

Impact de l'amélioration génétique d'espèces ligneuses sur les produits à haute valeur ajoutée de l'épinette noire et du pin gris



Présenté par **André Pichette**

au **Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts**

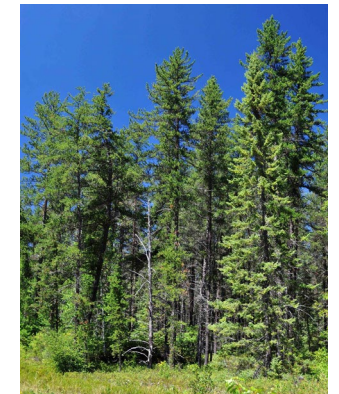
Le 13 novembre 2023

Contexte

- **Stratégie d'aménagement durable des forêts**
(Priorité du Gouvernement du Québec)
- **Plantation**: traitement le plus utilisé pour augmenter la production ligneuse
- **Traitements sylvicoles** (boues de papetières, etc.)
- **Amélioration génétique** des arbres pour créer des individus plus productifs, mieux adaptées aux changements climatiques, plus résistants aux ravageurs
- Essences privilégiées dans cette stratégie :
 - **Épinette noire** (*Picea mariana*)
 - **Pin gris** (*Pinus banksiana*)



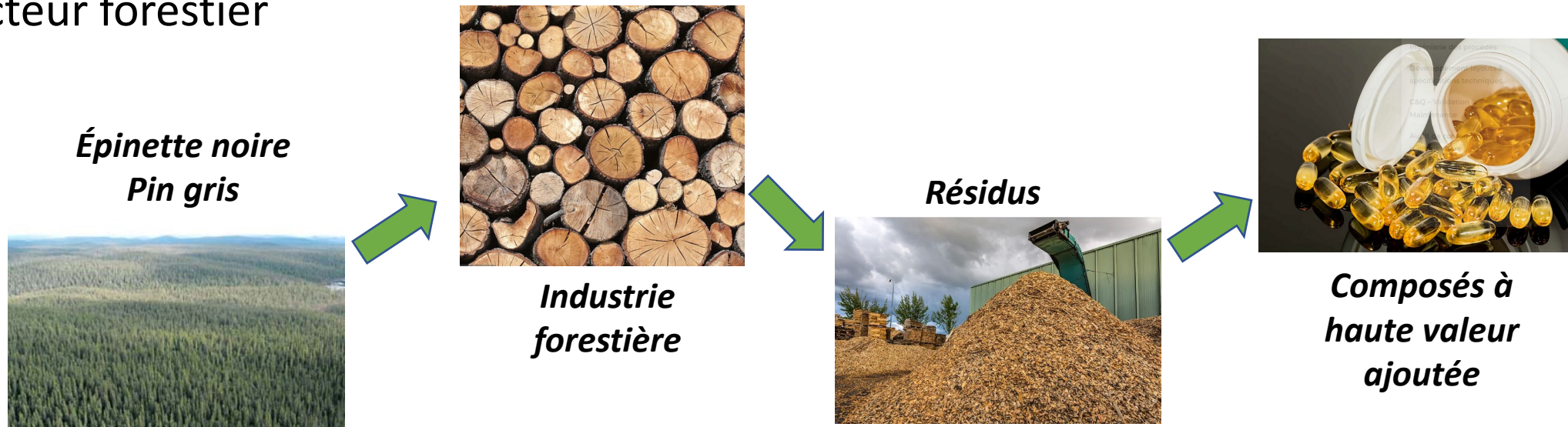
Épinette noire



Pin gris





Contexte

- Les indices de production forestière ne prennent pas en compte l'impact de la sélection génétique sur **la production biosynthétique de métabolites secondaires** (molécules **à haute valeur ajoutée** aux propriétés biologiques intéressantes tels que les **composés phénoliques**)
- Or, ces composés constituent une **richesse** qui peut être valorisée dans différents domaines (chimique, cosmétique, pharmaceutique...)
- Leur valorisation permettrait **l'accroissement et diversification** de la richesse tirée du secteur forestier

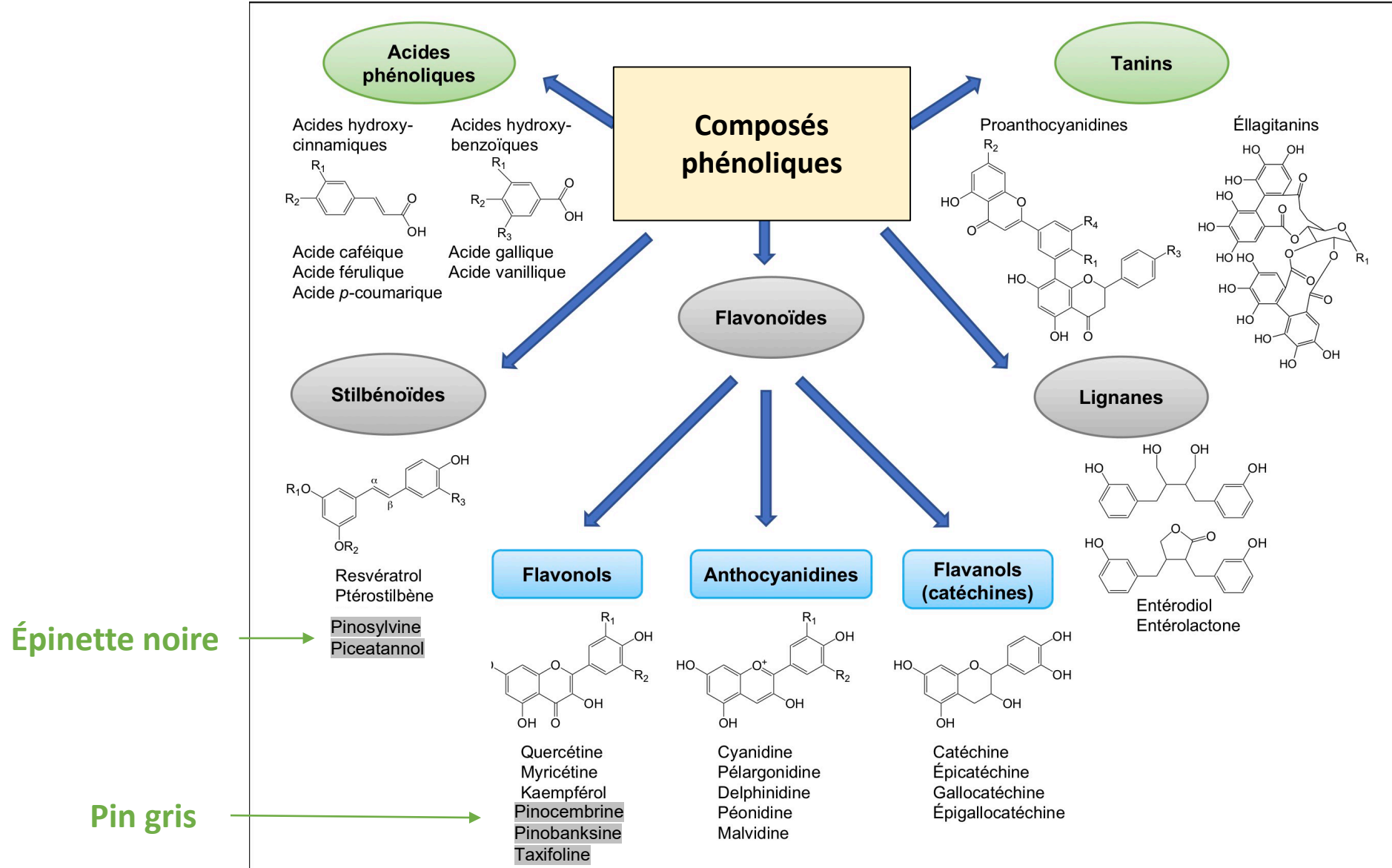


Contexte

Quelques exemples de bioproduits commerciaux issus de conifères

<i>Taxus canadensis</i> (Ifs du Canada)	<i>Larix Sibirica</i> (Mélèze de Sibérie)	<i>Picea abies</i> (Épinette de Norvège)	<i>Pinus pinaster</i> (Pin maritime)
Paclitaxel (Taxol®) (Diterpène)	Taxifoline (Flavonol)	HMR lignans (Hydroxymatairesinol = lignane)	Pycnogenol® (mélange de composés phénoliques: catéchine, taxifoline, acide gallique...)
			
<ul style="list-style-type: none"> - Chimiothérapie - Classé « médicament essentiel » par l'OMS - 2 US G\$ annuel (en 2000) 	<ul style="list-style-type: none"> - Supplément alimentaire - Antioxydant puissant - Nombreux bienfaits pour la santé - 70 US M\$ annuel (2022) 	<ul style="list-style-type: none"> - Supplément alimentaire - Antioxydant - Anti-tumorigénique (cancer du sein) 	<ul style="list-style-type: none"> - Supplément alimentaire - Mélange de composés antioxydants - Multiples bienfaits pour la santé

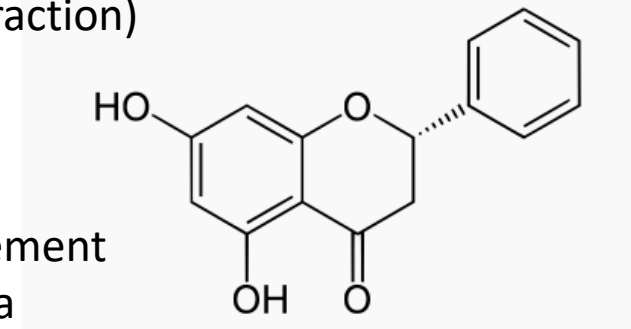
Métabolites d'intérêts: les composés phénoliques



Quelques exemples de composés d'intérêts du pin gris / épinette noire:

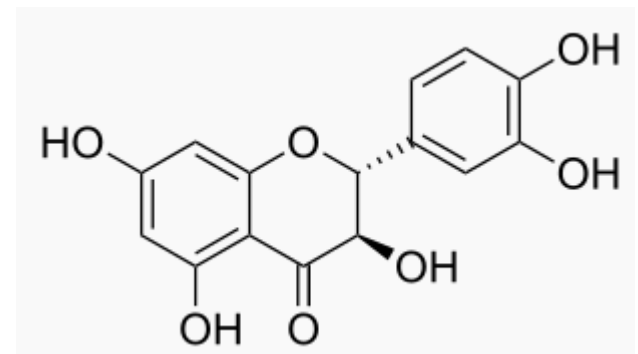
Pinocembrine (Pin gris)

- Grand nombre d'études scientifiques (potentiel thérapeutique, synthèse, procédés d'extraction)
- Large spectre d'activité: antioxydant, anti-inflammatoire, antimicrobien, anticancéreux...
- Plusieurs études au stade préclinique pour son potentiel neuro et cardio-protecteur
- Grande demande pour ce composé (pharmaceutique, nutraceutique...)
- Présent dans beaucoup de plantes (dont le miel, propolis) mais difficulté d'approvisionnement rentable par extraction de produits naturels (faible rendement, coût élevé, pression sur la ressources) donc les résidus forestiers de pin gris constituent une option intéressante.



Taxifoline (Épinette noire)

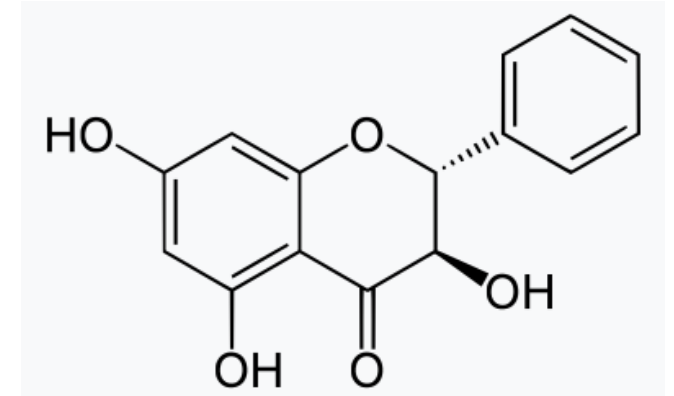
- Large spectre d'activité (antioxydant, anti-inflammatoire, hypotenseur...)
- Le plus antioxydant des bio-flavonoïdes
- Utilisée dans de nombreux secteurs (aliments, boissons, soins de santé, cosmétiques...)
- 20 tonnes/an; 70 millions de \$ annuel
- Présence non négligeable dans les résidus forestiers (écorce d'épinette noire)
- Russie = 50 % de la production mondiale (Mélèze de Sibérie)
- Opportunité économique pour les autres pays producteurs depuis les sanctions économiques contre la Russie suite au conflit géopolitique actuel.



Quelques exemples de composés d'intérêts du pin gris / épinette noire (suite):

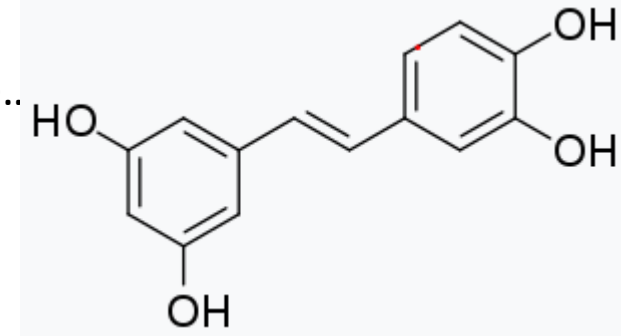
Pinobanksin (Pin gris)

- Bioflavonoïde antioxydant
- Présent notamment dans les produits apicoles (propolis, miel)
- Effet contre la prolifération de cellules cancéreuses (lymphome de type B)
- Identifié dans des extraits d'écorce de pin gris (LASEVE)
- Précurseur potentiel pour la synthèse de composés analogues aux balsacons, (molécules actives contre le SARM mais isolées en faible quantité à partir des bourgeons de peuplier baumier)



Piceatannol (Épinette noire)

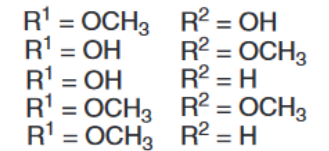
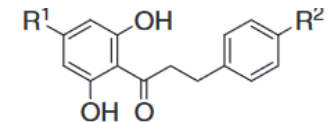
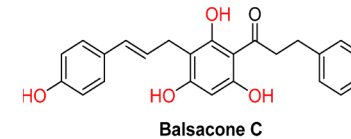
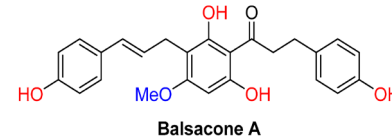
- Stilbène antioxydant (encore plus actif que son analogue plus connu: le trans-resveratrol) et anticancéreux
- Fait l'objet de nombreuses études scientifiques
- Autres activités reportées: anti-inflammatoire, antivirale, neuroprotecteur, anti-adipogène..
- Intéressant pour le secteur cosmétique (Anti-âge, anti-acné)
- L'écorce d'épinette noire est riche en stilbènes bioactifs (piceatannol mais aussi trans-piceid, trans-isorhapontine)



Molécules bioactives isolées par le laboratoire LASEVE à partir d'espèces d'arbres de la forêt boréale:

Balsacones et dihydrochalcones (Peuplier baumier)

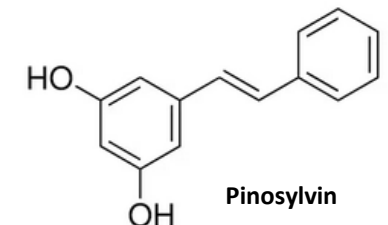
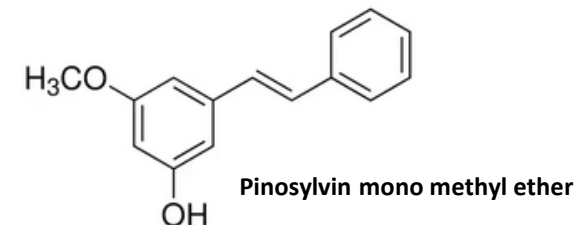
- Balsacone C: active contre le staphylocoque doré résistant à la méthicilline, aussi appelé SARM
- Balsacone A-C et K: actives contre le psoriasis
- Dihydrochalcones: précurseurs synthétiques de balsacones



Dihydrochalcones

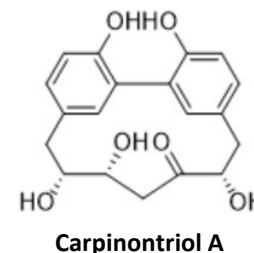
Pinosylvine, Pinosylvine monomethyl ether (PIME), Pinosylvine dimethyl ether (PIDE) (Pin gris)

- Famille des stilbènes
- Pinosylvine fait l'objet de nombreuses études pharmacologiques car beaucoup d'activités biologiques reportées (anticancéreux, antifongique, antibactérien, anti-inflammatoire, antioxydant, neuroprotecteur, anti-allergique)
- PIME: Anticancéreux (adénocarcinome colorectal)
- PIDE : Antimicrobien (Gram + et -, levures, etc.) anticancéreux (adénocarcinome colorectal)

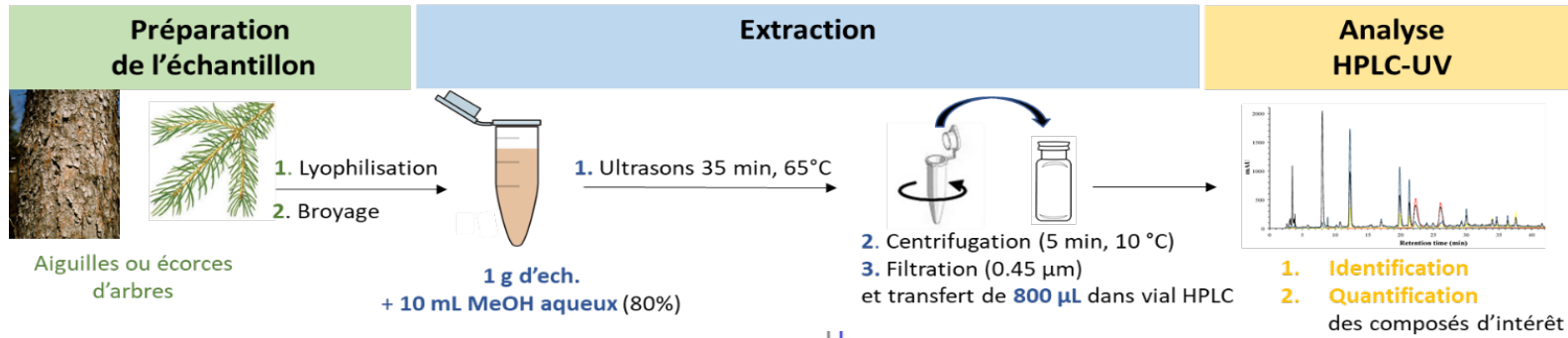


Carpinontriol A (Bouleau à papier)

- Diarhylheptanoïde cyclique isolée de l'eau de déroulage de bouleau
- Fort pouvoir antioxydant et activité anti-inflammatoire

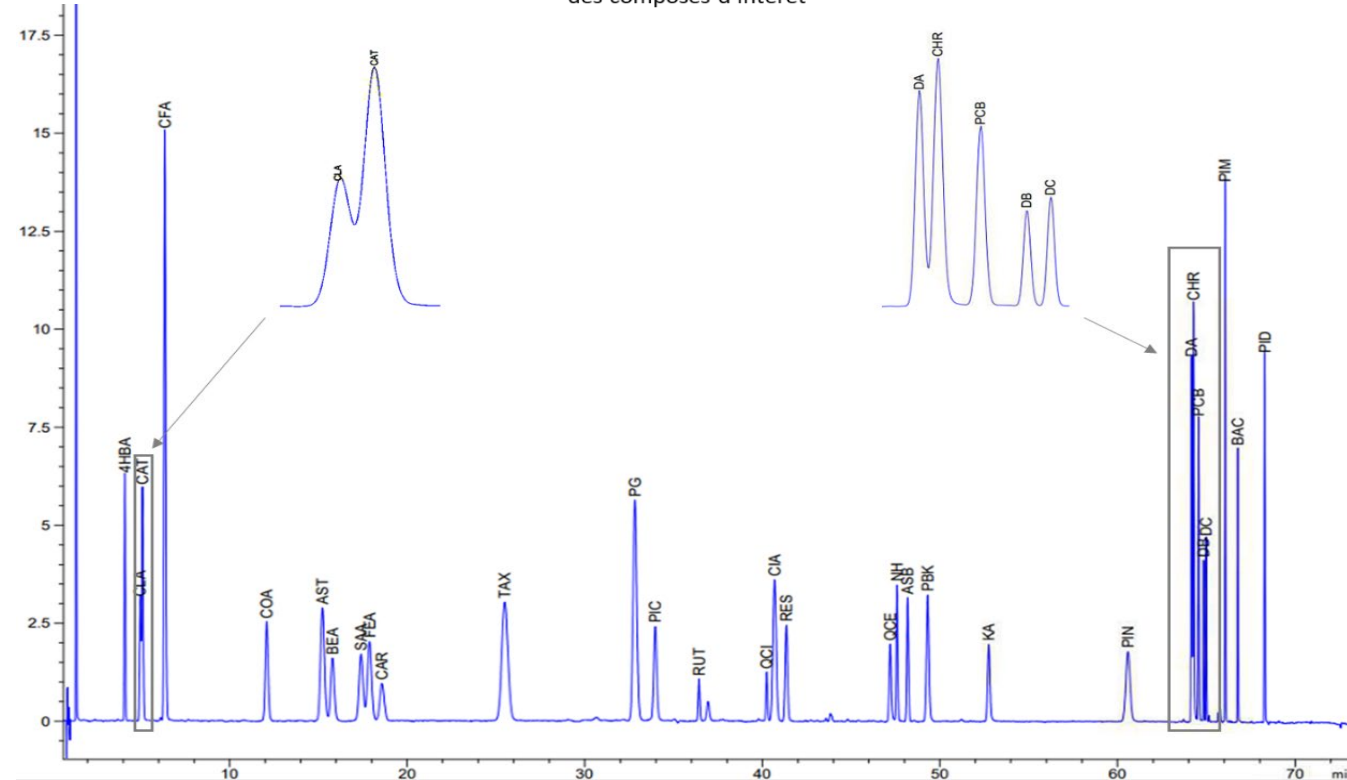


Développement d'une méthode de détection et de quantification des composés phénoliques d'intérêts (HPLC-UV)



Avantages de la méthode:

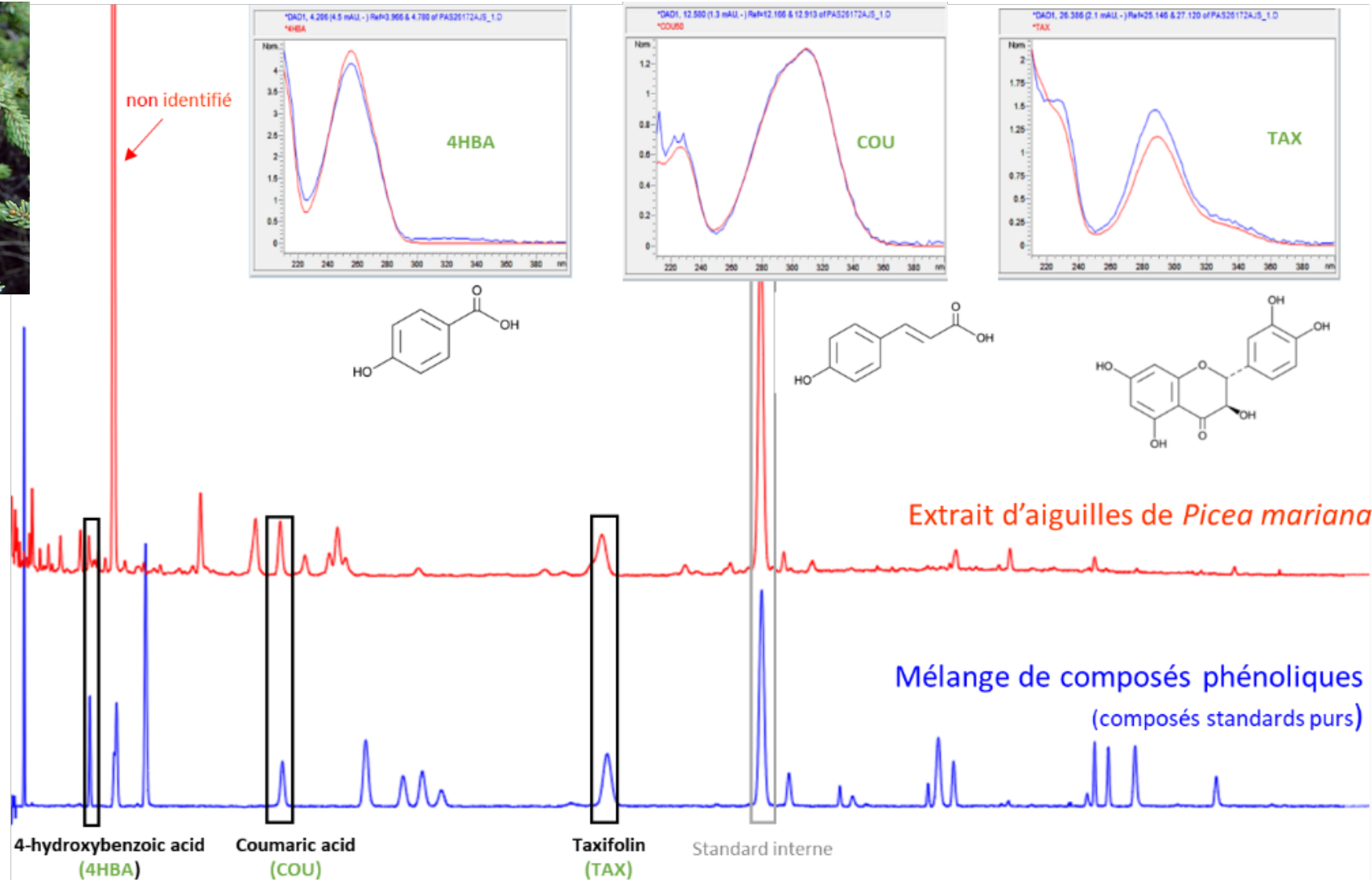
- Extraction simple et efficace
- Analyse HPLC rapide (≈1h)
- Peu coûteuse (détecteur UV)
- Complète (31 phénoliques d'intérêts)
- Universelle (applicable aux conifères mais aussi aux feuillus ou autres végétaux)
- Identification par double confirmation (UV et temps de rétention des standards)
- Quantification précise des composés détectée (ppm)



GA: gallic acid; 4HBA: 4-hydroxybenzoic acid; CLA: chlorogenic acid; CAT: catechin; CFA: caffeic acid; COA: coumaric acid, AST: astringin; BEA: benzoic acid, SAA: salicylic acid; FEA: ferulic acid; CAR: carpinotriol; TAX: taxifolin; PG: (ISTD) propyl gallate; PIC: piceatannol, RUT: rutin; QCI: quercitrin; CIA: cinnamic acid; RES: resveratrol; QCE: quercetin, NH: neohesperidin, ASB: asebotin; PKB: pinobanksin; KA: kaempferol; PIN: pinosylvin; DA: dihydrochalcone A; CHR: chrysin; PCB: pinocembrin; DB: dihydrochalcone B; DC: dihydrochalcone C; PIM: pinosylvin methyl ester, BAC: balsacone C; PID: pinosylvin dimethyl ether.

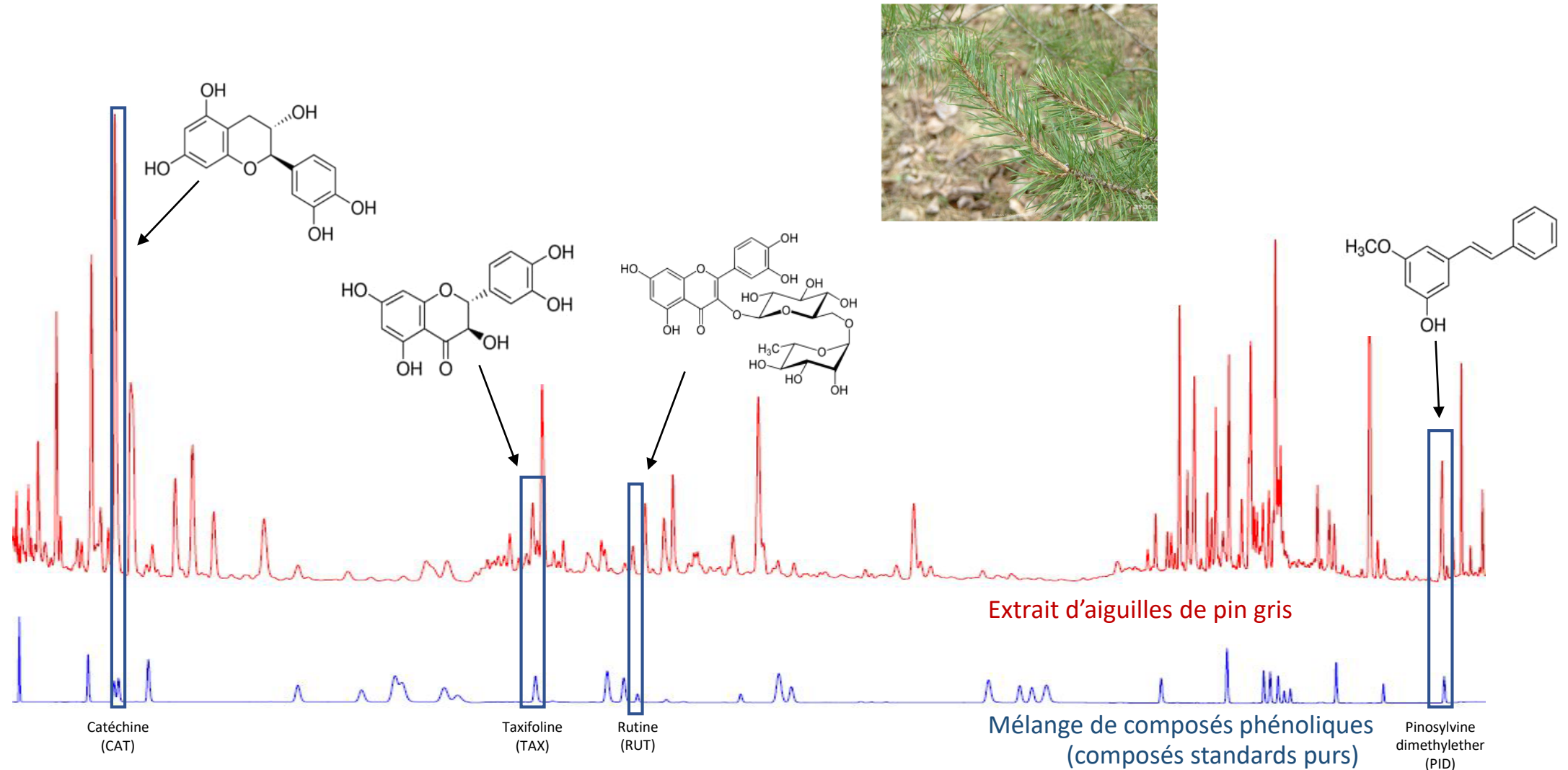
Application de la méthode à des extraits de pin gris et d'épinette noire

Identification de composés phénoliques présents dans un extrait d'aiguilles d'épinette noire



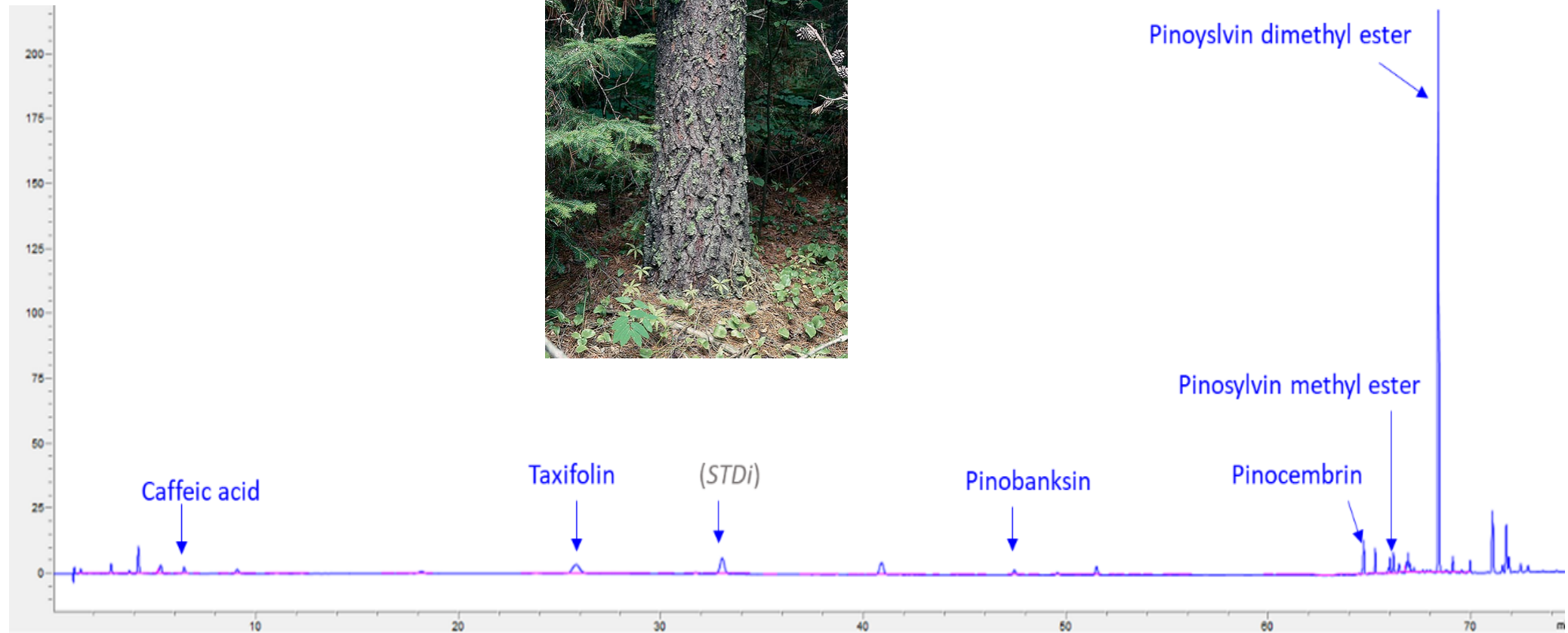
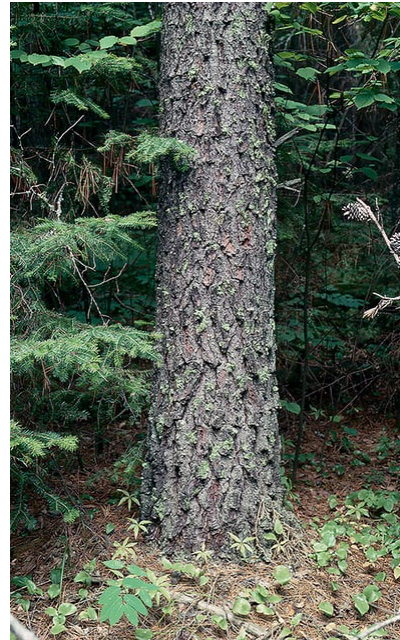
Application de la méthode à des extraits de pin gris et d'épinette noire

Identification de composés phénoliques présents dans un extrait d'aiguilles de pin gris



Application de la méthode à des extraits de pin gris et d'épinette noire

Identification de composés phénoliques présents dans un extrait d'écorce de pin gris



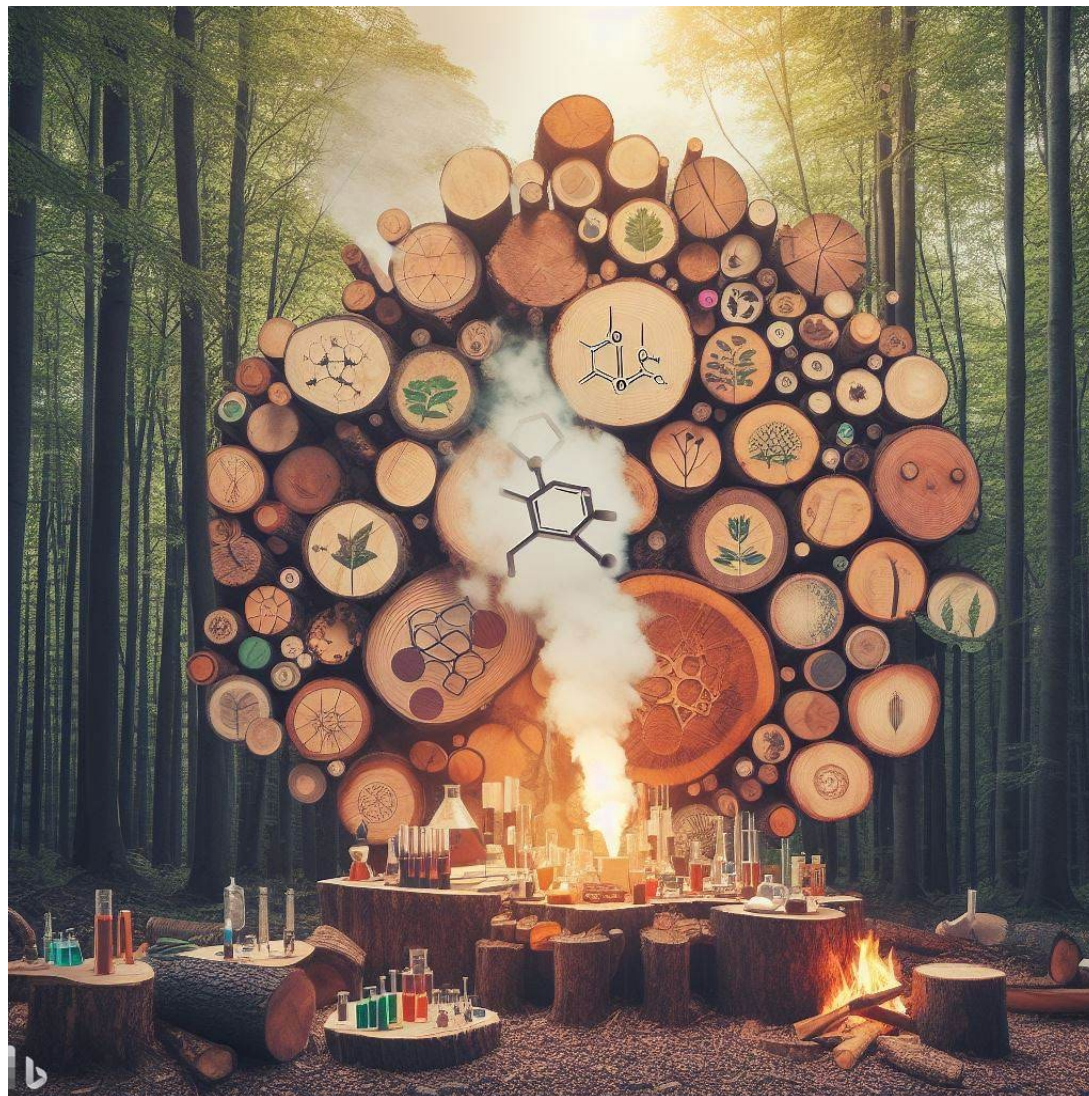
Conclusion

- Les **résidus forestiers** offrent des possibilités pour la production de molécules à haute valeur ajoutée;
- La méthode analytique développée permet de **détecter** rapidement la présence de composés d'intérêt et d'en **évaluer** la teneur;
- Les travaux doivent se poursuivre mais les différents traitements évalués ne semblent pas occasionner de différences significatives pour les composés phénoliques analysés;
- Les **résidus d'une industrie** peuvent devenir des matières premières importantes pour d'autres secteurs d'activités (en phase avec les principes de l'économie circulaire et de l'écologie industrielle).

Remerciements

Ministère des ressources naturelles et des forêts, Laboratoire Phytochemia, Industries John Lewis, le CRSNG et toute l'équipe du LASEVE.

*Jean Legault, Maxime Paré,
Jérôme Alsarraf, Lionel Ripoll,
Sergio Rossi, Patrick Faubert et
Annie Tremblay (MRNF)*



Images générées par DALL·E-3 (Bing AI)



Images générées par DALL·E-3 (Bing AI)

