

Cartographie des panaches en solvants chlorés par krigeage

Délimitation de panaches issus de plusieurs sources sur un grand site utilisant les données directes et indirectes (phytoscreening)

JT Géostatistiques ADEME & RECORD, 23 Janvier 2019

Sébastien Kaskassian (Tauw France)

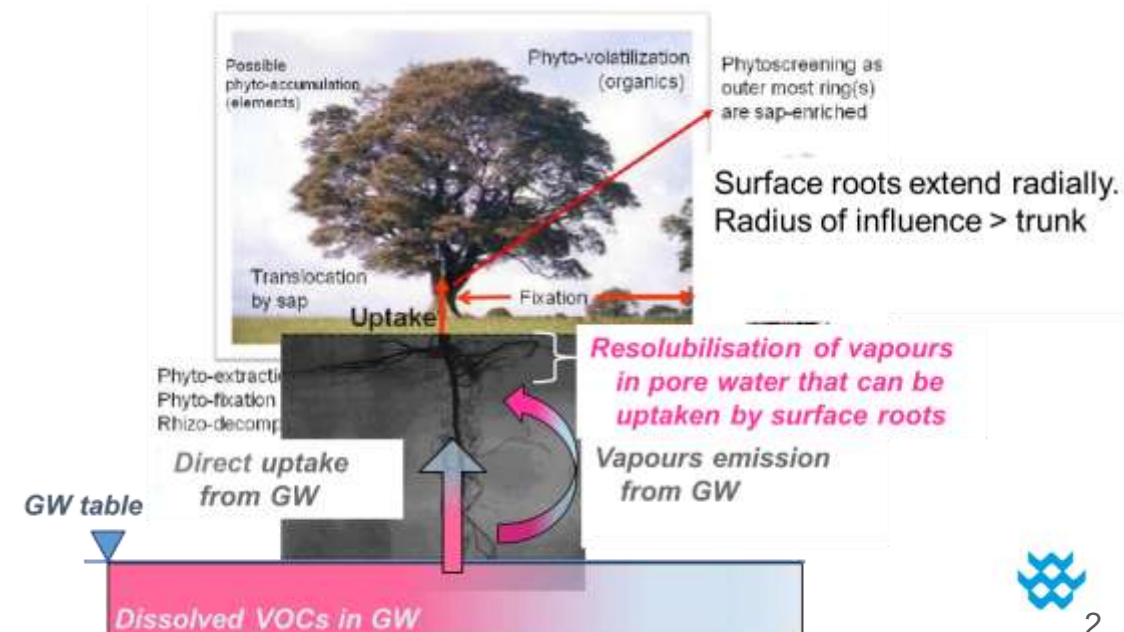
Le Phytoscreening : une méthode de diagnostic alternative

Transfert des COVs vers les arbres

- Transfert de vapeurs depuis les sols et la nappe
- Flux continu de sève dans les troncs
- REX sur les COVs et certaines essences d'arbres

Quelques spécificités

- Méthode adaptée à différents contextes : zones urbaines, méga-sites, contraintes de foration (pyrotechnique / réseau / berges) ...
- Stratégie de prélèvement : maillage spatial, matrice de comparaison, période d'échantillonnage, ...



Le site et les objectifs de l'étude

Site

- TCE utilisé (1940s-1990s) comme dégraissant (réacteurs) dans + 25 zones (bâtiments & cuves) sur une zone de + 30 hec.
- Nappe superficielle (2-4 m prof.) dans un aquifère sableux, concentrations max. en Cl-COVs 140 000 µg/L (2012-2015)
- Densité d'arbres (chênes, pins, peupliers, acacia, et platanes)

Objectifs / stratégie

- Utiliser une méthode efficace (technico-financier) pour **délimiter et discriminer les panaches** issus des différentes zones sources potentielles
- Hiérarchiser les impacts
- Stratégie proposée
 - *Phase de validation de la méthode dans une zone où le panache est connu (2 hec.)*
 - Optimisation et application du phytoscreening pour générer des cartes



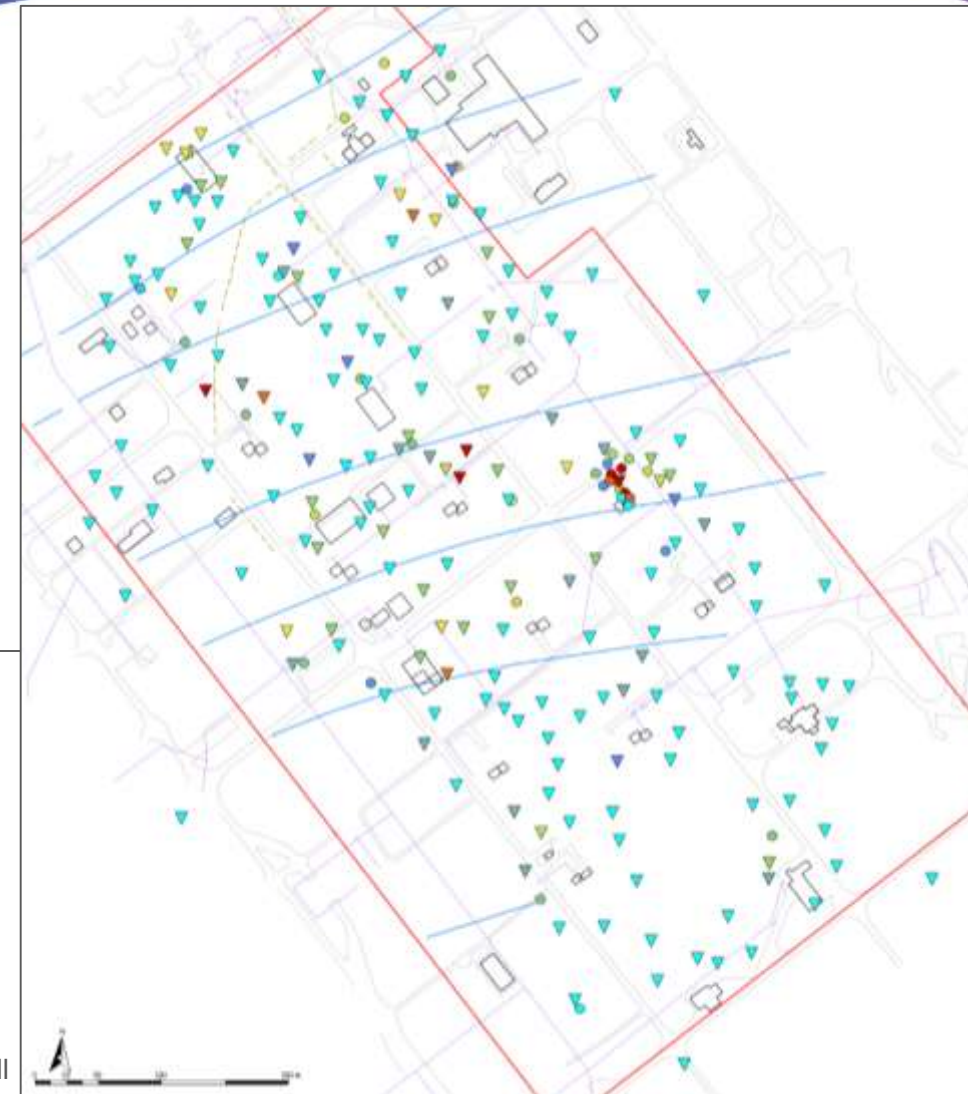
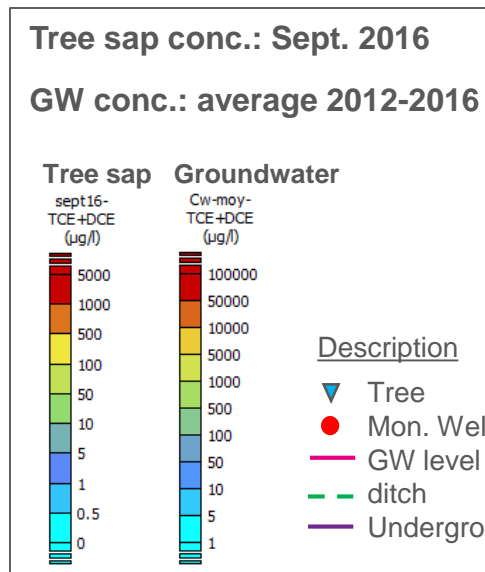
Données utilisées pour la cartographie du site

Maillage initial : phytoscreening

- Données & objectifs définis par le site et suite à la phase de Validation (maille 20x20m)
 - **21 zones sources potentielles**
- => **440 arbres (grille régulière) et 38 piézomètres**

Programme optimisé

- Basé sur une étude documentaire, la visite du site (sélection d'arbres, GPS) et l'utilisation des cartes
- 28 zones sources potentielles, 4 zones inaccessible = **étude sur 24 sources**
- Campagne de terrain = **185 arbres** (chêne et peuplier) **et 25 piézomètres**



Données phytoscreening : QA-QC

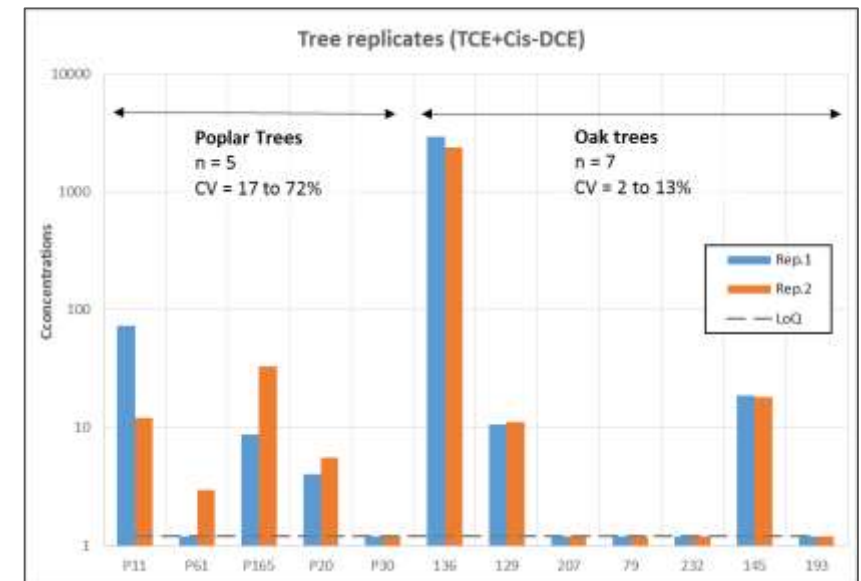
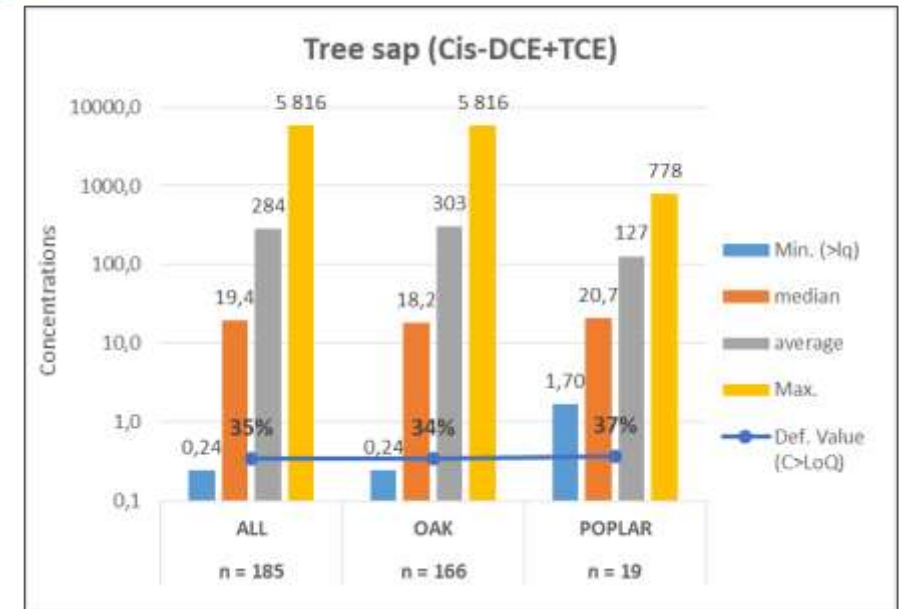
Concentrations dans les arbres

- Blancs air ambiant = OK
- Concentrations “bruit de fond” = OK
- Pas de différence significative (min. / méd. / moy. / max., <LQ) entre essence d’arbres (Chêne & Peupliers)

“cf. Yung et al., 2017”

- Réplicas = écarts plus significatifs pour les Peupliers
- Les peupliers échantillonnés sont jeunes (au droit d’anciennes zones déconstruites) : origine des écarts

“distribution de sève dans les troncs : Limmer et al., 2013”



Données phytoscreening et nappe : variations temporelles

Concentrations dans les arbres

- Comparaison Avril (phase de validation) / Septembre

Concentrations plus élevées en Septembre (facteur 2 à >10)

Sol plus sec en Septembre

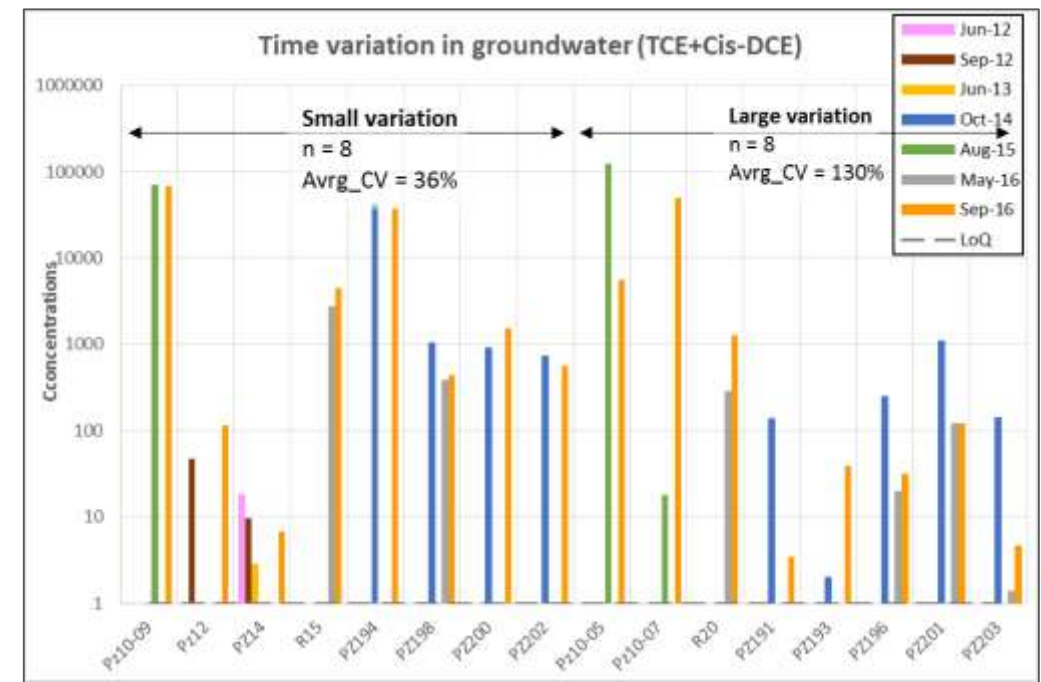
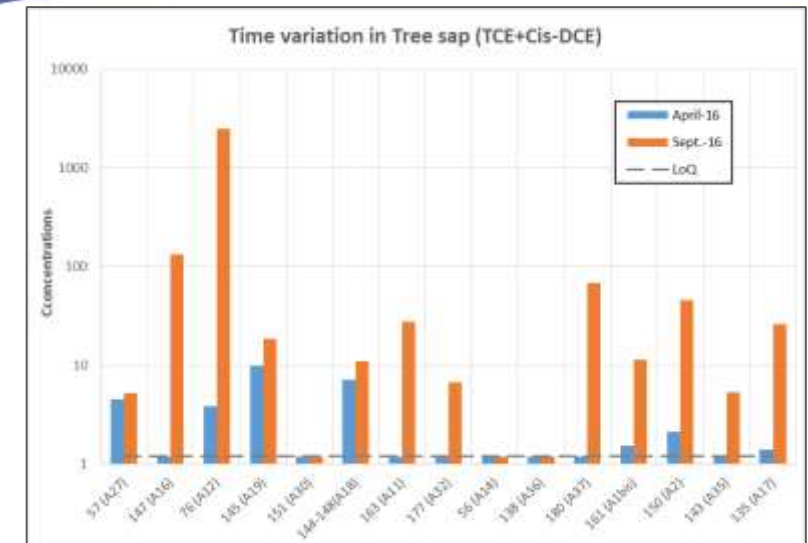
→ Meilleur transfert de COV vers les racines

Concentrations dans la nappe

- Période de suivi retenue : 2012-2016
- Importantes variations temporelles pour 50% de Pz (facteur > 5)

→ Recharge météorique (nappe peu profonde)

→ Taille des Pz. (prof. / diamètre)



Arbre vs. Nappe : données complémentaires et corrélées

Concentrations en nappe

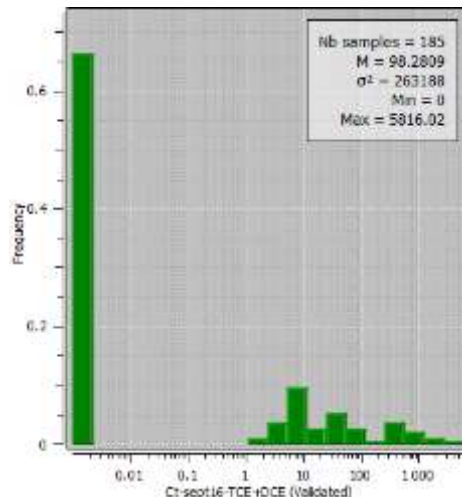
- Moy. & Ecart-type : 1 à 5 campagnes selon les Pz.
- Prise en compte des variations temporelles

Tree sap concentrations

- Moy. & Ecart-type : 1 à 2 campagnes & réplicas selon arbres
- Prise en compte des variations temporelles et de la répétabilité

Concentrations dans les arbres

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

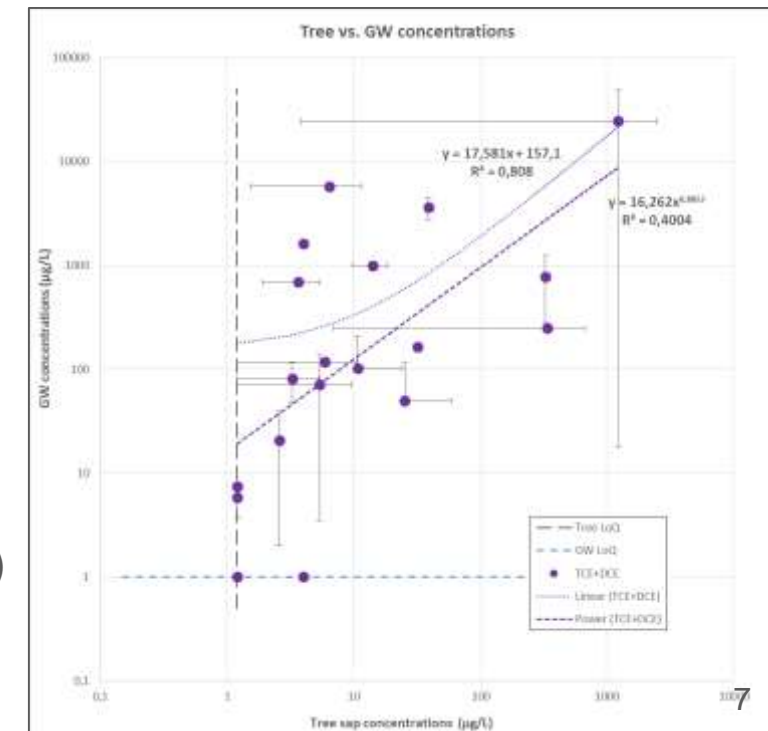
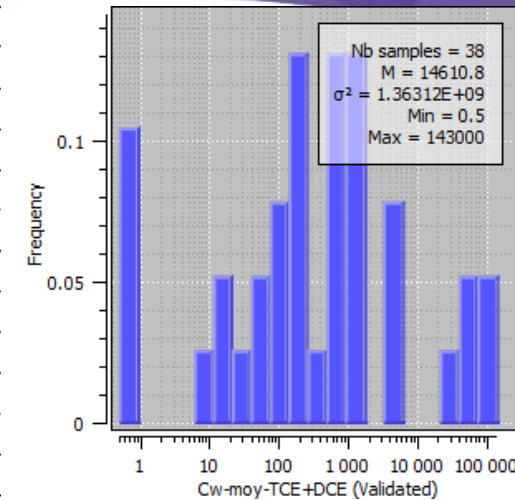


→ Nappe (proche source) & Arbres (maillage homogène) sont **complémentaires spatialement**

→ Recherche de corrélations (19 couples, moy. & écart-type) selon 2 régressions (linéaire / puissance)

Concentrations en nappe

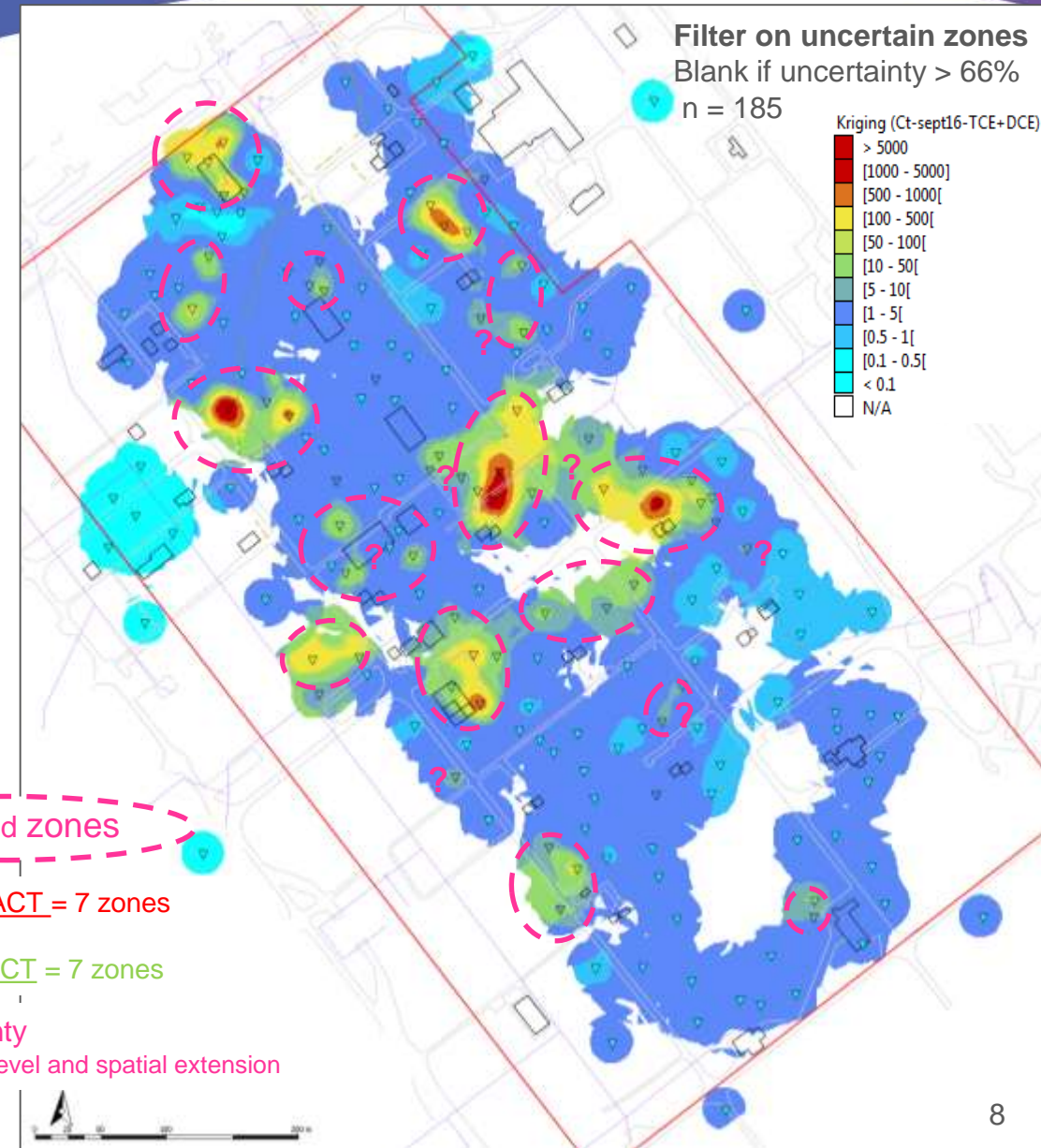
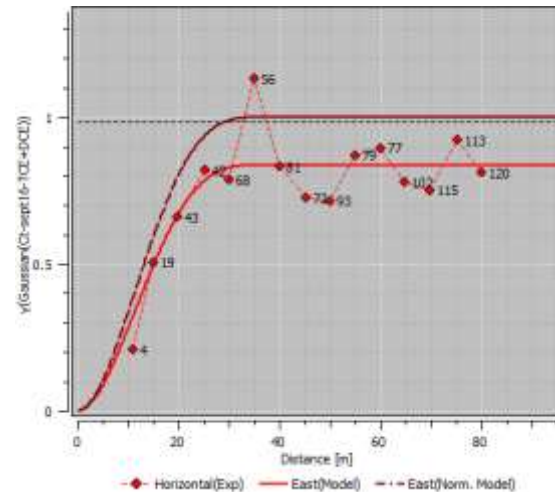
Nombre de valeurs définies	38
Valeur minimum (Lq)	0,5
Valeur maximale	143 000
moyenne	14 610,8
Ecart type	36 920,4
Quantile 0,05	0,5
Quantile 0,10	0,5
Quantile 0,25	49,53
Quantile 0,50	525,7
Quantile 0,75	1 613
Quantile 0,90	44 000
Quantile 0,95	139 100



Discrimination des panaches : cartographie (1)

Krigeage des concentrations dans les arbres

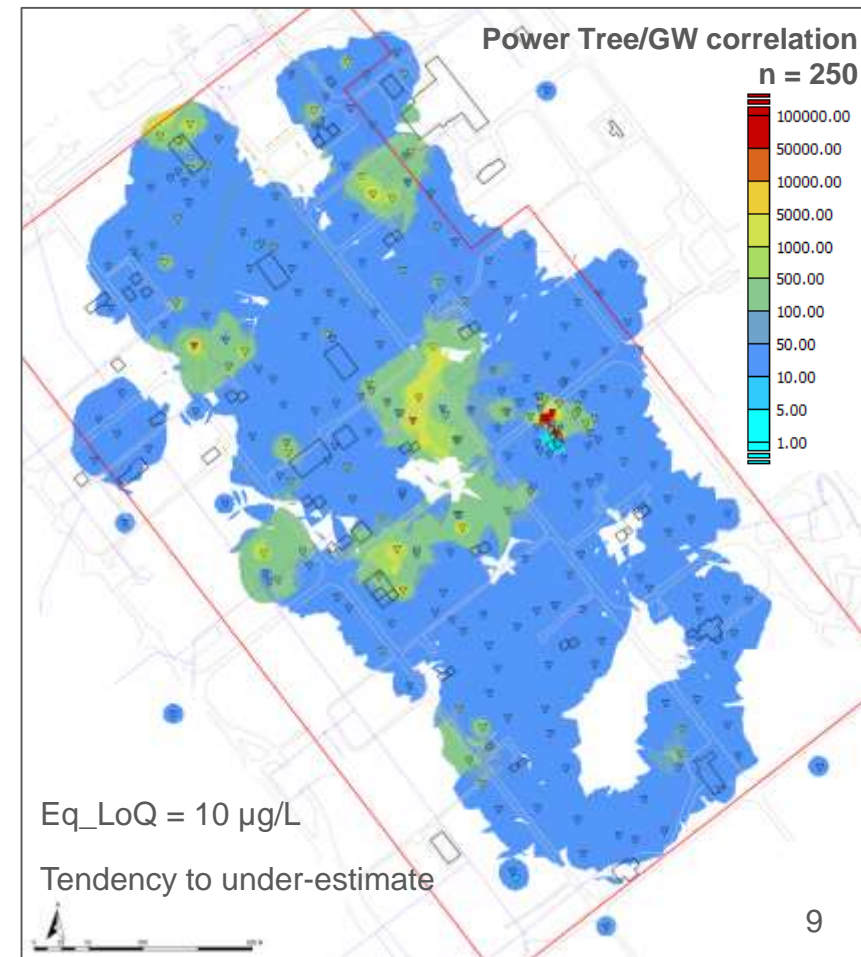
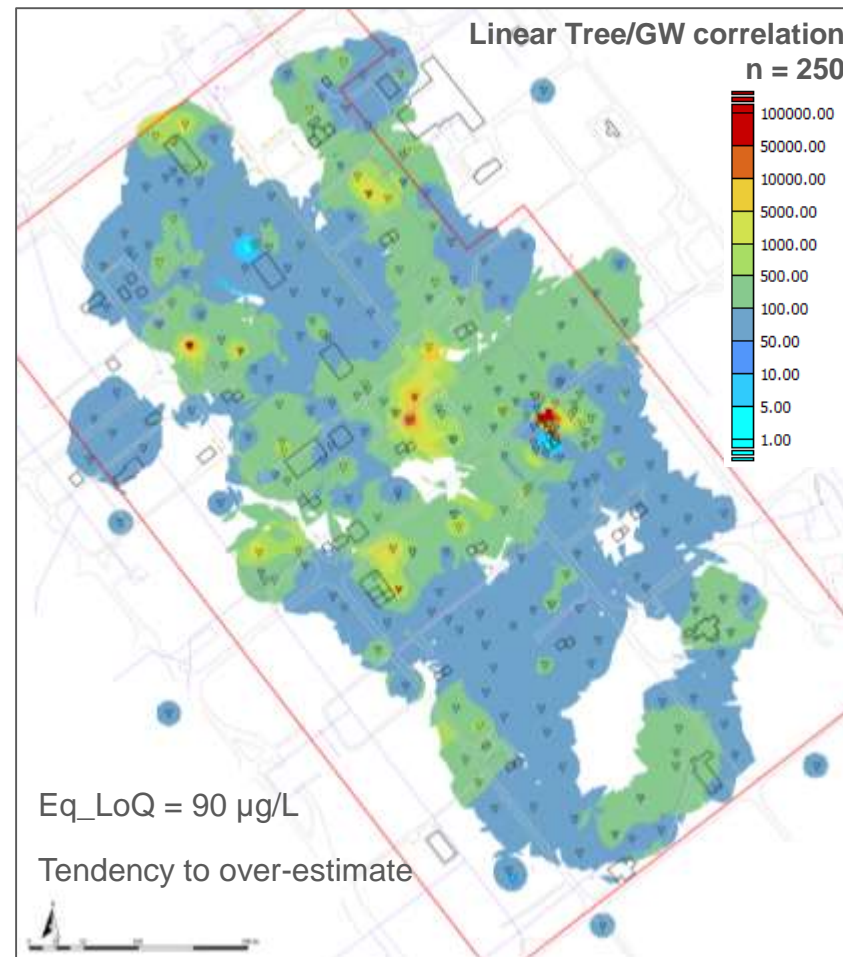
- Transformation Gaussienne
 - Variogram isotrope (2D)
 - Grille : 1x1m
 - Voisinage : 45m (éviter le « mélange » d'un panache à l'autre)
- Estimation de l'erreur (issue du krigeage) & Évaluation de la cohérence avec les concentrations dans la nappe (point à point)



Discrimination des panaches : cartographie (2)

Krigeage des concentrations dans la nappe : mesure directe + estimation depuis les arbres (corrélations) pour limiter les incertitudes et réduire les zones non modélisées

- Equivalent_Nappe = conc. mesurées en nappe + estimation depuis les régressions Nappe vs. Arbres
- Lorsque les données sont redondantes dans l'espace ($\Delta x < 4m$)
 - Données Nappe préférée à la donnée Arbre
 - Données Arbres de Sept. préférée à la celle d'Avril



Conclusions

Délimitation des panaches sur un grand site multi-sources

- Le **Phytoscreening** est une méthode efficace en optimisant le maillage de prélèvement
 - coût de l'étude # 20% du coût pour une cartographie basée sur des piézomètres complémentaires
 - Présence sur site : 3 semaines vs. 1 an
- Absence de forage sol : réduction des problèmes liés à la sécurité (réseaux / Atex)

Hiérarchisation possible des sources / panaches

- Estimation de cartes de concentrations utilisant les corrélations Arbre / Nappe
- Permet de « hiérarchiser » les zones d'impact et d'incertitude et les diagnostics complémentaires à proposer

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



Remerciements :

Loïc Yung et Michel Chalot, Université de Bourgogne Franche-Comté

UMR 6249 Laboratoire Chrono-environnement

Valérie Guerreiro, Jérôme Lagron et Gilles Laval, INOVYN France



Sébastien Kaskassian



+33 (0)6 32 15 14 36



s.kaskassian@tauw.com



www.tauw.com

