



➤ Utiliser l'écorce comme source d'information sur la qualification non destructive des bois ronds : preuve de concept apportée par l'ANR
WoodSeer

Thiéry Constant (UMR Silva- Coordinateur du Projet) + tous les participants...



➤ Mes co-auteurs

D. François



A. Piboule - (RS)



C. Pradalier - (RS)

A. Richard - (Doctorat)



S. Khazem - (Doctorat)

J. Fix



P. Ngo

I. Debled-Rennesson - (RS)



D. Maurice



E. Farré



A. Contini



B. Kerautret (RS)

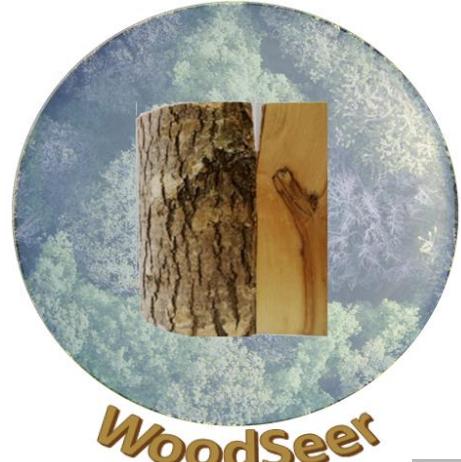


tant et al.

F. Delconte - (Doctorat)

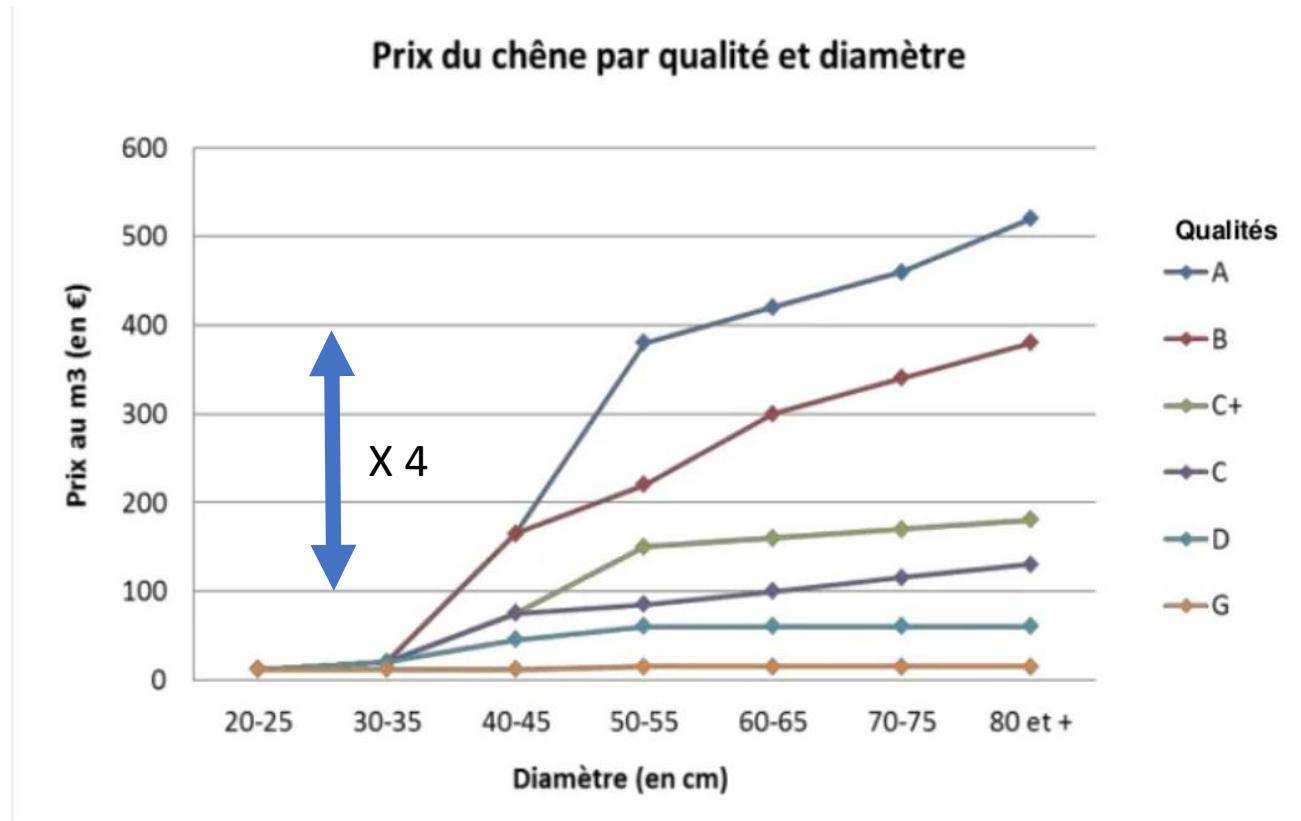


ANR19-CE10-011



➤ Pourquoi s'intéresser à la qualité des arbres?

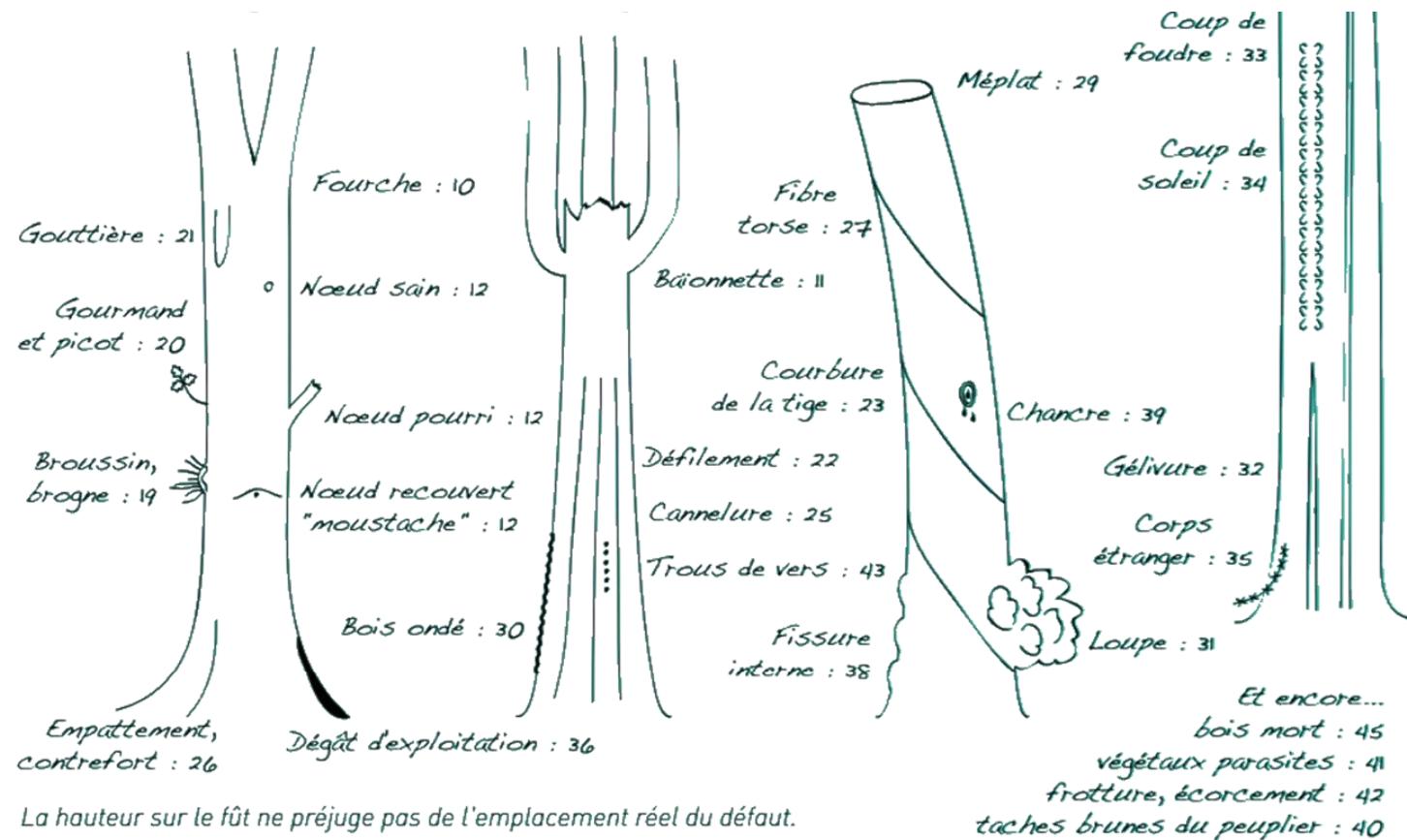
- En forêt : un enjeu financier de toujours entre les mains d'experts qui combinent forme du volume et présence de singularités pour faire leur estimation



D'après revue Forêts-de-France n° 585

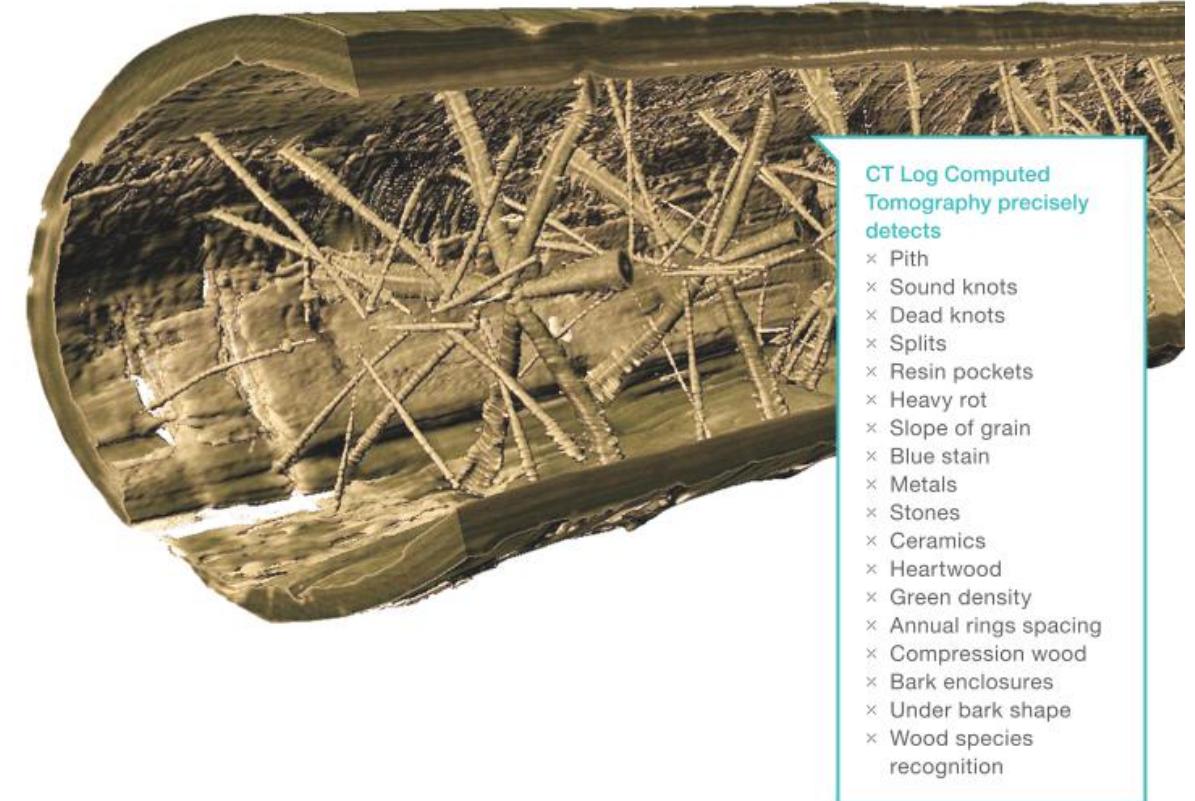
➤ Pourquoi s'intéresser à la qualité des arbres?

- En forêt : un enjeu financier de toujours entre les mains d'experts qui combinent forme du volume et présence de singularités pour faire leur estimation



➤ Pourquoi s'intéresser à la qualité des arbres?

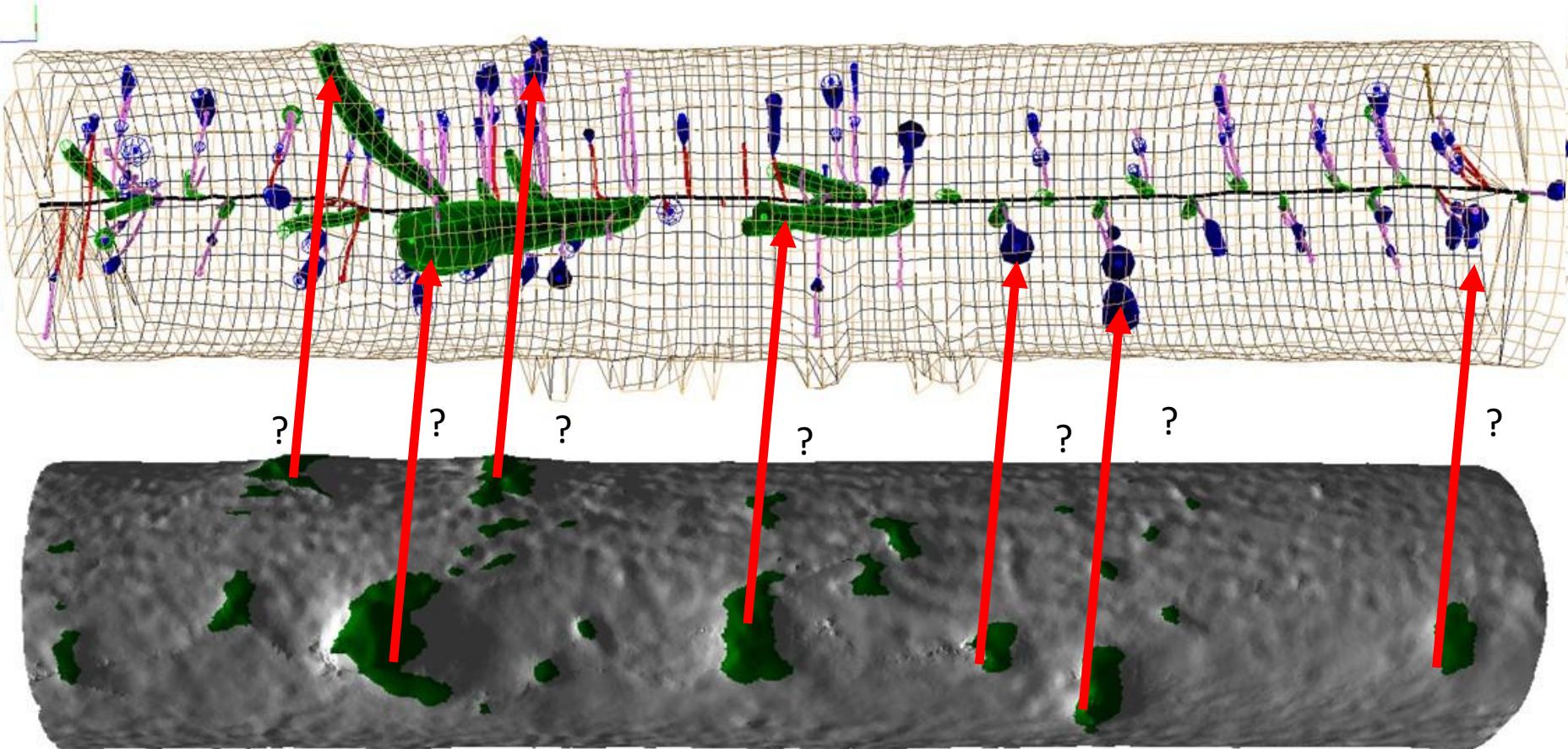
- Dans l'industrie : un gain financier sur les produits d'environ 15 % en optimisant la transformation sur la qualité avec l'utilisation de scanner RX industriels (2 en France) mais investissements très lourds





► ANR WoodSeer : Etablir le lien entre les caractéristiques externes d'une singularité et son emprise interne via l'IA

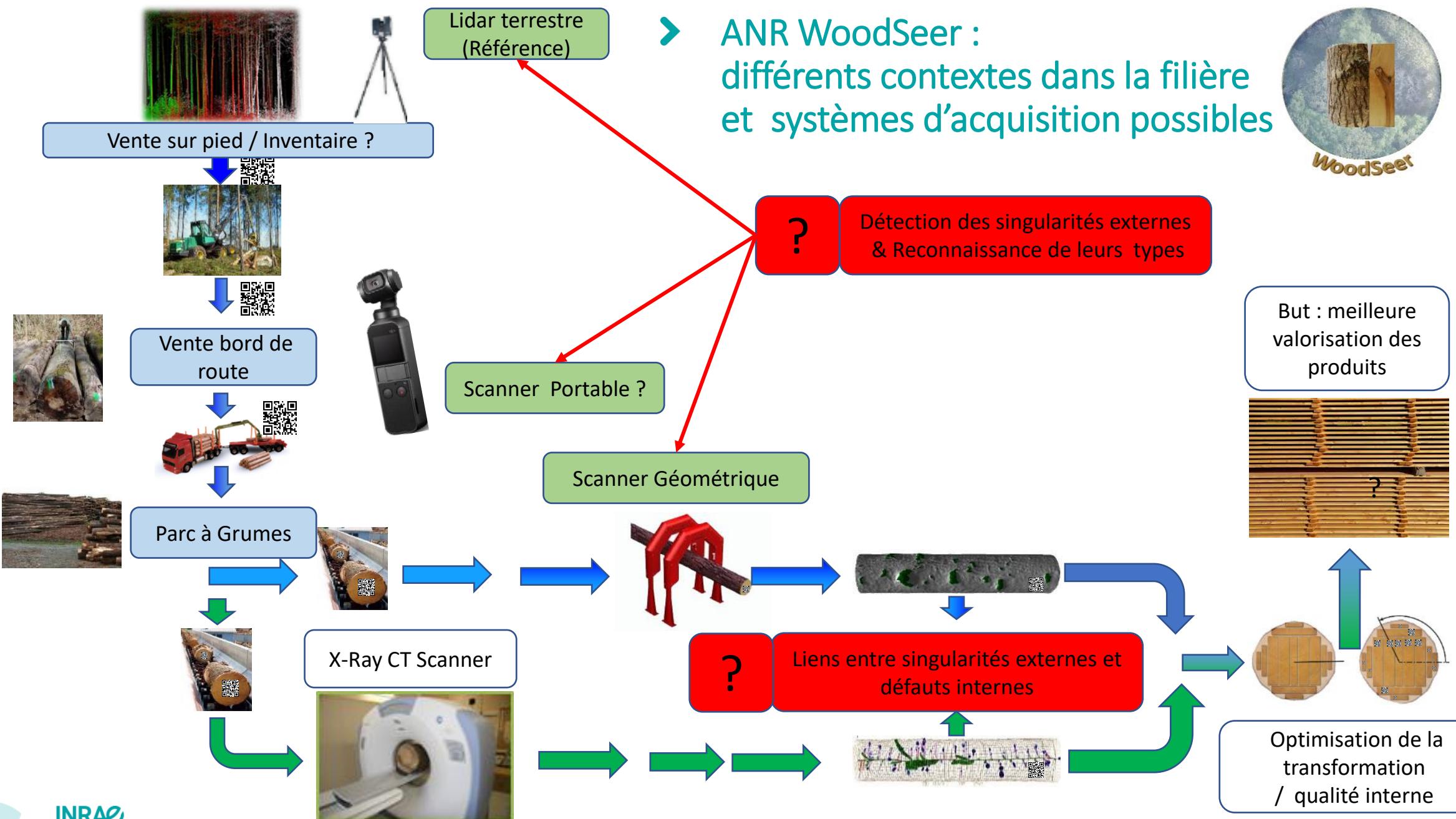
Modèle géométrique de la branchaison obtenu à partir du scanner RX



Description externe issue d'un Lidar terrestre



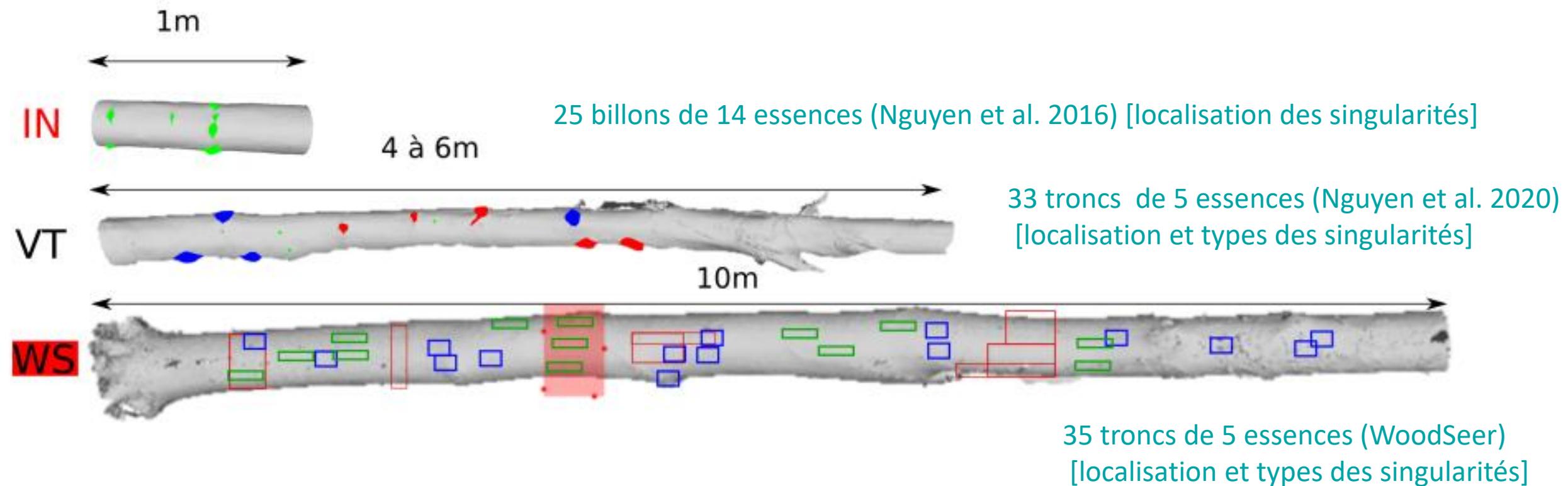
INRAe





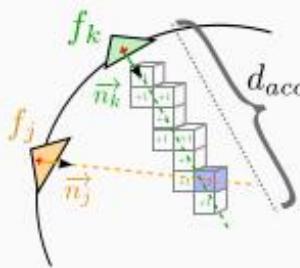
➤ 1^{er} Challenge détecter et caractériser les singularités à la surface de l'écorce

- Données disponibles : scans 3D TLS et vérité terrain sur la localisation (voire le type des singularités)

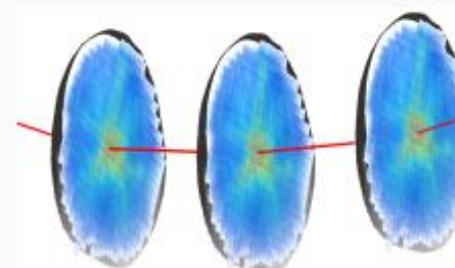


1^{er} Challenge détecter les singularités

- Référence antérieure : Thèse de Van-Tho Nguyen,(2018)
- Méthode géométrique sur la base d'une analyse du relief local et d'un seuillage automatique



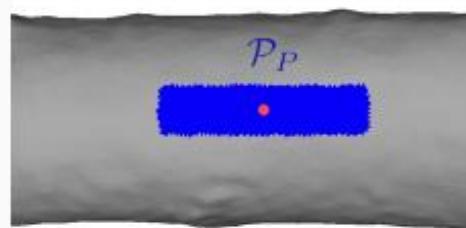
Accumulation



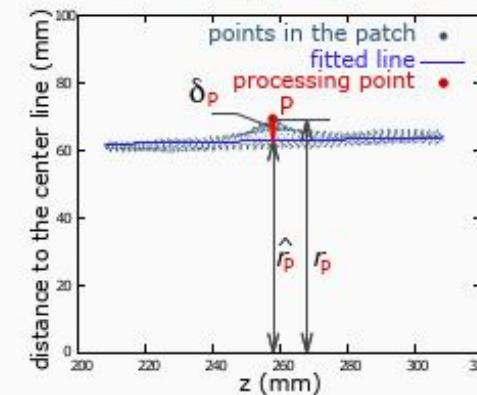
Tracking step



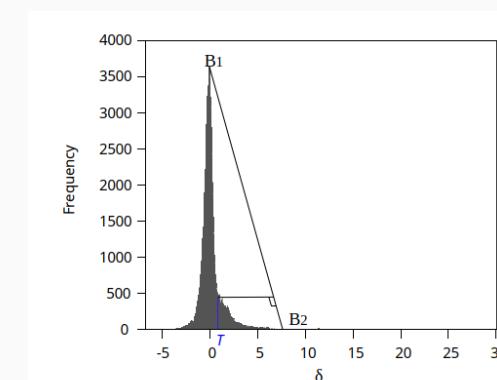
Centerline (red)



Patch



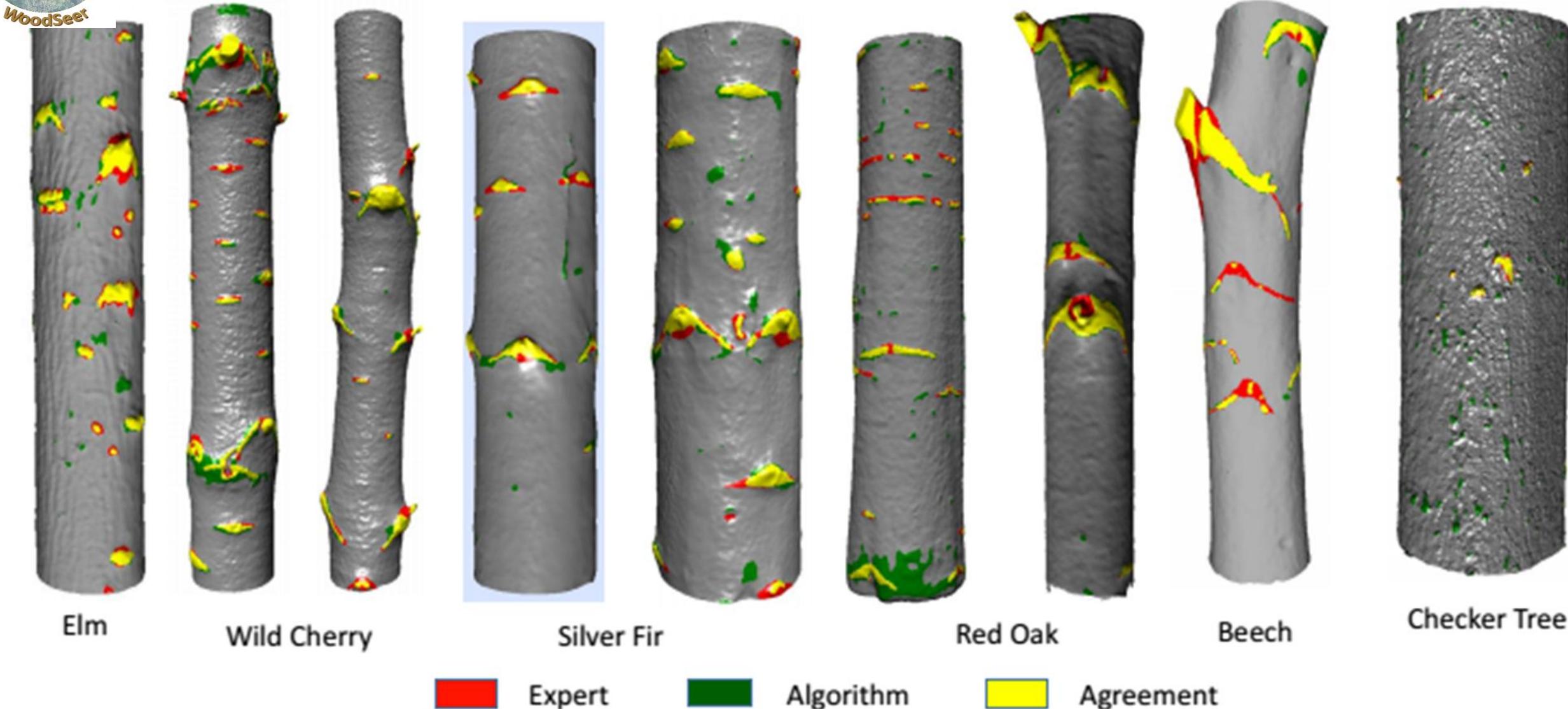
Delta distance



Thresholding

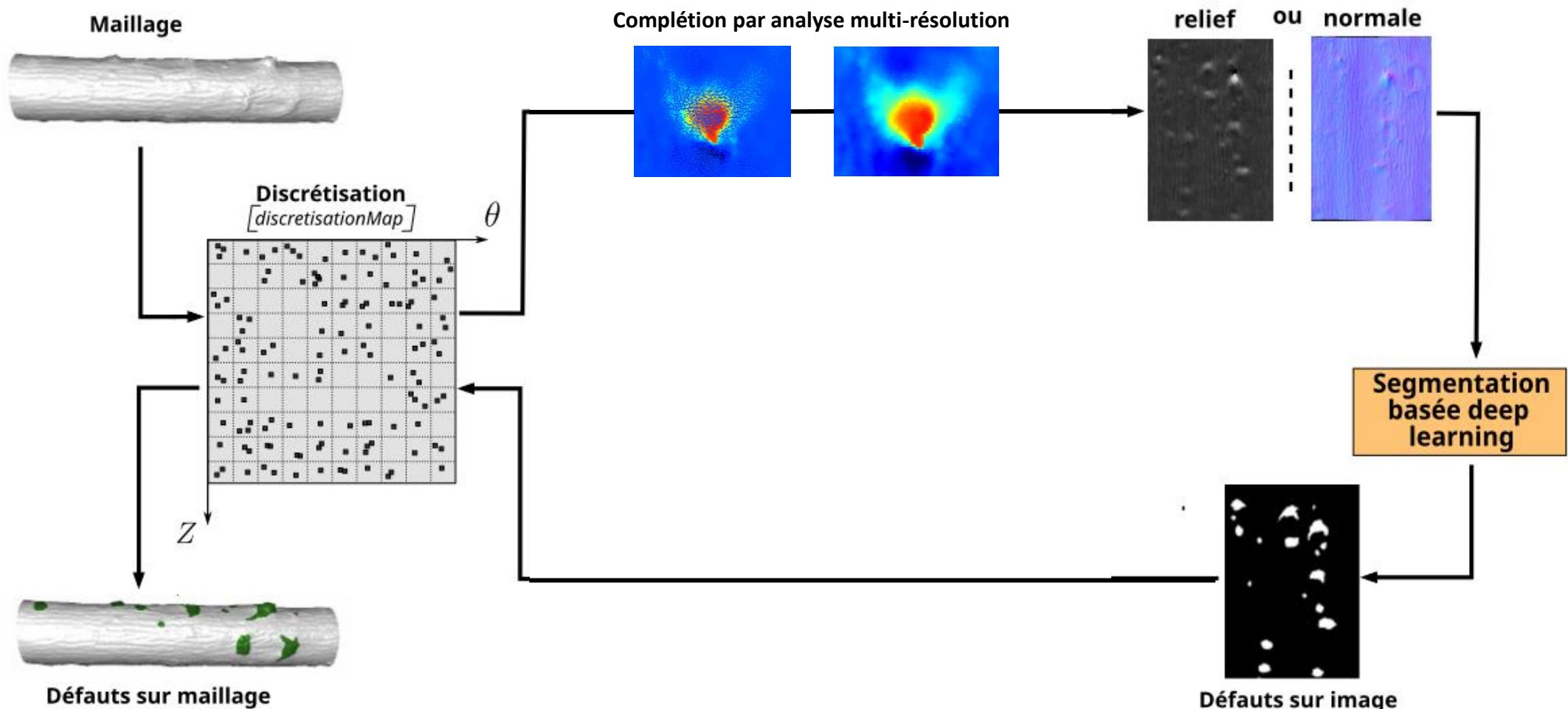


➤ Détection des singularités par Nguyen et al. 2017





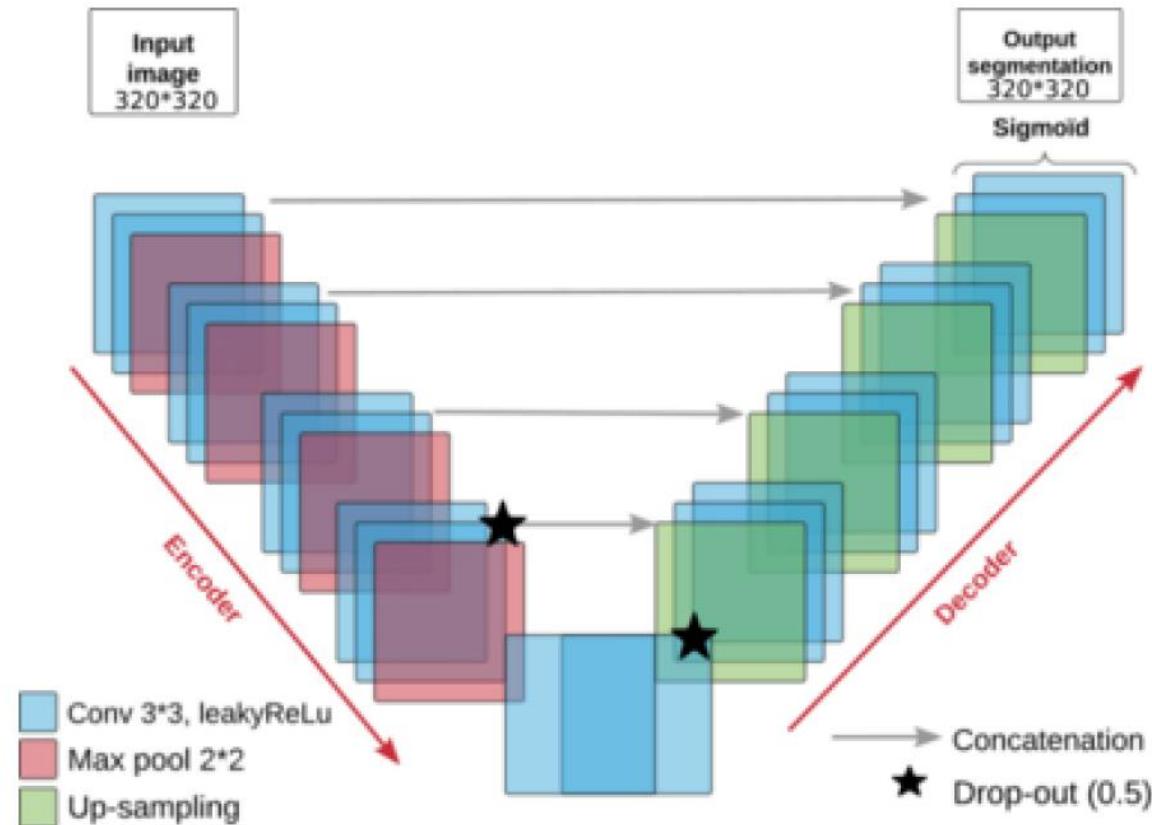
➤ Nouvelle méthode de détection des singularités (Thèse de F. Delconte)





➤ Nouvelle méthode de détection des singularités (Thèse de F. Delconte)

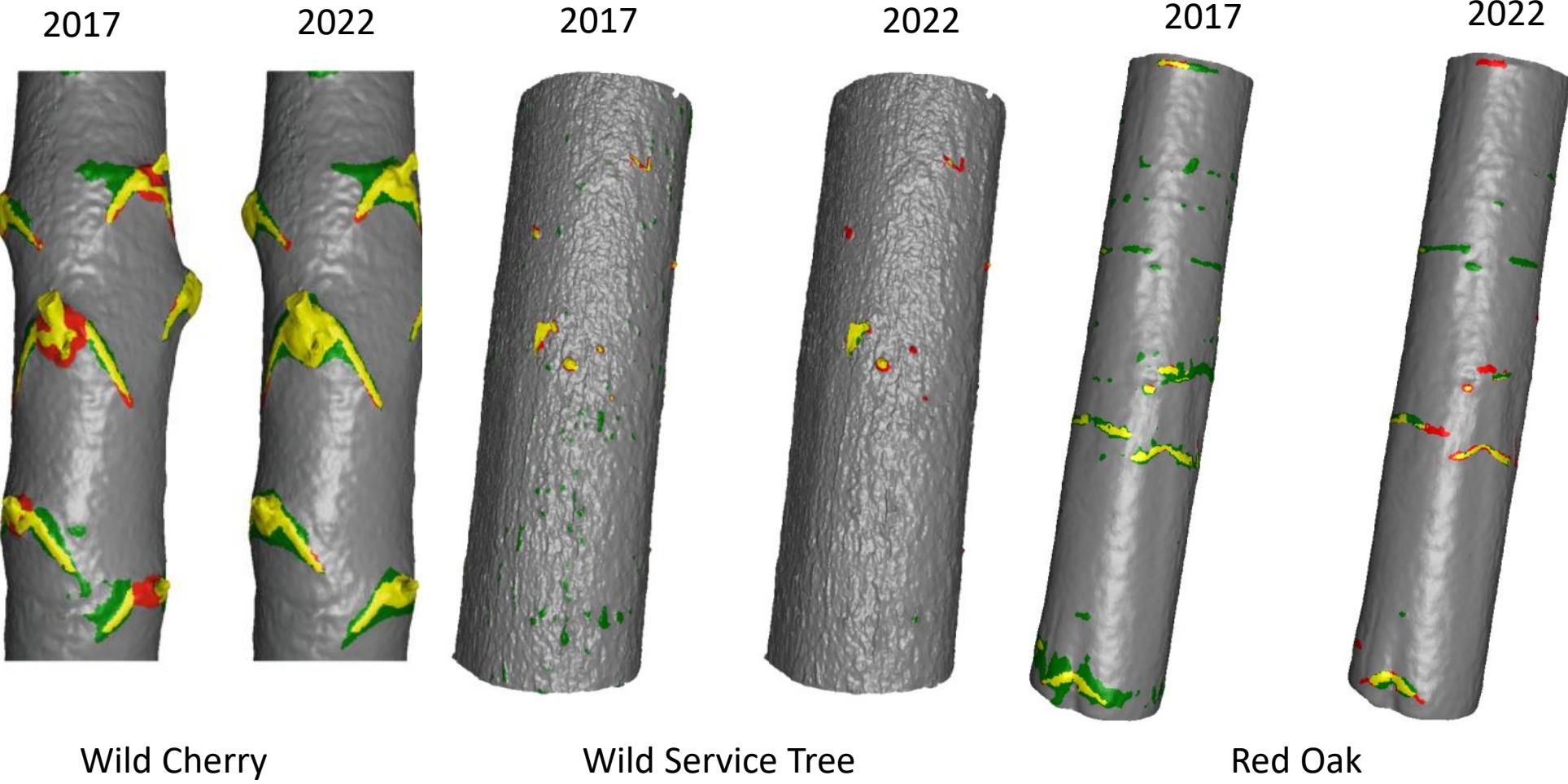
- Via CNN d' architecture U-Net légèrement modifié





➤ Nouvelle méthode de détection des singularités (Thèse de F. Delconte)

- Comparaison visuelle des résultats des deux méthodes Nguyen (2017) – Delconte (2022)





➤ Nouvelle méthode de détection des singularités (Thèse de F. Delconte)

➤ Comparaison des résultats des trois méthodes Nguyen (2017) / à base d'un cylindre*/ Delconte (2022)

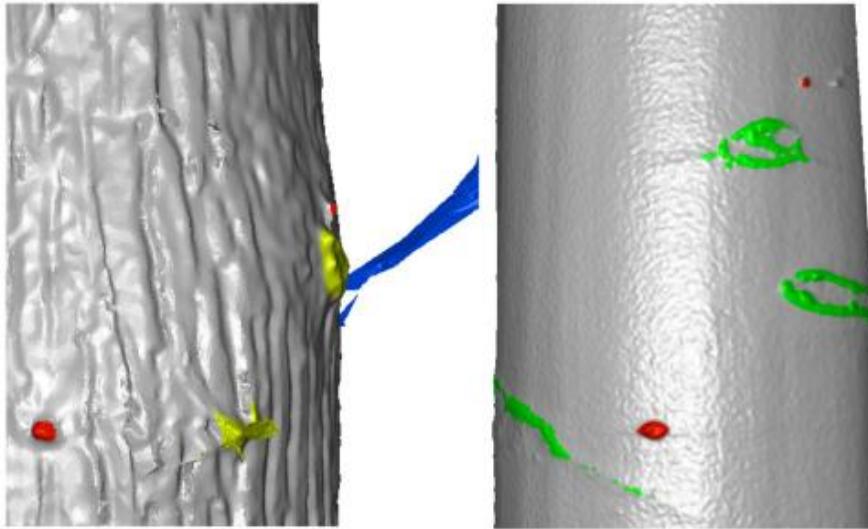
Data IN	Méthode 2017			Méthode Cylindre			Méthode 2022		
	précision	rappel	F1	précision	rappel	F1	précision	rappel	F1
Fir1	0.747	0.769	0.757	0.137	0.937	0.238	0.746	0.857	0.797
Fir2	0.673	0.775	0.719	0.353	0.452	0.395	0.792	0.801	0.795
WildCherry1	0.696	0.765	0.728	0.683	0.512	0.584	0.757	0.881	0.813
WildCherry2	0.846	0.711	0.771	0.661	0.822	0.732	0.799	0.955	0.870
Redoak1	0.749	0.742	0.744	0.479	0.444	0.459	0.866	0.696	0.770
Redoak2	0.428	0.833	0.564	0.061	0.400	0.104	0.730	0.428	0.538
Beech	0.670	0.604	0.634	0.360	0.289	0.320	0.863	0.591	0.701
Birch	0.733	0.756	0.744	0.607	0.421	0.496	0.774	0.726	0.748
Elm	0.694	0.755	0.721	0.494	0.309	0.378	0.881	0.642	0.741
WildServiceTree	0.247	0.741	0.370	0.057	0.463	0.100	0.856	0.504	0.633
Total	0.685	0.740	0.710	0.289	0.563	0.380	0.793	0.789	0.790

INRAe

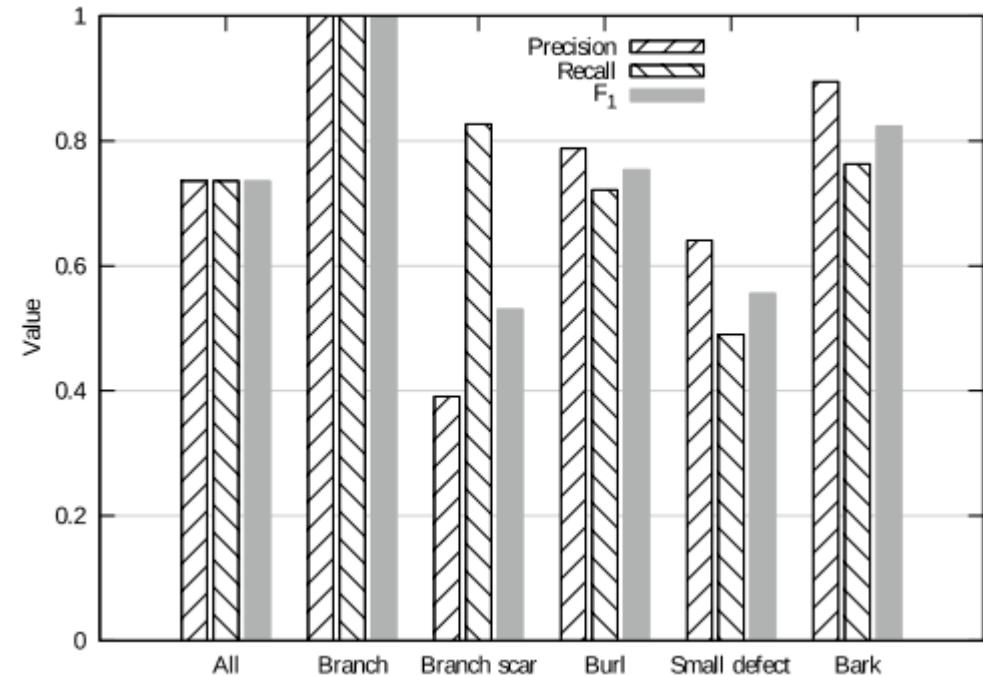
* Un seul rayon de référence par billon provenant d'un ajustement de cylindre sur les données

➤ 2^{ième} challenge identifier le type de singularité

- Méthode de référence basée sur une classification de descripteurs de formes par des Forêts Aléatoires
(Nguyen et al. 2021)



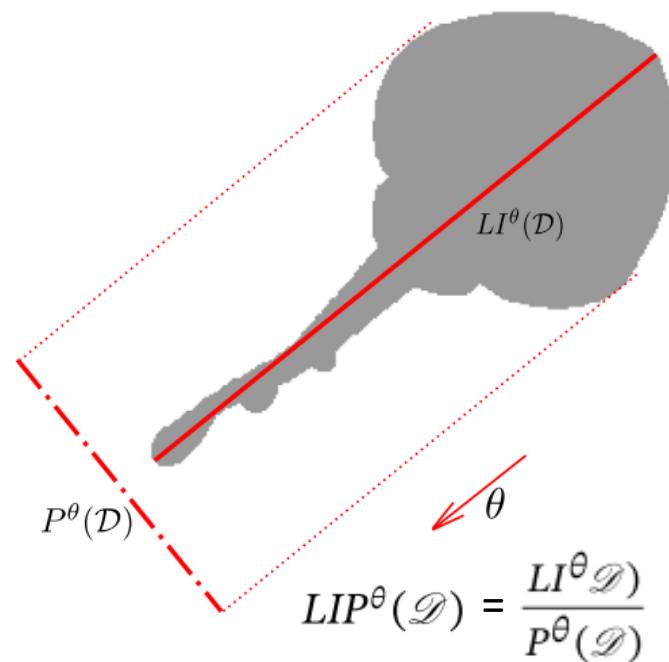
- Branche
- Cicatrice de branche
- Broussin
- Petits défauts (picot, amas de bourgeons, sphéroblastes,...)
- Ecorce



➤ 2^{ième} challenge identifier le type de singularité

➤ Nouvelle méthode proposée F. Delconte et al. (2024)

- Ajout d'un descripteur de forme la signature-LIP
(i.e. Largest Interception and Projection[Nguyen et Nguyen, 2018])
- généralisée en 3D
- Résultats

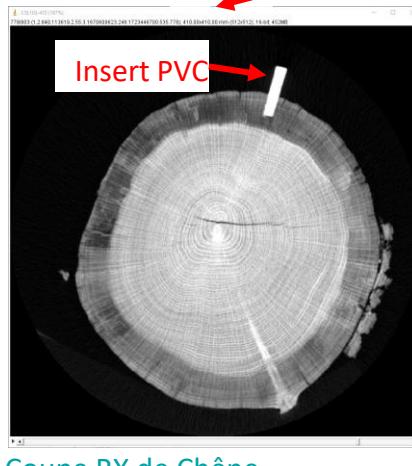


	Ec (11)	Bra (23)	Cic (48)	Bro (28)	pDef (23)	w.AVG
V-T ^[38] (17)	0.76	0.77	0.83	0.64	0.84	0.78
V-T (3) + LIP (11)	0.81	0.85	0.82	0.66	0.89	0.80

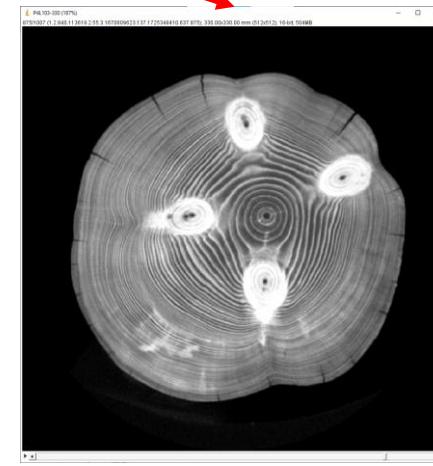
→ Un gain en identification du type et une réduction nombre de descripteurs

➤ 3ème challenge segmenter les défauts internes pour établir une vérité terrain

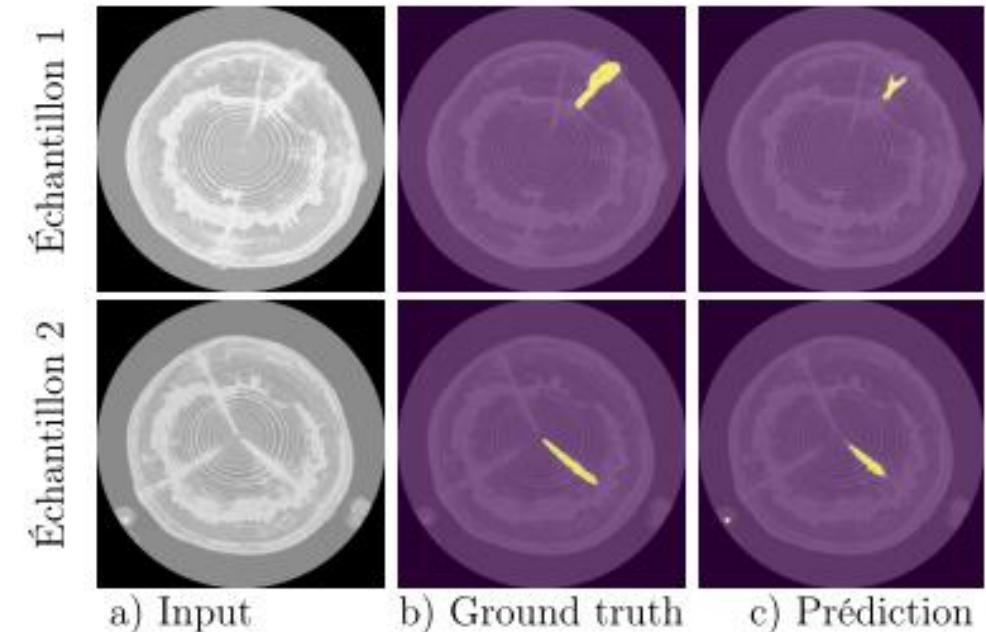
- Base de données RX 650 billions d'1 mètre de 25 espèces
 - dont 25 décrit en Lidar, d'où un travail sur les contours RX
- Difficulté du contraste insuffisant entre zones humides et zones périphériques du bois des nœuds pour établir une vérité par seuillage automatique
 - Résultats encourageants avec une marge de progression sur les résineux (Architecture CNN U-Net -> $F1 = 0,698$)
 - Réelle difficulté sur les feuillus
 - Contraste de densité bois normal/bois des nœuds plus faible que pour les résineux



Coupe RX de Chêne



Coupe RX de Pin



Khazem et al. 2023

➤ 4^{ème} Challenge : Passer de la détection en surface à l'emprise du défaut interne

- On ne considère que les sapins et épicéas

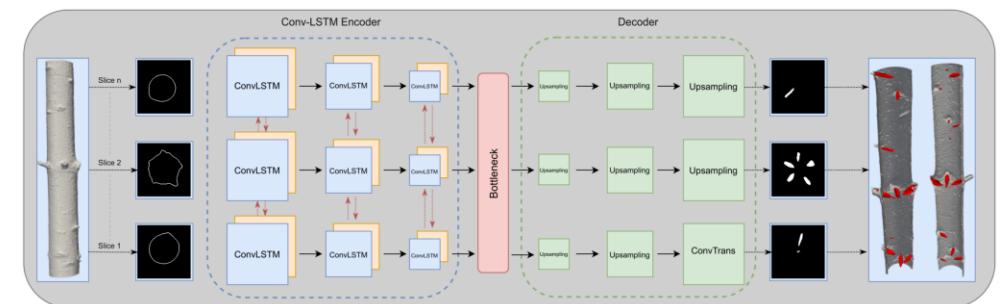
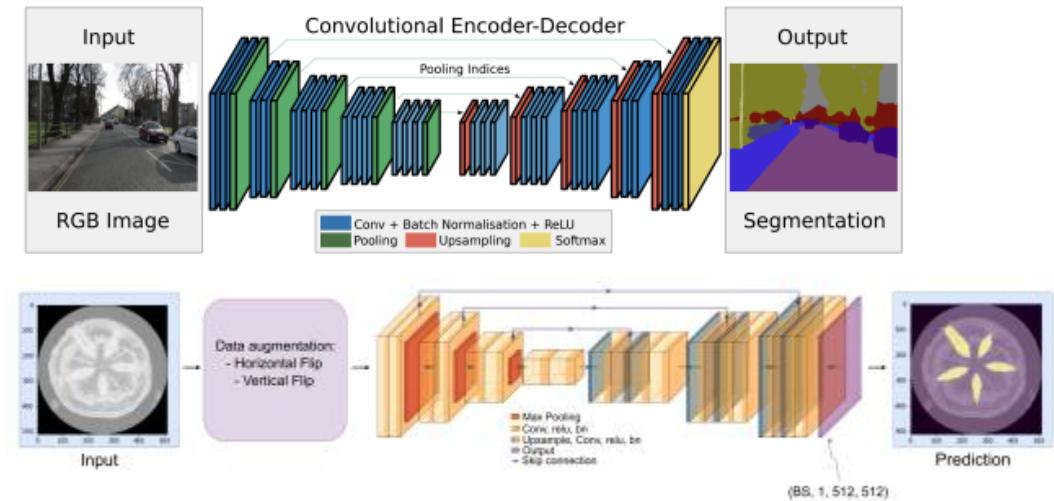
Khazem et al. 2023

- ## ➤ Trois types de réseaux de neurones aptes à la segmentation

- ## ➤ SegNet : Réseau convolutionnel de référence

- ## ➤ U-Net : Réseau convolutionnel de référence

- ConvLSTM (Réseau convolutionnel récurrent)
 - Travaille sur une série d'images
 - Permet d'introduire une dépendance spatiale entre les coupes pour lier l'irrégularité de surface aux noeuds



➤ 4^{ème} Challenge : Passer de la détection en surface à l'emprise du défaut interne

- Comparaison des performances des différents réseaux de neurones sur l'ensemble de validation

	Methode	Espèce	Mesure de	Mesure de	Mesure de
			Similarité ↑	Dissemblance ↓	Fidélité ↑
Sans	SegNet	Sapin	0.68	17.04	0.12
	SegNet	Épicéa	0.67	33.14	0.06
Avec	U-Net	Sapin	0.69	37.95	0.10
	U-Net	Épicéa	0.68	56.62	0.05
	ConvLSTM	Sapin	0.74	12.68	0.41
	ConvLSTM	Épicéa	0.70	22.11	0.21

Selon les différentes métriques utilisées : Le réseau convolutionnel avec récurrence semble un peu meilleur que les autres, c'est un peu plus net pour le Kappa...

Khazem et al. 2023

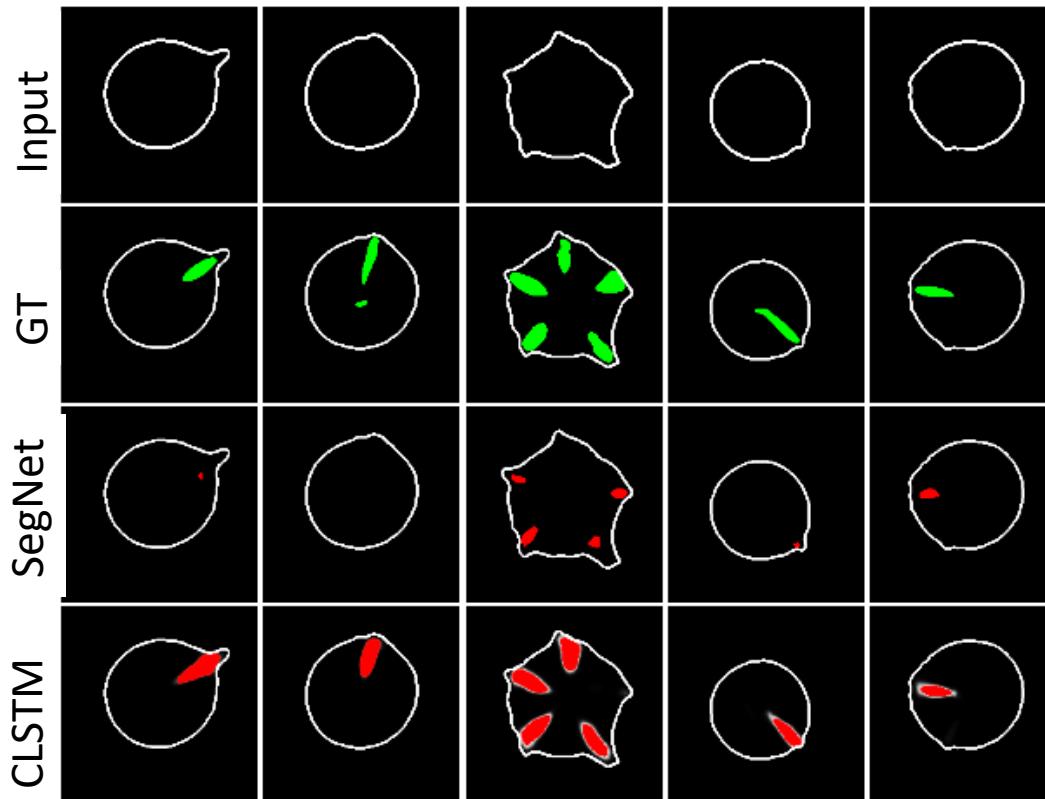
➤ 4^{ème} Challenge : Passer de la détection en surface à l'emprise du défaut interne

- Comparaison des performances des différents réseaux de neurones sur l'ensemble de validation

...mais les plutôt bonnes métriques moyennes pour U-Net et SegNet , ne reflètent pas un aspect qualitatif bien meilleur pour ConvLSTM (???)

Khazem et al. 2023

Sapin



Entrée : Contour (extrait des données RX)

→ Vérité Terrain: Nœuds segmentés par IA dans données RX

→ SEG-NET : Sous-estimation voire « oubli » de certains noeuds

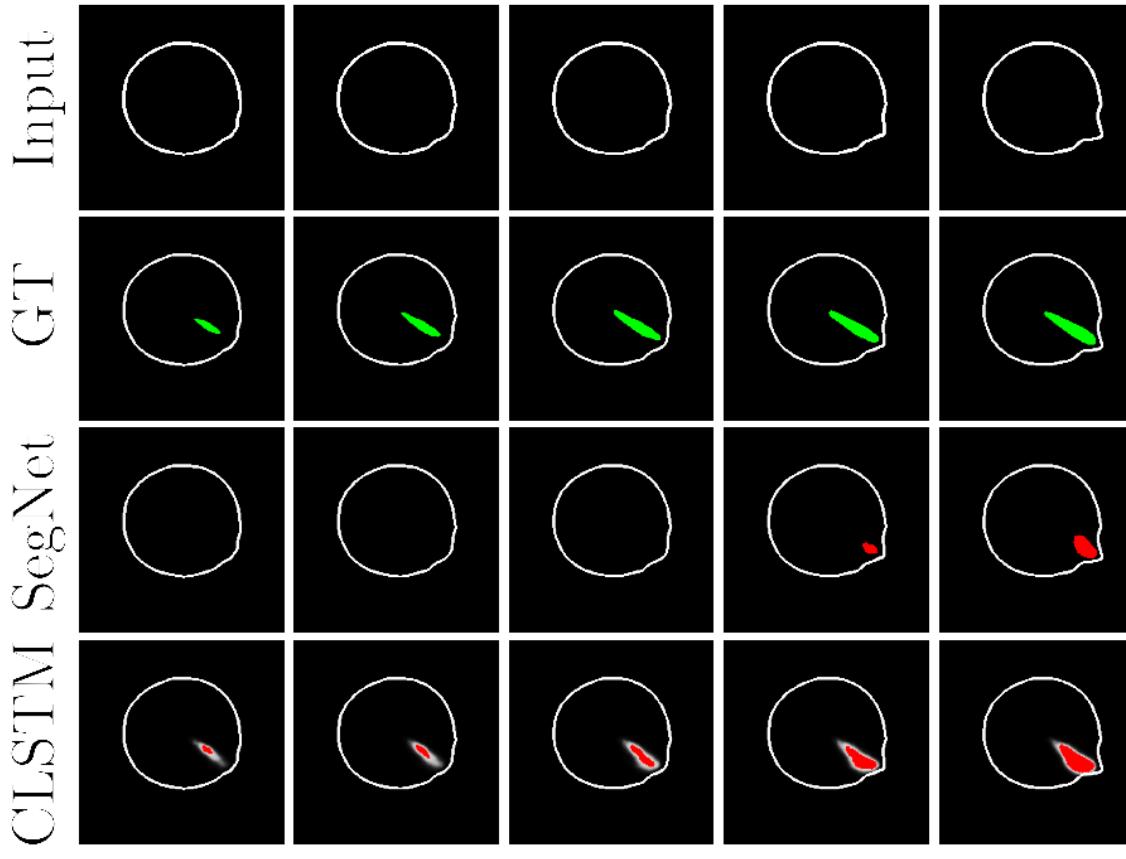
→ ConvLSTM : des prédictions légèrement erronées sur l'emprise des nœuds, mais très satisfaisantes par rapport à l'estimation de la qualité des bois ronds.

INRAe

> 4^{ème} Challenge : Passer de la détection en surface à l'emprise du défaut interne

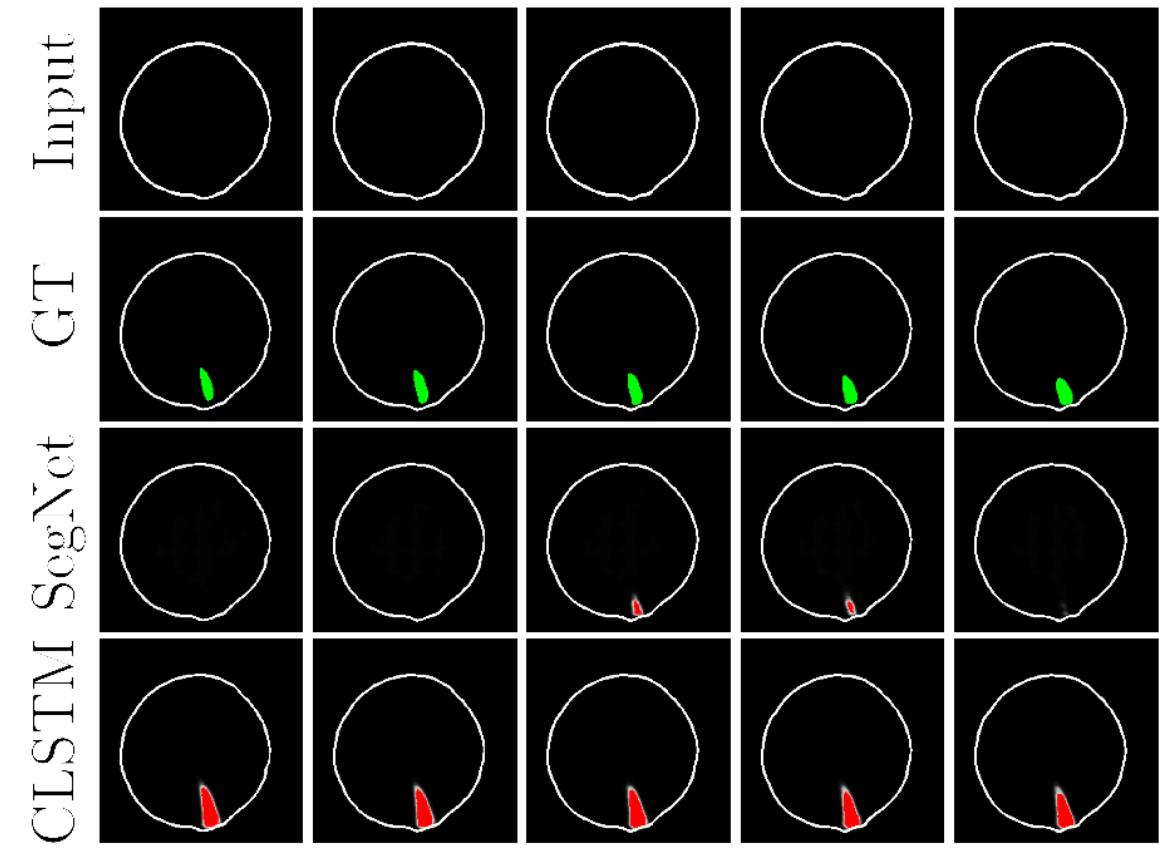
> Intérêt de la récurrence

Sapin



INRAe

Epicéa



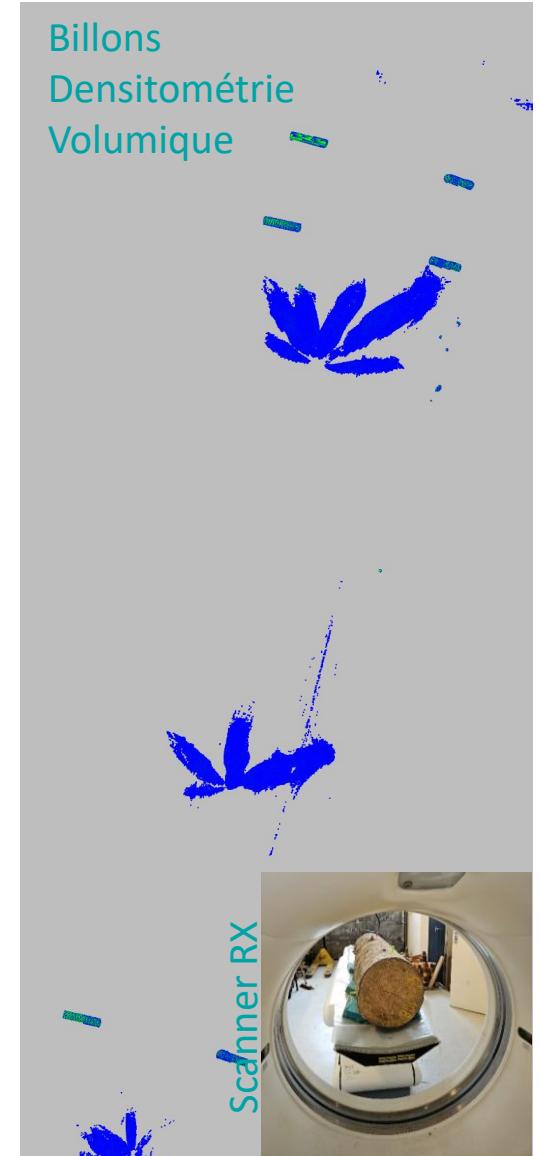
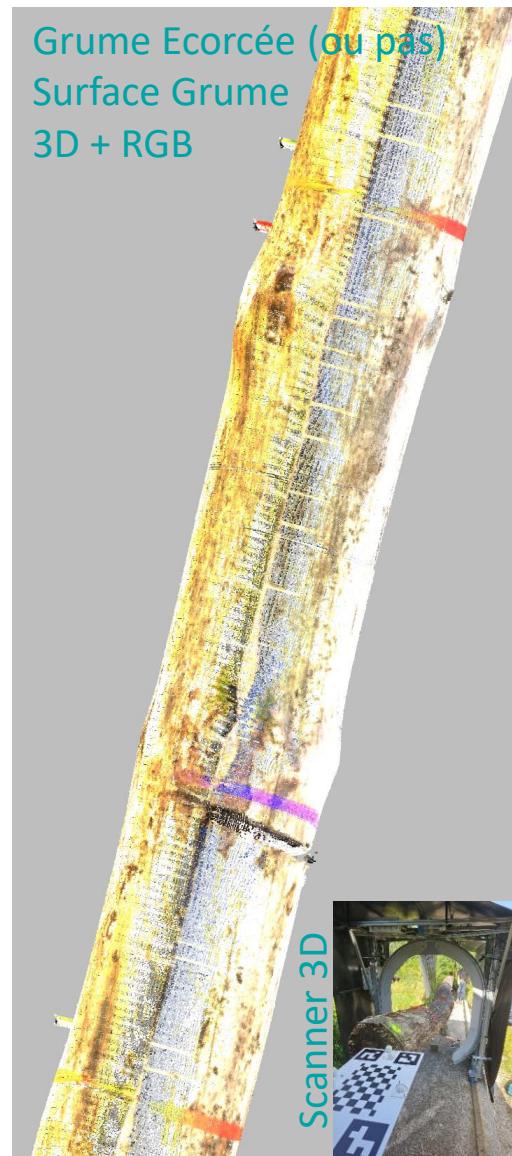
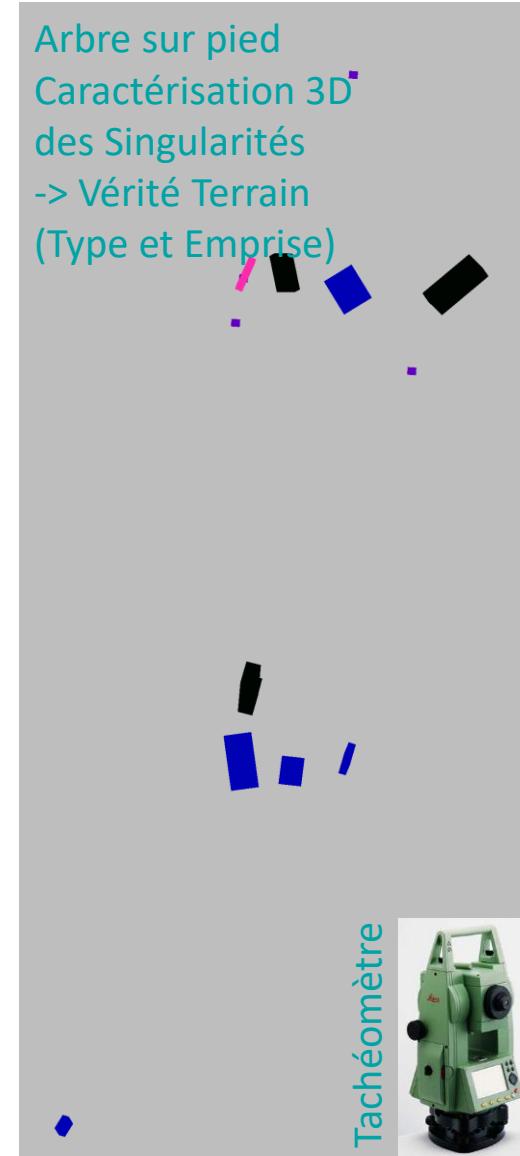
➤ Illustration du résultat global sur un billon d'Épicéa



➤ Conclusions

- Déetecter les singularités à la surface de l'écorce
- Des algorithmes de détection des singularités à la surface de l'écorce satisaisants même si des améliorations restent possibles
 - Prédire les défauts internes à partir de l'extérieur
- Etablissement d'une preuve de concept très encourageante pour les Résineux, même si une marge de progression existe
- Sur les feuillus , en échec mais nécessité de progresser sur la segmentation automatique des défauts dans les données d'apprentissage RX
 - Nouvelles données pour poursuivre
- Un jeu de données cohérent de la forêt à la première transformation (35 troncs)

➤ Illustration des données assemblées pour 1 Pin Sylvestre (Zoom)



➤ Perspectives :

- Projet Equalia soumis à l'ANR le 15/10
 - Lever le verrou de segmentation des nœuds pour les feuillus dans des données RX
 - Reconstruire les défauts internes des feuillus à partir de leurs signatures externes
 - Tester l'impact de la qualité des acquisitions 3D sur la détection des singularités, et adapter les algorithmes si nécessaire
 - Tester de nouveaux moyens de caractérisation et d'alimentation en données:
 - Grumes Bord de route : Caméra gyrostabilisée / Smartphone (avec Lidar)
 - Réduire la lourdeur des calculs : temps réel et portabilité
- Projet Pré-Maturation ?
 - Progresser vers un démonstrateur pour les résineux



➤ Merci aux partenaires de WoodSeer



D. François



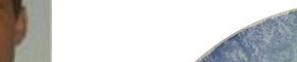
A. Piboule – (RS)



A. Benard



ANR19-CE10-011



E. Farré



A. Contini



B. Kerautret (RS)



C. Pradalier - (RS)



A. Richard – (Doctorat)



S. Khazem – (Doctorat)



P. Ngo



I. Debled-Rennesson – (RS)



F. Delconte – (Doctorat)



tant et al.

UMI 2958
GT-CNRS



Merci pour votre attention, place aux questions

➤ Et au financement



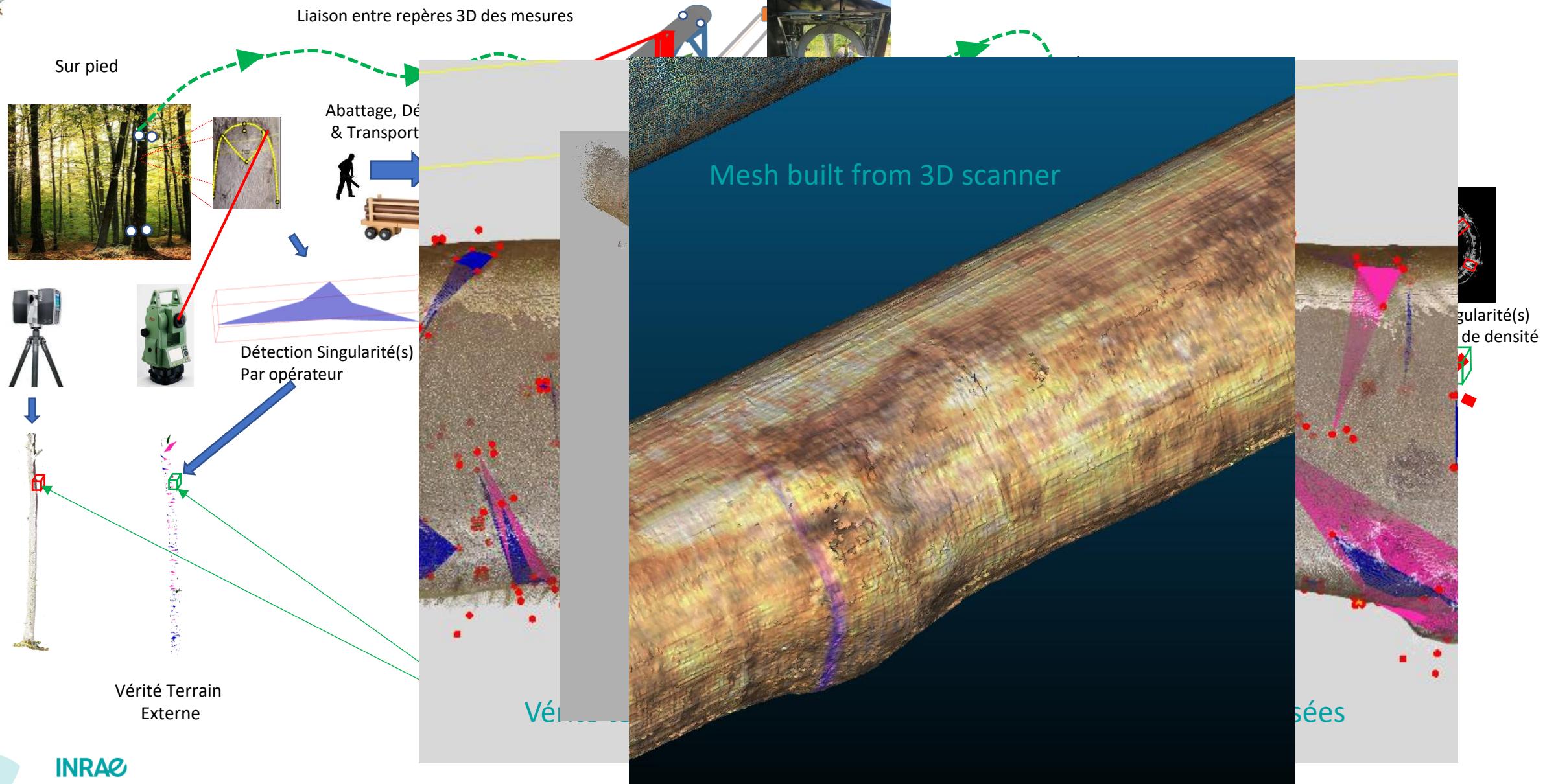
INRAE

Journée GT Contrôle Non-Destructif – 21/10/2025-



► Pour le futur données WoodSeer : 40 grumes (7 espèces)

Acquisitions
↓
Base de Données



INRAe

➤ Illustration des données assemblées pour 1 Pin Sylvestre

Arbre sur pied
Surface Tronc
3D + RGB



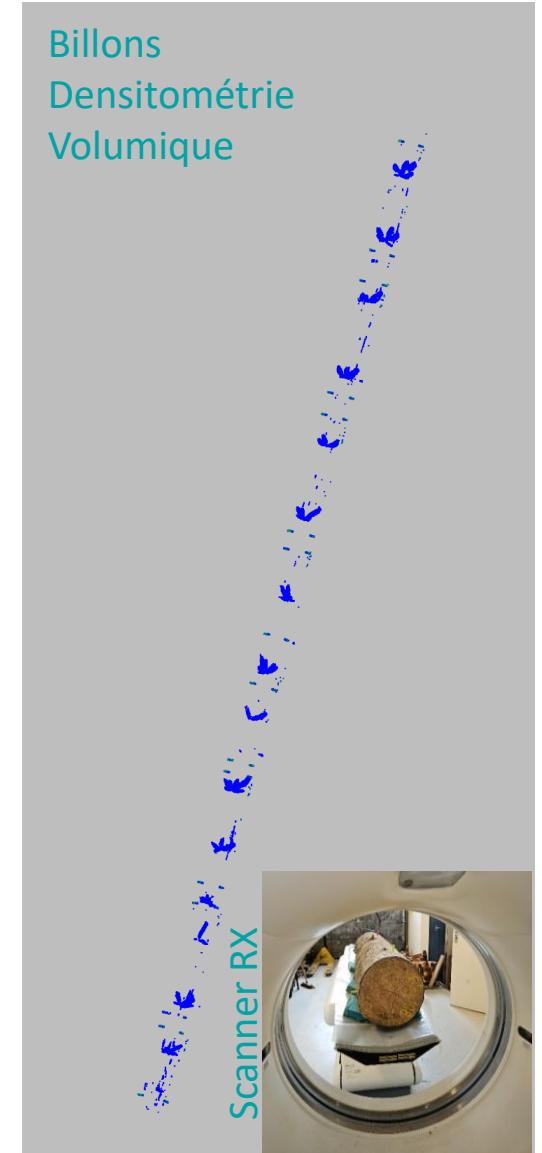
Arbre sur pied
Caractérisation 3D
des Singularités
-> Vérité Terrain
(Type et Emprise)



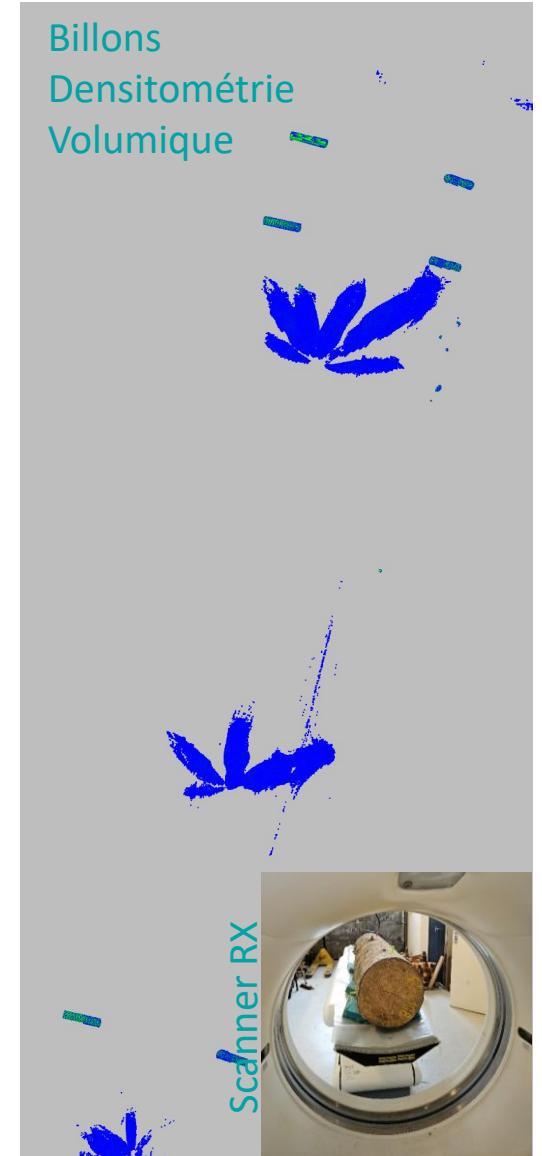
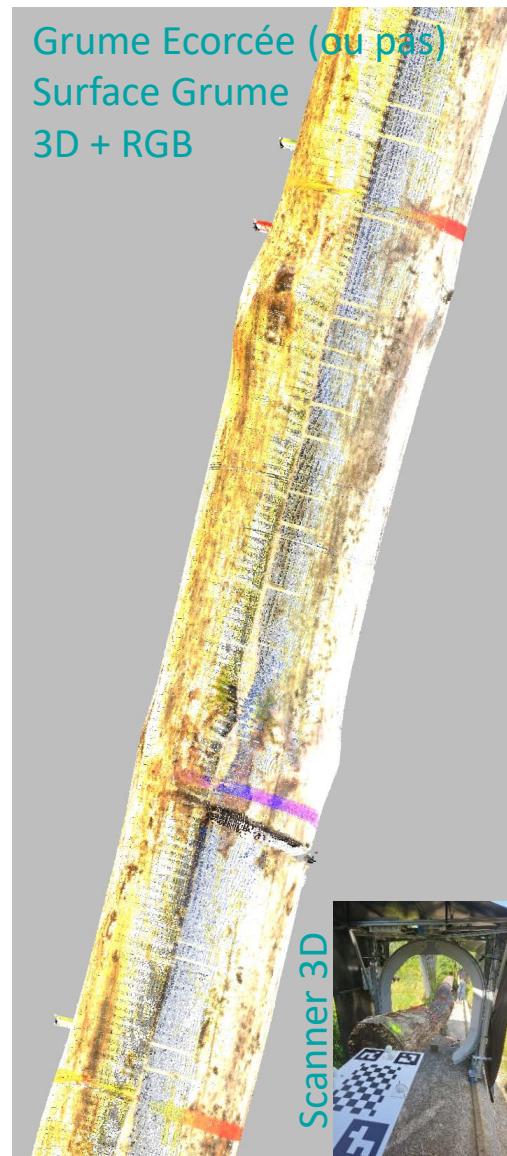
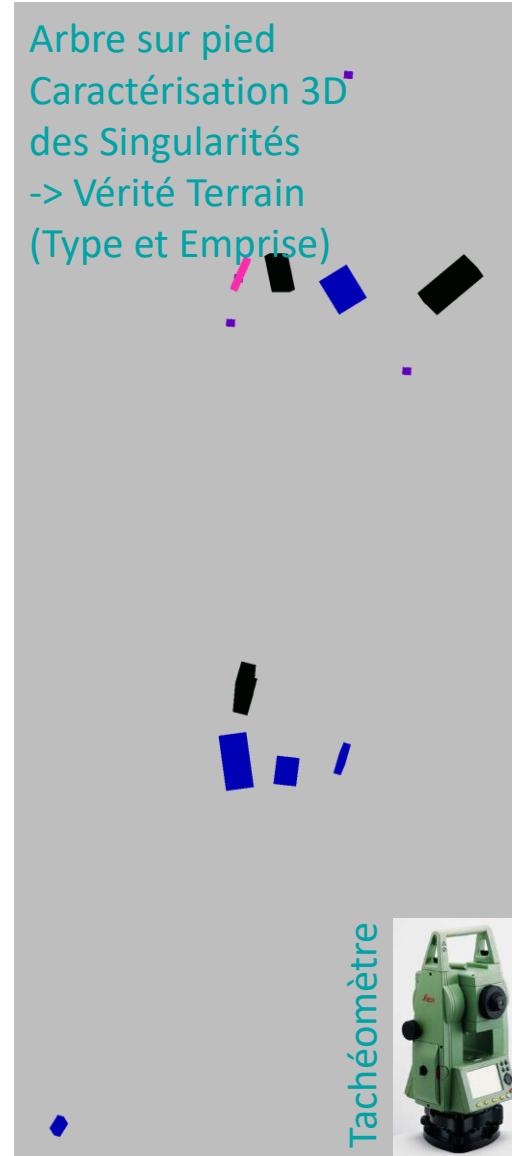
Grume Ecorcée (ou pas)
Surface Grume
3D + RGB



Billons
Densitométrie
Volumique



➤ Illustration des données assemblées pour 1 Pin Sylvestre (Zoom)



➤ Définition Architecture BDD spécifique

- Réflexion sur la généricité (adaptation aux anciennes et futures données provenant d'autres expériences avec d'autres systèmes d'acquisition)
- Relationnelle ET Géométrique
- Encore en cours d'alimentation...

