



RETOUR D'EXPÉRIENCE D'APPLICATION DES TECHNIQUES DE PHYTOSCREENING ET DENDROCHIMIE – PARTIE 1

Sébastien Kaskassian, Tauw France

07 novembre 2019



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

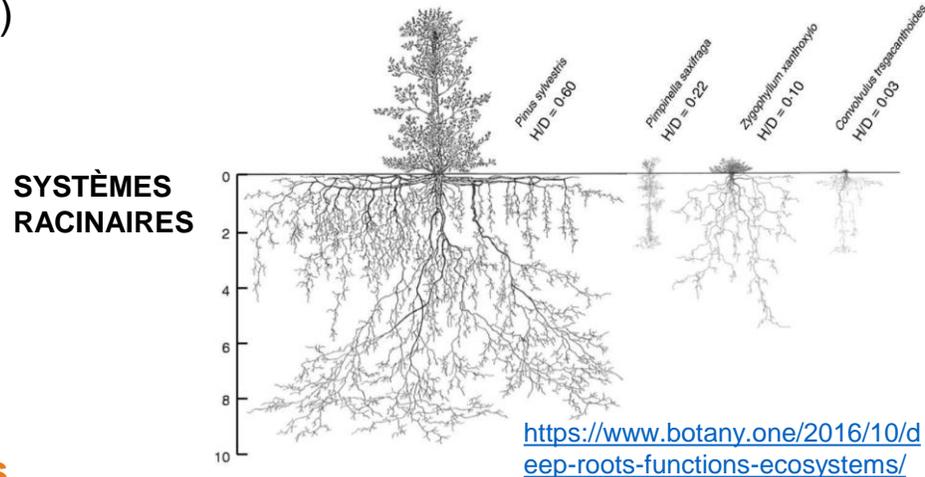


Le Phytoscreening : les principes

Restitue une image de la pollution du sous-sol

Les racines prélèvent les polluants

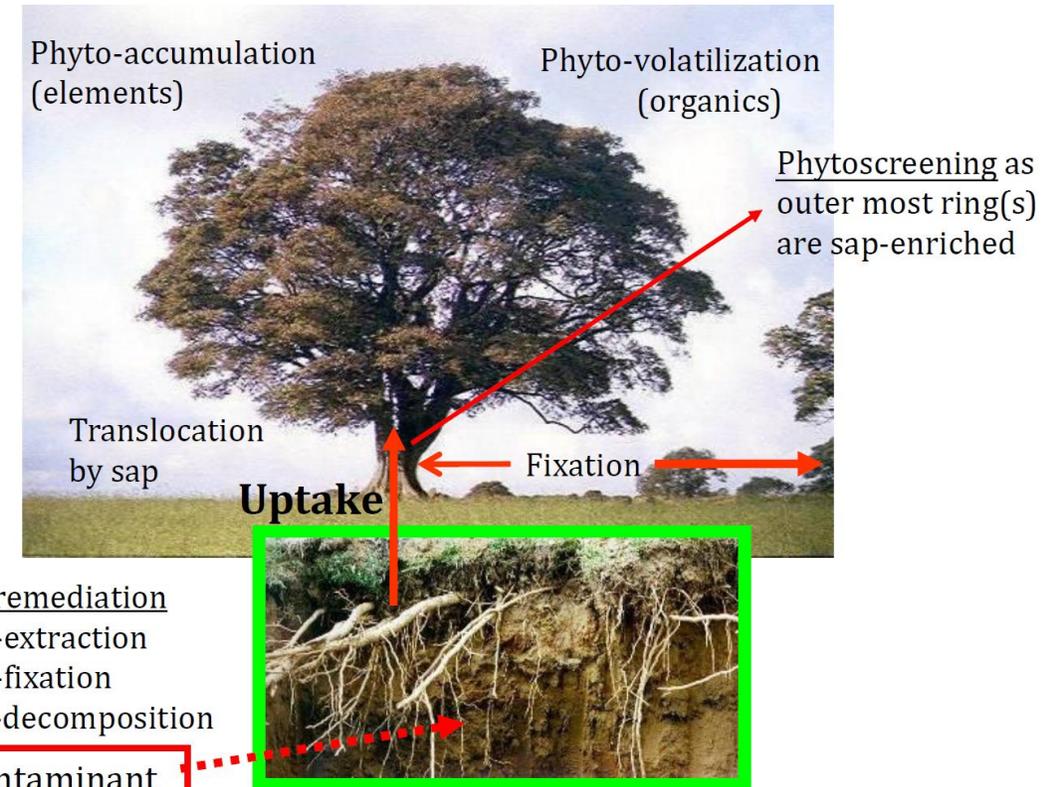
- dans les **sols** de ZNS via le système d'ancrage horizontal (rayon d'influence, matrice intégratrice)
- dans la **nappe** via le système de pompage d'eau (0,5 à 2m, voire >10m)



Les polluants

- Très bon retour d'expérience : **métaux** (sol, nappe) et **COV** (sol, nappe, gaz des sols)
- Faible retour d'expérience : HAP, HC > C12, PCB, dioxines...

TRANSLOCATION DES POLLUANTS PAR LA SÈVE



Adapté de ADEME, 2015

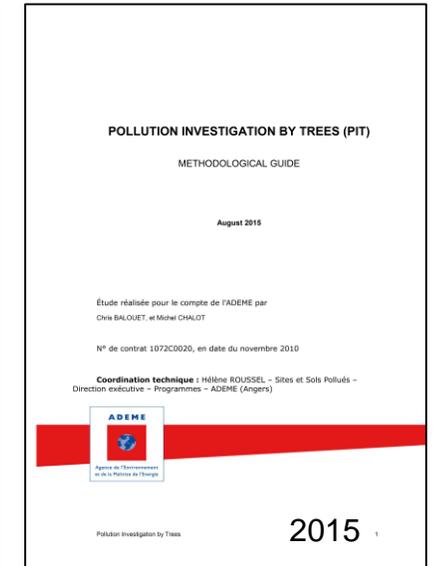
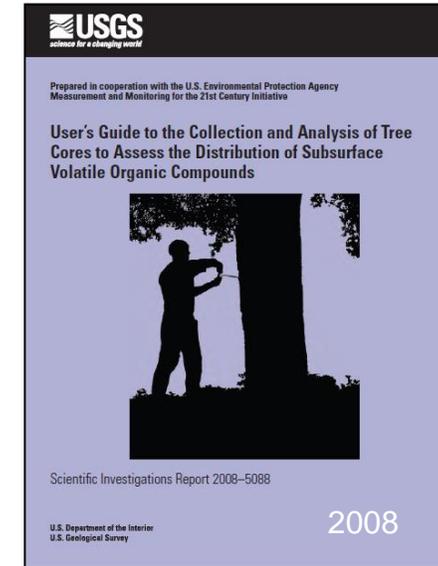
Phytoscreening : les applications

Contextes particulièrement favorables

- **Accès contraint** des machines de forage ou liés à la **sécurité** : zone urbaine, réseaux enterrés, zone ATEX, zone inondable ...
- Grands sites, multi-sources et multi-pollutions, activités historiques mal connues, besoin d'**orienter les diagnostics** traditionnels

Echantillonnage & analyses : guide PIT, ADEME (2015)

- Les protocoles dépendent des polluants recherchés : métaux, COHV, BTEX, HAP et alcanes, PCB-dioxines
- Matériel léger, manuel, **sans besoin de forage de sols**
- **Interventions « furtives » et rapides** (20 à 40 arbres / jour)
- Points d'attention
 - Saisonnalité, météorologie
 - Quels arbres ? Quel maillage ?
 - Échantillonnage ?
 - Pédologie / aquifère
- Assurance qualité



ECHANTILLONNAGE DES ARBRES POUR LES COV



Tauw France, 2016

Cas d'étude : grand site multi-sources (1)

Stratégie pour délimiter les sources/panaches en nappe, hiérarchiser les impacts

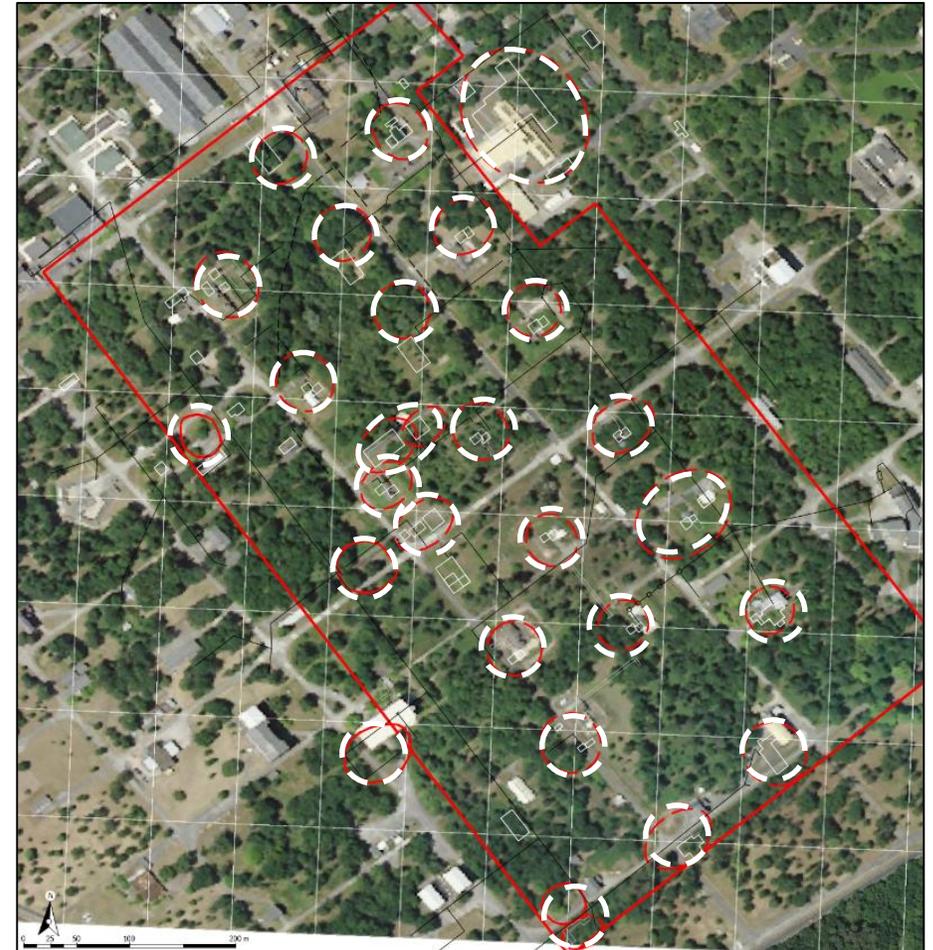
Site

- **TCE** (dégraissant) utilisé/stocké (1940-1990) dans +25 zones sur +30 hectares
- Fortes contraintes de sécurité (ATEX, réseaux, site Seveso)
- Nappe superficielle (2-4m prof.), concentrations en **solvants chlorés** ~ 10 à 140 000 µg/L
- Forte densité d'arbres

Objectifs / stratégie

- Délimiter les panaches de manière efficace
- Hiérarchiser les impacts
- Stratégie proposée
 - **Démonstration** dans une zone où le panache est connu
 - **Optimisation et application** du phytoscreening à l'échelle de la zone d'étude

SITE D'ÉTUDE – SOURCES POTENTIELLES



Limites **rouges**: périmètre d'étude
Ronds **blancs**: zones d'utilisation / stockage TCE

Cas d'étude : grand site multi-sources (2)

Pilote de démonstration de la pertinence du phytoscreening

Echantillonnage Phytoscreening (avril 2016)

- 2 jours, 39 arbres (chênes)
- Forte réponse à l'angle NE du bâtiment

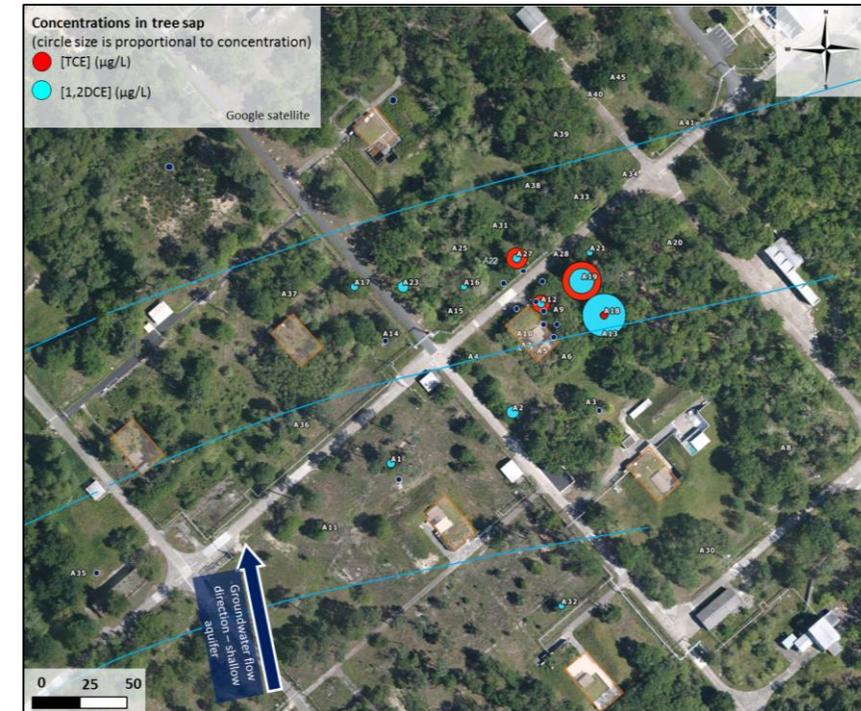
Comparaison des résultats en nappe

- Campagne Janvier 2016 (14 piézos.)
- Campagne Juillet 2016 après ajout de 3 piézos (17 piézos.)
 - **Panaches Nappe vs. Arbres très similaires**

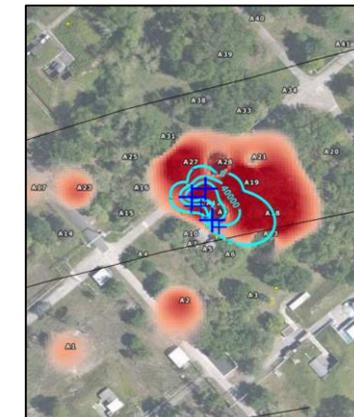
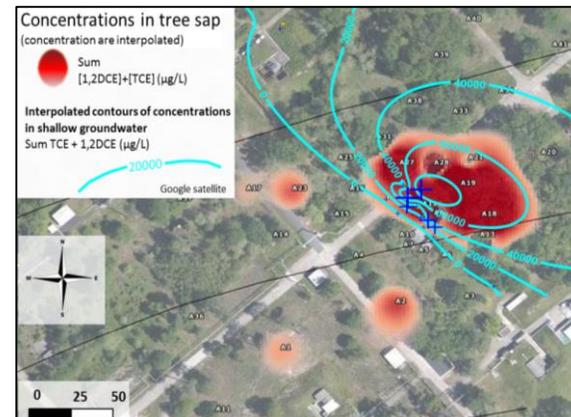
Définition du maillage optimal

- Maillage phytoscreening à l'échelle du site ~ **20m**
- Délimiter les panaches ET discriminer les origines

RÉSULTATS PHYTOSCREENING – DÉMO.



COMPARAISON DES PANACHES : ARBRES vs. NAPPE



Panache nappe = données Janv.-16 (14 Pz)

données Juill.-16 (17Pz)

Cas d'étude : grand site multi-sources (3)

SITE D'ÉTUDE – SOURCES POTENTIELLES

Optimiser le diagnostic phytoscreening sur la zone d'étude

Programme initial

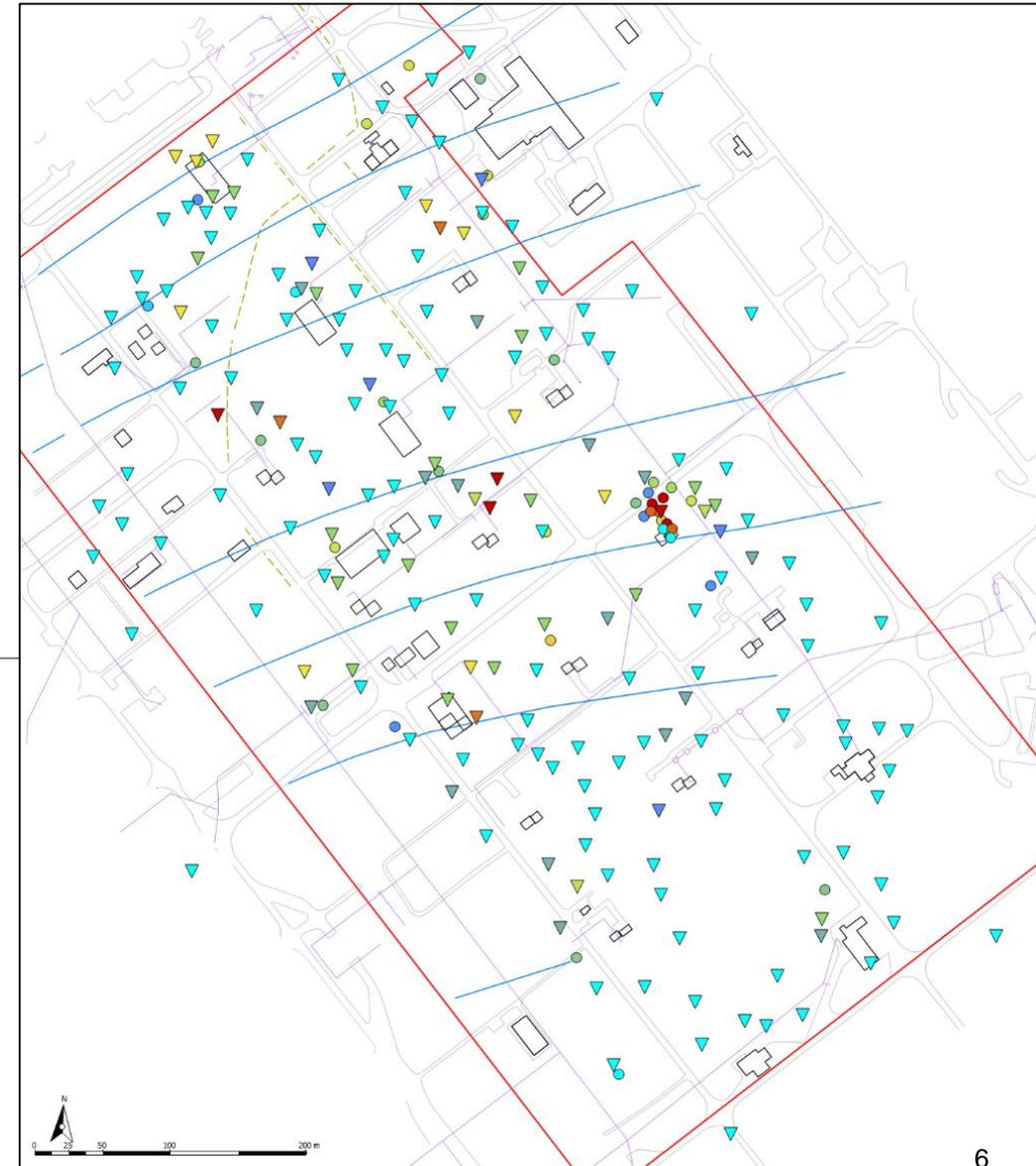
- Maille 20x20m (dém.), 21 sources à investiguer (EHD)
- Soit **440 arbres** (pas régulier) + **38 piézomètres** (tous)

Maillage optimisé

- Revue documentaire et visite sur site
- **24 zones accessibles** (réalité)
- Programme final : **185 arbres** (chênes, peupliers) et **25 piézomètres**

Résultats

- 3 semaines d'intervention en septembre
- Arbres : blancs et témoins OK
- Arbres : TCE et Cis-DCE détectés
- Nappe : TCE, Cis-DCE et CV

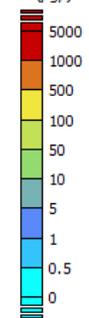


Conc. dans la sève : Sept.-16

Conc. en nappe : moy.2012-16

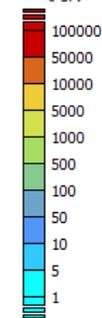
Sève

sept16-
TCE+DCE
(µg/l)



Nappe

Cw-moy-
TCE+DCE
(µg/l)



Description

- ▼ Arbre
- Piézomètre
- Isopièze
- - - Fossé
- Réseaux enterrés

Cas d'étude : grand site multi-sources (4)

Variations inter-espèces et variations temporelles

Chênes vs. Peupliers

Pas de différence significative entre essence

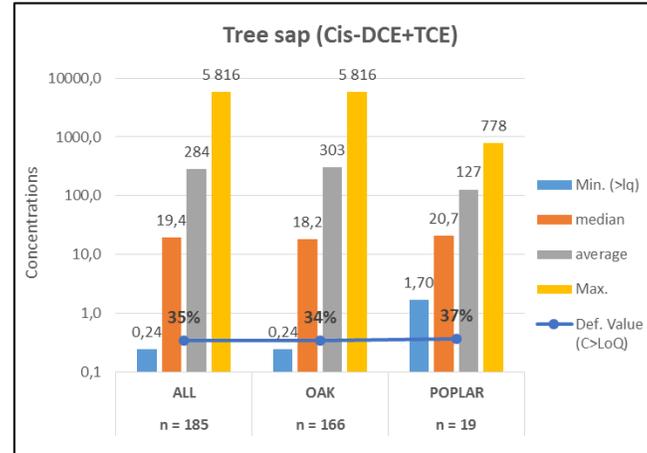
Réplicas

- Ecarts plus significatifs pour les Peupliers
- Peupliers échantillonnés sont jeunes

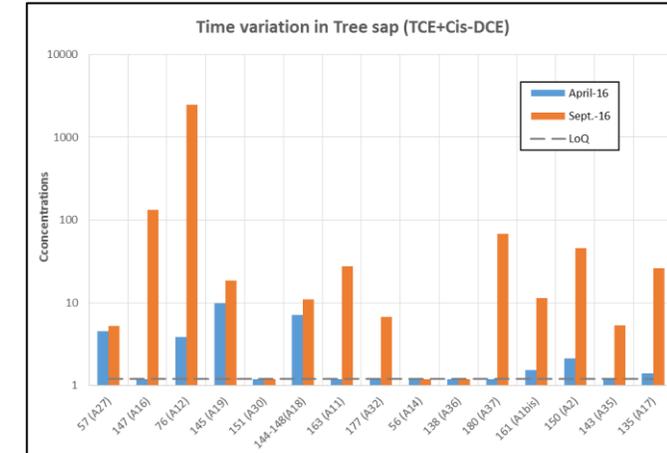
Variations temporelles

- Arbres : conc. plus élevées en Sept. (facteur 2 à >10)
- Sols secs = meilleur transfert gazeux
- Nappe : variations temporelles (facteur > 5) sur la période 2012 - 2016
- Peut expliquer la variation dans les arbres

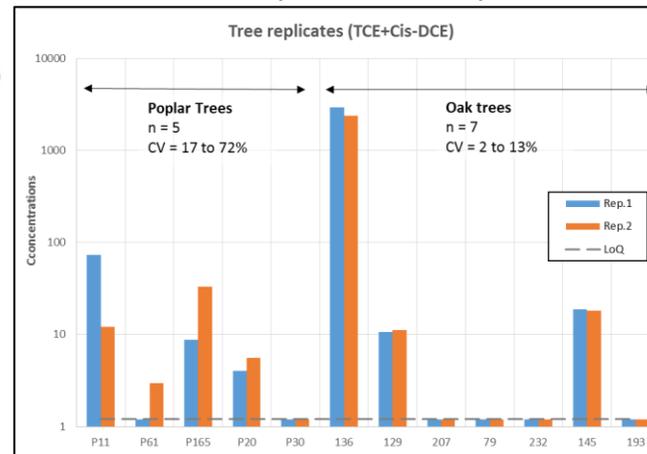
COMPARAISON STATISTIQUE DES TENEURS DANS LES CHÊNES ET LES PEUPLIERS



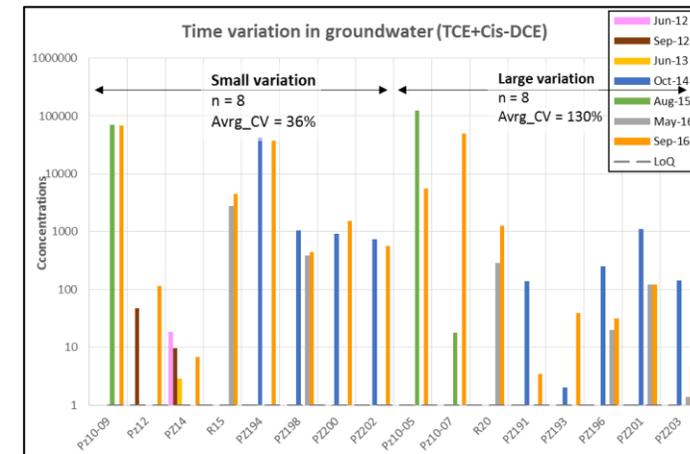
VARIATION TEMPORELLE DES TENEURS DANS LES ARBRES (AVRIL VS. SEPTEMBRE 2016)



VARIABILITÉ DES TENEURS DANS LES CHÊNES ET LES PEUPLIERS (SUR RÉPLICAS)



VARIATION TEMPORELLE DES TENEURS DANS LA NAPPE (2012 - 2016)



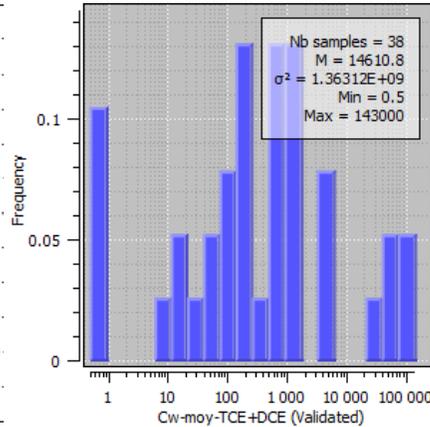
Cas d'étude : grand site multi-sources (5)

Arbres vs. Nappe : données complémentaires et corrélées

Concentrations en nappe

- Répartition spatiale : près des sources potentielles

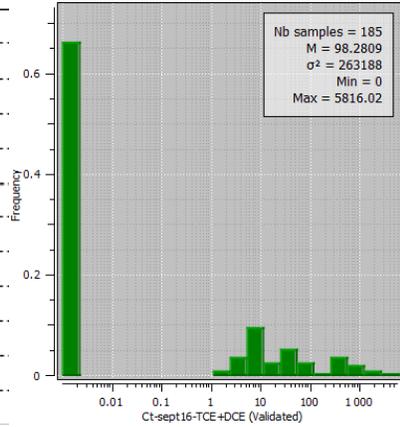
Nombre de valeurs définies	38
Valeur minimum (Lq)	0,5
Valeur maximale	143 000
moyenne	14 610,8
Ecart type	36 920,4
Quantile 0,05	0,5
Quantile 0,10	0,5
Quantile 0,25	49,53
Quantile 0,50	525,7
Quantile 0,75	1 613
Quantile 0,90	44 000
Quantile 0,95	139 100



Concentrations dans les arbres

- Répartition spatiale : maillage régulier sur le site

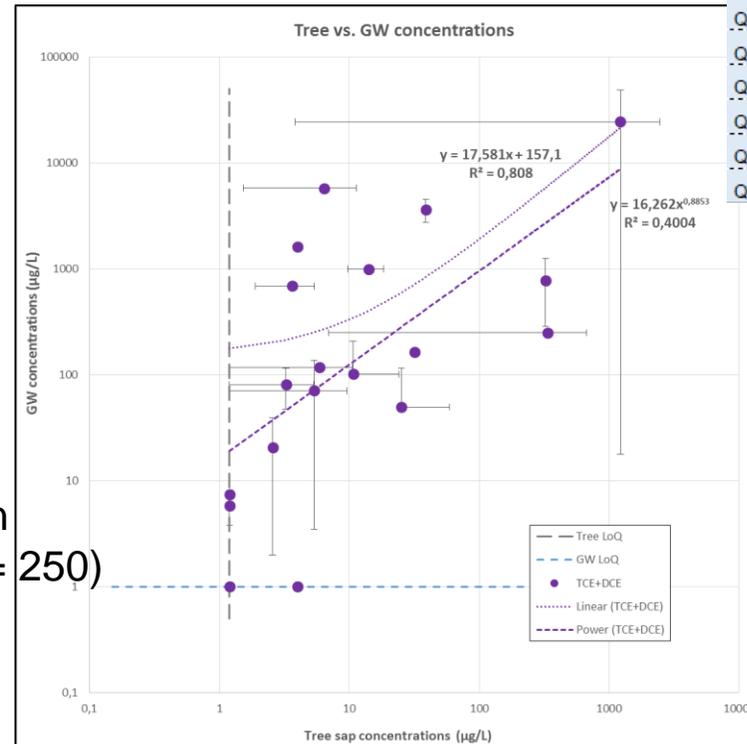
Nombre de valeurs définies	185
Valeur minimum (Lq)	0,0
Valeur maximale	5 816,0
moyenne	98,3
Ecart type	513
Quantile 0,05	0
Quantile 0,10	0
Quantile 0,25	0
Quantile 0,50	0
Quantile 0,75	7,36
Quantile 0,90	84,2
Quantile 0,95	460,5



Corrélations Arbres vs. Nappe

- 19 couples
- 2 régressions retenues

→ générer des cartes de pollution de la nappe en utilisant toutes les données (Arbres + Nappe = 250)



RÉGRESSIONS ARBRES vs. NAPPE

Teneurs moyennes & écarts-types :
 - Arbres : répliques & variation temporelle
 - Nappe : variation temporelle

Cas d'étude : grand site multi-sources (6)

Cartographies des panaches et hiérarchisation des impacts

Cartographies

- Teneurs équivalentes dans la nappe
 - C_nappe mesurées
 - C_nappe estimées avec régressions $f^{\circ}(C_{\text{arbre}})$

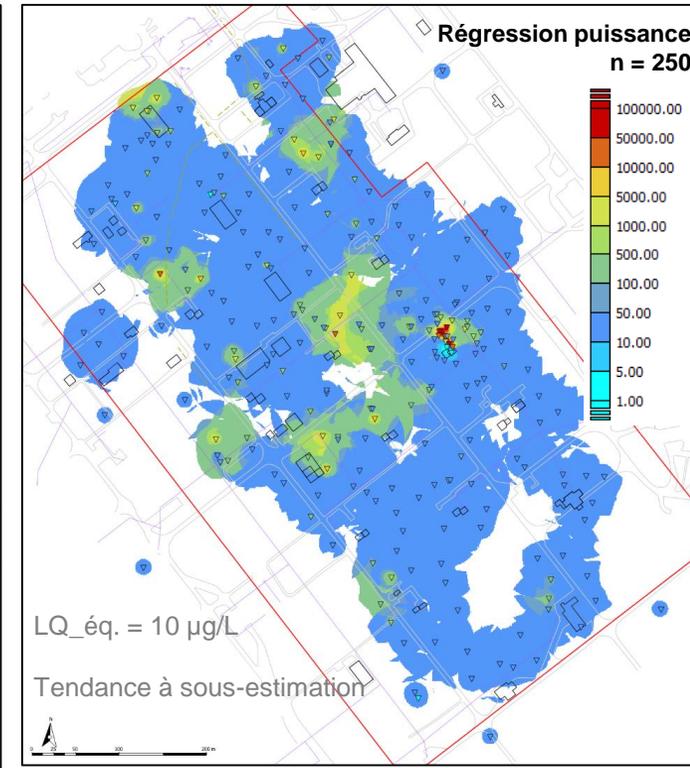
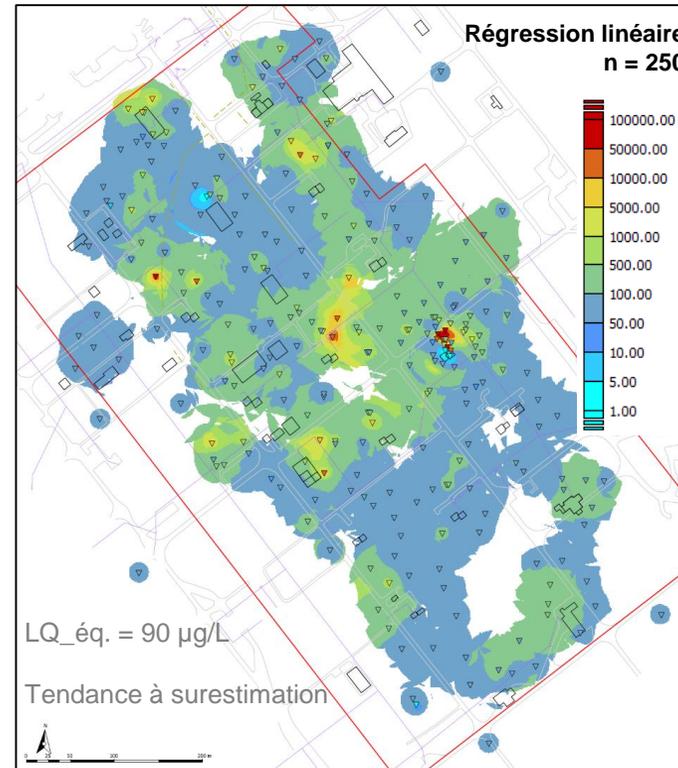
Hiérarchisation des impacts

- Carte combinée « Arbres & Nappe »
- Hiérarchisation des zones
- Priorisation de la stratégie à venir

HIÉRARCHISATION DES IMPACTS ET DE L'INCERTITUDE

Impact Level	Uncertainty level	Source zones
STRONG IMPACT	Sure	6 zones
	Uncertain	2 zones
MEDIUM IMPACT	Sure	4 zones
	Uncertain	7 zones
NO IMPACT	Sure	3 zones
	Uncertain	4 zones

DÉLIMITATION DES PANACHES DE SOLVANTS CHLORÉS



Conclusions et retours d'expérience

Objectifs pour une étude phytoscreening

- Explorer les zones méconnues : lacune de l'EHD, faible densité d'ouvrages
- Compléter le maillage d'ouvrages : créer de la continuité
- Orienter les diagnostics successifs

Retours d'expériences opérationnels

- Diagnostic phytoscreening **moins cher** (-80%) **et plus rapide** (<1 mois vs. 12 mois) qu'avec les méthodes conventionnelles
- Peu de contraintes d'accès ou de sécurité
- Adapté à la délimitation des panaches de COV en nappe (LQ ~ 5 à 50 µg/L)
- Information collectée similaire aux méthodes de screening Gaz des Sols ... mais **plus rapide, plus intégratrice et sans les contraintes de foration**
- **Responsabilité du bureau d'étude** = dimensionnement du diagnostic (maillage, espèces d'arbre, échantillonnage, analyse, comparaison, interprétation)