

Nom du candidat :

Prénom :

N°Candidat :

Noms des auteurs
en cas de travail commun :

Pentecouteau François
De Luca Mélody
Mkhitaryan Sofya
Gabilly Noé
Romero Louis

Dominante BIOLOGIE
Dominante PHYSIQUE

Titre : L'usage du bois dans le bardage vertical et dans la construction des terrasses en ville

Résumé :

Notre travail s'intéresse à la pertinence de l'utilisation du bois en milieu urbain en particulier, dans le revêtement de façade ainsi que dans l'élaboration de terrasses. L'objectif est d'étudier de quelles façons se dégrade le bois sous l'effet de facteurs abiotiques: la température, les UV et l'eau. Pour ce faire, on compare trois essences largement utilisées actuellement en industrie: un résineux, un feuillu et un exotique. Afin d'en optimiser la durabilité nous nous intéressons aux protections envisageables et à leur efficacité.

Nombre de caractères : 18 581

SOMMAIRE:

I. Dispositifs expérimentaux et facteurs étudiés afin de caractériser la résistance du bois	page 2
A. Caractéristiques des essences de bois étudiées	page 2
B. Dispositifs expérimentaux selon la variable étudiée	page 2
C. Caractérisation et quantification de la dégradation du bois	page 3
D. Mesure de la résistance mécanique du bois.	page 3
E. Evolution de l'aspect esthétique du bois par analyse colorimétrique	page 4
II. Effets de facteurs physiques sur un bois non protégé	page 4
A. Evolution de la masse des différents bois	page 4
B. Aptitude des différents bois à se déformer	page 5
C. Evolution de l'aspect esthétique des différents bois soumis à l'eau	page 6
III. Effets de facteurs physiques sur un bois protégé	page 6
A. Evolution de la masse des différents bois	page 6
B. Comparaison de la capacité du bois à se déformer avec protection	page 7
C. Evolution de l'aspect esthétique des différents bois protégés soumis à l'eau	page 8

Introduction:

Le thème « la ville » a inspiré nos recherches sur le bois , un matériau de plus en plus utilisé en construction urbaine aujourd’hui, tant pour les terrasses que pour l’habillage des façades pour son aspect esthétique et durable.

Le bois est considéré comme étant un produit « vert », malgré le fait que, l'utilisation de ce matériau contribue grandement à la déforestation, notamment l'utilisation de bois exotiques tels que le Cumaru. Nous nous sommes concentrés sur trois essences :

-Le chêne pédonculé : un feuillu très résistant possédant un certain coût.

-Le douglas : un résineux peu coûteux.

-Le cumaru : un exotique très performant importé d'Amérique du Sud et qui est assez cher.

C'est ce qui nous amène à réfléchir aux propriétés physiques de ce matériau et sur une potentielle optimisation de leur efficacité en tant que bois d'habillage exposé au soleil, à l'eau météoritique et à des variations de températures. Il va donc falloir faire un compromis entre la durabilité et le coût des différents essences. On peut donc se poser les questions suivantes :

Quels sont les facteurs à prendre en compte lors du choix de l'essence ? Certaines essences résistent-elles mieux que d'autres à ces contraintes ? Quels sont les moyens de protection les plus efficaces pour rendre la vie du bois plus longue ?



Pour répondre à ces questions, nous devons nous interroger sur les paramètres physiques à tester et sur la façon dont ils peuvent varier. Aussi nous devons réfléchir quant aux dispositifs à mettre en place pour évaluer au mieux les effets de ces paramètres sur le bois. Par la suite, nous verrons les différentes réactions du bois face à ces contraintes. Pour finir nous examinons les effets d'une protection sur le bois et nous discutons de l'intérêt du bois pour habiller les bâtiments en ville.

Figure 1 : Bardage vertical d'un résineux , Cèdre Rouge âgé de 8 ans (en dessous de la démarcation le bois a été protégé).

I. Dispositifs expérimentaux et facteurs étudiés afin de caractériser la résistance du bois

A. Caractéristiques des essences de bois étudiées

L'étude repose sur le choix de 3 essences :

le chêne pédonculé, un feuillu clair de densité 0,715, le douglas, un résineux brun clair rosé de densité 0,550 et le cumaru, un bois exotique provenant de l'amérique latine de densité 1,07 et de couleur marron foncé.

De plus, leur coût est différent. Ainsi, pour habiller une terrasse de même surface, il faut débourser deux fois plus pour le cumaru que pour le douglas. Le chêne reste l'essence la plus onéreuse. Nous verrons avec cela si il est possible et judicieux d'utiliser des bois locaux afin de limiter les retombées écologiques.

B. Dispositifs expérimentaux selon la variable étudiée

L'étude expérimentale commence avec la mise en place d'échantillons pour chacune des trois essences choisies. L'objectif est de réaliser des gabarits de dimensions $3 \times 15 \times 2$ cm ce qui correspond à l'épaisseur d'une lame de terrasse et qui nous permet d'effectuer de nombreuses expériences à moindre coût.



Figure 2 : Photographies d'échantillons de chaque essence de bois.

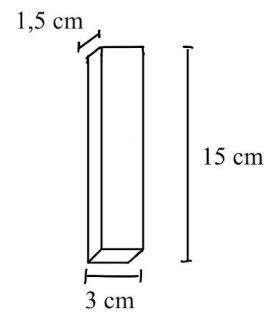


Figure 3 : Schéma d'une lame de bois.

L'objet de l'étude est d'exposer ces planchettes à diverses conditions abiotiques choisies par l'expérimentateur : une exposition aux UV, une exposition à différentes températures, en présence ou absence d'eau. Les gabarits sont exposés aux différents facteurs abiotiques et récupérés pour des mesures selon un rythme hebdomadaire.

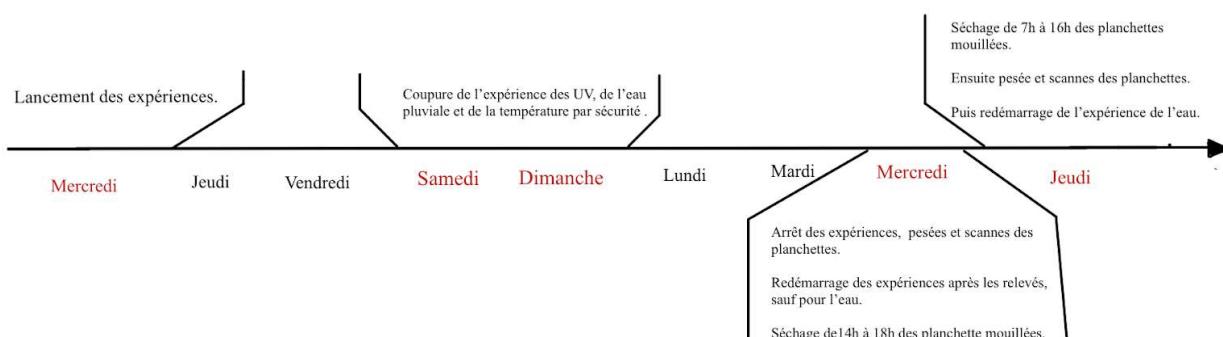


Figure 4 : Schéma du rythme expérimental de l'étude en fonction du temps.

1) Test de l'effet des UV

Pour l'étude de l'action des UV, il faut mettre en place une enceinte sécurisée afin que les expérimentateurs ne soient pas exposés aux rayonnements. Cette boîte est isolée par de l'aluminium et un ventilateur est installé pour renouveler l'air chaud dans la boîte. La lampe utilisée est une lampe solaire de 160W de modèle "Super Sun UV" émettant des UV de type A et B ce qui modélise en partie la lumière solaire. Les échantillons témoins sont recouverts d'aluminium pour les protéger. Les échantillons et les témoins sont mis dans cette même enceinte afin de prendre en compte que l'effet rayonnant et non l'effet thermique.

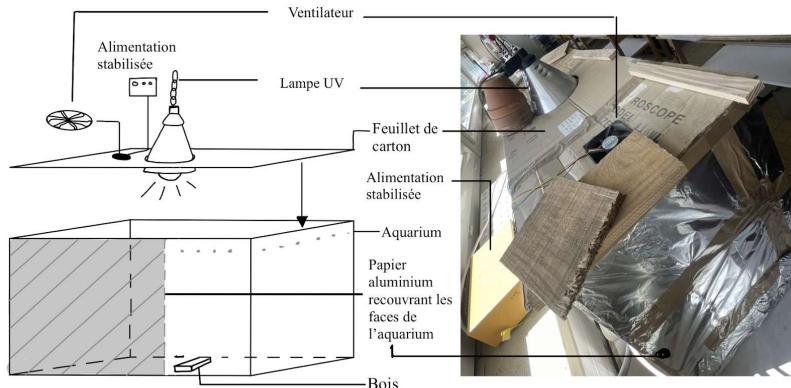


Figure 5 : Schéma explicatif du montage expérimental pour l'exposition aux UV.

Figure 6 : Photographie du montage expérimental pour l'exposition aux UV.

2) Test de l'effet de l'eau

Pour l'exposition à l'eau, deux expériences sont réalisées. Une expérience avec un bassin d'eau stagnante pour voir l'effet de l'eau sur le bardage horizontal. Et une autre expérience avec projection d'eau reproduisant la battance de la pluie pour voir son effet sur le bardage vertical. Ce système est permis par une pompe qui crée un circuit hydraulique fermé. Les échantillons témoins restent hors de l'eau durant toute les semaines d'expériences.

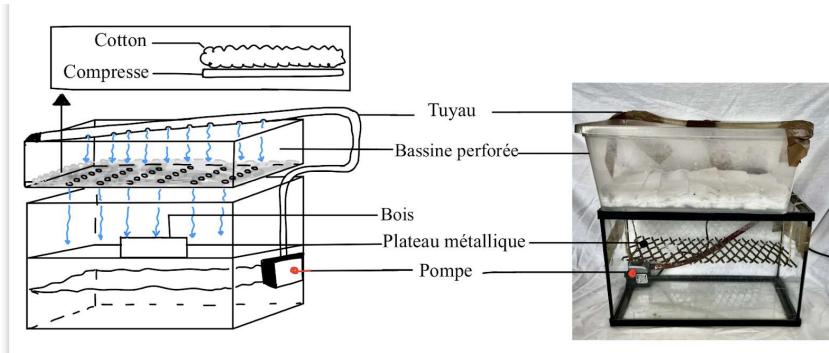


Figure 7 : Schéma explicatif du montage expérimental en circuit fermé mimant l'eau de pluie.

Figure 8 : Photographie du montage expérimental reproduisant une chute d'eau météorique.

3) Test de l'effet des variations de températures

Pour les variations de températures, les échantillons sont placés dans des étuves à la température désirée, alors que les témoins sont exposés à température ambiante.

C. Caractérisation et quantification de la dégradation du bois

L'un des objectifs de l'étude est de mettre en évidence l'éventuelle dégradation des échantillons via les variations de leurs masses. Pour chaque condition expérimentale testée, nous utilisons trois échantillons afin de pouvoir réaliser une moyenne.

Pour quantifier ces variations de masses, des écarts relatifs des masses sont réalisés entre le début et la fin de l'expérience, pour chaque échantillon à l'aide de la formule suivante: $\Delta m = \frac{m_{finale} - m_{initial}}{m_{initial}}$.

Une moyenne de ces écarts relatifs est ensuite calculée pour chacune des conditions expérimentales ce qui permet de faire un calcul d'incertitudes de type A.

D. Mesure de la résistance mécanique du bois

Dans cette partie, l'étude est restreinte au test de résistance appliquée à des lames de bois ayant été placées en condition "eau stagnante".

Les tests de résistance ont été réalisés grâce à une presse hydraulique de modèle "big red" et de référence TY10003. Sur les échantillons de douglas est appliquée une pression de 13 bar par le biais d'un cylindre métallique de section constante. Pour le chêne et le cumaru, la pression appliquée est de 26 bar. On en déduit que le douglas est le bois le moins résistant. Une mesure de la profondeur de l'empreinte est quantifiée à l'aide d'un pied à coulisse numérique. Pour chaque échantillon, 3 mesures sont réalisées permettant de réaliser une moyenne et de calculer l'incertitude de type A pour la variation de la profondeur de l'empreinte.

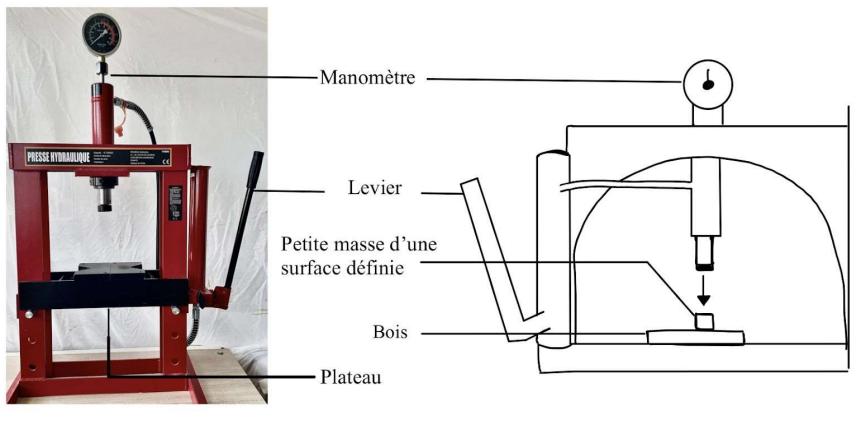


Figure 9 : Photographie de la presse hydraulique.

Figure 10 : Schéma du dispositif expérimental du test mécanique.

E. Evolution de l'aspect esthétique du bois par analyse colorimétrique

Pour l'analyse colorimétrique, le protocole est le suivant: on dispose les planchettes dans un ordre prédéfini, on place à côté un papier blanc provenant d'une feuille A4 servant de référence. Ensuite, on recouvre l'intégralité d'un sac poubelle pour noircir le fond et on lance la fonction de scanner de la photocopieuse SHARP MX-M905.

Traitement des données par le logiciel de traitement d'image *Mesurim* : nous avons converti les photos en noir et blanc puis relevé les nuances de gris moyennes de 3 zones différentes par échantillon. Ensuite, nous avons réalisé les moyennes des échantillons et des témoins pour chaque semaine durant plusieurs mois. Enfin, on calcule l'écart relatif des nuances de gris (en pourcentage) pour chaque essence afin de déterminer le pourcentage d'assombrissement ou d'éclaircissement de chaque lame de bois.

Nous avons utilisé ces méthodes pour mettre en évidence les effets des facteurs physiques sur les paramètres physiques et esthétiques du bois qu'on va étudier dans les parties suivantes.

II. Effets de facteurs physiques sur un bois non protégé

A. Evolution de la masse des différents bois

Masses perdues par unité de temps	Chêne	Douglas	Cumaru	
Température Continue	-7,47E-03	-0,0125	-2,83E-03	
Eau pluviale	-0,0289	-0,038	-0,0171	
UV	-2,89E-03	-2,8E-03	-3,81E-03	

Figure 11 : Vitesse de dégradation des différentes essences.

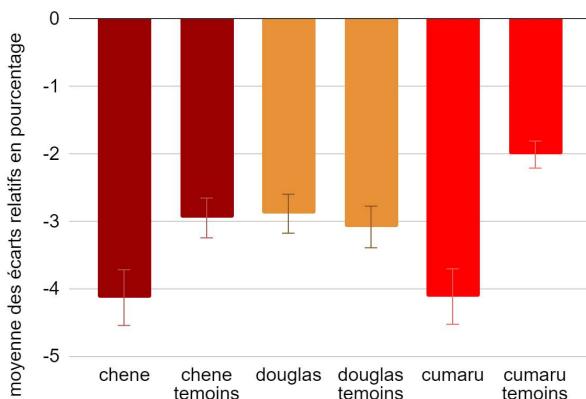
Figure 12 : Évolution de la masse du chêne non protégé soumis aux UV en fonction du temps.

On calcule l'écart relatif de la masse entre chaque semaine et pour chaque essence.

Dans l'ensemble le douglas perd plus de masse au cours du temps que le chêne et le cumaru. Donc le douglas est l'essence qui s'abîme le plus rapidement.

1) Effets de la variation de température

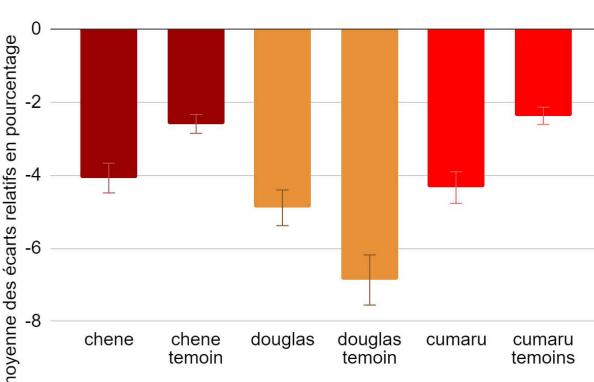
Conditions expérimentales: On diminue la température de 10 degrés de façon hebdomadaire en partant de 50°C et allant à -2°C. Cet intervalle nous a permis d'accentuer les effets de la température.



Par comparaison à leurs témoins, le chêne et le cumaru perdent de la masse. Il n'y a pas de variation significative de masse entre témoins et échantillons pour le douglas . Donc les essences qui semblent le plus sensibles sont le cumaru et le chêne.

Figure 13 : Ecarts relatifs de la masse des bois exposé à une diminution continue de la température.

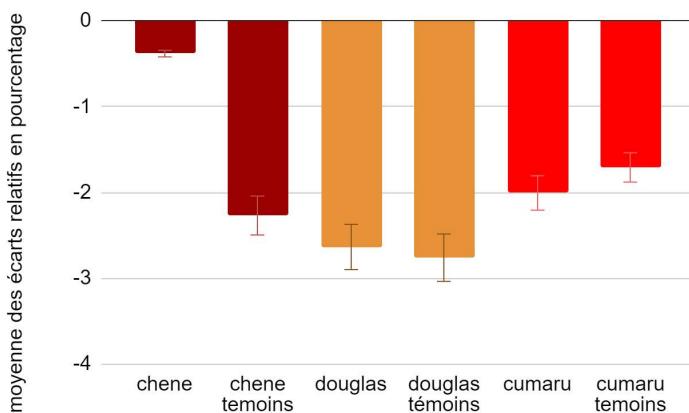
2) Effets de l'exposition aux UV



Dans l'ensemble, la masse diminue pour toutes les essences. On voit que par rapport à leurs témoins, le chêne et le cumaru ont perdu presque 2 fois plus en masse. Cependant, le douglas échantillon perd 1/3 de moins de masse que le douglas témoin. Il semblerait que le cumaru et le chêne soient plus sensibles à l'action des UV. On peut supposer que le douglas lorsqu'il est exposé aux UV est moins fragilisé.

Figure 14 : Ecarts relatifs de la masse des bois exposés aux UV.

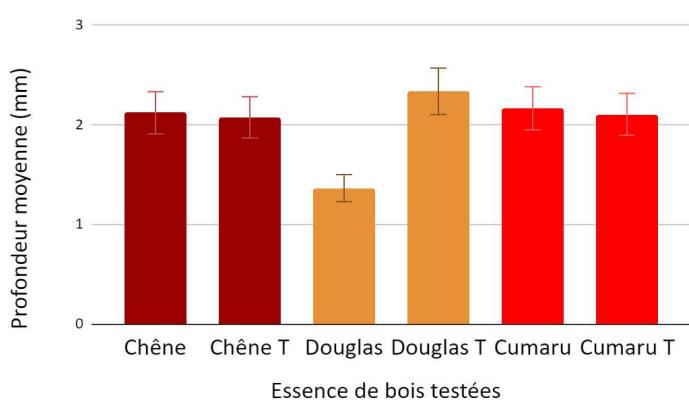
3) Effets de l'exposition à l'eau stagnante



Globalement le bois perd en masse lorsqu'il est exposé à l'eau stagnante (alternance mouillage-séchage). De plus, nous avons remarqué que l'exposition à l'eau altère fortement l'aspect esthétique. Par ailleurs, on observe les mêmes tendances pour les bois exposés à l'eau ruisselante, mais la dégradation est moins accentuée.

Figure 15 : Ecarts relatifs de la masse du bois non protégé et soumis à l'eau.

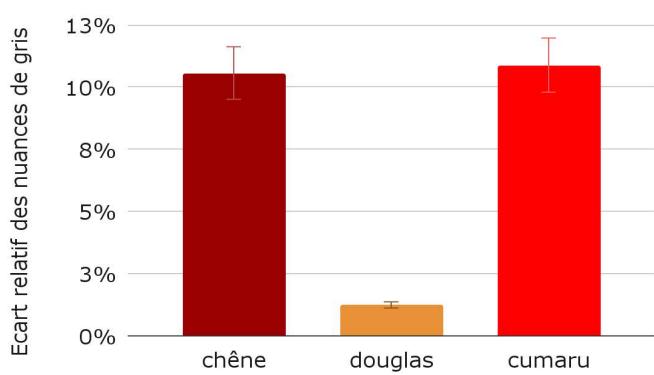
B. Aptitude des différents bois à se déformer



Les échantillons testés ici sont ceux ayant subi une immersion dans l'eau stagnante. Seuls les échantillons de douglas sont significativement différents des témoins. Le douglas a subi une pression 2 fois inférieure aux autres essences et pourtant il en ressort également très déformé. Il en résulte donc que le douglas est moins résistant que le chêne et le cumaru qui, eux, semblent avoir un comportement similaire face à la contrainte mécanique imposée.

Figure 16 : Profondeur de l'empreinte moyenne lors du test mécanique.

C. Evolution de l'aspect esthétique des différents bois soumis à l'eau



Les nuances de gris sont mesurées, puis on en fait la moyenne pour les échantillons et les témoins. Enfin, on calcule les écarts relatifs entre le début et la fin de l'expérience. Les témoins ne varient pas. On voit que le chêne et le cumaru s'éclaircissent de la même façon. Le douglas est celui pour qui la couleur varie le moins. C'est l'essence qui résiste le mieux face à ces conditions. On peut en déduire que le chêne et le cumaru sont les essences dont l'aspect est le plus altéré face aux intempéries.

Figure 17 : Ecarts relatifs des nuances de gris des planches immergées sans protection .

Par la suite, nous évaluons le comportement du bois protégé soumis aux conditions les plus dégradantes.

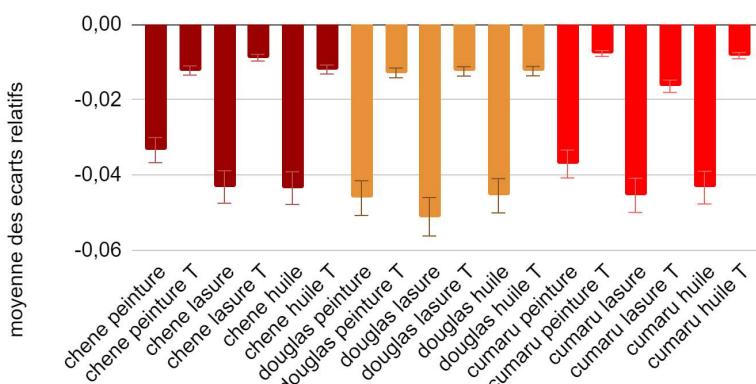
III. Effets de facteurs physiques sur un bois protégé

Les facteurs physico-chimiques impactent qualitativement et quantitativement les bois nus testés. Nous cherchons alors à tester les bénéfices de différents traitements. Les bois traités sont soumis aux UV ou plongés dans l'eau. En ce qui concerne les traitements, nous nous restreint à l'application

d'une peinture blanche qui protège des UV, chocs et des intempéries et garantie la durabilité de la couleur, à l'application d'une huile qui résiste aux UV et aux intempéries et limite le grisaillement, et à l'application d'une lasure. Deux couches uniformes de traitement sont appliquées au rouleau sur chaque planchette.

A. Evolution de la masse des différents bois

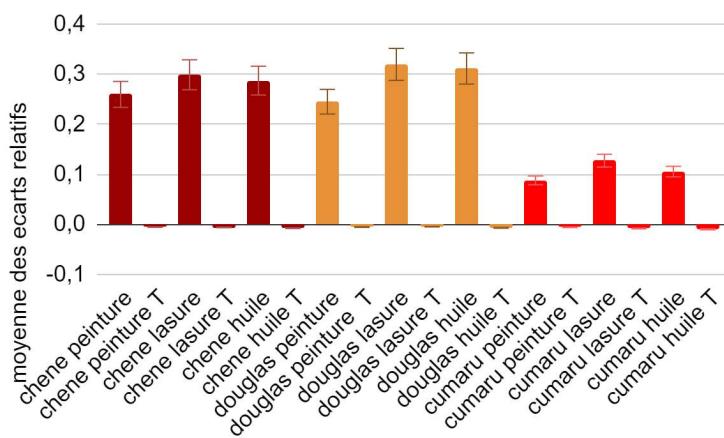
1) Effets de l'exposition aux UV



La peinture semble mieux protéger le chêne tandis que la lasure et l'huile se valent pour les autres essences. Les seuls échantillons dont l'évolution est significativement différente sont le chêne et cumaru protégés avec de la peinture, on remarque qu'ils résistent le mieux aux UV. Dans l'ensemble on observe une plus grande efficacité de la peinture comme traitement protecteur contre les UV.

Figure 18 : Évolution de la masse des bois protégés exposés aux UV.

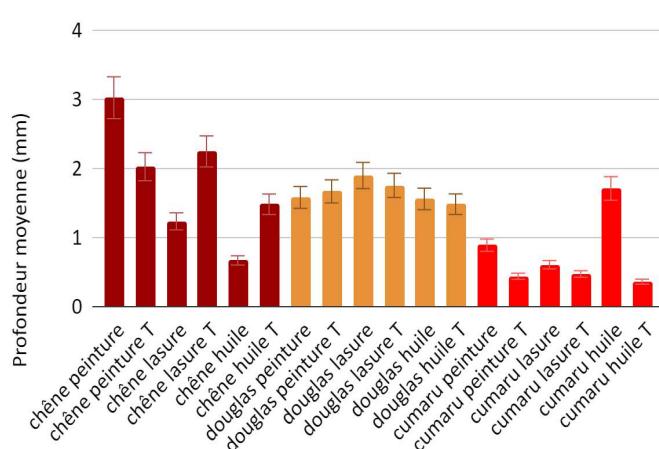
2) Effets de l'exposition à l'eau stagnante



Les témoins ne varient pas. Tous les types de protection empêchent une diminution de la masse. Il n'y a pas de différence suivant la protection utilisée pour le chêne. Il semblerait que la peinture soit plus efficace pour le douglas et le cumaru puisque les résultats pour ces échantillons sont significativement différents. On en conclut que la peinture est la protection la plus appropriée pour le douglas et le cumaru.

Figure 19 : Évolution de la masse des bois protégés dans l'eau stagnante.

B. Comparaison de la capacité du bois à se déformer avec protection



Les bois ont été préalablement soumis à l'eau stagnante. On constate que pour le douglas les écarts sont non significatifs. On remarque que les protections les plus efficaces pour le cumaru et le chêne sont respectivement la lasure et l'huile. On voit que le cumaru lasure et le chêne huile résistent le mieux. Donc l'huile et la lasure ont un effet durcisseur.

Figure 20 : Mesures des creux présents sur les bois protégés ayant été immergés.

C. Evolution de l'aspect esthétique des différents bois protégés soumis à l'eau

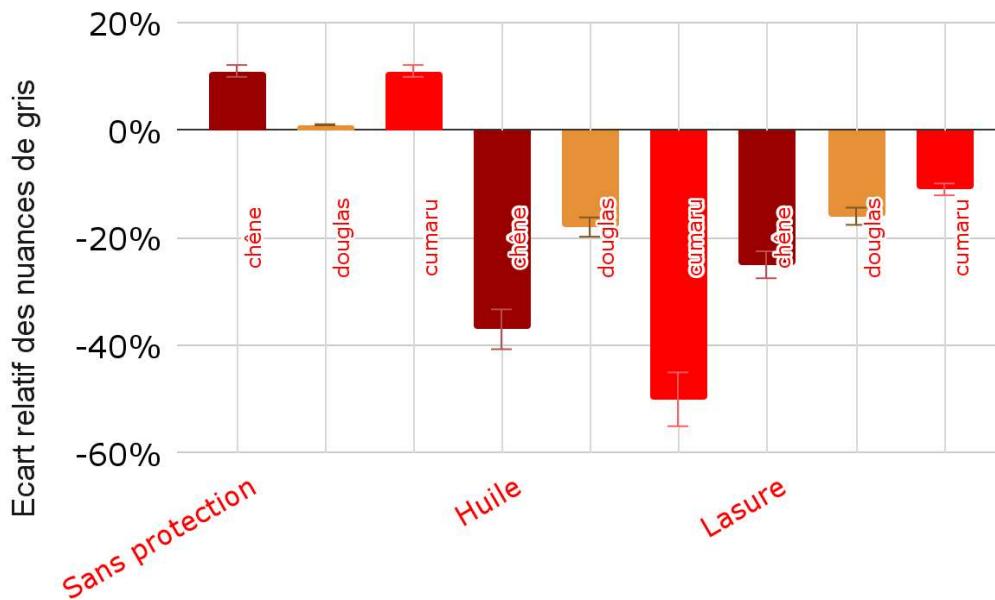


Figure 21 : Comparaison de l'évolution de la couleur du bois immergé avec ou sans protection.

Les témoins ne varient pas. Les bois protégés s'assombrissent tandis que les bois non protégés s'éclaircissent.

L'huile et la lasure ont le même effet sur le douglas.

La lasure est plus efficace dans la préservation de la couleur du chêne et du cumaru.

Conclusion :

Les relevés effectués de manière hebdomadaire sur une durée d'expérimentation de 5 mois permettent de dégager certaines tendances. Au niveau du comparatif des matériaux, il est possible de dire que le douglas semble moins résistant face aux facteurs abiotiques que le chêne et le cumaru qui ont une résistance équivalente. Pour ce qui est des protections, la lasure et la peinture semblent être plus efficaces que l'huile. Ces bois se doivent d'être résistants pour l'utilisation que l'on en a en milieu urbain. En effet, le bois permet un habillage vertical ou horizontal des terrasses par exemple. Cependant, l'utilisation de ce matériau a un coût écologique du fait de la déforestation engendrée, de la perte de biodiversité engendrée et du transport dans le cas des bois exotiques. Il se pose aussi la question de l'impact environnemental des traitements protecteurs chimiques qu'ils subissent. Cette tendance de l'utilisation de bois en ville peut impacter l'esthétisme des villes et modifier le patrimoine culturel. Il aurait également été judicieux a posteriori de commencer nos expériences plus tôt car le temps imparié pour cette étude est a priori trop court pour avoir des résultats plus représentatifs au vue de la lente dégradation du bois dans le temps.

Il pourrait être intéressant d'étudier l'impact des micro-organismes sur les caractéristiques esthétiques et mécaniques du bois de parement.

Contact-Remerciements :

Nous remercions l'atelier de notre lycée pour nous avoir aidé au rabotage et à la découpe des planchettes de bois aux dimensions fixées, ainsi que les techniciens du laboratoire de SVT pour le prêt de matériel et l'aide apportée. Nous remercions aussi la menuiserie CSI pour nous avoir gracieusement cédé des planches de chênes et de douglas gratuitement.

Bibliographie/webographie :

[1] Mémoire sur la construction en ossature bois(2015-2016):

<https://tinyurl.com/y3xdw8rf>

[2] Thèse sur le bois et le composite bois ciment dans la construction(2018):

<https://tinyurl.com/ypk458bx>

[3] Le bois massif et humidité(2009):

<https://tinyurl.com/3jvpmid7f>

[4] Thèse sur l'élaboration des matériaux composites PVC/Bois(2007):

<https://tinyurl.com/ynmva8j6>

[5] Mémoire sur un exemple concret d'utilisation du bois pour les logements(2018):

<https://tinyurl.com/4fy88aak>

[6] Site web sur les avantages du bardage bois(2023):

<https://tinyurl.com/35kzxhnb>

[7] Site web d'un menuisier agenceur renseignant les différentes essences de bois(2020):

<https://tinyurl.com/2s6d2fte>

