvelles observations.

IV – Le retour réflexif sur mon expérience

Durant ce stage, j'ai étudié le stock de carbone et l'impact du réchauffement climatique sur deux principaux écosystèmes : forestiers et zones humides et cela m'a beaucoup intéressé. J'ai pu me rendre compte de l'investissement personnel que cela représentait d'être chercheur en écologie végétale. Les journées de terrain peuvent être très longues et très fatigantes. Pourtant, il y a une grande satisfaction à voir les résultats obtenus confirmer l'hypothèse de départ et de s'imaginer l'impact de ces recherches sur le futur.

De plus, ce stage m'a permis de renforcer ma compréhension et mon expression orale de l'anglais. J'ai dû rendre plusieurs livrables que ce soit à mon tuteur ou à des étudiants italiens. Ainsi, j'ai aussi amélioré mon expression écrite et mes présentations visuelles.

A) Ma démarche pour appréhender ce stage et les méthodes qui j'ai mis en place

Pendant cette période de stage à l'étranger, j'ai beaucoup analysé la façon de faire des chercheurs et laborantins italiens. Je devais bien comprendre le pourquoi et le comment faire quelque chose pour pouvoir ensuite le refaire en autonomie.

Durant les deux premières semaines, Mr Petraglia m'a expliqué l'ensemble des projets dont il était en charge et dont j'allais faire partie. Ainsi, j'ai été très attentive à ces explications et je notais tout sur un carnet de bord. Celui-ci me permettrait surtout de noter les abréviations ou mots italiens que les chercheurs utilisaient sur le terrain ou dans les rapports écrits pour savoir à quoi ils correspondaient. J'ai beaucoup apprécié la manière dont mon tuteur m'expliquait les projets. Il me schématisait les expériences et traitements sur des feuilles de papier pour bien que je me les représente et que je comprenne ce qu'il me disait en anglais.

Par la suite, quand une notion m'était inconnue ou quand des notions me manquaient pour bien comprendre un projet, je faisais un petit état de l'art en répertoriant certains articles scientifiques qui traitent du sujet. Pour cela, j'ai fait des recherches sur internet de mon côté puis j'ai demandé à un laborantin de me conseiller des lectures ainsi qu'à une professeure; Me Grellier de l'école Polytech spécialisée dans la pédologie. Avec ces articles, j'ai pu faire des fiches résumant le sujet, la problématique, les hypothèses, la méthode et les résultats comme j'ai pu le faire pour le projet de fin d'étude (PFE).

De plus, j'ai eu des sorties terrain pratiquement toutes les semaines. Je voulais assister à la majorité des sorties car c'est ce que je préfère mais aussi car c'est là-bas que j'apprends le plus et que j'approfondis mes connaissances et ma compréhension des projets. Celles-ci m'ont beaucoup apporté en termes de notions pratiques. Durant celles-ci, mon tuteur et les autres acteurs du projet me faisaient des récapitulatifs et des comptes rendus de l'avancement du projet en cours. Ceux-ci me permettaient de bien comprendre ce que je devais faire durant la sortie et ce qu'on attendait de moi. Pour organiser ces journées, je devais préparer mon sac à dos avec le matériel nécessaire et j'emportais toujours un carnet pour noter les observations du terrain que j'allais devoir par la suite ajouter à mon rapport de stage. J'ai aussi pris de nombreuses photos qui me permettaient de me rappeler d'une expérience mais aussi d'illustrer mes propos dans le rapport de stage.

Ainsi, j'ai pu prendre place dans l'équipe. J'ai pu rencontrer durant ce stage de nombreuses personnes: des laborantins, des chercheurs, des professeurs, et des étudiants travaillant avec Mr Petraglia sur ces projets ou faisant leur thèse sur l'un d'entre eux. Pour me familiariser avec l'anglais, je me suis intégrée le plus possible et j'aimais aussi comprendre le fonctionnement des études à l'étranger en parlant avec les étudiants.

Ensuite, j'ai eu un travail dans le laboratoire de l'université en équipe ou en autonomie. Cela m'a permis de connaître un peu plus l'établissement dans lequel je me trouvais et m'échapper des journées bureaux classiques où, il est vrai, mes yeux étaient très fatigués à la fin de la journée. Durant ce temps au laboratoire, j'ai dû faire preuve de précision et de rigueur. De nombreux échantillons étaient à traiter et donc l'expérience en elle-même était longue mais il ne fallait pas se précipiter pour ne pas perdre des échantillons et devoir refaire toute une journée de terrain. Durant ces journées en autonomie, je devais parfois superviser une équipe d'étudiants. Ainsi, je devais leur expliquer le protocole en anglais et vérifier leur travail. Pour organiser ces journées, je me faisais un emploi du temps de la semaine avec toutes les expériences à finir et j'attribuais des tâches à chaque étudiant.

Après le travail de terrain et en laboratoire, j'ai dû réaliser un travail d'analyse de données en autonomie. Celle-ci consistait à une entrée de données puis un traitement et une représentation graphique pour partager mes résultats. J'ai beaucoup aimé faire ce travail car c'est là qu'on se rend compte du vrai impact d'une expérience et cela m'a aussi permis de démontrer mes choix et mes idées en anglais lors des restitutions. Pour être sûre de ne pas perdre mes données, j'enregistrais deux fois mon travail sur Excel sur mon ordinateur et sur une clef USB.

B) Mon analyse critique des résultats produits

Les résultats produits lors de mes missions ont été très méticuleusement obtenus. La forme de ces résultats m'était habituelle mais la précision pour les obtenir ou les analyser m'était nouvelle.

Lors de la mise en place de l'expérience sur le terrain, de nombreux témoins étaient réalisés , nous multiplions les échantillons pour préciser les résultats, et nous traduisons les écrits du terrain sur papier sous forme numérique dans des excel pour avoir deux exemplaires et pouvoir vérifier les résultats; une erreur est possible...

Ensuite, Mr Petraglia m'a demandé de comparer deux modes de calcul de diamètre d'un arbre pour voir si la méthode classique était assez efficace, assez précise ou fallait-il investir dans une méthode plus précise. Ce questionnement est, je pense, indispensable dans ce type de projet. Il faut que la précision des mesures soit en accord avec les résultats voulus. De plus, pour la pesée d'échantillons, nous avons utilisé une balance spéciale pour arriver à 4 chiffres significatifs après la virgule. Celle-ci avait un protocole de manipulation plus lourd qu'une balance classique comme une cloison qui devait être fermée pour éviter les mouvements de l'air mais de ce fait, elle était plus précise qu'une balance classique.

Dans une autre mesure, j'ai émis des doutes sur la faisabilité et l'impact de certaines expériences. En effet, pour le projet INSCAPE, des schémas d'amincissement ont été testé pour identifier celui qui serait le plus pertinent pour augmenter le stock de carbone dans la forêt. Nous n'avons pas encore les résultats mais dans l'hypothèse qu'un des schémas soit concluant et qu'il augmente drastiquement le stock de carbone, le parc naturel ou un autre gestionnaire de forêt autoriserait-il ce type de schéma d'amincissement sur ses arbres? Ce sont des changements drastiques sur le paysage, qui ont un impact sur la biodiversité, sur l'attractivité de la zone... Tous ces questionnements n'ont pas été mentionnés dans mon stage. Ainsi, je me suis posée la question des conséquences de ces expériences et si les résultats obtenus auraient un impact ou non.

De même, l'enrichissement en Biochar mentionné dans le projet INSCAPE sera peut être concluant sur la croissance des plantes et la réduction de la décomposition dans le sol mais pouvons-nous réellement enrichir le sol des forêts en Biochar sans porter atteinte à la biocénose et à la forêt en elle-même....

C) Mes propositions et pistes de changement

Mon stage s'est très bien passé. Les personnes qui travaillaient avec moi étaient toujours à mon écoute et me mettaient à l'aise. Mr Petraglia était très investi dans son travail, passionné et passionnant. Sa démarche pour me prendre en tant que stagiaire et m'expliquer ses projets a été bonne. Il m'a accueilli dans son équipe de manière très naturelle et a fait des efforts pour me parler anglais, français. Pourtant, certaines choses auraient pu être optimisées.

Par exemple, je n'ai jamais appris l'italien, je le comprenais un peu car il est proche du français et de l'espagnol, deux langues que je méprise assez bien. Pourtant, il est vrai que parfois des trajets en voiture uniquement en italien me paraissaient plus long et je n'étais pas très à l'aise. Mais au fur et à mesure de mon stage, je gagnais en assurance et je demandais de parler anglais ou de me traduire quand je ne comprenais pas quelque chose.

Ensuite, pour les expériences sur le terrain, l'organisation était assez compliquée. Mon tuteur m'a emmené le plus possible sur le terrain car il savait que c'était ce que je préférais mais c'est vrai que du coup mes journées étaient très chargées et l'organisation pour les transports, les repas... était assez compliquée. J'étais prévenu quelques jours avant et on me donnait que très peu de détails sur l'endroit et l'activité prévu. Parfois, je devais être au campus à 4h du matin et je ne savais pas si on allait rentrer pour manger le soir. J'ai dû m'adapter, prendre tout le nécessaire avec moi même si inutile pour la sortie prévue, prendre un picnic même si parfois on mangeait quelque part, ou prendre des tickets de bus à l'avance même si parfois je n'en avais pas besoin....

De plus, parfois des pertes de temps auraient pu être évitées comme par exemple quand on va chercher des échantillons et qu'on a besoin de matériel, il est préférable de prendre dès le départ tout le matériel avec nous pour éviter les aller-retours vers la voiture quand on est en plein milieu d'une tourbière et que le trajet fait perdre beaucoup de temps si il est répété dans la journée.

Par ailleurs, il est préférable de vérifier le matériel avant de partir sur le terrain. Une des sorties organisées, nous avons besoin de noter sur des sacs en plastique le nom de la parcelle et le numéro d'échantillon avec un marqueur; le groupe d'étude en avait pris 3 au cas où un était perdu...sauf qu'aucun d'entre eux n'était neuf et donc aucun n'écrivait correctement. Ainsi, une vérification de l'état du matériel aurait pu faire gagner du temps sur le terrain.

Dans un autre contexte, au début de mon stage, on m'a demandé d'analyser des données sur excel mais les résultats me paraissent très bizarres et je ne comprenais pas pourquoi. Quand j'en ai parlé à mon tuteur, il s'est rendu compte qu'on ne m'avait pas donné le bon fichier excel et que je n'avais pas toutes les valeurs. Par conséquent, j'ai dû refaire l'analyse.

Ce qui m'a aussi dérangé à certains moments et qu'on m'expliquait les choses aux moments même où je devais les faire. Cela avait un avantage car je faisais ce qu'on me disait donc pas de mauvaises interprétations. Mais du coup, je ne pouvais pas m'avancer sur la compréhension d'une chose. Par exemple, quand on me disait "cette semaine, tu vas utiliser le four et peser les échantillons déshydratés", je devais attendre le jour même pour comprendre le fonctionnement du four. Or, ce jour-là, le laborantin était malade donc j'ai dû me débrouiller toute seule pour éviter de

prendre du retard dans les analyses. Cela me permet de prendre des initiatives mais il est vrai qu'une explication claire du protocole dès le départ m'aurait permis d'avancer plus sereinement.

De plus, je ne savais pas exactement mes horaires de stage. Quand je l'ai demandé à mon tuteur de stage, il me disait que c'était moi qui m'organisais comme je voulais. J'en ai conclu que je pouvais faire des journées de 9h - 17h. Pourtant, certaines journées je venais au bureau "pour rien". Il n'y avait rien à faire donc je m'avançais sur mon rapport de stage mais il est vrai que rester toute une journée devant un ordinateur à faire la même chose m'a beaucoup fatigué. De plus, parfois je passais ma journée sur mon rapport de stage et quand je commençais à ranger mes affaires pour partir, il me disait qu'il voulait voir quelque chose avec moi. Ainsi, je partais plus vers 18h 18h30.

D) La projection dans un métier

Ce stage m'a permis d'apprendre ce qu'était le métier de chercheur en environnement. J'en ai conclu que ce métier est passionnant mais très prenant. Ce qu'on y fait est super intéressant et utile au vue des problèmes climatiques futurs. Je me suis encore plus rendu compte du changement qui s'opère à cause du changement climatique et surtout de la multiplicité des domaines impactés : environnemental mais aussi social, économique et surtout de l'impact de la politique et des propriétaires de terre sur le futur changement a opéré.

Mais de l'autre côté du miroir, le rythme de vie d'un chercheur à côté du travail en pâtit beaucoup. Pour être chercheur/euse, il faut faire des concessions. Les journées terrains sont très très prenantes, fatigantes et parfois peuvent durer plusieurs jours ce qui veut dire plusieurs jours loin de sa famille. Je pense que pour être chercheur, il faut être vraiment passionné car on fait beaucoup d'heures de travail (plus de 45h par semaine).

Ainsi, je ne pense pas vouloir devenir chercheur mais ce stage ne m'a pas uniquement permis d'apprendre ce qu'était le métier de chercheur en botanique mais aussi d'apprendre sur la méthodologie de la recherche, de comment créer un protocole, comment le mettre en place sur le terrain et comment analyser les données récoltées et dans quel but. Par conséquent, j'ai tout de même vu et fait des choses qui m'ont beaucoup plus et dont j'ai envie pour mon futur métier. De plus, j'ai pu acquérir une certaine pratique qui me servira dans mes prochains travaux.

Bibliographie :

- (1) Morrissey, R. C. (2014, 19 novembre). Accumulation and Connectivity of Coarse Woody Debris in Partial Harvest and Unmanaged Relict Forests. *PLOS ONE*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0113323>
- (2) Thomas, S. C. (2015, 10 juin). Biochar and forest restoration : a review and meta-analysis of tree growth responses. *SpringerLink*. https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-015-9491-7?error=cookies_not_supported&code=039742f4-3403-4864-aab2-c6fca7e9b2b9
- (3) Gogoi, L., Narzari, R., Gogoi, N., Farooq, M., & Katagi, R. (2019). Biochar Production and Application in Forest Soils-A Critical Review. *Phyton*, 88(4), 349-365. <https://doi.org/10.32604/phyton.2019.08406>
- (4) Li, Y., Hu, S., Chen, J., Müller, K., Li, Y., Fu, W., Lin, Z., & Wang, H. (2017). Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties and greenhouse gas emissions : a review. *Journal of Soils and Sediments*, 18(2), 546-563. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1906-y>
- (5) Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature*, 447(7141), 143-144. <https://doi.org/10.1038/447143a>
- (6) Conte, P., Bertani, R., Sgarbossa, P., Bambina, P., Schmidt, H. P., Raga, R., Io Papa, G., Chillura Martino, D. F., & Io Meo, P. (2021). Recent Developments in Understanding Biochar's Physical-Chemistry. *Agronomy*, 11(4), 615. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040615>
- (7) Bruckman, V. J., Varol, A. E., Uzun, B. B., & Liu, J. (2017). *Biochar : A Regional Supply Chain Approach in View of Climate Change Mitigation* (1^{re} éd.). Cambridge University Press.
- (8) Rixen, C., Høye, T. T., Macek, P., Aerts, R., Alatalo, J. M., Anderson, J. T., Arnold, P. A., Barrio, I. C., Bjerke, J. W., Björkman, M. P., Blok, D., Blume-Werry, G., Boike, J., Bokhorst, S., Carbognani, M., Christiansen, C. T., Convey, P., Cooper, E. J., Cornelissen, J. H. C., . . . Zong, S. (2022). Winters are changing : snow effects on Arctic and alpine tundra ecosystems. *Arctic Science*, 1-37. <https://doi.org/10.1139/as-2020-0058>
- (9) Liu, T., Yang, L., Hu, Z., Xue, J., Lu, Y., Chen, X., Griffiths, B. S., Whalen, J. K., & Liu, M. (2020). Biochar exerts negative effects on soil fauna across multiple trophic levels in a cultivated acidic soil. *Biology and Fertility of Soils*, 56(5), 597-606. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01436-1>
- (10) https://www.unipr.it/sites/default/files/albo_pretorio/allegati/14-10-2021/rapporto_di_sostenibilita_unipr_2019_-_ottobre2021.pdf

Webographie:

- A. KILOMETROVERDEPARMA. (2022, 1 juillet). *Home*. <https://www.kilometroverdeparma.org/>
- B. Università Di Parma. (2021, 4 février). *Incremento del Sequestro del Carbonio nelle Foreste dell'Appennino Emiliano*. INSCAPE. <https://www.inscape.unipr.it/>
- C. A. (2022, 18 juin). *La canicule s' amplifie dans le sud de l'Europe*. La Croix. <https://www.la-croix.com/canicule-amplifie-sud-Europe-2022-06-18-1301220702>
- D. *Rapport du Giec Impacts climatiques et la France dans tout ça ?* (2022, 28 février). Terre-net. <https://www.terre-net.fr/meteo-agricole/article/impacts-climatiques-et-la-france-dans-tout-ca-2179-206260.html>
- E. Moussu, N. (2022, 28 février). *S'adapter au réchauffement climatique : une urgence pour l'Europe, selon le GIEC*. www.euractiv.fr. <https://www.euractiv.fr/section/climat/news/en-europe-les-mesures-dadaptation-au-changement-climatique-sont-insuffisantes-selon-le-nouveau-rapport-du-giec/>
- F. du Born, S. M. D. B. V. D. L. (2021). *Les fonctions et les services rendus par les zones humides / Les zones humides / Portrait du territoire / Accueil - SAGE Born et Buch*. Syndicat Mixte du Bassin Versant des Lacs du Born. <https://www.sage-born-et-buch.fr/Portrait-du-territoire/Les-zones-humides/Les-fonctions-et-les-services-rendus-par-les-zones-humides>
- G. Eau France. (2018, 29 octobre). *Les zones humides disparaissent trois fois plus vite que les forêts ! | Zones Humides*. Eau France. <http://www.zones-humides.org/actualite/C3%A9/les-zones-humides-disparaissent-trois-fois-plus-vite-que-les-for%C3%AAts>
- H. Villemant, C. (2022, 1 juillet). *En Italie, des couvertures géantes protègent un glacier contre le réchauffement climatique*. Voyager loin. <https://voyagerloin.com/post/italie-draps-glacier-fonte-neige-rechauffement-climatique>
- I. Università degli Studi di Parma (GLORIA), Northern Apennines, (Europa , Italy). <https://gloria.ac.at/network/region/NAP>
- J. *Tea Bag Index (TBI-Indice della bustina di tè)*. (2021, 9 juin). Accademia dei Georgofili. <https://www.georgofili.info/contenuti/tea-bag-index-tbi-indice-della-bustina-di-t/15668>
- K. Arshad M.A., Lowery B., And Grossman B. (2011, 19 septembre). *Soil Quality : Indicators : Bulk Density. Soil Quality for environmental Health*. http://soilquality.org/indicators/bulk_density.html

Résumé :

Mon stage de 3 mois sur l'étude des conséquences du réchauffement climatique et du stock de carbone à l'université de Parme s'est très bien passé. J'ai pu apprendre beaucoup de choses et mettre en pratique beaucoup de savoir que j'avais acquis en tant qu'étudiante sur plusieurs écosystèmes.

Mon tuteur Mr Petraglia et les autres chercheurs/laborantins/étudiants ont été très gentils avec moi et m'ont tout de suite mise à l'aise. J'ai pu réaliser toutes les activités qu'un chercheur pouvait faire au cours de sa carrière; les sorties de terrain, les expériences en laboratoire et les analyses et rendus écrits. Je regrette juste de ne pas être arrivée lors de l'initiation d'un projet pour pouvoir prendre part aux réflexions initiales et aux planifications.

Néanmoins, ce stage m'a permis d'améliorer mon anglais, d'acquérir des connaissances sur différentes thématiques tel que la pédologie, la biologie, la botanique et bien d'autres. Je suis très contente d'avoir réalisé ce stage et je le recommande aux futurs étudiants de 4e année.

Abstract :

My 3-month internship on the study of the consequences of global warming and the carbon stock at the University of Parma went very well. I was able to learn a lot and put into practice a lot of knowledge that I had acquired as a student on several ecosystems.

My tutor Mr Petraglia and the other researchers/laboratory assistants/students were very kind to me and immediately made me comfortable. I was able to carry out all the activities that a researcher could do during his career; field trips, laboratory experiments and analyses and written reports. I just wish I had arrived at the initiation of a project so that I could take part in the initial reflections and planning.

Nevertheless, this internship allowed me to improve my English, to acquire knowledge on different topics such as pedology, biology, botany and many others. I am very happy to have carried out this internship and I recommend it to future 4th year students.

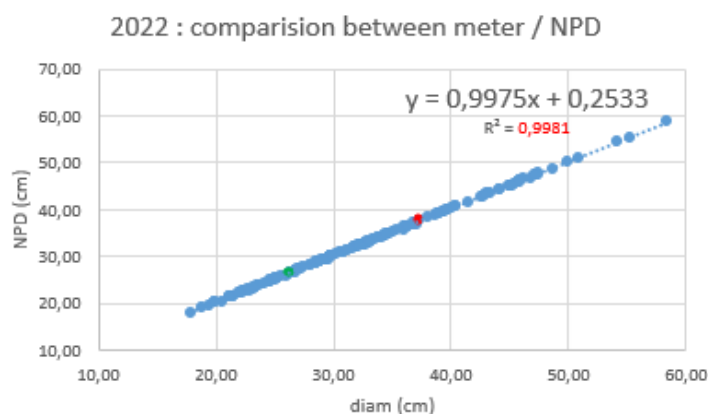
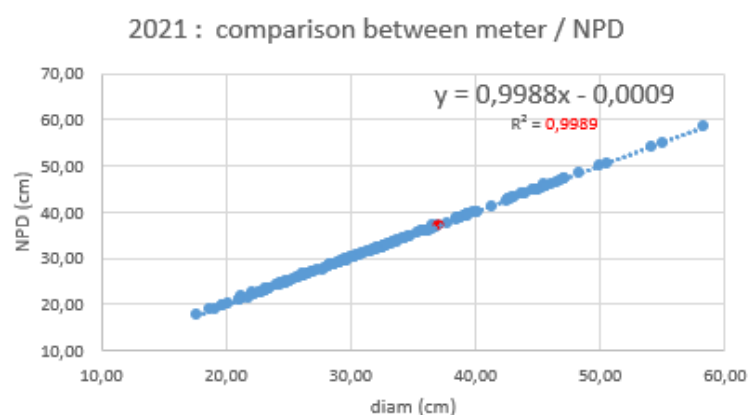
Annexes :

Annexe 1 : comparaison de deux méthodes de calcul de diamètre

1e étape : entrée les données des 150 arbres (diamètre calculé avec la "NPD méthode" et le mètre en 2021 et 2022

	A	B	C	D	E
1		diameter			
2		2021		2022	
3	tag	NPD	meter	NPD	meter
4	1930	32,27	32,15	32,64	32,47
5	1936	27,10	26,93	27,28	27,37
6	1943	19,21	19,13	19,37	19,67
7	1952	28,73	28,68	28,89	28,89
8	1172	21,10	21,01	21,14	21,33
9	1179	17,71	17,67	17,86	18,02
10	1186	24,37	24,26	24,57	24,76
11	1194	25,91	25,85	26,12	26,07

2e étape : représentation graphique pour comparer les deux méthodes de calculs



On remarque une corrélation linéaire entre les deux méthodes de calculs et un petit écart entre les deux méthodes qui est négligeable selon mon tuteur. Ainsi, l'investissement pour mesurer les 150 000 arbres du projet n'est pas nécessaire.

Annexe 2 : Analyse de l'impact des différents traitements d'amincissement sur la croissance des arbres

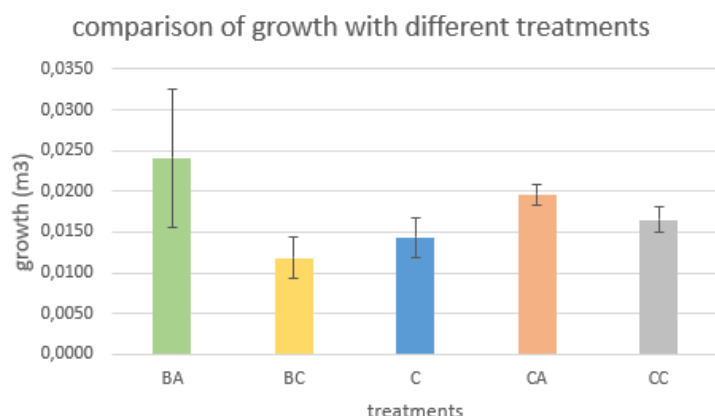
1e étape : organiser les données selon les traitements et calculer la croissance de chaque arbre

# serie	date	no.ind	tag	stand	trt	plot	position	aspect	v2021	v2022	growth
1	44309	183	1929	BAA	BA	BAA_BA	2	N	0,5237	0,5369	0,01327
2	44309	184	1930	BAA	BA	BAA_BA	2	N	0,8795	0,8973	0,01779
3	44309	185	1931	BAA	BA	BAA_BA	2	N	0,4323	0,4359	0,00355
4	44309	186	1932	BAA	BA	BAA_BA	2	N	0,3560	0,3625	0,00648
5	44309	187	1933	BAA	BA	BAA_BA	2	N	0,3520	0,3552	0,00319
1	44311	212	1172	BAA	BC	BAA_BC	2	O	0,2656	0,2737	0,00811
2	44311	213	1173	BAA	BC	BAA_BC	2	O	0,1700	0,1706	0,00062
3	44311	214	1174	BAA	BC	BAA_BC	2	O	0,1590	0,1613	0,00233
4	44311	215	1175	BAA	BC	BAA_BC	2	O	0,1200	0,1236	0,00356
5	44311	216	1176	BAA	BC	BAA_BC	2	N	0,1255	0,1275	0,00199
1	44311	244	1081	BAA	C	BAA_C	NA	NA	0,3019	0,3092	0,00725
2	44311	245	1082	BAA	C	BAA_C	NA	NA	0,2007	0,2058	0,00509
3	44311	246	1083	BAA	C	BAA_C	NA	NA	0,2882	0,2909	0,00269
4	44311	247	1084	BAA	C	BAA_C	NA	NA	0,5453	0,5627	0,01742
5	44311	248	1085	BAA	C	BAA_C	NA	NA	0,1675	0,1718	0,00428
80	44309	363	881	BAA	CA	BAA_CA	2	E	0,2956	0,3027	0,00718
81	44309	364	882	BAA	CA	BAA_CA	2	E	0,1827	0,1850	0,00232
82	44309	365	883	BAA	CA	BAA_CA	2	E	0,7083	0,7317	0,02336
83	44309	366	884	BAA	CA	BAA_CA	2	E	0,0704	0,0712	0,00079
84	44309	367	885	BAA	CA	BAA_CA	2	E	1,2597	1,2849	0,02516
1	44311	378	1001	BAA	CC	BAA_CC	1	NA	0,7638	0,7722	0,00838
2	44311	379	1002	BAA	CC	BAA_CC	1	NA	0,2005	0,2035	0,00303
3	44311	380	1003	BAA	CC	BAA_CC	1	NA	0,6170	0,6261	0,00909
4	44311	381	1004	BAA	CC	BAA_CC	1	NA	0,4298	0,4348	0,00502
5	44311	383	1006	BAA	CC	BAA_CC	1	NA	0,3580	0,3696	0,01157

2e étape : calculer la moyenne de croissance dans arbres sur les différents sites d'études (stand) et selon les différents traitements d'amincissement

stand	BA	BC	C	CA	CC
BAA	0,0083	0,0043	0,0104	0,0156	0,0141
BAB	0,0659	0,0115	0,0157	0,0199	0,0215
CAN	0,0199	0,0202	0,0167	0,0221	0,0202
PS1	0,0150	0,0046	0,0050	0,0164	0,0123
PS2	0,0195	0,0149	0,0215	0,0201	0,0184
PS3	0,0160	0,0156	0,0166	0,0235	0,0127
average	0,0241	0,0118	0,0143	0,0196	0,0165
SD	0,0209	0,0064	0,0058	0,0031	0,0040
N	6	6	6	6	6
SE	0,0085	0,0026	0,0024	0,0013	0,0016

3e étape : représentation graphique des résultats



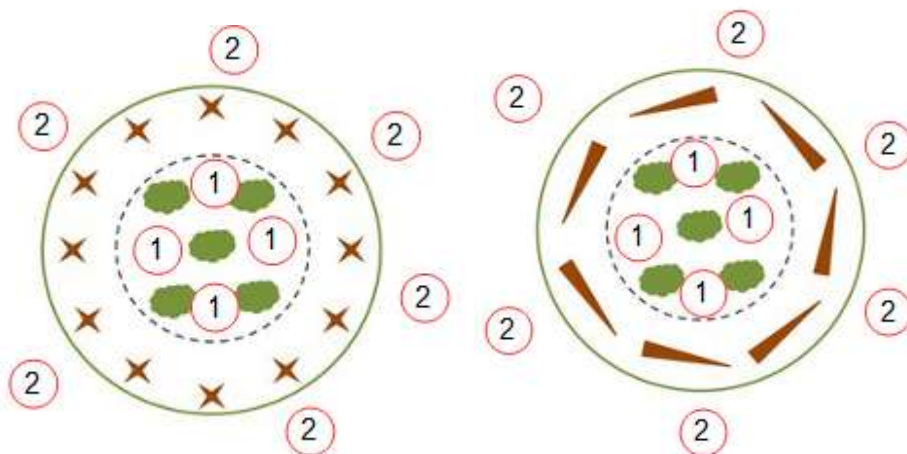
Nous observons un traitement avec une barre d'erreur très grande. Cela est dû à une valeur anormalement grande comparé aux autres (représentée en rouge sur le tableau ci-dessus). Ainsi, les mesures doivent être vérifiées.

Nous remarquons aussi que le traitement BC n'a pas d'impact sur la croissance comparé au contrôle.

En revanche, nous remarquons que le traitement CA et CC ont un impact positif sur la croissance des arbres.

4e étape : impact de la position (1 ou 2) de l'arbre sur les conséquences du traitement

Sur les schémas d'amincissement 3 et 4, les arbres étudiés sont situés soit à l'intérieur de la couronne d'arbres morts soit à l'extérieur. Ainsi, je devais analyser si il y avait une différence dans la croissance des arbres selon la position où ils se trouvaient

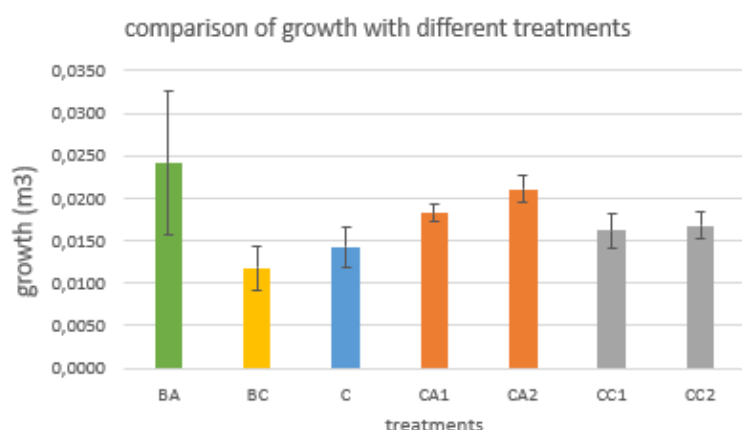


schémas d'amincissement 3 (CA) et 4 (CC)

- Calcul de la moyenne selon la position (1,2) dans les schémas concernés (CA, CC)

stand	BA	BC	C	CA1	CA2	CC1	CC2
BAA	0,0083	0,0043	0,0104	0,0178	0,0141	0,0127	0,0153
BAB	0,0659	0,0115	0,0157	0,0169	0,0216	0,0213	0,0216
CAN	0,0199	0,0202	0,0167	0,0226	0,0219	0,0155	0,0221
PS1	0,0150	0,0046	0,0050	0,0156	0,0216	0,0120	0,0125
PS2	0,0195	0,0149	0,0215	0,0171	0,0216	0,0237	0,0160
PS3	0,0160	0,0156	0,0166	0,0194	0,0257	0,0117	0,0134
average	0,0241	0,0118	0,0143	0,0182	0,0211	0,0162	0,0168
SD	0,0209	0,0064	0,0058	0,0025	0,0038	0,0052	0,0041
N	6	6	6	6	6	6	6
SE	0,0085	0,0026	0,0024	0,0010	0,0016	0,0021	0,0017

- Représentation graphique des résultats



Nous remarquons que l'emplacement a un impact pour le traitement CA; la position à l'extérieur de la couronne semble avoir une croissance plus importante que la position intérieure. Pourtant, pour le traitement CC, la position n'influence pas la croissance.

Annexe 3 : Protocole pour la Bulk Density

Protocol 1 :

- Sample preparation

- Take the samples out of the fridge
- Organize Peat Bog Samples
- Take the 7 carrots from a plot
- Prepare little piece of paper with location, placement, depth, and number (CB 1 10cm (1))
- Use folded sheet of paper to remove plastic film from samples
- Put the soil sample and the piece of paper in the aluminum compartment

- Put the compartment with the sample in a wooden tray
- Put in the oven at 105 degrees

- Sample weighing

- open the oven and take 7 samples in the appropriate compartment (to avoid moisture)
- go to the laboratory and use the balance to weigh the samples
- weigh the compartment with a sample
- put the sample in a other clean compartment
- weigh the empty compartment
- complete the sheet

Annexe 4 : Protocole pour le calcul de la matière organique

Protocol 2 :

- Sample preparation

- take the samples and sift them
- use a basin and the sieve (2mm)
- put the sample and sieve it
- put the powder sample in the aluminum compartment
- wash the sieve and basin with a brush

- Sample weighing

- Take 30 samples and go to the lab upstairs
- weigh each ceramic compartment and rewrite the number below each
- use the scale and ceramic compartments to put 1g of soil in each ceramic compartment
- put the ceramic compartment in the oven

- start the oven :

§ programma viarre

§ programma SRA

§ ritarda avvio NO

§ premi start ok

- weigh the samples after the oven