

New trends in the use of trees (Dendrochemistry) to age date oil pollution

INTERSOL

Lille – 28, 29 et 30 mars 2023

Jacques Martelain

Directeur du Service de géologie, sols et déchets (GESDEC) – Etat de Genève
Senior managing Scientist in Environmental Forensics and litigation support (TERRAQUAtron)
Expert de justice près la Cour d'Appel de Lyon
Membre de la Chambre suisse des experts judiciaires, techniques et scientifiques

Docteur en géologie
Certificate in Environmental Forensics (AEHS – USA)

What can trees talk about pollution?

INTERSOL

Lille – 28, 29 et 30 mars 2023

Jacques Martelain

Directeur du service de géologie, sols et déchets (GESDEC) – Etat de Genève
Senior managing scientist in Environmental Forensics and litigation support (TERRAQUAtron)
Expert de justice près la Cour d'Appel de Lyon
Membre de la Chambre suisse des experts judiciaires, techniques et scientifiques

-

Docteur en géologie
Certificate in Environmental Forensics (AEHS – USA)

In memory of Jean-Christophe (Chris) Balouet

(† March Tuesday the 30th 2021)



Plan of the presentation

1. Phytoscreening
2. Dendrochemistry
3. Air pollution dating

Phytoscreening

LE PHYTOSCREENING

DESCRIPTION THÉORIQUE DU PRINCIPLE DE LA TECHNIQUE

Le phytoscreening est une technique de reconnaissance rapide sur site qui utilise les arbres comme bio-indicateurs des pollutions actuelles. C'est une technique qui permet de réaliser un diagnostic rapide du site à un instant t pour les polluants volatils et non-volatils (piézomètres et sondages). Il se distingue de la dendrochimie par les échantillons prélevés et par l'objectif de l'étude : le phytoscreening fournit des informations sur l'extension spatiale de la pollution à un instant donné alors que la dendrochimie se focalise sur la dimension temporelle de la pollution.



Source [2]

CONTEXTE D'UTILISATION

Le phytoscreening est une technique applicable sur de nombreux sites à partir du moment où des arbres ou arbustes sont présents. Il consiste à vérifier la présence de la nappe et l'existence d'éventuels niveaux échantillonnés empêchant l'accès du système racinaire à la pollution. En milieu urbain ou industriel, il permet de déterminer la présence d'une source et de préciser l'extension de la pollution avec des mesures semi-quantitatives. Cette technique présente un réel intérêt lors de la présence de nombreux réseaux enterrés compliquant la réalisation de sondages.

Les limites de détection dans le bois peuvent être très basses (ppb à ppt). Elles dépendent dans les arbres de la technique d'analyse. Les concentrations dans les arbres pourront être détectées lorsque les concentrations dans les eaux souterraines seront supérieures à 5 ppt, pour les composés organiques volatils et les concentrations dans

les sols supérieures à 20 mg/kg pour les éléments traces métalliques. Cependant, l'absence de polluants dans la sève de l'arbre ne peut pas être utilisée comme preuve absolue d'absence de pollution dans les sols ou les eaux souterraines. Il peut arriver que certains arbres soient des faux-négatifs, résultant de facteurs influençant leur assimilation rhizosphérique (physiologique, pédologique, parasitaire, remblais échanties, etc.).

À quelle étape?

Le phytoscreening est essentiellement une technique cartographique rapide, non intrusive et à moindre coût pour optimiser les travaux de sondages au suivi d'une dépollution. Son utilisation peut être étendue au suivi de la dépollution et à la surveillance après travaux car les transferts vers les cerneaux externes de l'arbre sont saisonniers.

techniques-innovantes-ssp@brgm.fr / s.1 - 01 60 00 00 00

POLLUTION INVESTIGATION BY TREES (PIT)

August 2015

EXPERTISE



In partnership with:

CHRONO ENVIRONNEMENT



Prepared in cooperation with the U.S. Environmental Protection Agency
Measurement and Monitoring for the 21st Century Initiative

User's Guide to the Collection and Analysis of Tree Cores to Assess the Distribution of Subsurface Volatile Organic Compounds



Scientific Investigations Report 2008-5088

U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

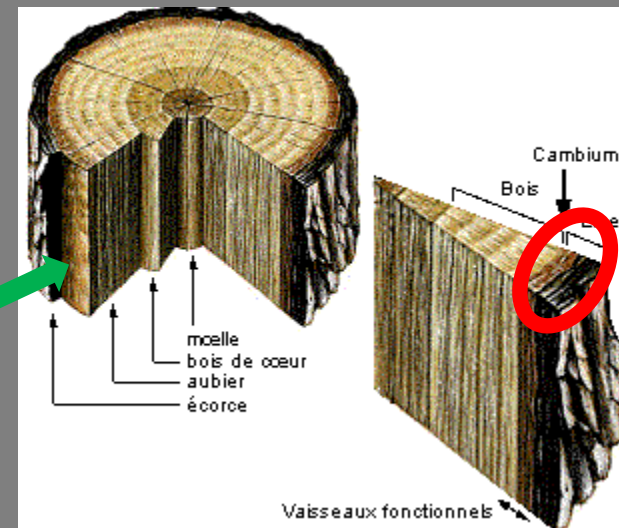
Expertise pollution et
forensie environnementale

Phytoscreening is a rapid site survey technique that uses trees as bio-indicators of current pollution

It is a technique that allows a quick diagnosis of the site at a given time for volatile and non-volatile pollutants and is useful for the choice of the implementation of more traditional works (piezometers and boreholes)

Phytoscreening is based on the fact that plants draw the nutrients they need for their development from the soil, soil gases and groundwater.

They are thus likely to capture certain pollutants present in the soil, in the soil gases or in the water table.



Consumption

Detection limits in wood may be very low (ppb to ppt).

Concentrations in trees will be detectable when groundwater concentrations are above 5 µg/l for volatile organic compounds and soil concentrations are above 20 mg/kg for trace metal elements.

However, the absence of pollutants in tree sap cannot be used as absolute proof of absence of pollution in soil or groundwater.

Sampling

- Hammer sounder of growth



Sampling

- Small diameter Pressler probe



Sampling

- « Classic » wood drill bit



Sampling

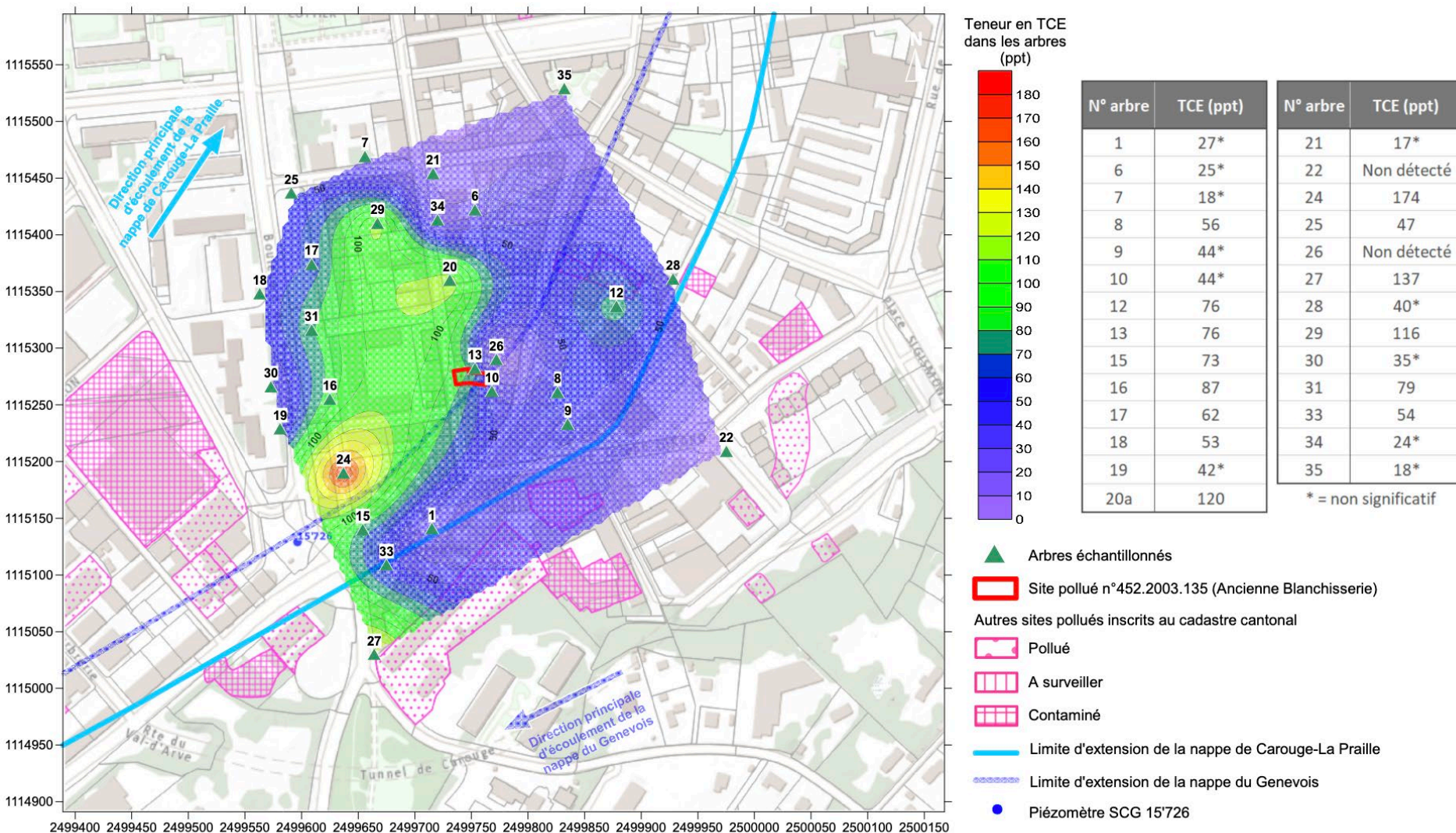
- « In planta » SPME (Solid Phase Micro Extraction) on Polydimethylpentasiloxane (PDMS) fibers



Sampling

- Samples are placed in septa tubes and send for analysis





Dendrochemistry

DESCRIPTION THÉORIQUE DU PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

...type, les végétaux puisent, dans le sol et dans les strates nécessaires à leur développement. Ils sont ainsi susceptibles de capter certains polluants présents dans les sols ou le sous-sol.

La dendrochimie permet de retracer, via les cernes de bois
issus d'une carotte prélevée dans l'arbre, l'histoire d'une
pollution ou la vitesse de migration d'un panache. Elle est
utilisée en procédure judiciaire essentiellement en Allemagne
et Belgique, France et Etats-Unis.



CONTEXTE D'UTILISATION

La dendrochimie est une technique qui est utilisable sur **des sites présentant des arbres supposés antérieurs à la pollution**. Les arbres peuvent être sur pieds ou déjà coupés car il est possible d'échantillonner sur souche. Dès lors qu'elle n'est pas dégradée et que la date de la coupe est connue, Les arbres serviront plus ou moins de bons indicateurs en fonction de leur essence. Il est également important que des arbres de référence puissent être échantillonnés hors-site et que la pollution soit accessible par le système racinaire.

La connaissance du type de polluant avant le début des investigations est essentielle afin d'échantillonner assez de matière et de cibler les espèces les plus pertinentes. A noter que les arctres en bordure d'océan sont plus exploitables pour des pollutions en COIN et en polluants d'origines fossiles.

Cette technique s'utilise en complément de sondages : les sondages de sol et pétroliers permettent d'identifier une pollution et ses caractéristiques (extension et profondeur) ; la dendrochimie permet de compléter les investigations en datant la pollution.

Les résultats permettent de retracer à l'année près un épisode de pollution mais ils ne permettent pas de quantifier précisément un polluant. Les limites de détection dans le bois pour la dendrochimie sont de l'ordre du ppm. Elles dépendent du polluant et de la technique d'analyse. La précision spatiale de cette technique sera d'autant plus fine que le nombre d'arbres investigués sera important.

À quelle étape ?

La dendrochimie est essentiellement une technique utilisée pour la caractérisation de pollutions lors du diagnostic. Elle n'est pas utilisée pour le suivi de dépollution ou la surveillance environnementale car les échelles de temps sont de l'ordre de la dizaine d'année ; le phytoscreening lui sera préféré pour ces phases de suivi.

ils ne sont pas détectables directement
mais des marqueurs sont recherchés (chloro-
forés, plomb pour les essences antérieures
à 1975).

chimie sont réalisées suivant
l'échantillonnage sur le terrain puis
laboratoire. Une analyse des
expert,

Pour l'analyse des PCB et du mercure, la carotte est segmentée et les cernes sont analysés individuellement après calcination (Hg) ou congélation (PCB).

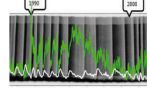
Interprétation

L'interprétation des résultats d'analyse est réalisée par un expert qui saura gérer le traitement d'une grande quantité de données.

Le résultat obtenu est une donnée semi-quantitative : la teneur obtenue dans l'arbre ne correspond pas à la teneur présente dans les sols ou la nappe. Par contre, la datation de la pollution obtenue est précise à l'année près.

La dendrochimie peut distinguer l'arrivée brutale d'une pollution ou la migration progressive d'un panache notamment lorsque plusieurs arbres peuvent être échantillonnés le long d'un gradient hydraulique.

Analyse via EDXRF dans le cas d'une pollution aux solvants chlorés (PTT 2015).



Analyse via
EDXRF dans
le cas d'une
pollution aux
solvants chlorés
(PTT 2015).

l'exercice
e prélevé

Points de vigilance dans l'interprétation

- L'absence de pollution dans les cernes ne permet pas de conclure à l'absence de pollution des sols et des eaux souterraines (faux-négatifs notamment dans le cas de la présence de plusieurs nappes superposées).
- Certains polluants (HAP, toluène) sont présents naturellement dans les arbres et peuvent conduire à des faux-positifs si cette donnée n'est pas prise en compte.

- Les anomalies détectées sont souvent suivies par une diminution dans les cernes suivants malgré la présence continue du polluant. Ce phénomène peut être attribué à un mécanisme de compensation de l'arbre.
- Le salage des routes peut induire un marquage au chlore des cernes. L'échantillonnage d'un arbre de référence exposé aux mêmes conditions d'usage du terrain (actuel et passé) est donc très important.

- le climat et la saison via l'évapotranspiration et la précipitation;
- la rhizodégénération (via les champignons mycorhiziens);
- le coefficient de partage octanol-eau (Log Kow): pour un coefficient faible, l'assimilation augmente avec la teneur au sol.

SSAIRE

essaire pour l'échantillonnage est spécifique et reproductible : une tarière de diamètre transportable : une tarière de 10 mm de diamètre et de réaliser une carotte de 10 cm (10 cm) et une sample de maintien peut permettre de les facilement pour les bords durs (10 cm) (surtout). Tous les outils doivent être doublés, voir de pièces de rechange, car l'équipement peut être certains laboratoires (analyse d'analyse).

l'analyse en laboratoire, seuls certains laboratoires
analysent le matériel adapté. La technique d'analyse
la plus courante est la spectrométrie par fluorescence X à dispersion d'énergie
(DXRF) qui nécessite la préparation de l'échantillon (séchage

Pour le mercure, une phase de combustion est également nécessaire après la phase de séchage.

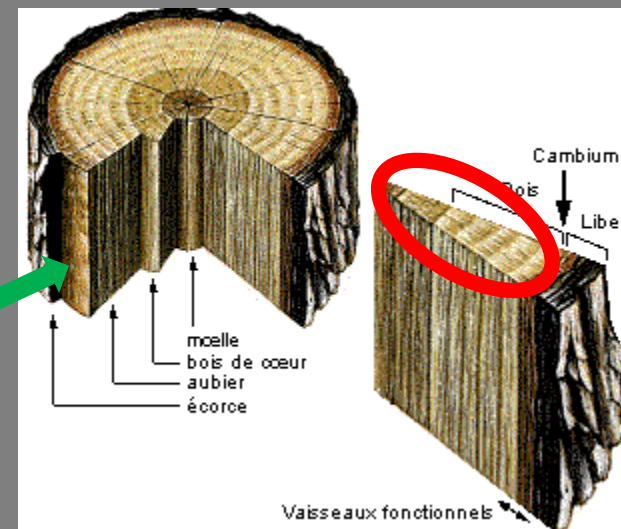
Enfin, un logiciel est ensuite nécessaire pour l'interprétation des données. Par exemple, le logiciel libre Scamchem (INRAE) développé lors du projet ITI, est téléchargeable gratuitement sur internet mais nécessite une certaine expertise pour l'utiliser.

analyse
e est
nergie
échage

The goal here is not to apprehend the current state of the pollution but to analyze the traces of the past

The sample is only taken with a large diameter Pressler auger (10 to 12 mm) depending on the parameters sought and the operating methods





Consumption

The samples are dried and analyzed by energy dispersive X-ray microfluorescence (EDXRF) on an ITRAX machine in line-scanning every 50 microns

To do this, a 2 mm thick slide is taken, perpendicular to the fiber, by a double disc saw system

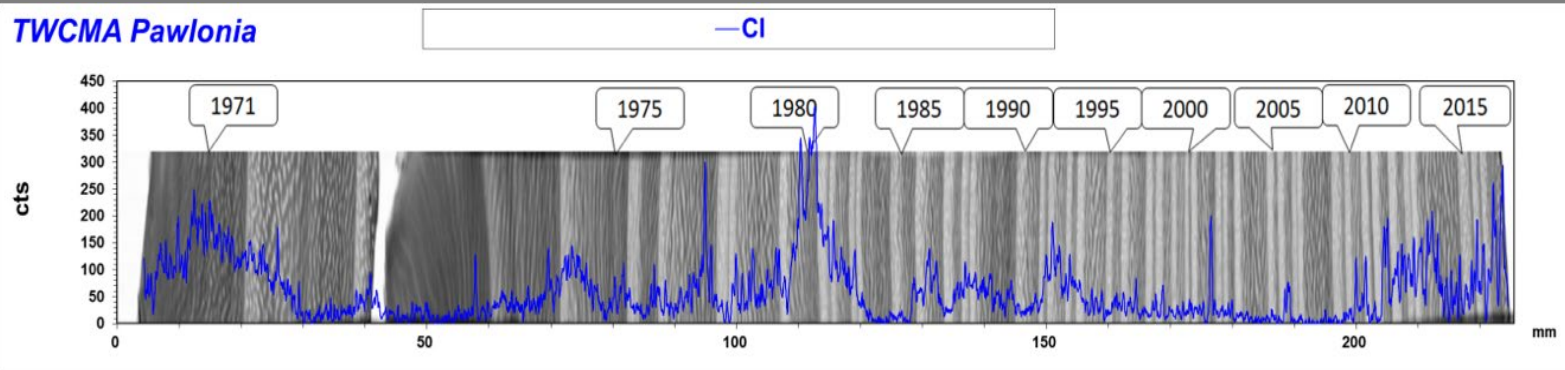
This blade is then radiographed at the same time as it is analyzed



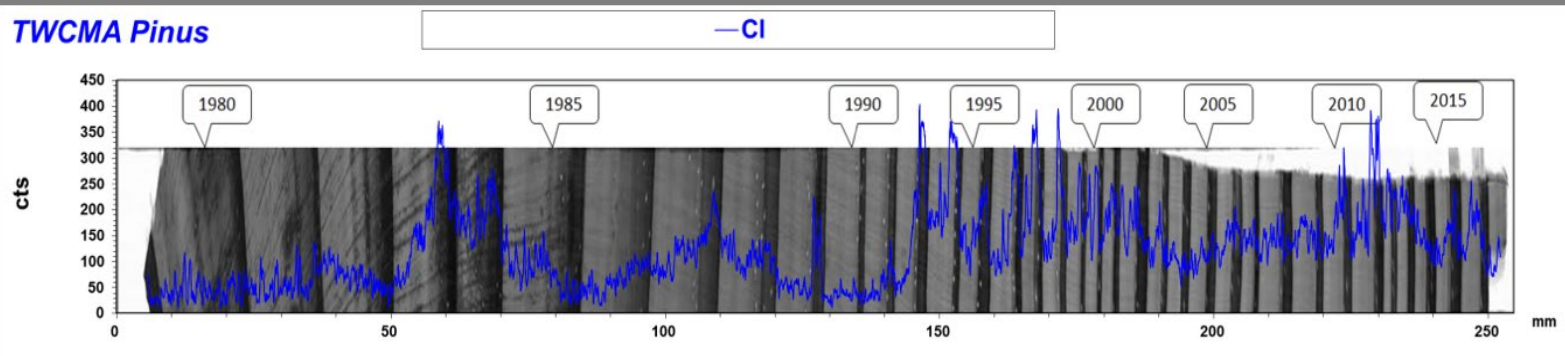
The length of the cores is between 200 and 300 mm, so between 4,000 and 6,000 measurement points are taken per core.

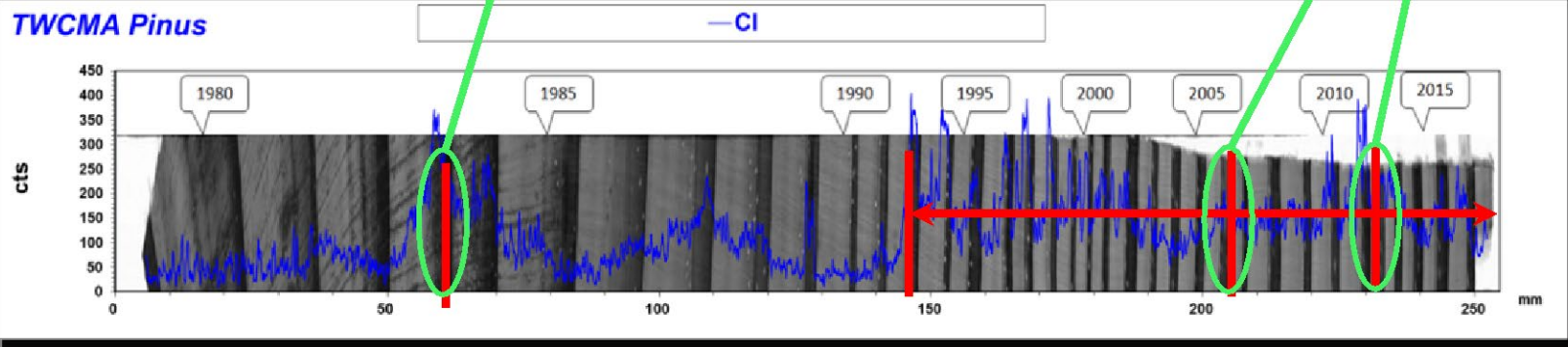
At each measurement point, 31 elements are analyzed: Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Zr, Mo, Cd, I, Cs, Ba, Hg, Pb, Bi, in addition to parameters related to quality assurance, representing between 124,000 and 186,000 elemental analyses and 20 to 30,000 physical parameters of analysis per core

TWCMA Pawlonia



TWCMA Pinus





Limitations

- Availability of trees
- Depth of contamination
- Replanted trees
- Potential translocation of elements (from one ring to another)
- Tree disease
- ...

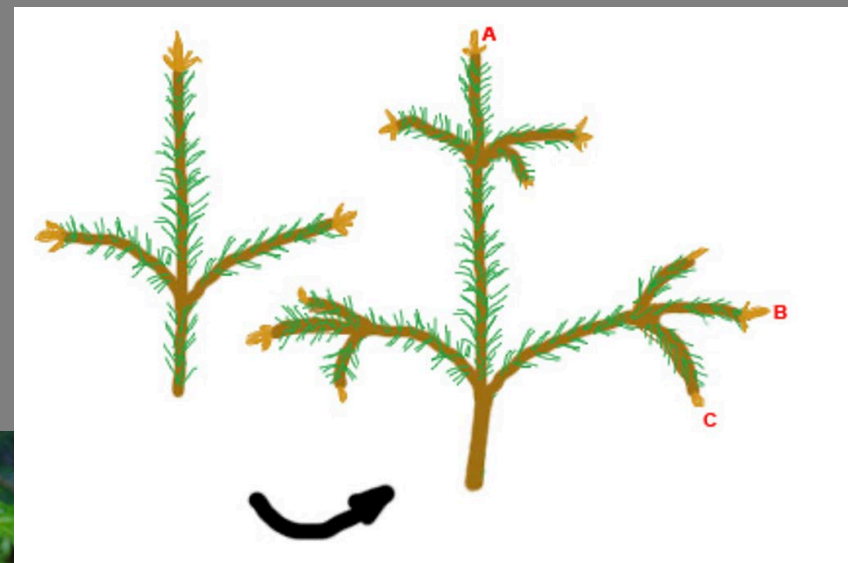
Dendrochemistry Air pollution

It is possible to date air pollution by using pine needles as markers of the pollution

This is particularly effective for dioxins and furans

Pine needles are often 8 or 9 years old in our climate, often 3 to 4 years older in alpine climate

The pine tree grows and branches on the principle of monopodial branching: the main axis grows from a terminal bud.



Dendrochemical forensics as material evidence in courts: *How could trees lie?*

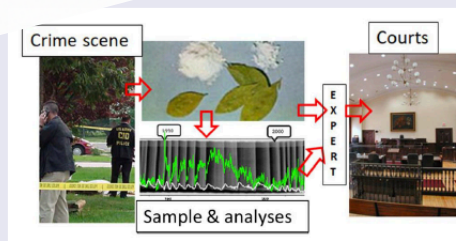
Chris Balouet^a, Joel Burken^b, Jacques Martelain^c, Jonathan Lageard^d, Frank Karg^e, and David Megson^{d,f}

^aEnvironment International, Orrouy, France; ^bMissouri University of Science & Technology, Rolla, Missouri, USA; ^cTerraquatron, Saint Cyr au Mont d'Or, France; ^dEcology & Environment Research Centre, Manchester Metropolitan University, Manchester, UK; ^eHPC INTERNATIONAL, Hôtel de Recherche, Centre Perharidy, Roscoff/France and Atlantis Développement, Roscoff, France; ^fChemistry Matters Inc, Alberta, Canada

ABSTRACT

The legal admissibility of scientific tools, such as dendrochemistry providing evidence for criminal or civil cases, critically relies on the quality of applied scientific research. The "Daubert" and "Frye" criteria are used in the U.S.A. use for determining legal admissibility of scientific evidence. The criteria for the tool, and general acceptance of dendrochemistry in the field of environmental forensics is rapidly evolving. In this manuscript we investigate the legal admissibility of dendrochemistry in criminal cases, but due to the complexity of the process, it is not always possible to provide

Dendrochemical forensics as material evidence in courts: *How could trees lie?*
Chris Balouet^a, Joel Burken^b, Jacques Martelain^c, Jonathan Lageard^d, Frank Karg^e, and David Megson^{d,f}
^aEnvironment International, Orrouy, France; ^bMissouri University of Science & Technology, Rolla, Missouri, USA; ^cTerraquatron, Saint Cyr au Mont d'Or, France; ^dEcology & Environment Research Centre, Manchester Metropolitan University, Manchester, UK; ^eHPC INTERNATIONAL, Hôtel de Recherche, Centre Perharidy, Roscoff/France and Atlantis Développement, Roscoff, France; ^fChemistry Matters Inc, Alberta, Canada

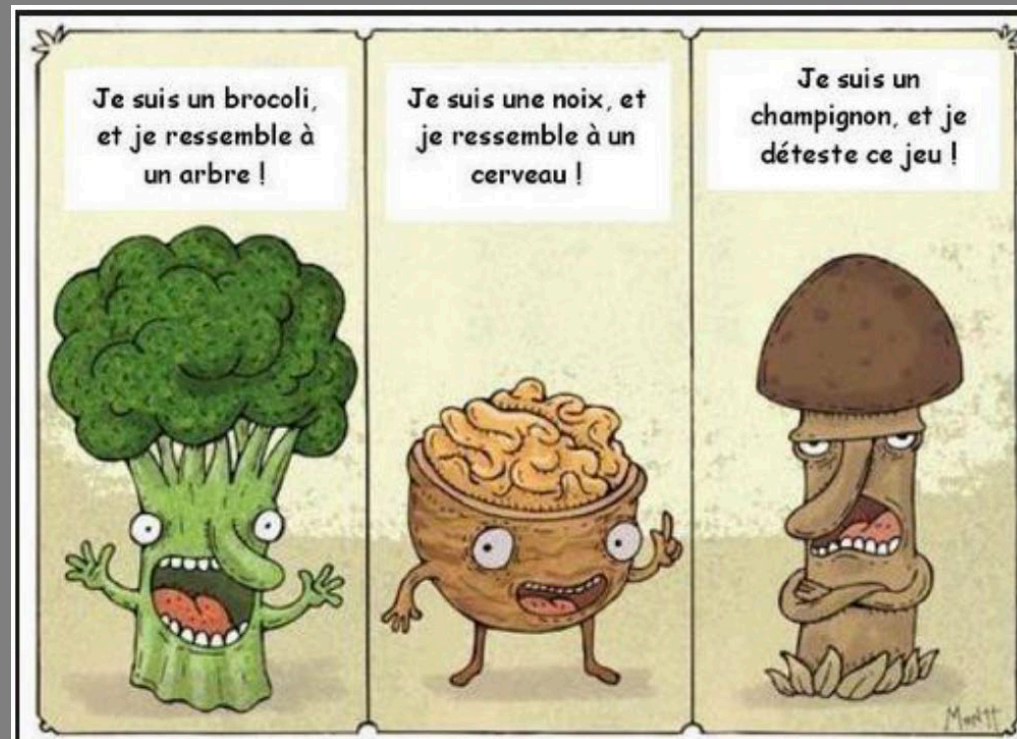


CONTACT D. Megson  david.megson@mmu.ac.uk  Manchester Metropolitan University, Manchester, UK

© 2021 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, and is not altered, transformed, or built upon in any way.

Thank you for your attention



Jacques Martelain



Mob. + 41 (0) 78 842 34 11 - jacques.martelain@etat.ge.ch

Mob. + 33 (0) 6 72 73 53 40 - j.martelain@orange.fr

Thank you for your attention



Jacques Martelain

Mob. + 41 (0) 78 842 34 11 - jacques.martelain@etat.ge.ch

Mob. + 33 (0) 6 72 73 53 40 j.martelain@orange.fr

