



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE

# Journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués

Lundi 19 novembre 2018

Organisée par l'INERIS et le BRGM, en concertation  
avec le Ministère de la Transition  
Ecologique et Solidaire

## *Détermination de valeurs de fonds dans les sols*

*Hélène ROUSSEL*  
*ADEME*



# Deux échelles de travail



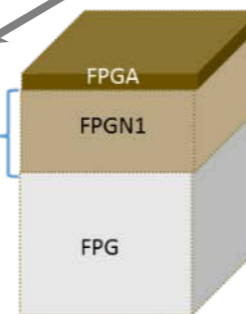
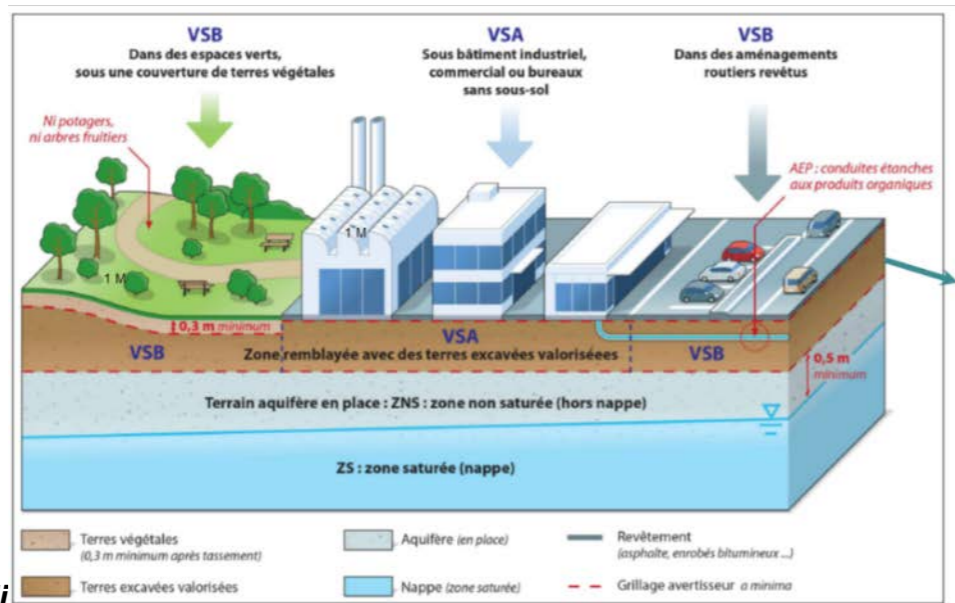
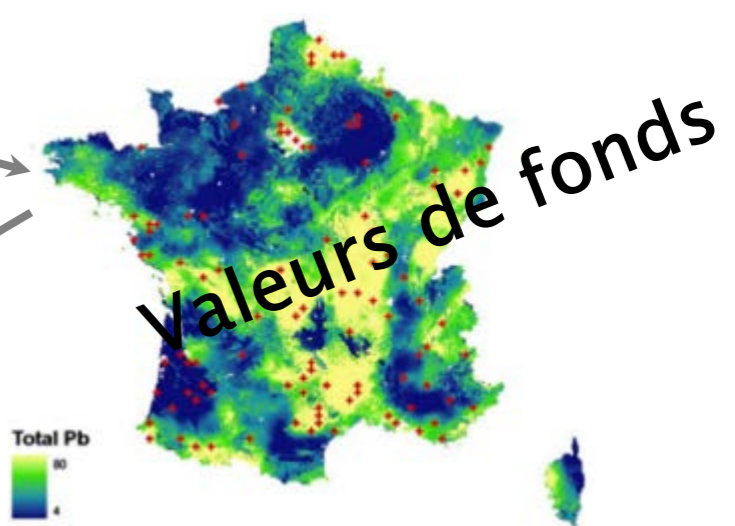
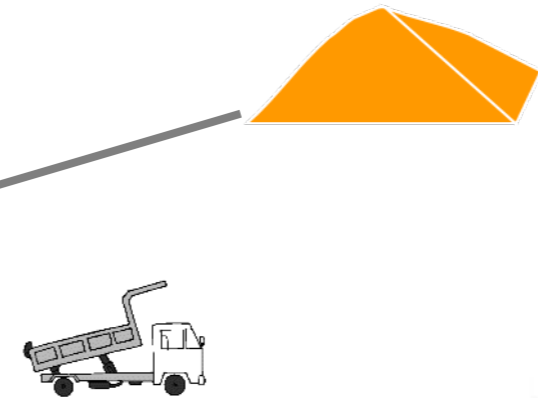
**Entités Géographiques Cohérentes**



**Environnement local témoin**

# Des valeurs de fonds pour valoriser les terres excavées

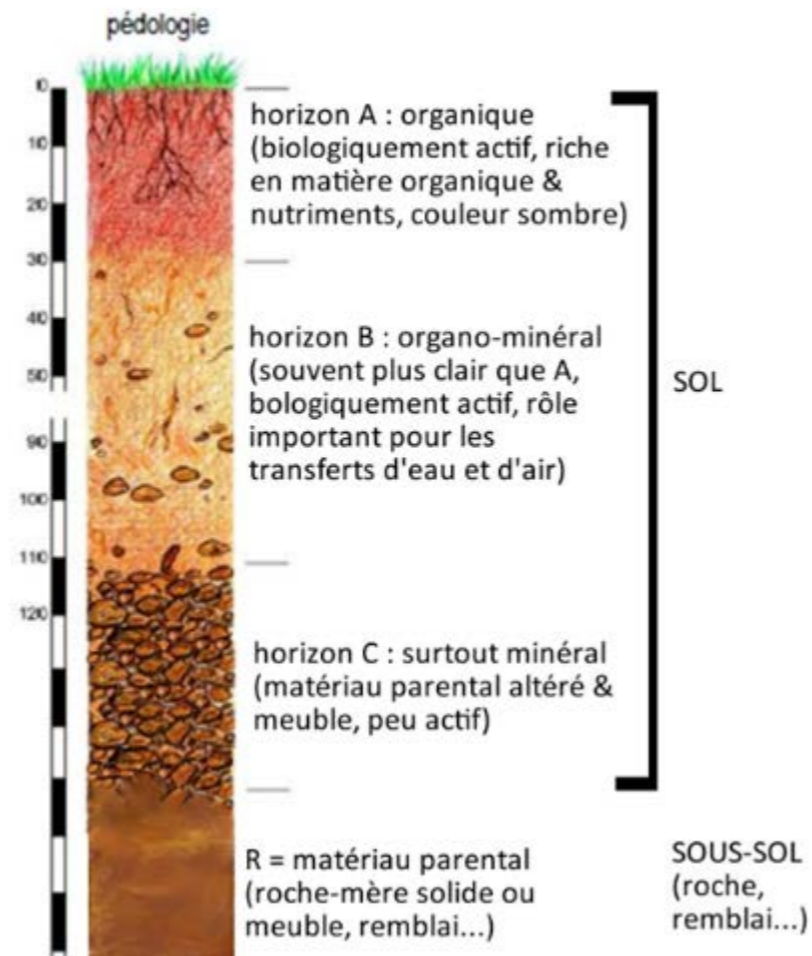
	NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3
	APPROCHE NATIONALE	APPROCHE LOCALE URBAINE	APPROCHE SPÉCIFIQUE AU SITE
USAGE PROJET D'AMÉNAGEMENT	Valeurs-seuils nationales :	Étude régionale ou urbaine :	Étude au cas par cas :
	CONDITION A: Maintien de la qualité des sols du site receveur		
	Libératoires	Comparaison au fond pédo-géochimique	Caractérisation du site receveur
	CONDITION B: Préservation de la ressource en eau		
	Libératoires	Respect de valeurs libératoires. Si dépassement, valorisation sous certaines conditions uniquement	Valorisation sous certaines conditions
	CONDITION C: Compatibilité sanitaire des terres d'apport avec l'usage futur du site		
	Libératoires	Respect de valeurs libératoires. Si dépassement, comparaison à des valeurs-seuils VS ou EQRS spécifique	Comparaison à des valeurs-seuils VS ou EQRS spécifique



Valeurs de fonds

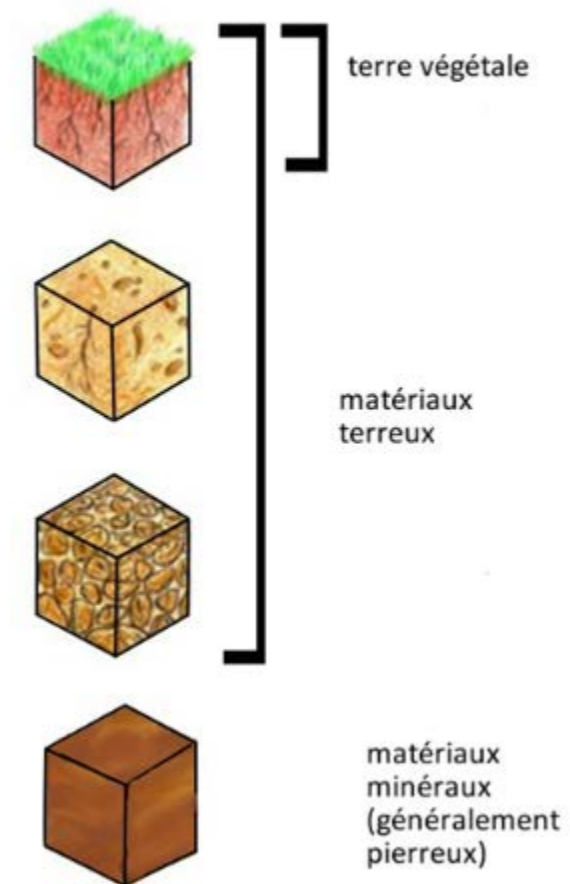
# Effet de l'usage du sol : Sols naturels agricoles de type prairie

## Science du sol



## Génie civil

### matériaux de terrassement



## Remblais naturels



## Remblais anthropiques



Crédit photo : Ch. Walter





MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE

# Journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués

Lundi 19 novembre 2018

Organisée par l'INERIS et le BRGM, en concertation  
avec le Ministère de la Transition  
Ecologique et Solidaire

***Fond Géochimique Urbain***  
***Stéphane Belbeze***  
*BRGM*





## Toulouse ville pilote :

- Plusieurs dizaines d'échantillons de sol de surface (~50) collectés via la démarche ETS : (Les données obtenues dans les espaces verts sont jugées représentatives du fond pédo-géochimique anthropisé (FPGA) de la ville considérée et exemptes de toute contamination ponctuelle);
- Seuls les prélèvements hors zone polluée sont à utiliser
  - 12 diagnostics (jardins partagés)..
  - 10 diagnostics de site (Antea Group) avec sondages profonds.
- Sur la ville, **les remblais urbains présentent des anomalies en métaux lourds et sont d'une gestion compliquée (EQRS nombreuses)** ;
- **Le fond pédo-géochimique anthropisé (FPGA) est différent de la cartographie de pollution** (autre sujet)
- La réalisation d'ouvrage en milieux urbains sera très complexe (nombreux réseaux et manque de place !)
- Une future zone d'aménagement au sud est citée en exemple de problématique : la zone de Malpère

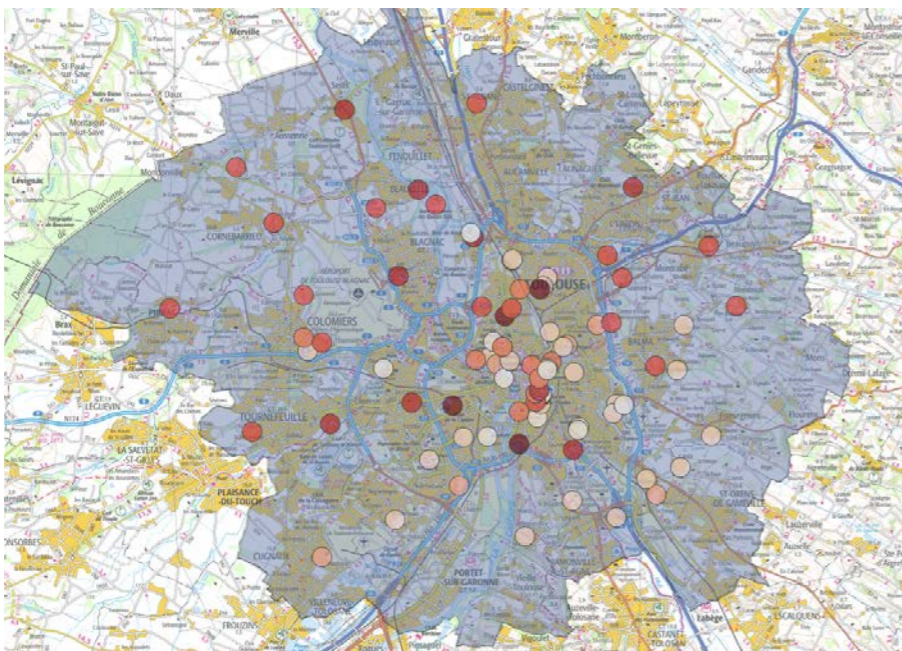
**Le FPGA doit concerner l'ensemble de la métropole (25 km x 25 km) et pas seulement le centre ville.**

**Une échelle de décision kilométrique**

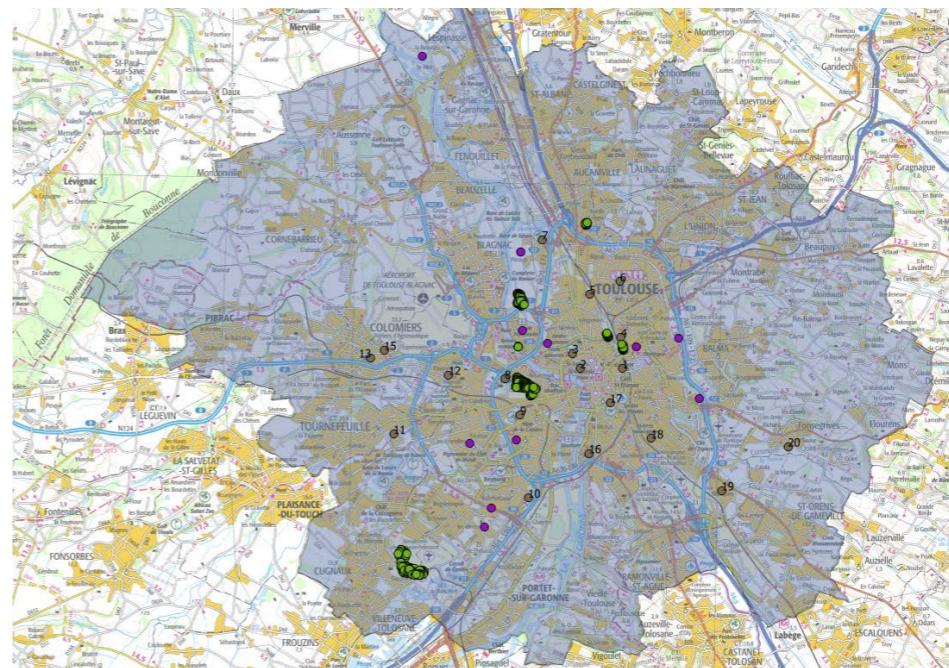
# REALISATION DE FORAGES

## Le BRGM :

- Diverses méthodes statistiques seront testées
- Le plan d'échantillonnage a du être agrandi et densifié
  - Réalisation de 40 échantillons de surface complémentaires aux 50 déjà réalisés (ETS) – juin 2018 (~100) ;
  - Réalisation de 20 sondages de 5 m de profondeurs supplémentaires prélevés « **tous les mètres** ». – octobre 2018 (~50) .



Echantillons de surface



Echantillons profonds 0-5 m

# ECHANTILLONNAGE

## PRINCIPE

- Il convient de systématiser le protocole de prélèvement des sols pour obtenir les jeux de données les plus homogènes possibles et d'indiquer des pratiques facilitant le traitement statistique et géostatistique des données.
- Note sur l'échantillonnage (Marie-Camille Waldvogel 2018 - BRGM/Université de Lorraine)

## POUR MEMOIRE

- **Il n'y a pas de géostatistique (ni en fait de statistiques représentatives) sans coordonnées.** Il vaut mieux fournir les coordonnées GPS précises à la saisie, et indiquer dans les conditions de confidentialité que la position ne sera pas diffusée, plutôt que ne pas les bancariser ;
- **Il est préférable que l'échantillonnage soit régulier et pas seulement centré sur les zones à problèmes.** Cela permet de bien délimiter les zones d'intérêt ;
- Il faut s'assurer que les prélèvements sont **similaires entre deux prélèvements** (profondeur, taille, protocoles identiques) ;
- Il est nécessaire de **préciser la matrice géologique de chaque formation** car on peut être amené à traiter spécifiquement les prélèvements.



*Carottes argileuses ou pulvérulentes*



*Placettes d'échantillonnage de surface*

# ENTITES GEOGRAPHIQUEMENT COHERENTES

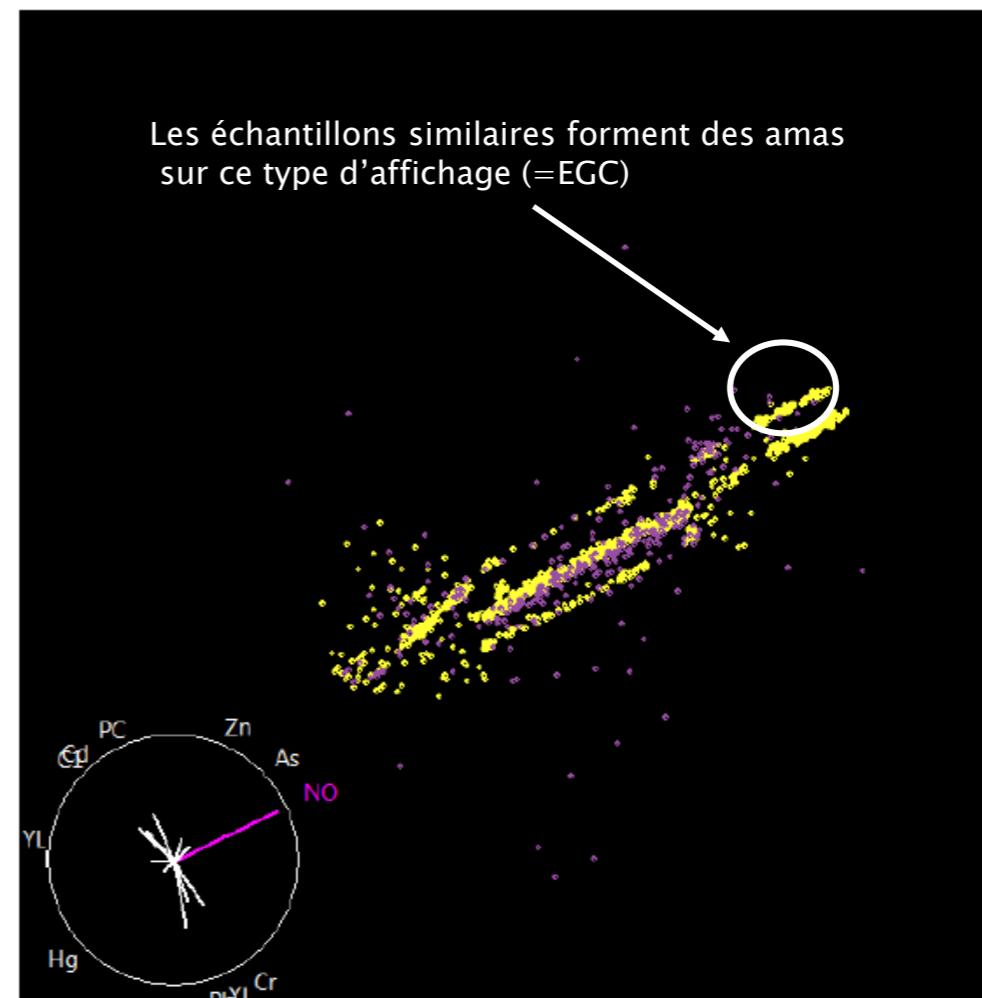
Le Fond Géochimique Urbain (FGU) est géo-spatial !

## PRINCIPES DE BASE

- Les concentrations dans le sol sont explicables par des facteurs géo-spatiaux ;
- Ces facteurs peuvent être de nature géologique, topographique, climatique, anthropogénique... ;
- Une cartographie du fond géochimique peut être tracée.
- Les concentrations des échantillons prélevés dans une même zone découlent des mêmes facteurs : **on parle alors d'Entité Géographiquement Cohérente (EGC).**
- Si deux échantillons sont dans une même EGC :
  - Ils doivent montrer une similitude géochimique de leur population
  - Deux lots d'échantillons prélevés sur une même EGC sont équivalents

## CONSEQUENCES

- Cette similarité des concentrations peut être recherchée dans le jeu de données pour définir les EGC ou pour vérifier l'exactitude d'un découpage EGC a priori (Approches dite de « Bottom-up » and « Top-down »)
- Pour Toulouse métropole, la première approche a été retenue.



Affichage Multi dimensionnel. Outliers en violet

# ENTITES GEOGRAPHIQUEMENT COHERENTES

## PEUT-ON INCLURE AU CALCUL LES DONNEES DE DIAGNOSTICS BE ?

- L'expérience montre qu'il faut ajouter des données validées dans BDSOLU.
- Seuls les analyses des sondages réalisés pour l'établissement des zones témoins devraient être versées dans la base.
- Dans le cas contraire, un nettoyage délicat et justifié des données devrait être réalisé.

## L'ECHELLE DU PROJET DOIT ETRE PRISE EN COMPTE

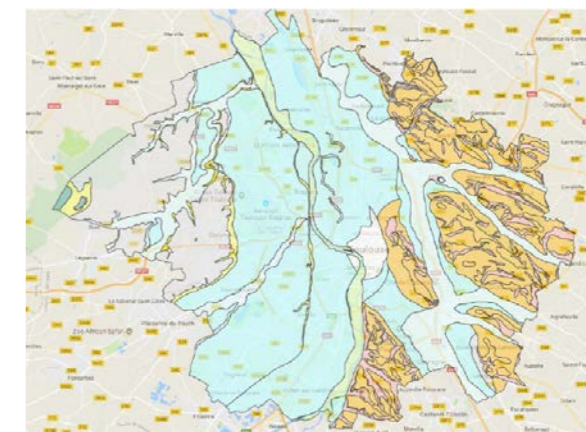
- A l'échelle de la métropole, Corine Land Cover (satellitaire) n'est pas assez précise pour établir des entités géographiques cohérente. **Il faut utiliser l'Inventaire Historique Urbain (IHU) qui est temporel et dispose d'une résolution kilométrique.**
- **Des corrélation teneurs /géologie existent pour tous les composés.** Une base géologique 3D de Toulouse a du être construite sur requête des aménageurs (FPGA de 0 à 5 m). Création d'un modelé géologique 3D de la métropole (1 à 2 pts/km<sup>2</sup>)

## CALCULS REALISES

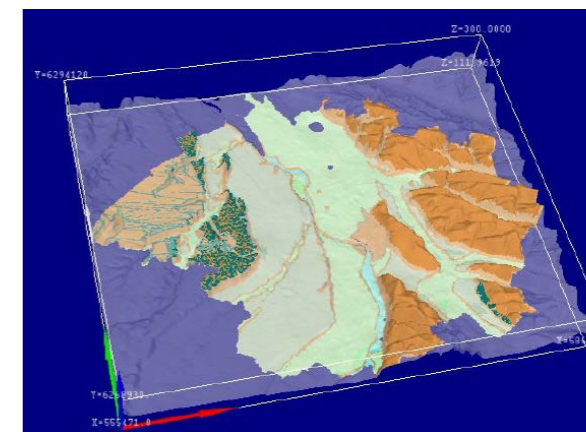
- Pour ses EGC, le BRGM a utilisé un procédé de partitionnement des mesures qui tient compte des limites de détection. Le calcul des teneurs par EGC est réalisé avec la méthode « SANCHO » (**rapport BRGM/RP-66306-FR d'octobre 2016**) qui tient compte des limites de quantification des méthodes d'analyses.
- **Une règle provisoire a été appliquée pour la détermination du fond :**
  - Effectif < 30 ou Censure > 25% => Q90
  - Effectif > 30 et Censure < 25% => centile de Tuckey



Usage Corine Land Cover



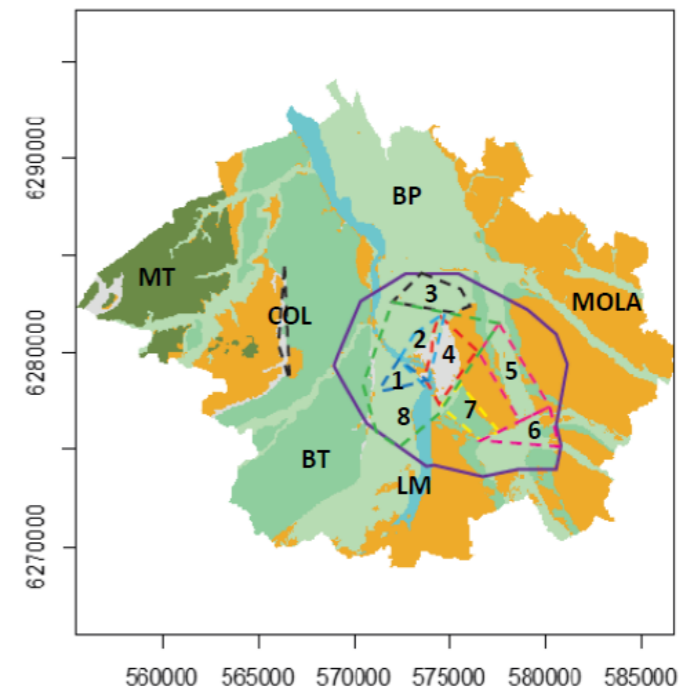
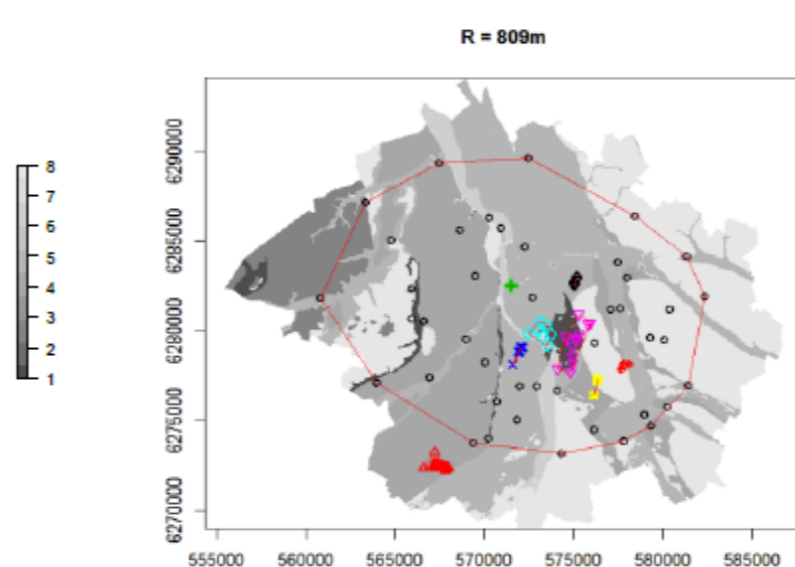
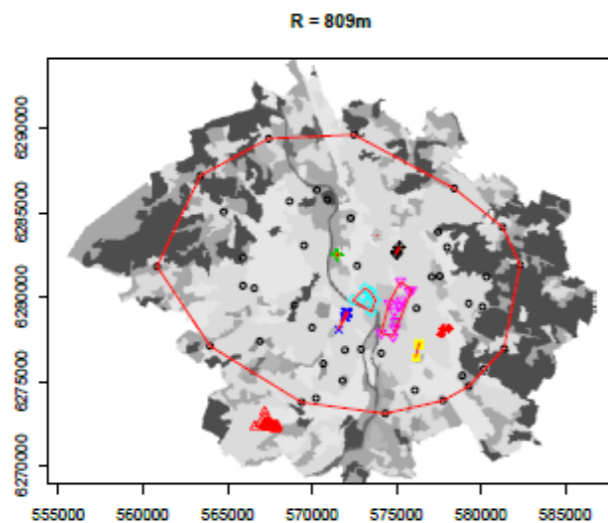
Géologie :CHARM 1/25 000 de la métropole



Modèle 3D sous GDM

# PREMIERS RESULTATS

## UN ZONAGE MULTIPOLLUANTS EN EGC COHERENT PEUX ETRE ETABLI POUR LES SOLS 0-1 m



- **Le découpage historique est retrouvé** (remblais historiques, zone industrielles passés, épandages etc...)
- Un tel plan pourra servir de base pour séparer les populations lors de l'interpolation des lignes de base.

Repère	8	1	2	3	4	5	6	7	NIV 1
As	34	28	17	7	16	17	13	15	25
Cd	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4
Cr	43	34	28	18	31	19	20	29	90
Cu	140	66	40	42	48	24	52	62	40
Hg	0.4	1.1	0.22	0.14	0.37	0.11	0.10	0.17	0.1
Ni	49	41	24	17	25	18	17.2	23	60
Pb	100	59	79	66	84	43	29	67	50
Zn	190	167	99	87	110	60	63	140	150
PCBs	8	7.65	0.10	0.07	0.07	0.07	0.01	0.07	0.2
C10C40	98	239	34	20	20	20	28	20	50

8 zones à FPGA distincts à corrélérer avec IHU

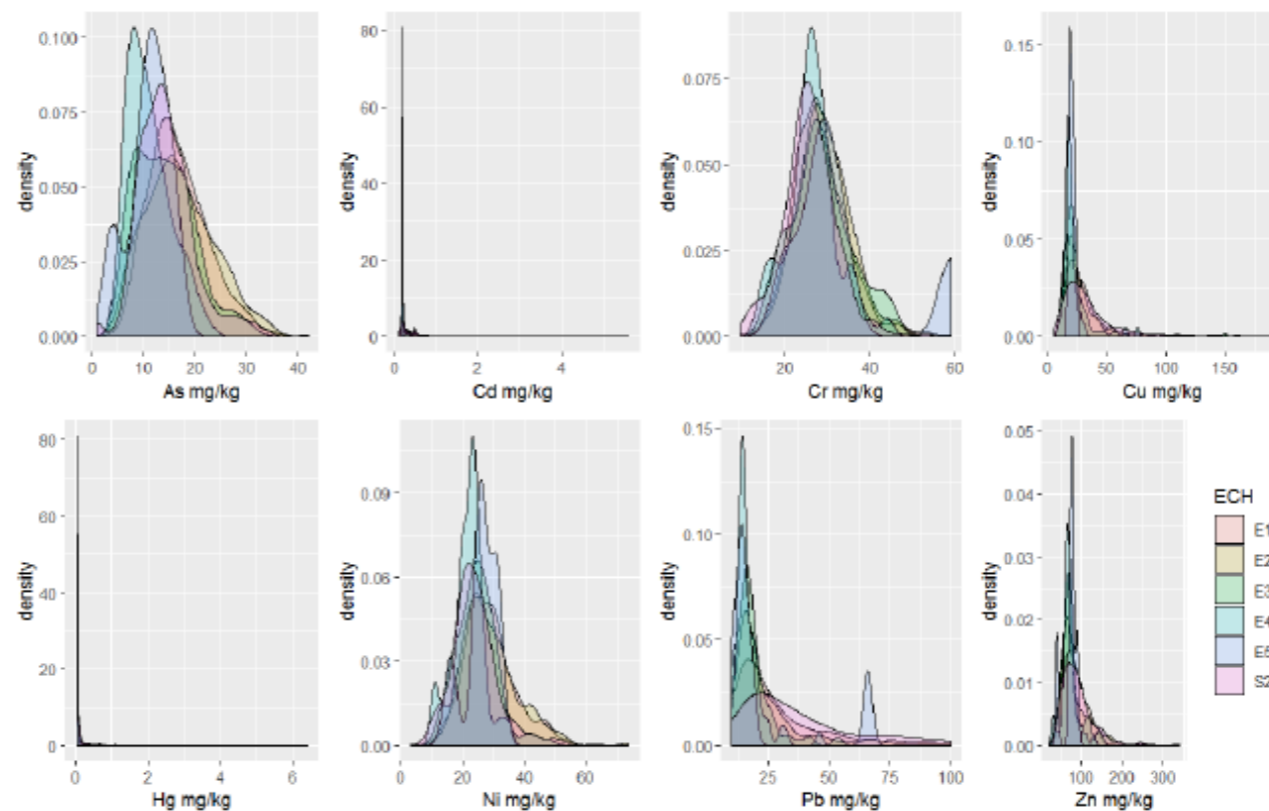
REPERE	BP	BT	LM	MOLA	MT	COL	NIV 1
BP	BP	BT	LM	MOLA	MT	COL	NIV 1
As	17.8	15.3	13.7	19.8	12	17	25
Cd	0.5	0.5	0.59	0.5	0.5	0.5	0.4
Cr	35.2	25.9	24.8	30.2	21	32	90
Cu	23.4	31.5	21.9	37.2	15	25	40
Hg	0.1	0.1	0.1	0.14	0.1	0.1	0.1
Ni	30	25.5	24.5	26.2	16	27	60
Pb	27.2	28.3	48.1	30.6	18	24	50
Zn	91	92.4	206.4	87.8	60	85	150
PCBs	0.07	0.028	0.01	0.01	0.01	0.01	0.2
C10C40	21.6	23	20	24.6	20	20	50

GEOCHIMIE DES SOLS

# PREMIERS RESULTATS

## POUR LES SOLS 0- 5 m

- Si l'on descend plus profond...
- Les teneurs en métaux à apports anthropiques majoritaire (ligne de base du FPGA) chutent rapidement dès le premier voire le deuxième mètre (As, Cd, Hg, Pb, Zn) et,
- les teneurs augmentent ensuite plus lentement avec la profondeur pour (As, Ni, Cr) conformément au présupposé qui est de rencontrer sous la ligne de base du bruit de fonds anthropique, la ligne de base pédogéochimique (FPG)



Distributions des teneurs selon la profondeur avec

S2 : 0-0.05 cm, E1 : 0- 1 m, E2 : 1-2 m,

E3 : 2-3m, E4 : 3- 4m, E5 : > 4 m

- **Traitement pour les profondeurs 1-2, 2-3, 3-4 et 4-5 m**
- **Cartographies confiées à EODE** : Exploitation géostatistique des données et cartographies du FPGA,
- **Recherches mathématiques confiée à la Société Civile Mathématique (SCM)** : justification formelle du choix du quantile, centile, etc...selon la situation. Vérification de la robustesse des algorithmes
- **Présentations à la Métropole**
- **Communiquer**: faire bénéficier des avancées de ce démonstrateur les autres projets comme GEOBAPA, SUPRA, FGU
- **Production des articles et du Rapport Final en décembre**



*Echantillonnage des sols profonds, octobre 2018*





MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE

# Journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués

Lundi 19 novembre 2018

Organisée par l'INERIS et le BRGM, en concertation  
avec le Ministère de la Transition  
Ecologique et Solidaire

## *Détermination de valeurs de fonds dans les sols*

*Hélène ROUSSEL*  
*ADEME*





# Exemples de lieux à privilégier en milieu urbain



*Espace vert fermé au public  
(Données de carte : Google, 2018)*



*Espace vert ouvert au public  
(© MC.Waldvogel)*

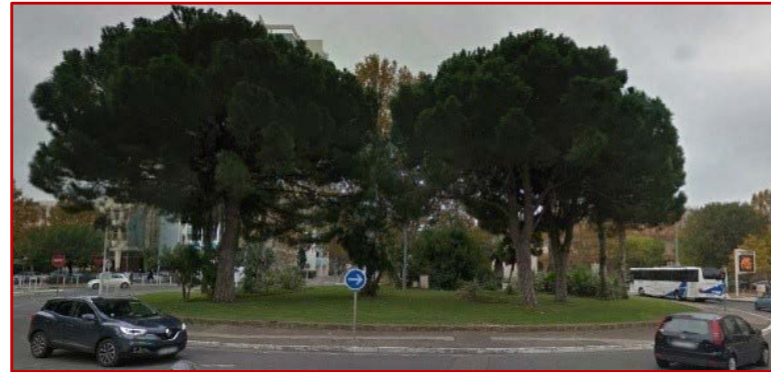


*Habitat  
(Données de carte : Google, 2018)*



*Terrain en friche, Terrain vague  
(hors friche industrielle)  
(Données de carte : Google, 2018)*

# Exemples de lieux à éviter en milieu urbain



*Rond-point  
(Données de cartes : 2018 Google)*



*Remblais de bord de route  
(Données de cartes : 2018 Google)*



*Massifs d'ornement et espaces réduit  
(Données de cartes : 2018 Google)*



*Terreau, terres hors-sol  
(Données de cartes : 2018 Google)*

# Campagne de prélèvement



ACCUEIL | ACTUALITES | Recherche

## BDSolU

BASE DE DONNEES DES ANALYSES DE SOLS URBAINS

Exploiter pour une Terre durable  
**brgm**

ADEME

PROJET | BDSOLU | BANCARISATION | EN SAVOIR PLUS

**Porté par l'ADEME et le BRGM :**  
un projet de bancarisation des analyses de sols urbains

Découvrir...

### Mieux connaître les sols urbains

La base de données BDSolU des analyses de sols urbains contient des analyses chimiques de sols prélevés en milieu urbain et les informations qui servent à décrire ces prélèvements. BdSolU est développée par le BRGM dans le cadre d'une convention de recherche avec l'ADEME.

Les données recueillies améliorent la connaissance de la qualité géochimique des sols en milieu urbain et des valeurs du fond pédogéochimique anthropisé. Ce site internet présente le projet et permet la bancarisation en ligne des analyses de sols produites par les fournisseurs déclarés.

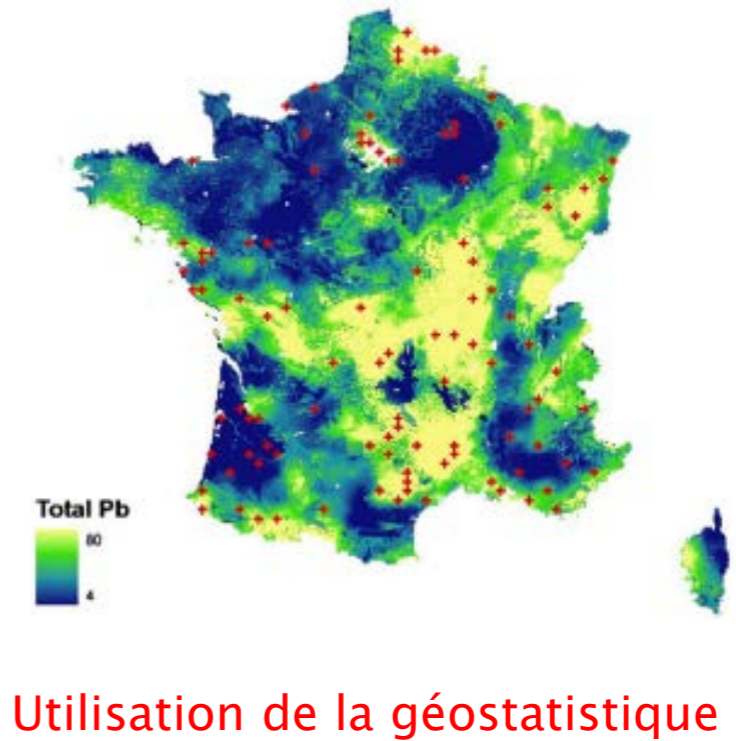
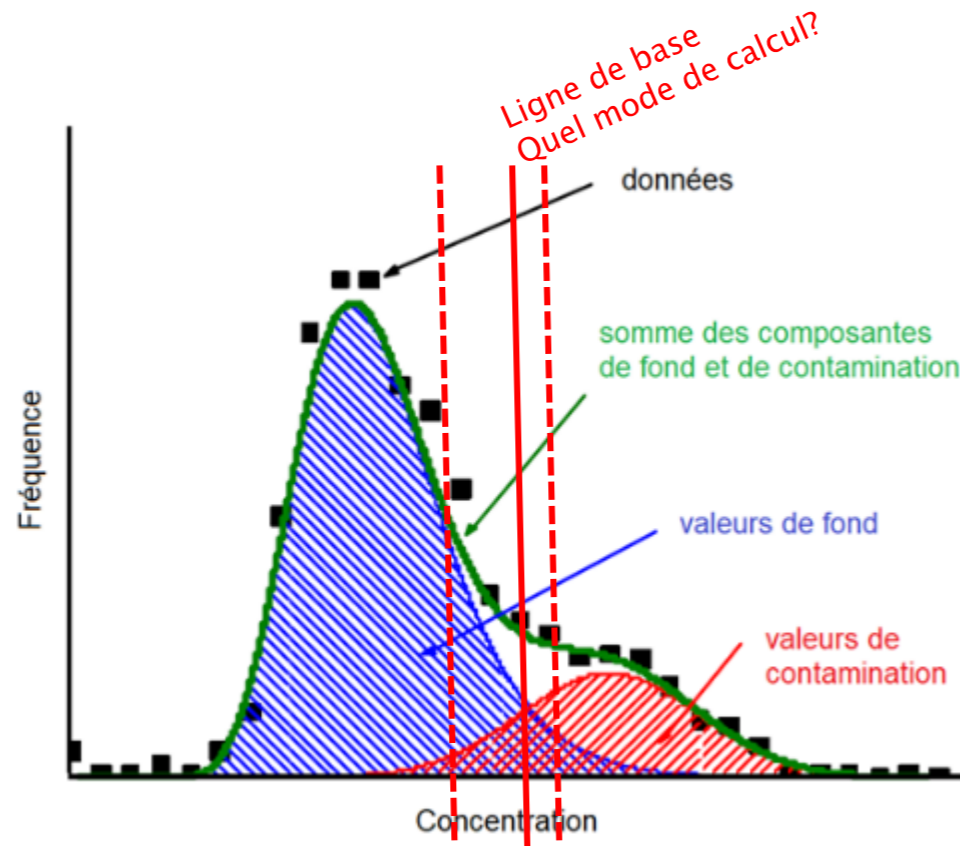
### Toutes les actualités

02/08/2017  
Parution de rapports BRGM sur l'avancement du projet FGU

21/03/2017  
Mise en ligne du site internet BDSolU

Toutes les actualités

# Interprétation des données



Distribution de valeurs résultant de la superposition de 2 populations, l'une relevant par exemple d'un état habituel du milieu, l'autre d'une contamination

(Wendland et al., 2005)

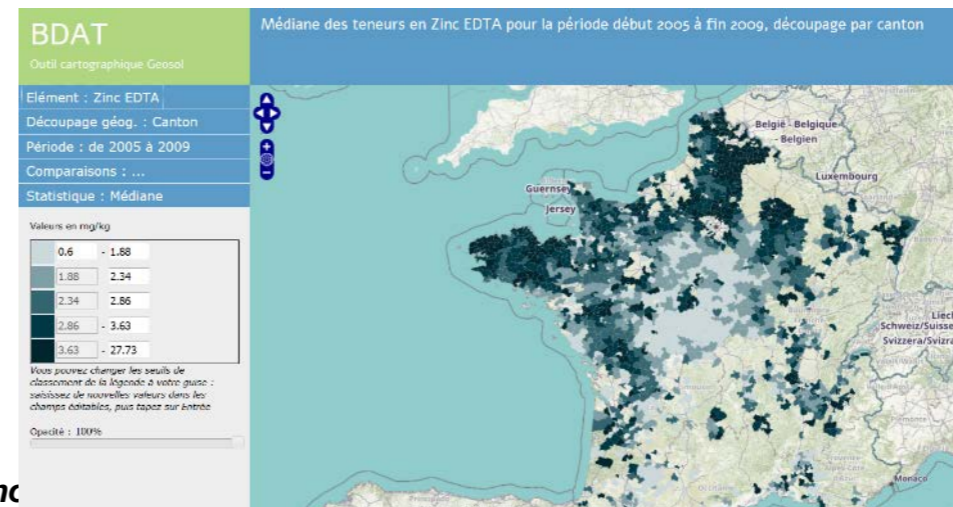
=> Besoin de **démonstrateurs** pour valider la méthodologie à l'échelle d'un territoire (Test sur différents types d'agglomérations, de bassin versant, etc.)



=> Travail avec **laboratoires** : Intégration directe des données dans BDSolU via logiciels des laboratoires



=> **Automatisation** de la base de données **BDSolU** (mutualisation des données, webservices, cartographies)





# JOURNÉE TECHNIQUE SUR LA GÉOSTATISTIQUE APPLIQUÉE AUX SITES POLLUÉS

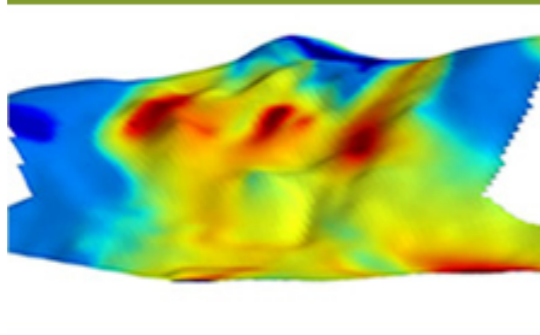
*Retour d'expériences et perspectives*



Paris

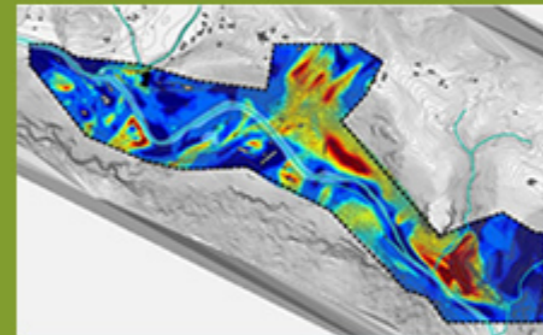
**DATE**

Mercredi 23 janvier  
2019



**SAVE THE DATE**

Dès à présent, retenez cette date  
dans vos agendas !



*N'hésitez pas à diffuser ce message*

En savoir plus : <https://geostatistique-sites-pollues.site.ademe.fr/>

Avec le soutien de **GeoSiPol**



