
POTENTIEL DE LA TOMOGRAPHIE ACOUSTIQUE POUR LA CARACTÉRISATION NON DESTRUCTIVE DE LA PROPORTION DE LA CARIE ET SON IMPACT SUR LE MODULE D'ÉLASTICITÉ DU BOIS DE L'ÉRABLE À SUCRE

Présenté par : Achraf Ammar

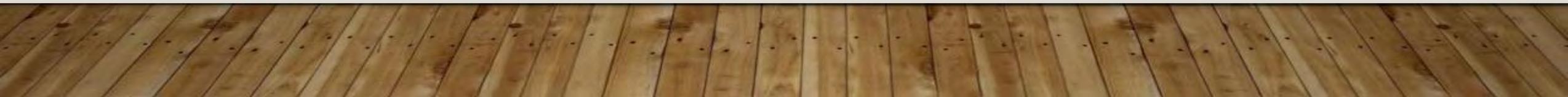
Directeur : Ahmed Koubaa (UQAT)

Co-directeurs : Yves Bergeron (UQAT/UQAM)

Dorra Gassara (ENIS)

En collaboration avec : Pierre Grondin (DRF)

Le 07 décembre 2021



PLAN DE L'EXPOSÉE

1

COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

2

MATÉRIELS ET MÉTHODES

3

RÉSULTATS ET DISCUSSION

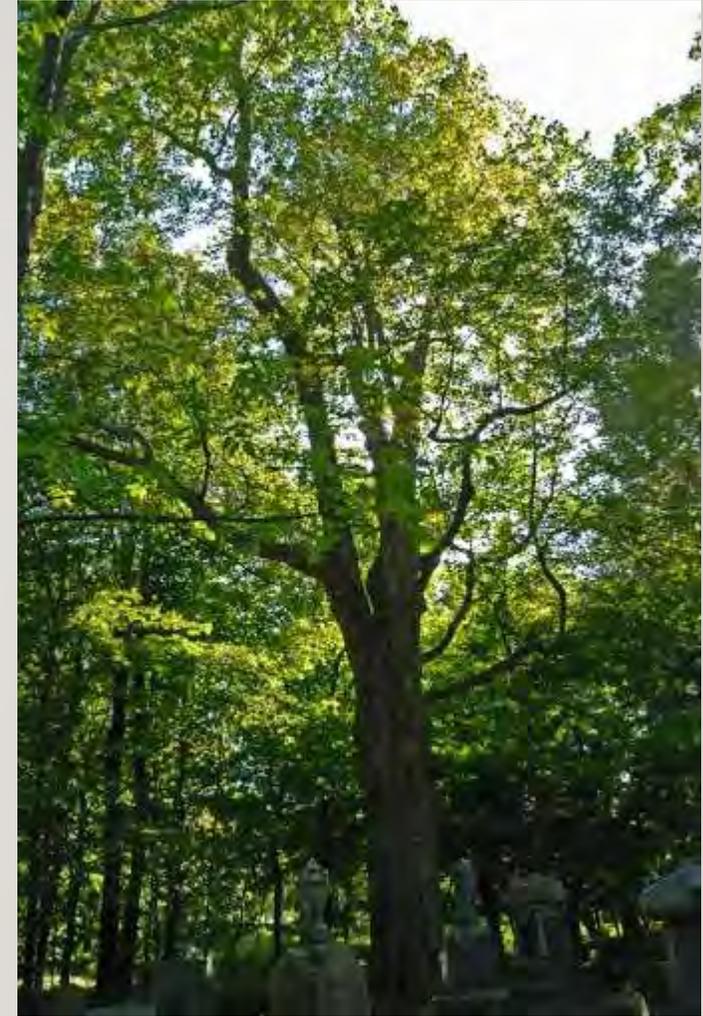
4

CONCLUSION

1. COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

L'érable à sucre (*ACER SACCHARUM MARSH.*)

- Poids économique, écologique (L'état des forêts au Canada, Rapport annuel 2018)
 - 347 069 000 hectares sur les forêts canadiennes ;
 - Revenus des biens fabriqués 65,23 Milliards de dollars.
- Bois lourd, solide, rigide, dur et résistant aux chocs (Ross 2010).



1. COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Les érables à sucre sont exposés à divers agents pathogènes en provoquant habituellement des pertes inférieures à 40%, dont principalement causés par les champignons de carie blanche (Basham et Morawski 1964).



1. COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

➤ L'existence de la carie dans les érables provoque :

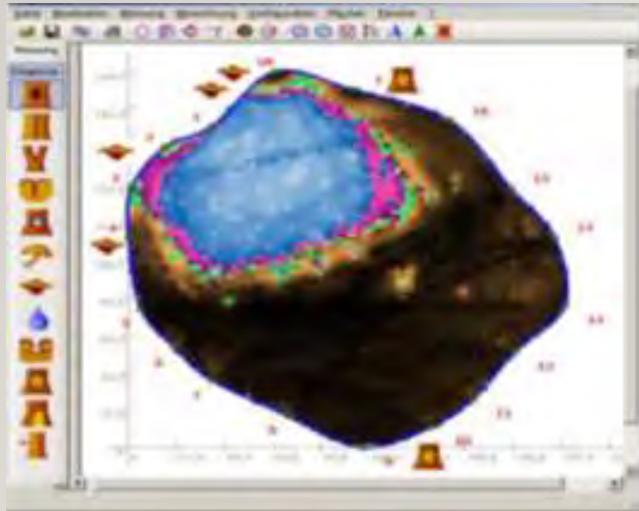
- Une diminution considérable de la qualité des peuplements de seconde venue ;
- Un développement des défauts de dégradation et l'affaiblissement structurelle des arbres ;
- Une variation des propriétés mécaniques et physiques du bois (Lavallée 1968).

➔ Les utilisateurs du bois sont confrontés à des difficultés au niveau de la variation de la qualité du bois qui provoque à son tour une complexité lors de la transformation du bois en produit de qualité (Dikrallah 2007).

1. COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Tomographie acoustique

- Cette technique consiste à monter un certain nombre de capteurs (selon le diamètre) sur le pourtour d'une section transversale du tronc de l'arbre
- Permet de mesurer les vitesses de propagation des ondes sonores dans le bois



- Les ondes sonores traversant le bois pourri se déplacent plus lentement que les ondes traversant le bois massif



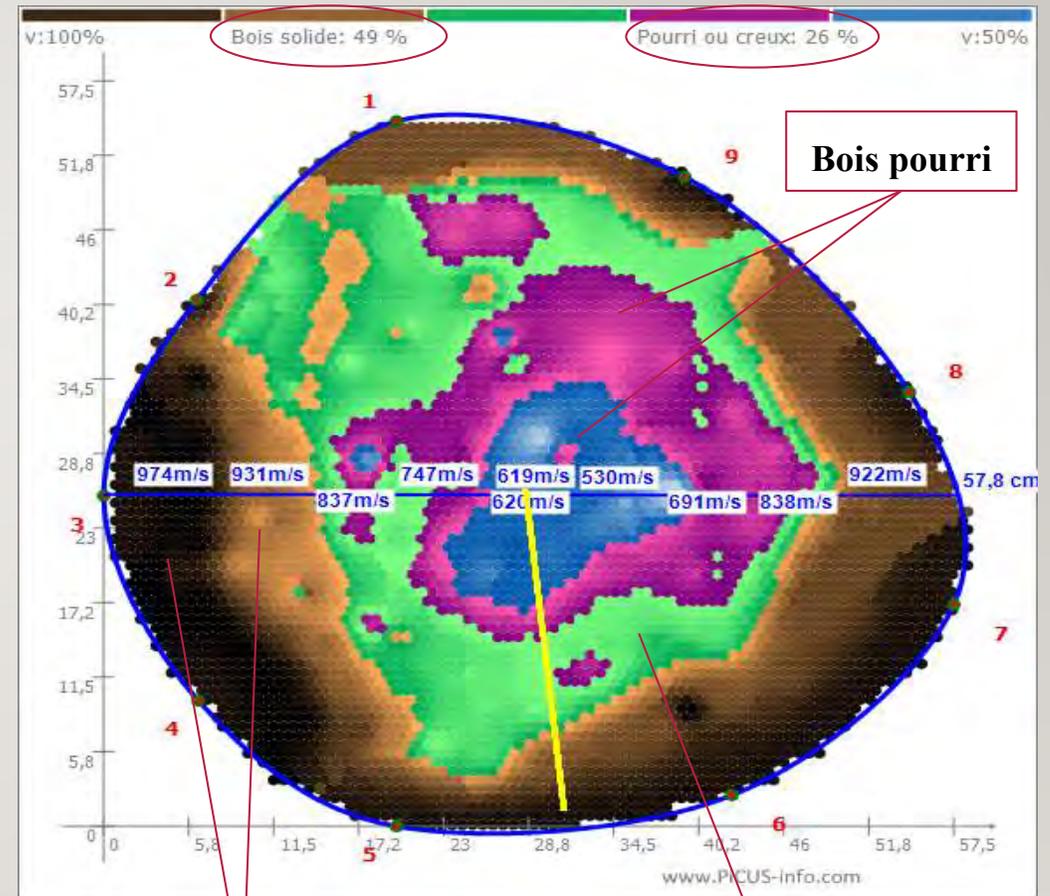
Permet de détecter les foyers de pourriture et des cavités dans les arbres **avant abattage**

1. COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

- Permet de fournir un tomogramme avec un maillage de différente couleur indiquant la présence ou non des cavités ou des foyers de pourriture à l'intérieur de l'arbre:
- Permet de quantifier la proportion de la carie

Peu d'études ont examiné le potentiel de cette méthode pour :

- Mesurer les différentes propriétés mécaniques du bois comme le module d'élasticités dynamique
- Évaluer l'effet de la carie détectée sur ces propriétés



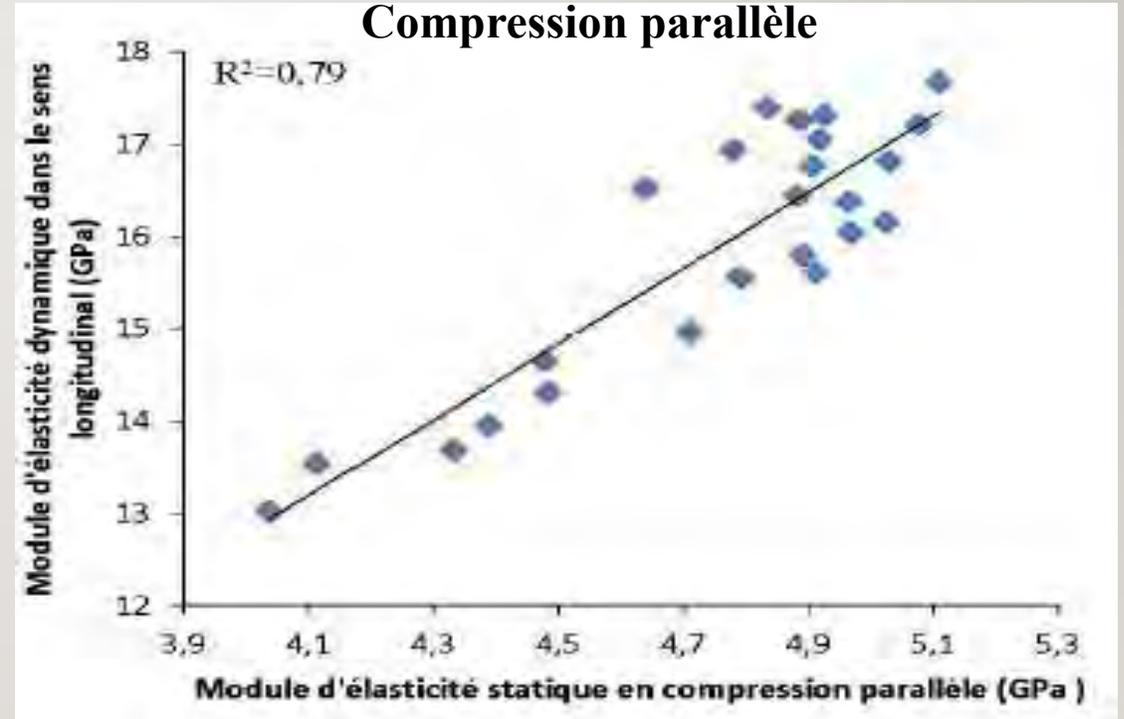
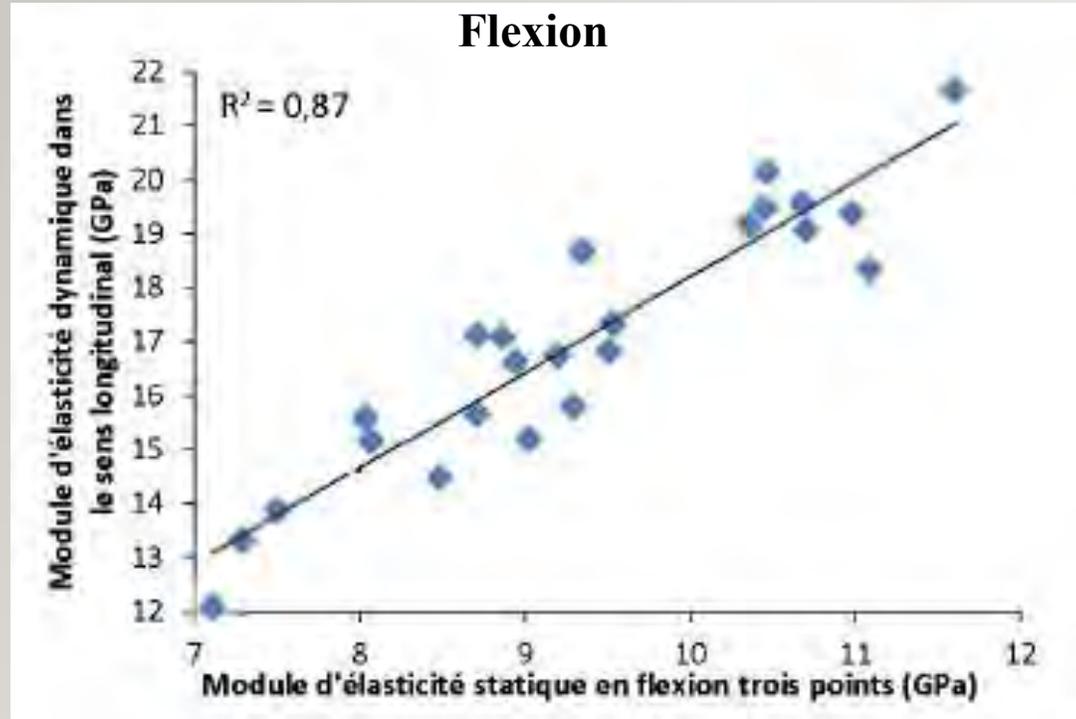
Bois solide

Bois de transition

1. COTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Module d'élasticité dynamique

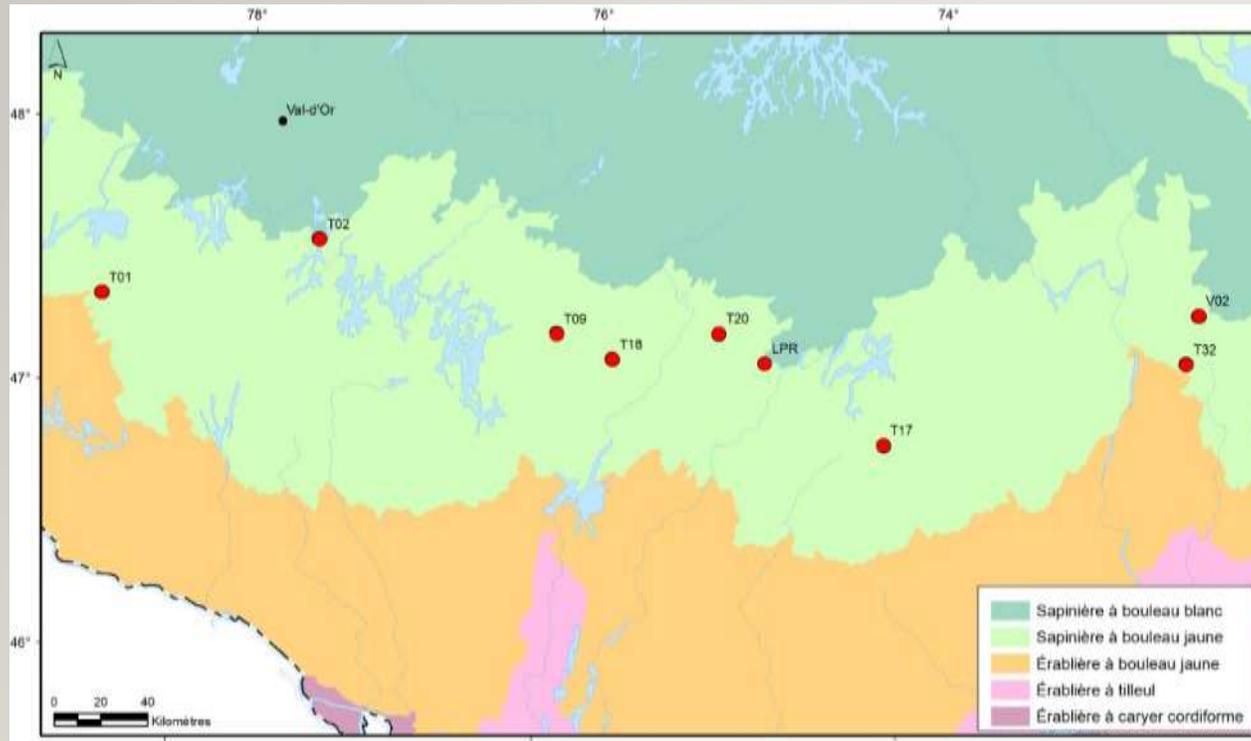
$$MOED = \rho \times V^2$$



Épinette noire (Bouhajja 2015)

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

➤ Sites d'études



Deux types d'échantillonnage :

- 1) **Échantillonnage non-destructif** : 53 arbres debout.
- 2) **Échantillonnage destructif** : 18 billes.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

➤ Caractérisation des arbres debout



Tomographie
acoustique

➔ La proportion de la carie

➔ Les vitesses de propagation
des ondes sonores (V)

➔ La masse volumique (ρ)

Module d'élasticité
dynamique
 $MOED = \rho \times V^2$

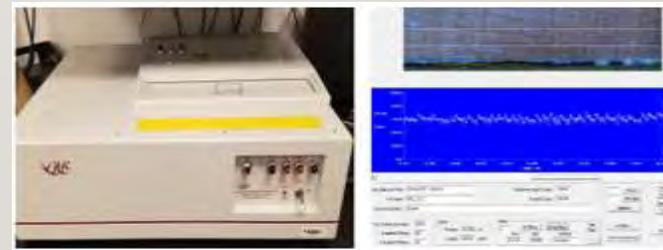
Prélèvement de deux
carottes (David)

Préparation des
carottes

Densitomètre à
rayon X



- Réduire leur épaisseur à 1,57 mm
- Enlever les substances extractibles



2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

➤ Caractérisation des billes

Évaluation non destructive

Tomographie acoustique

Méthode d'ultrason

Évaluation destructive

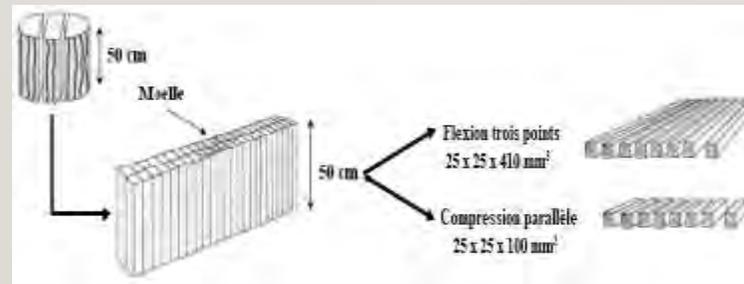
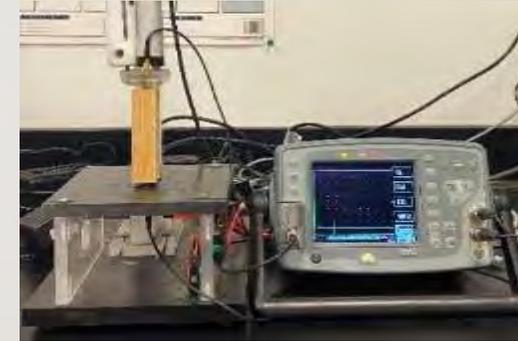
-Préparation des éprouvettes
-Mesure de leurs masse volumique

Appareil universel Zwick

Module d'élasticité dynamique
MOED

Module d'élasticité statique

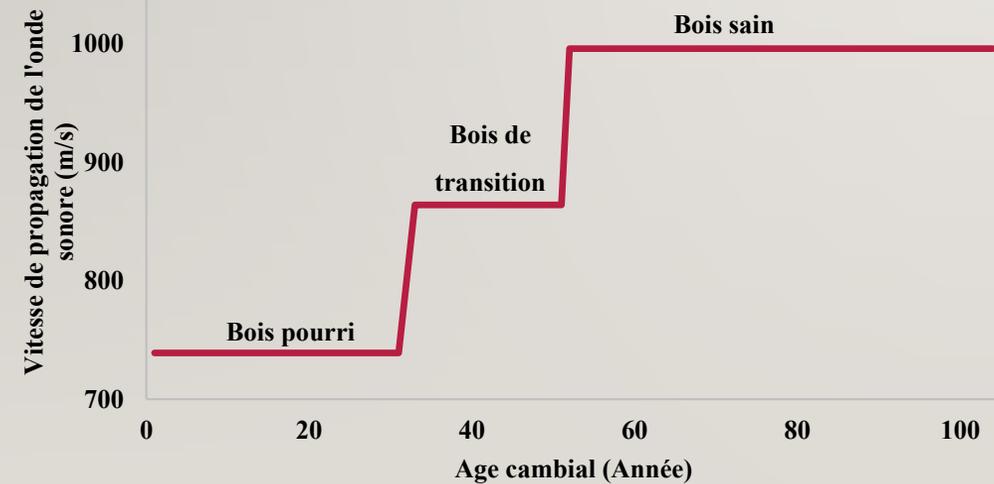
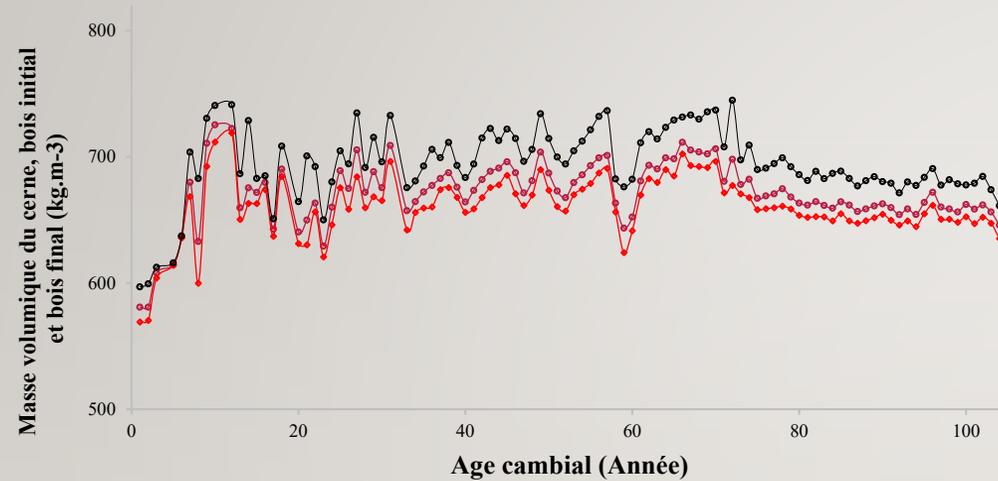
- Compression parallèle (E_L)
- Flexion trois points (MOE)



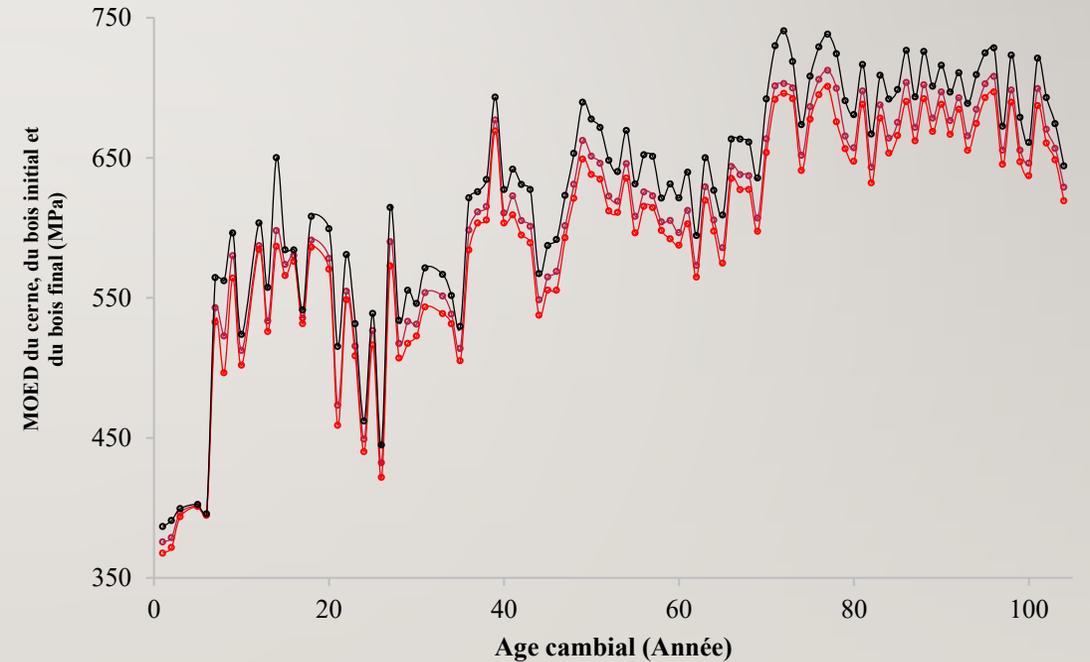
2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

➤ Variation radiale de la masse volumique et du MOED du cerne, du bois initial et du bois final

—●— Densité du cerne —●— Densité du bois initial —●— Densité du bois final



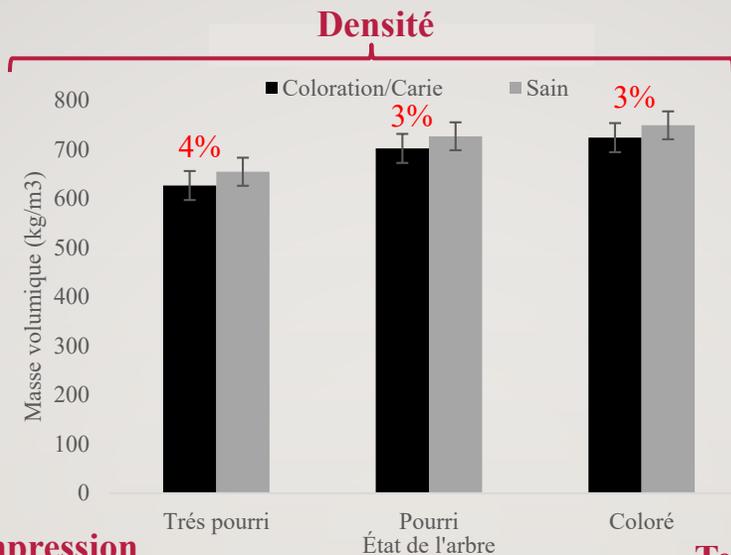
—●— MOED du cerne —●— MOED du bois initial —●— MOED du bois final



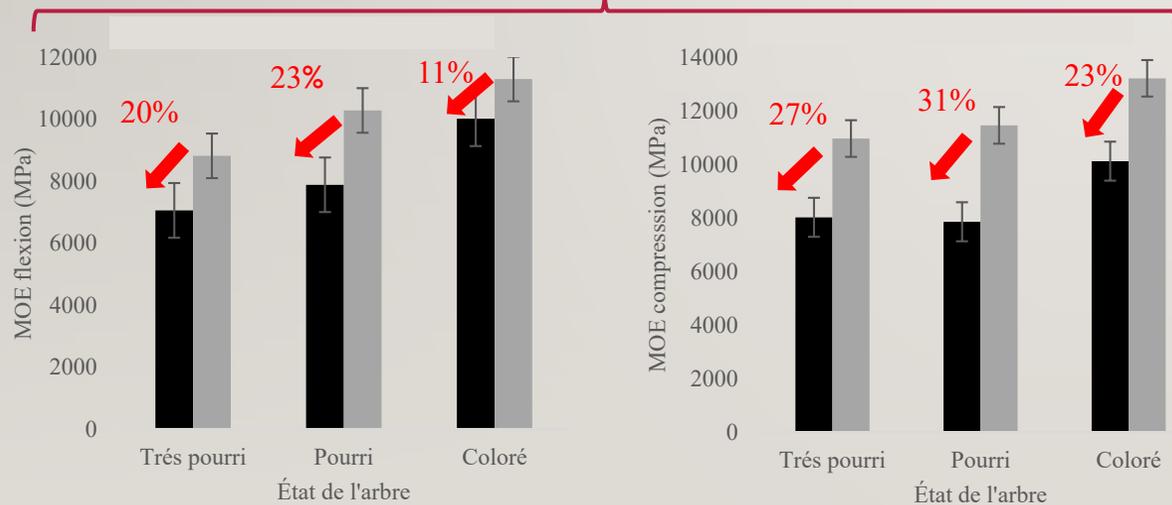
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

➤ Effet de la carie/coloration sur la variation de la densité et des comportements statique et dynamique **au niveau des arbres**

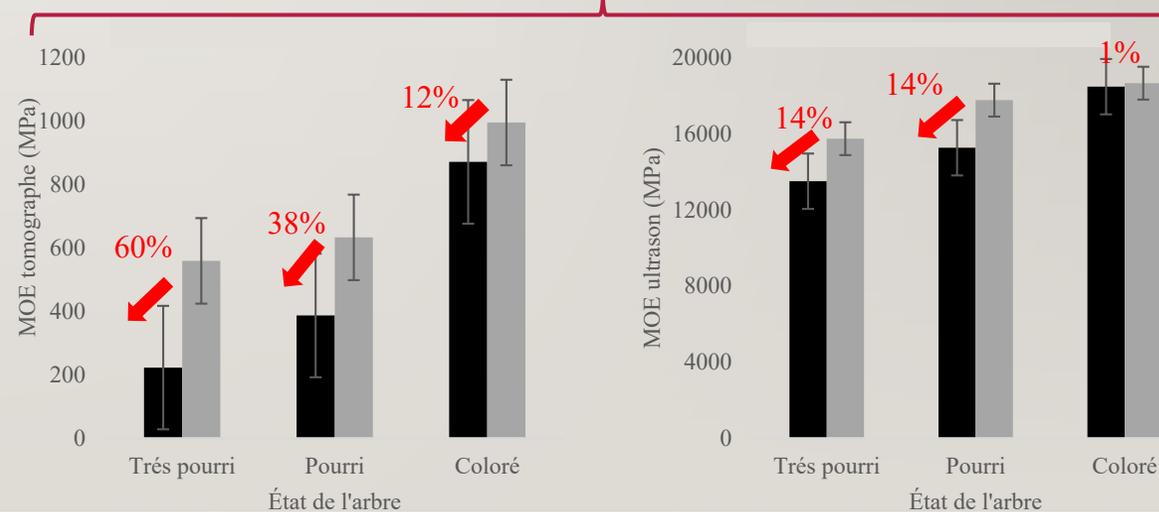
■ Coloration/carie
■ Sain



Tests destructifs : flexion et compression

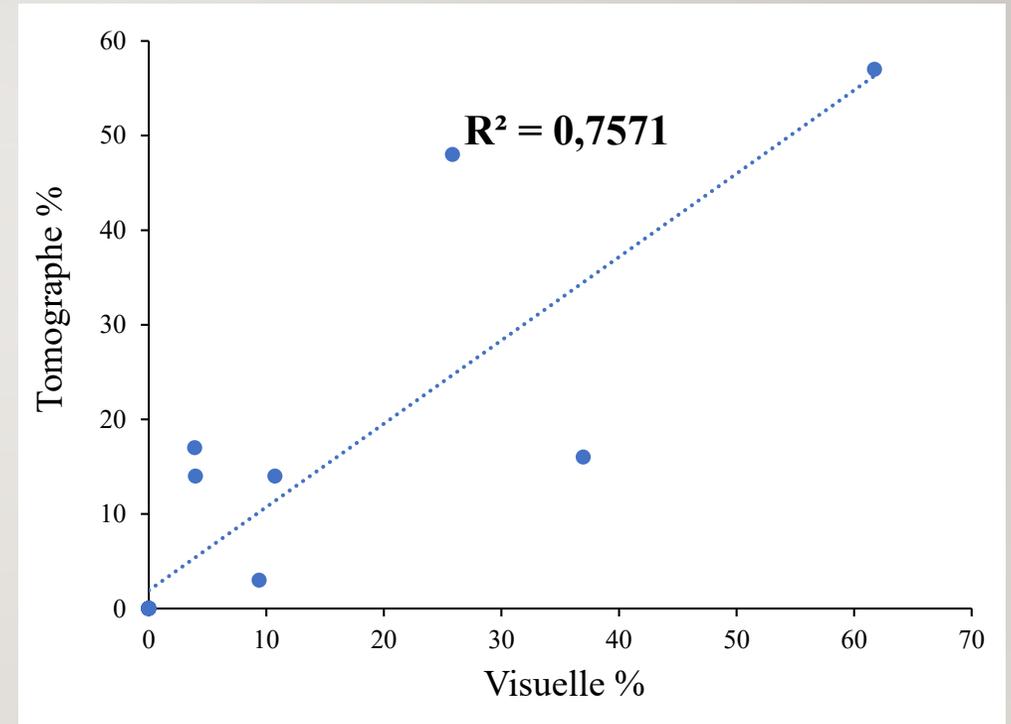
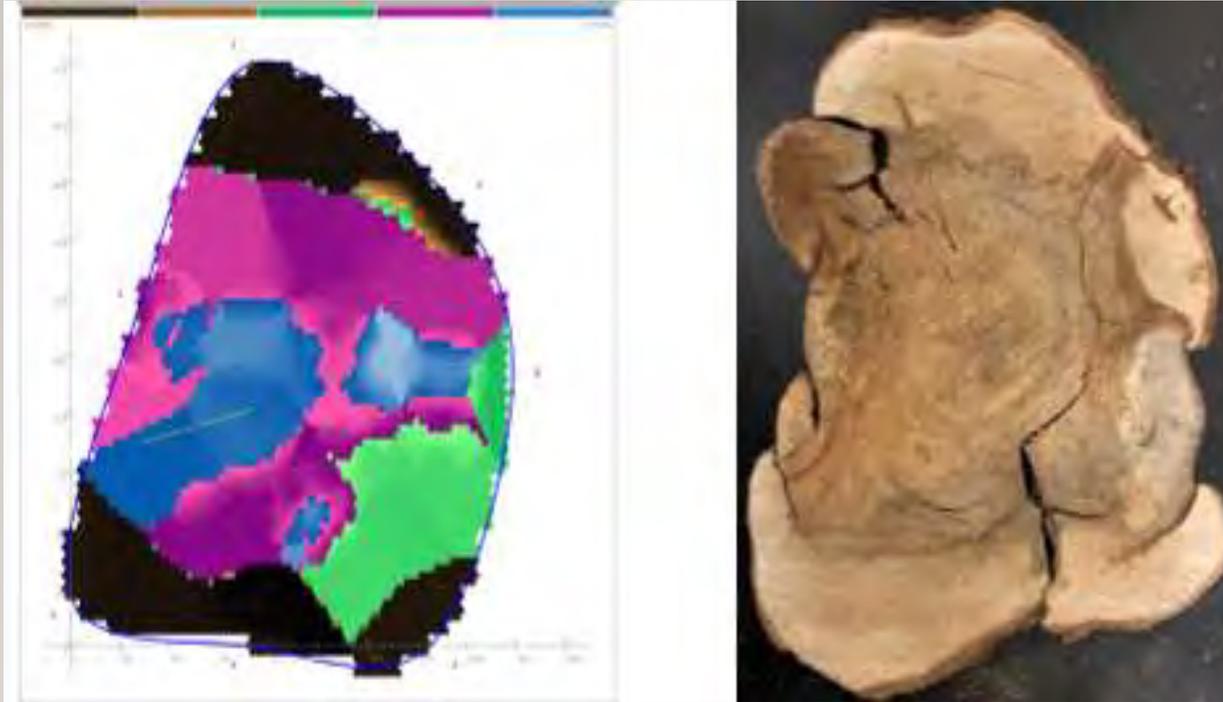


Tests non destructifs : tomographe et ultrason



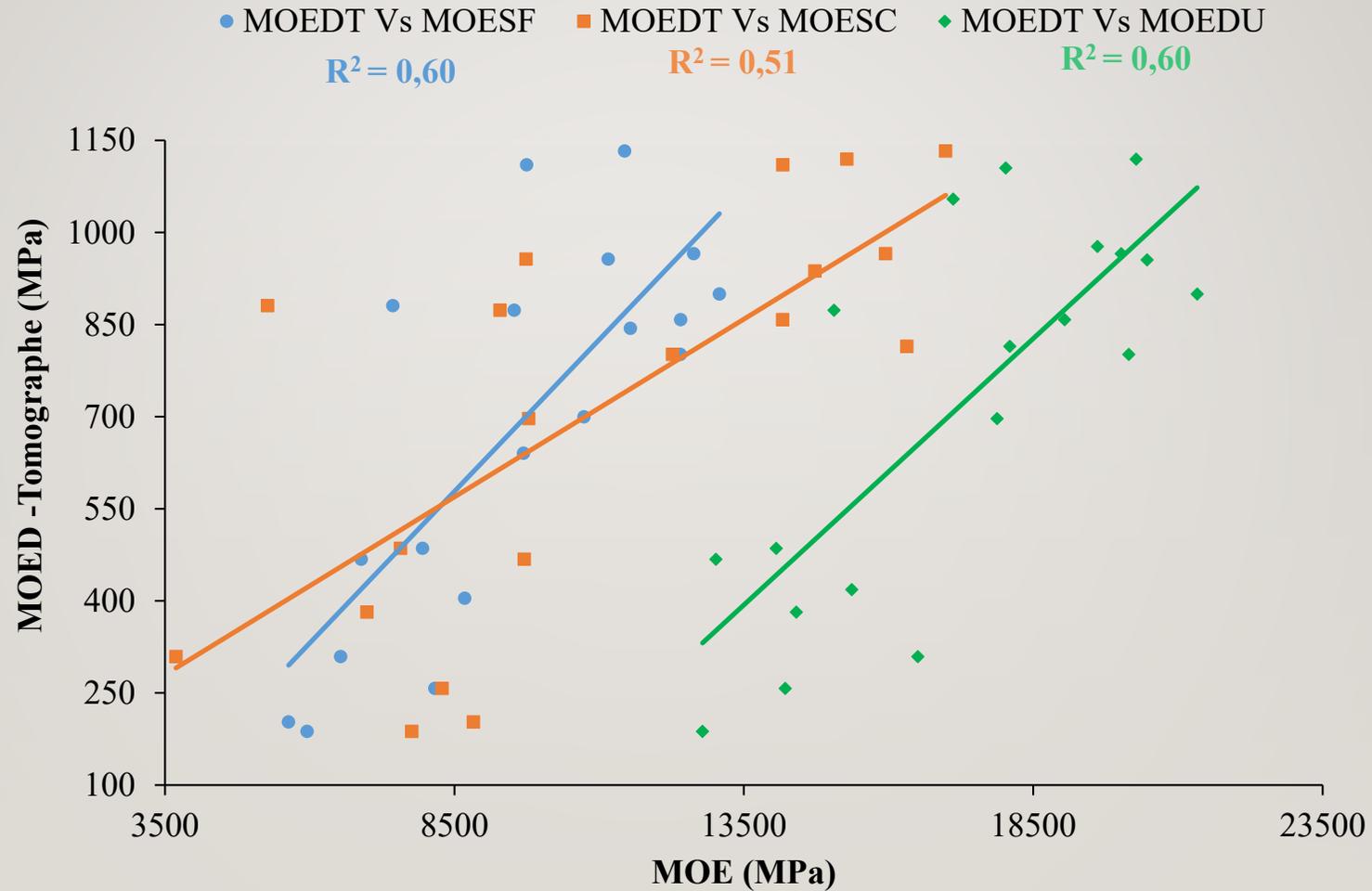
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

- Étude de corrélation entre la proportion de la carie mesurée par le tomographe et par la méthode visuelle



3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

➤ Étude de corrélation entre le modules du tomographe et les autres modules étudiés



4. CONCLUSION

- La détermination de la vitesse de l'onde sonore en utilisant le tomographe acoustique et de la masse volumique en utilisant le densitomètre à rayon X permet d'évaluer le module d'élasticité dynamique (MOED) de l'érable à sucre ;
- Le tomographe permet de prédire les propriétés élastiques du bois ainsi que la proportion de la carie chez les arbres ;
- Les modules d'élasticité statiques et dynamiques diminuent du bois sain vers le bois carié ou coloré dans l'arbre alors que la masse volumique subisse une légère variation.

Merci pour votre attention !

