



LE PHYTOSCREENING

DESCRIPTION THÉORIQUE DU PRINCIPE 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 et utile pour le choix de l'implantation d'ouvrages plus classiques (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.

Le phytoscreening repose sur le fait que les végétaux puisent dans le sol, dans les gaz du sol et dans la nappe les nutriments nécessaires à leur développement. Ils sont ainsi susceptibles de capter certains polluants présents dans les sols, les gaz du sol ou dans la nappe.

Le prélèvement d'échantillons de végétaux est réalisé à partir de carottes de bois ou de copeaux prélevés sous l'écorce des arbres. Les échantillons collectés permettent de donner une information semi-quantitative sur l'ensemble des eaux et des gaz collectés à différentes profondeurs et donc de représenter une cartographie 2D de la pollution.



© JC BALLOUET

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 convient de vérifier **la profondeur de la nappe** et l'existence d'éventuel niveau étanche qui empêcherait 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 du polluant et de la technique d'analyse. Les concentrations dans les arbres pourront être détectées lorsque les concentrations dans les eaux souterraines seront supérieures à $5 \mu\text{g/L}$ 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 étanches, etc.).

À quelle étape ?

Le phytoscreening est essentiellement une technique utilisée pour la caractérisation de pollutions. Elle permet une cartographie rapide, non intrusive et à moindre coût pour optimiser les travaux de sondages lors des diagnostics.

Son utilisation peut être étendue au suivi d'une dépollution et à la surveillance après travaux car les transferts vers les cernes externes de l'arbre sont saisonniers.

LE PHYTOSCREENING

POLLUANTS CONCERNÉS

Le phytoscreening est utilisable pour la majorité des polluants, organiques ou inorganiques, présentés dans le tableau suivant.

Famille de polluants	Composés organiques						Composés inorganiques	
	COHV	Phénol/ chlorophénol	PCB	HCT (n-alcanes)	HAP	BTEX	ETM	Explosifs
Présence naturelle	Non	Non étudié	Peu adapté	Oui (surtout C24-C29)	Non (sauf dans les conifères)	Non (sauf pour le toluène)	Oui	Non étudié
Phytoscreening adapté	Oui (sauf pour le chlorure de vinyle)	Non étudié	Peu adapté	Oui (sauf pour les conifères)	Oui (pour les composés les moins volatils) (sauf pour les conifères)	Oui	Oui Non adapté pour le Cr et le Mo avec EDXRF Non adapté pour l'As et le Hg pour LA/ICPMS	Non étudié

Les mécanismes qui influencent sur l'assimilation des polluants par les arbres sont :

- la profondeur de la pollution (et donc l'accès racinaire) ;
- l'espèce pour les inorganiques (pas d'influence identifiée pour les organiques) ;

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

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

L'outillage est simple, facilement transportable, et permet d'échantillonner jusqu'à une cinquantaine de carottes par jour. Un marteau échantillonneur 5 mm et une tarière hélicoïdale pourront être utilisés. Les techniques d'analyses

sont spécifiques au polluant et à la matrice prélevée mais comprennent généralement une analyse par spectrométrie en phase gazeuse pour les composés organiques.

MÉTHODOLOGIE

Les investigations par phytoscreening sont réalisées suivant deux phases distinctes : l'échantillonnage sur le terrain puis la préparation et l'analyse en laboratoire.

Échantillonnage

L'échantillonnage doit être réalisé durant la période d'activité végétale (printemps-été).

Il convient de disposer de plusieurs arbres préférentiellement de la même espèce, surtout pour les composés inorganiques. Le plan d'échantillonnage dépend de l'étape de gestion du site (détermination d'une source, d'un panache, screening régulier) et de l'accessibilité. Parce que le système racinaire s'étend autour de l'arbre, les techniques dites de phytoscreening cardinal, prises vers le Nord, Est, Sud et Ouest autour du tronc, permettent, lorsqu'il existe peu

d'arbres sur site, de gagner une information directionnelle sur le panache.

Des arbres de contrôle doivent également être échantillonnés pour déterminer les valeurs de fond (par exemple pour le Hg).

Un petit marteau échantillonneur ou une tarière à bois permettent, une fois l'écorce enlevée, de prélever des carottes ou de petits copeaux des premières cernes externes. Le prélèvement est réalisé entre 30 et 60 cm de hauteur. Il est important de collecter le maximum d'informations sur les arbres prélevés (référencement de l'arbre, espèce, numérotation, mesure du diamètre à hauteur de poitrine, géolocalisation, photographie, indice de parasitisme). Il est également possible de coupler l'échantillonnage avec une analyse directe sur site.

Préparation de l'échantillon et méthode d'extraction

Une fois prélevés, les échantillons sont envoyés au laboratoire pour préparation et analyse.

Le tableau suivant présente les types d'analyses réalisées en fonction des polluants.

Famille de polluants	Composés organiques						Composés inorganiques	
	COHV	Phénol/ chlorophénol	PCB	HCT (n-alcanes)	HAP	BTEX	ETM	Explosifs
Technique d'analyse	GC/ECD/ SPME	Non étudié	GC/ECD/ SPME	GC/FID	GCxGC/ToFMS (ne fonctionne pas pour les composés dont le point d'ébullition est inférieur à 71°C)	GC/FID/ SPME	ICP/MS (Pour le Hg : séchage/ combustion/ AFS)	Non étudié

GC : chromatographie gazeuse, ECD : détecteur à capture d'électrons, SPME : micro-extraction sur phase solide, FID : détecteur à ionisation de flamme,
ICP/MS : Analyse par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif, GCxGC : chromatographie gazeuse bidimensionnelle, ToFMS : spectrométrie de masse à temps de vol

Spécificité selon les polluants

Les composés volatils (COHV, BTEX) seront échantillonnés en conservant un maximum l'intégrité des cernes de bois et placés dans des flacons de type headspace. Si la présence de COHV est recherchée, tout contact avec la pluie lors de l'échantillonnage doit être évité.

Les composés non-volatils ou inorganiques pourront être échantillonnés sous forme de copeaux, ce qui permet d'en récupérer un plus gros poids. Les échantillons seront congelés pour des analyses en hydrocarbures, en HAP ou en dioxines/furanes.

Interprétation

Les résultats d'analyse dans les échantillons de bois sont à comparer et calibrer avec des analyses chimiques réalisées sur des échantillons de sol, d'eau ou de gaz prélevés à proximité.



© ADEME - H. Roussel

Réalisation d'un prélèvement pour phytoscreening.



AVANTAGES – INCONVÉNIENTS – MATURITÉ DE LA TECHNIQUE

AVANTAGES

Echantillonnage

- Mise en place rapide,
- Investigation possible dans des zones difficiles d'accès (milieu urbain ou industriel, présence de nombreux réseaux enterrés compliquant la réalisation de sondages),
- Réalisable par du personnel débutant,
- Peu coûteux, peu d'équipement nécessaire,
- Peu d'effets environnementaux par rapport aux méthodes de prélèvement conventionnelles.
- Possibilité d'échantillonner des arbustes (rosiers, vignes, etc.)

Polluant

- Utilisable avec de nombreux polluants, organiques et inorganiques.

INCONVÉNIENTS

Echantillonnage

- Prélèvement uniquement en période de sève active.
- Ne donne pas la profondeur de pollution, résultats en 2D uniquement.

Laboratoires, matériel d'analyse

- Les analyses nécessitent du matériel spécifique (laboratoires peu répandus).

Résultats d'analyses

- Technique semi-quantitative.

Influence sur les résultats et incertitudes

- Influence du site (profondeur de la pollution, influence des océans, influence des couches imperméables).
- Influence de l'espèce d'arbre, surtout pour les inorganiques.

MATURITÉ DE LA TECHNIQUE



R&D aboutie, indicateurs développés, technique utilisée sur le terrain

DÉLAIS DE MISE EN ŒUVRE

La phase d'échantillonnage sur site est très rapide, l'échantillonnage est réalisé en quelques minutes (jusqu'à une cinquantaine d'arbres par jour). Des délais courts entre l'échantillonnage et l'analyse sont nécessaires (5 jours

maximum pour les COHV, 2 jours maximum pour les BTEX). Le temps d'analyse et de traitement des données est du même ordre de grandeur que pour des analyses chimiques de sols ou d'eau.

PHASE

PRÉLÈVEMENT

ANALYSE

TRAITEMENT

Délai associé



⌚: jour / ⌚⌚: semaine / ⌚⌚⌚: mois

ÉLÉMENTS DE COÛTS

De même que pour les délais, les coûts de l'échantillonnage sont très faibles ; ils correspondent au coût de l'opérateur sur site. L'analyse de copeaux de bois en laboratoire peut

varier entre 100 et 200 € par échantillon selon les composés analysés pour la préparation, l'envoi, la vérification de la qualité et le rapport analytique.

PHASE

PRÉLÈVEMENT

ANALYSE

TRAITEMENT

Coût associé



€ < 100 € / €€ < 1000 € / €€€ > 1000 €

POUR EN SAVOIR PLUS – RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] *Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués*, Avril 2017

[2] *Guide méthodologique Ademe - Pollution investigation by trees (PIT)*, Aout 2015

[3] *Présentation à la journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués du 7 novembre 2019*

[4] *Code de bonnes pratiques pour l'utilisation de techniques alternatives d'investigation du sol - Bruxelles environnement*