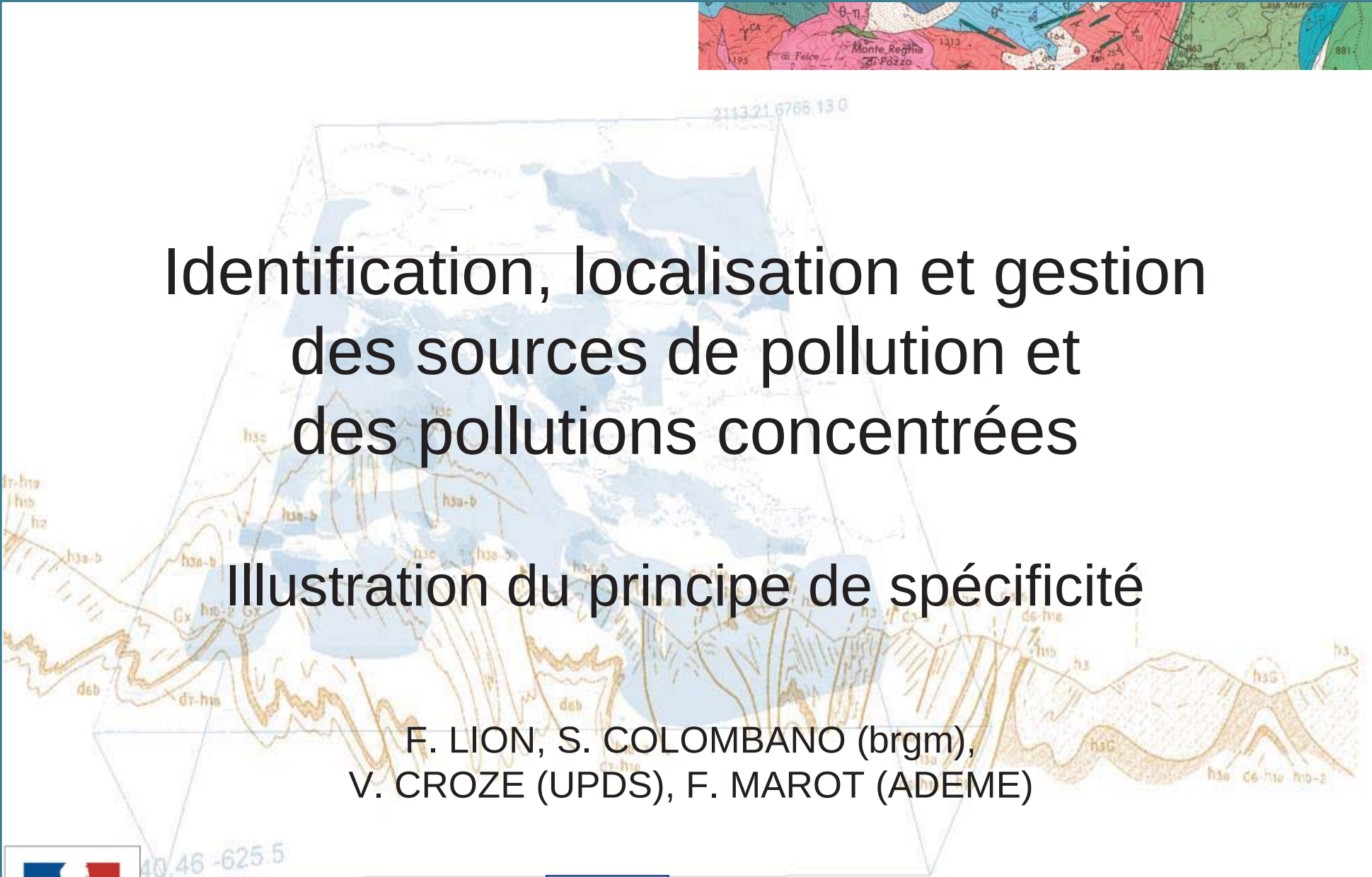




# Identification, localisation et gestion des sources de pollution et des pollutions concentrées

## Illustration du principe de spécificité

F. LION, S. COLOMBANO (brgm),  
V. CROZE (UPDS), F. MAROT (ADEME)



## Plan

- > **Présentation du contexte (ADEME)**
- > **Exemple illustratif 1 : Site UFP à Dieulouard**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Exemple illustratif 2 : Site SUTE à Pont-à-Mousson**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Conclusion**
- > **Présentation des guides méthodologiques**
  - BRGM
  - UPDS

# LES POLLUTIONS CONCENTREES

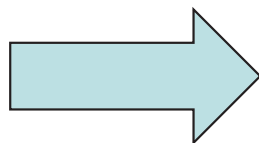
## > La gestion des sites pollués repose sur :

- La maîtrise des sources de pollution et des transferts.
- La maîtrise des impacts :
  - Contrôler des milieux d'exposition ;
  - Rétablir des compatibilités d'usage ;
  - Réhabiliter en veillant à protéger les futurs usagers d'éventuelles pollutions résiduelles.
- L'étude au cas par cas des situations rencontrées.

## > Parallèlement à ces actions motivées par des enjeux directs (santé, ressources en eau, etc.), agir sur les pollutions concentrées doit être étudié.

# UNE GESTION « GÉNÉRIQUE » IMPOSSIBLE

- > De façon récurrente, il est demandé :
  - La définition de valeurs génériques de gestion ;
  - La définition de valeurs génériques définissant une source de pollution ou une pollution concentrée.
- > La définition de telles valeurs génériques est **impossible** (cf. JT BRGM 2013)
  - Fourchette de valeurs très étendue ;
  - Dépend des polluants, de leur distribution, du type de sol, ... ;
- > Définir des valeurs seuils génériques et sécuritaires = **seuils très bas**



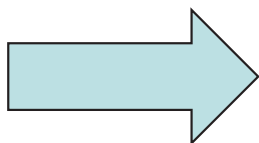
**Gestion au cas par cas**

# UNE ETUDE AU CAS PAR CAS OBLIGATOIRE

> En revanche, avec :

- De vrais sites, présentant des problématiques et des contextes différents,
- Des résultats de diagnostics environnementaux

Des experts d'horizons différents convergent vers **les mêmes conclusions**, qu'ils s'agissent de :



- La localisation,
- La représentation, ou
- La quantification des pollutions concentrées dans les différents milieux.

## DEMONSTRATION SUR ETUDES DE CAS

- > **L'UPDS et le BRGM ont élaboré une palette d'outils pour y parvenir.**
- > Pour tester ces outils, **plusieurs diagnostics de sites ont été mis à disposition par l'ADEME**
  - Caractérisation des sols *a minima*
  - Pollutions variées
    - Métallique (Cr)
    - Organiques (HCT avec flottant sur la nappe)
    - Organiques volatiles (COHV)
- > **Restitution des résultats sur 2 exemples**
  - Site UFP : pollution par Hydrocarbures
  - Site SUTE : pollution par Composés Organochlorés

## Plan

- > **Présentation du contexte (ADEME)**
- > **Exemple illustratif 1 : Site UFP à Dieulouard**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Exemple illustratif 2 : Site SUTE à Pont-à-Mousson**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Conclusion**
- > **Présentation des guides méthodologiques**
  - BRGM
  - UPDS

## Site UFP



### > **Activité historique :**

- Régénération d'huiles usagées

### > **Situation actuelle :**

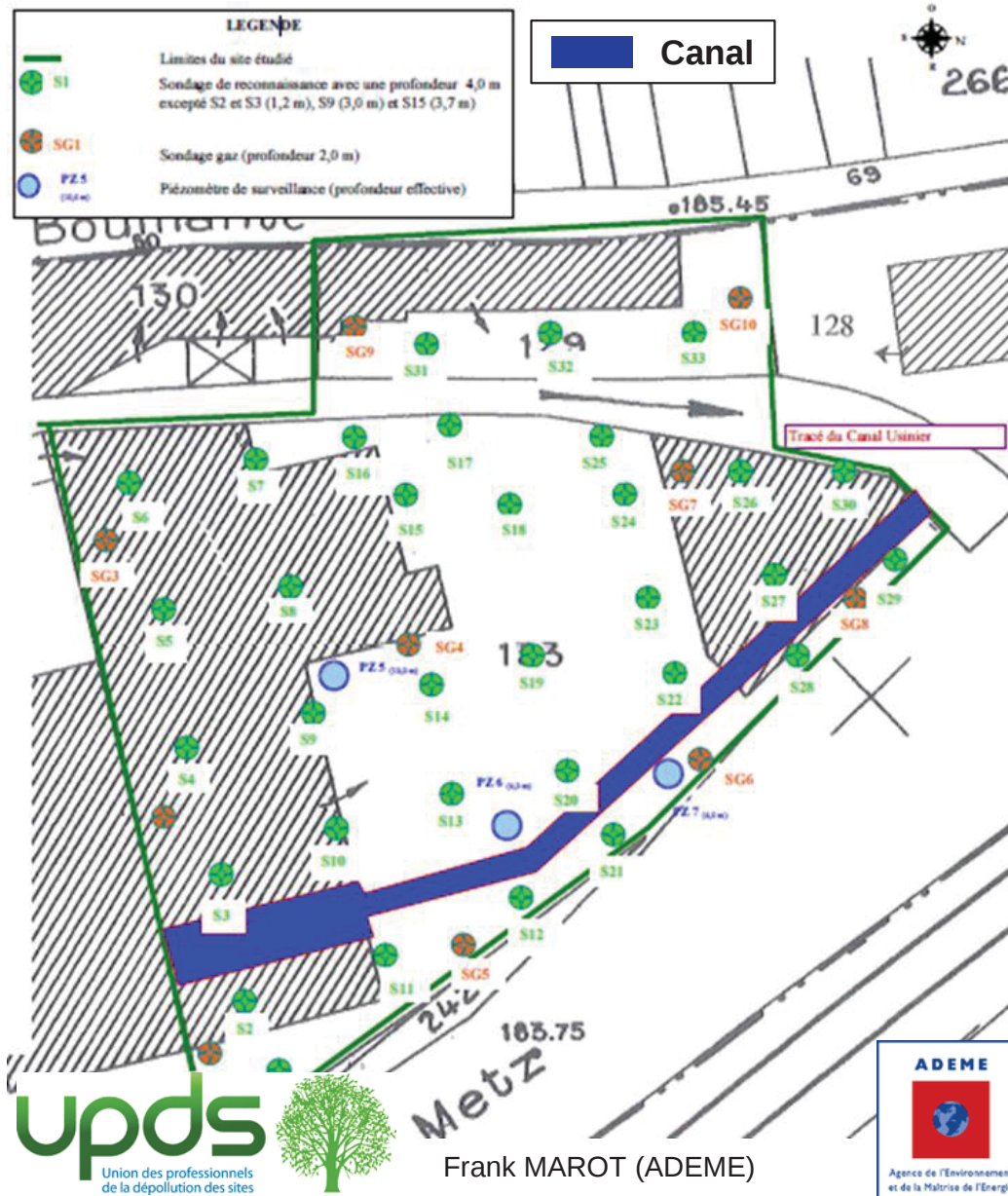
- Friche (3 300 m<sup>2</sup>) mise en sécurité :
  - Vidange des cuves (800 T d'huile)
  - Démolition des infrastructures  
59 cuves et 5 bâtiments démolis  
(2325 T de déchets évacués)
  - Gestion de la pollution en cours

### > **Contexte environnemental :**

- Zone résidentielle et artisanale
- Bordure de rivière et canal traversant
- Nappe à 3 m de profondeur



## Site UFP



## Investigations :

- Sols : 33 sondages (unité de 100 m<sup>2</sup>)
  - Remblais (1 à 4 m)
  - Alluvions limono-argileuses (0,5 à 3 m d'épaisseur)
  - Alluvions sablo-graveleuses puis marnes (au-delà de 10 m)
- Autres milieux investigués :
  - Gaz du sol
  - Eaux souterraines
  - Eaux de surface
  - Sédiments

## Site UFP : Principaux résultats

### > Impacts sur les sols :

- Contaminations principales en HCT (jusqu'à 5 %) corrélées avec présence PCB (jusqu'à 18 mg/kg) et BTEX (jusqu'à 26 mg/kg)
- Contaminations plus ponctuelles en HAP (jusqu'à 3 000 mg/kg) et métaux (Pb : 11 000 mg/kg)
- Cohérence avec formations rencontrées et résultats gaz du sol

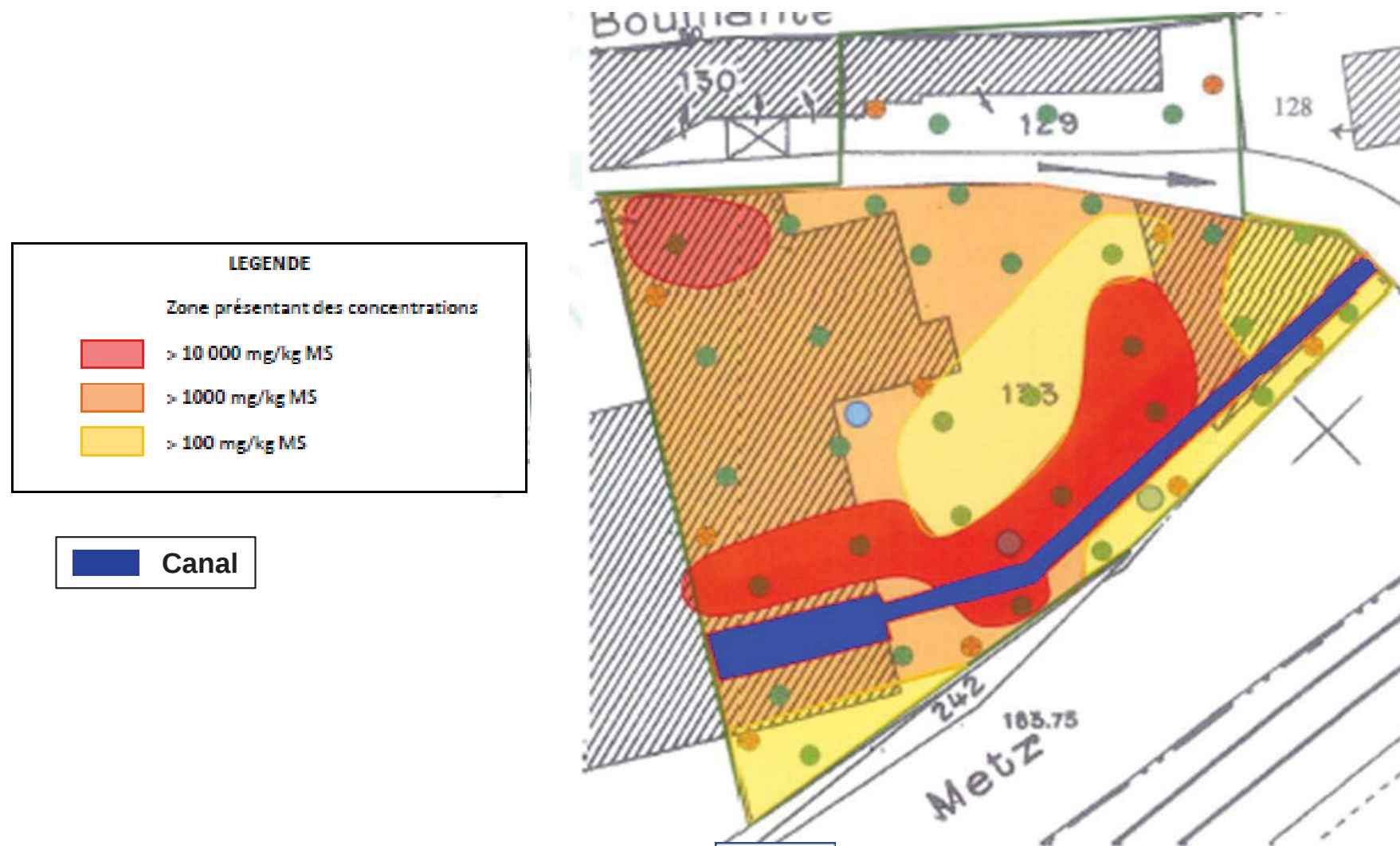
### > Impacts sur les eaux

- de surface (irisation) avec canal usinier agit en barrière hydraulique
- souterraines au droit du site (lentille d'HCT jusqu'à 1 m d'épaisseur)

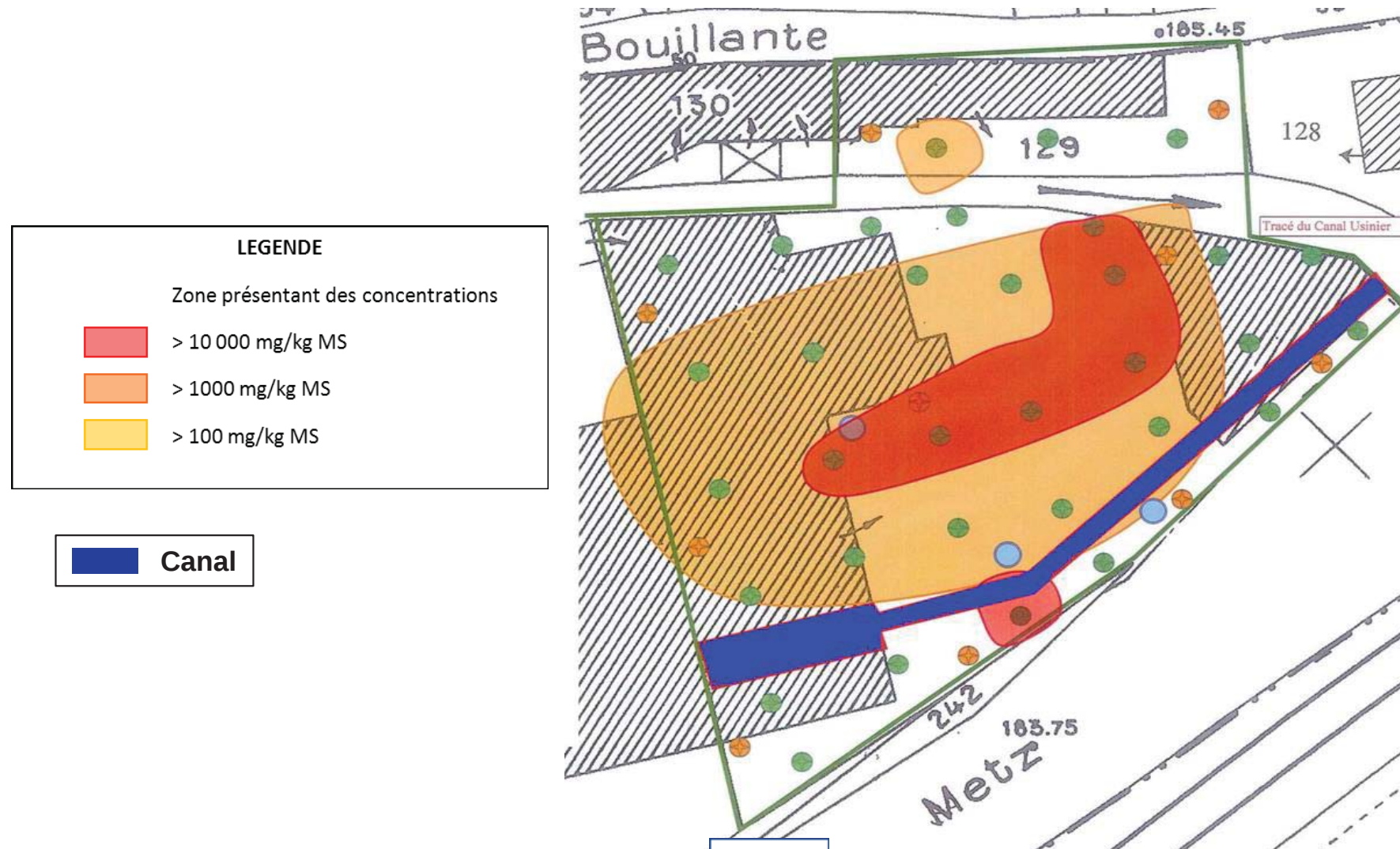
### > Démonstrations UPDS / BRGM

- limités à la pollution des sols par les HCT (dans le cadre de cet exercice)
- Mais tout à fait applicables et pertinentes pour les aquifères

## Site UFP : HCT (C10 - C40) dans les remblais



## Site UFP : HCT (C10 - C40) dans les alluvions

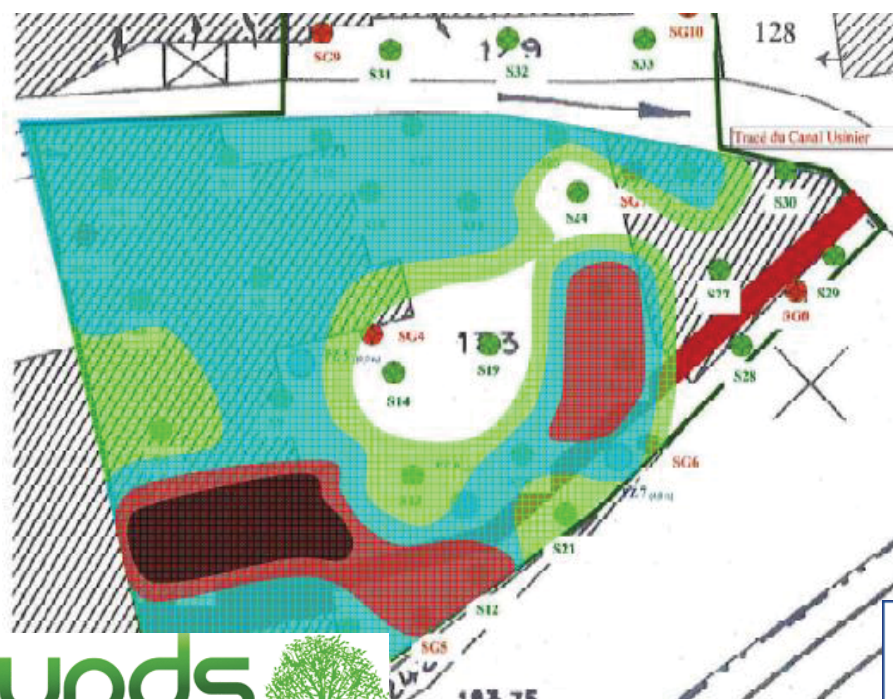
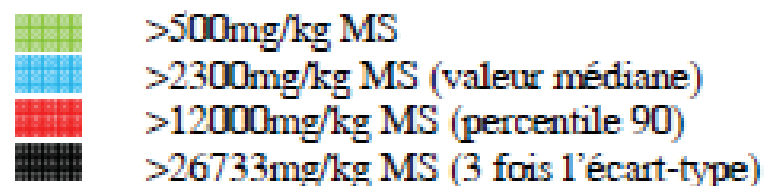


## Site UFP

### > Méthode n° 2 – Cartographique

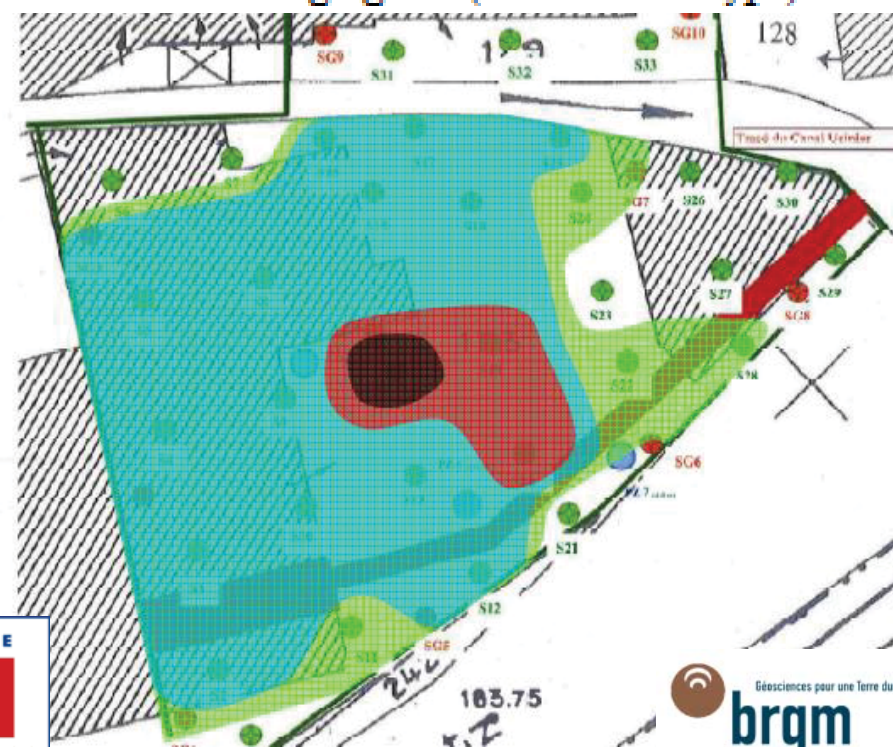
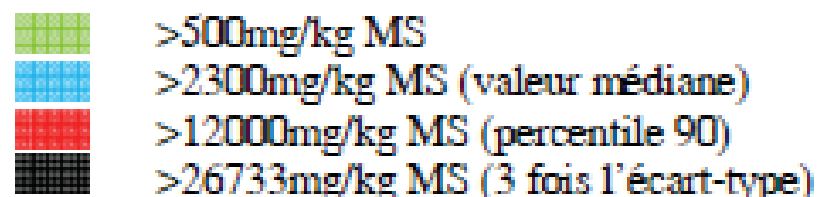
#### Cartographie des remblais

Légende : Teneurs en HCT dans les sols – remblais



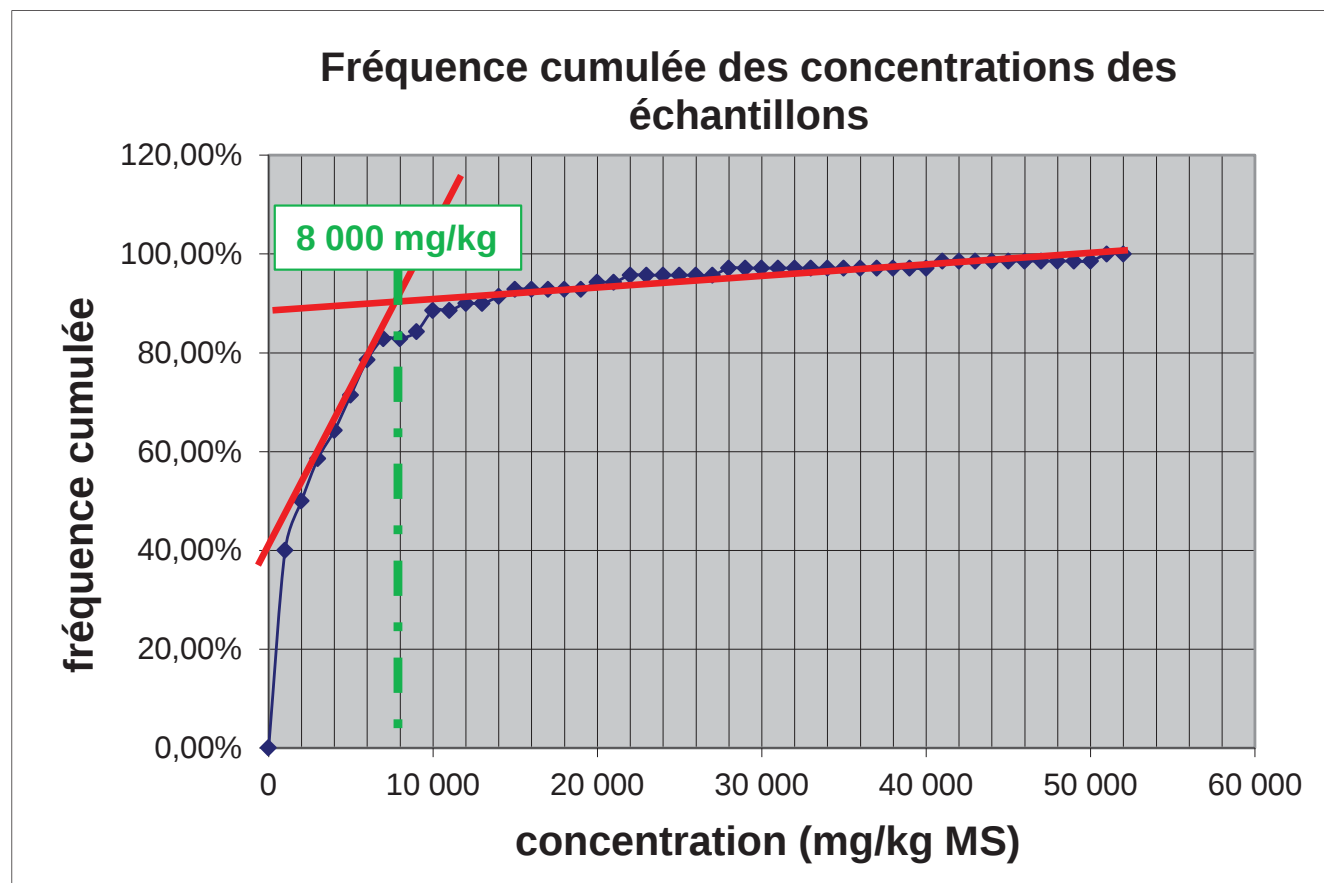
#### Cartographie des alluvions

Légende : Teneurs en HCT dans les sols – alluvions



## Site UFP

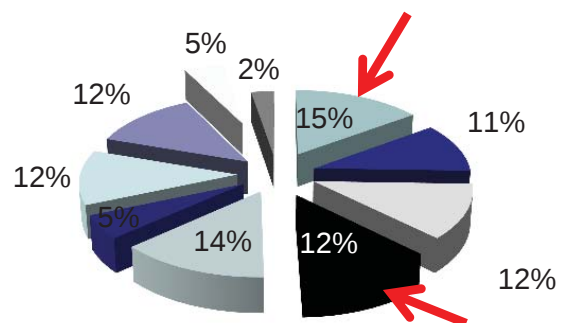
### > Méthode n° 3 – Analyse statistique



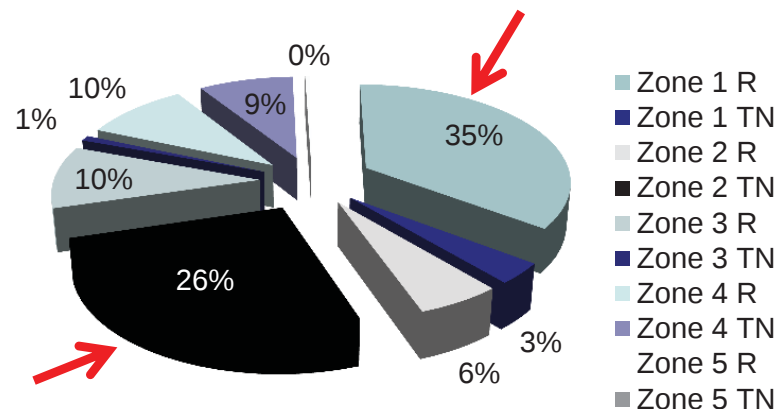
Seuil de coupure vers 8000mg/kg

## Site UFP

### > Méthode n° 4 – Bilan massique



Volume de terres (%)



Masse d'HCT

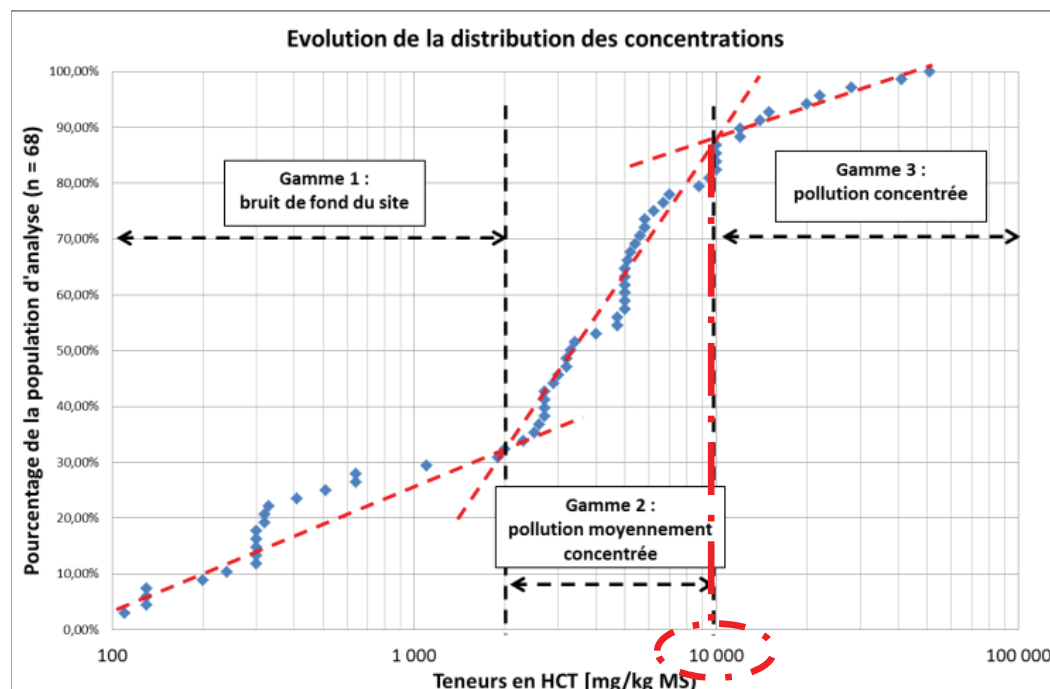
#### 86 T d'huile dans les remblais et 52 T dans les alluvions

Zone 1 R (remblais) > environ 35% masse d'HCT pour un volume de terres d'environ 15% ;  
Zone 2 TN (terrain naturel) > environ 26% masse d'HCT pour un volume de terres d'environ 12%.  
Ces deux mailles représentent environ 61% en masse de la pollution pour un volume égal à environ 27%.

## Site UFP

### > Délimitation de la zone source / pollution concentrée :

- Définition d'un seuil de coupure pour les HCT (les autres pollutions sont spatialement comprises dans les pollutions HCT)
- En première approche, étude de la répartition des concentrations afin de définir différentes gammes de concentration



| Percentiles   | Concentrations en mg/kg MS |
|---------------|----------------------------|
| Percentile 50 | 3350                       |
| Percentile 75 | 6325                       |
| Percentile 90 | 12600                      |
| Percentile 95 | 21300                      |

Première gamme de concentration : inférieure à 2 000 mg/kg

Deuxième gamme de concentration : entre 2000 et 10 000 mg/kg

Troisième gamme de concentration : supérieure à 10 000 mg/kg

## Site UFP

### > **Délimitation de la zone source / pollution concentrée :**

- Bilans massiques pour les HCT à l'aide de courbes d'isoconcentrations afin de définir un seuil de coupure théorique spécifique au site, tenant compte des masses de polluant et des volumes de sol associés

### > **Hypothèse du travail réalisé dans le cadre de cette présentation :**

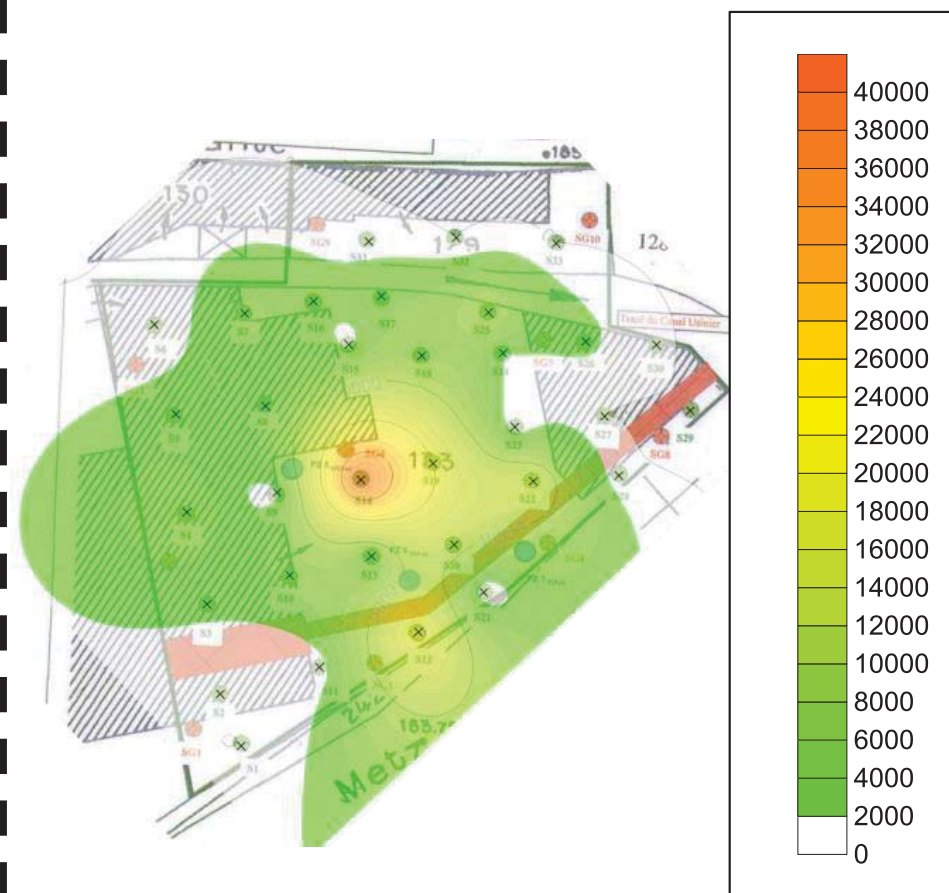
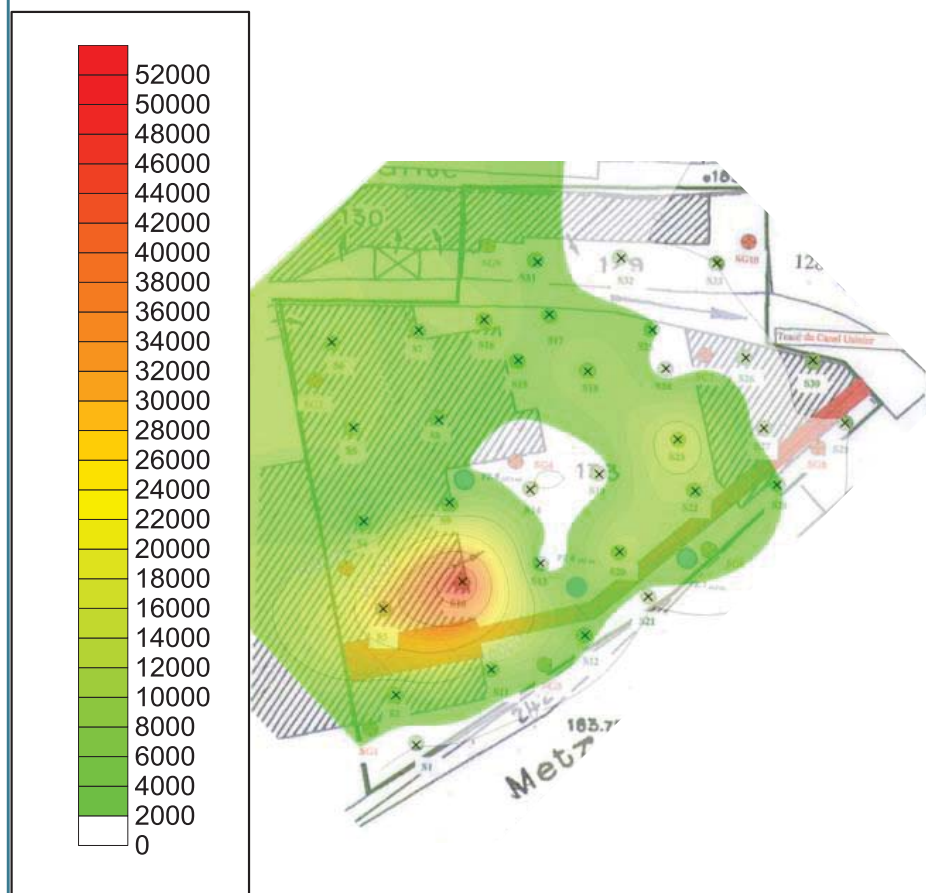
- CMA non prises en compte dans le cadre de ce travail
- Economiquement acceptable non pris en compte dans le cadre de cette présentation

### > **Travail uniquement sur la masse brute de polluant et les volumes de sol associés**

# Site UFP

entre 0 et 2 m de profondeur (remblais)

entre 2 et 4 m de profondeur (alluvions)



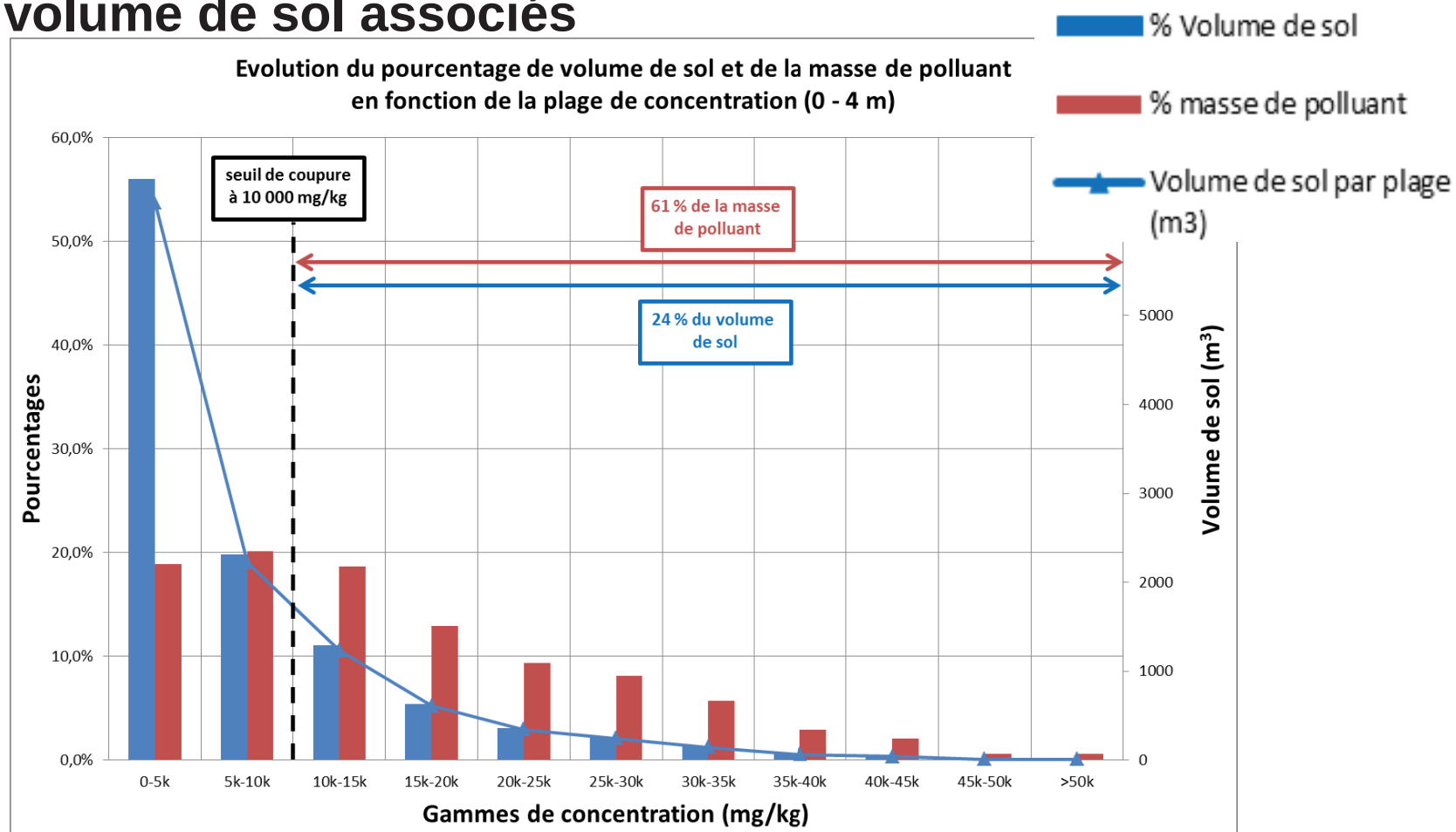
## Site UFP

### > Bilans massiques pour les HCT à l'aide de courbes d'isoconcentrations

| Tranche de concentration (mg/kg) | Volume de sol par plage (m <sup>3</sup> ) | % Volume de sol | Volume de sol cumulé (m <sup>3</sup> ) | % Volume cumulé de sol | Masse HCT par plage (t) | % masse de polluant | Masse cumulée (t) | % masse cumulée |
|----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| 0-5k                             | 6270                                      | 56,0%           | 11 200                                 | 100,0%                 | 28,2                    | 18,9%               | 149,0             | 100,0%          |
| 5k-10k                           | 2224                                      | 19,9%           | 4 930                                  | 44,0%                  | 30,0                    | 20,1%               | 120,8             | 81,1%           |
| 10k-15k                          | 1236                                      | 11,0%           | 2 706                                  | 24,2%                  | 27,8                    | 18,7%               | 90,8              | 60,9%           |
| 15k-20k                          | 610                                       | 5,4%            | 1 470                                  | 13,1%                  | 19,2                    | 12,9%               | 63,0              | 42,3%           |
| 20k-25k                          | 346                                       | 3,1%            | 860                                    | 7,7%                   | 14,0                    | 9,4%                | 43,8              | 29,4%           |
| 25k-30k                          | 244                                       | 2,2%            | 514                                    | 4,6%                   | 12,1                    | 8,1%                | 29,8              | 20,0%           |
| 30k-35k                          | 146                                       | 1,3%            | 270                                    | 2,4%                   | 8,5                     | 5,7%                | 17,7              | 11,9%           |
| 35k-40k                          | 64                                        | 0,6%            | 124                                    | 1,1%                   | 4,3                     | 2,9%                | 9,1               | 6,1%            |
| 40k-45k                          | 40                                        | 0,4%            | 60                                     | 0,5%                   | 3,1                     | 2,1%                | 4,8               | 3,2%            |
| 45k-50k                          | 10                                        | 0,1%            | 20                                     | 0,2%                   | 0,9                     | 0,6%                | 1,8               | 1,2%            |
| >50k                             | 10                                        | 0,1%            | 10                                     | 0,1%                   | 0,9                     | 0,6%                | 0,9               | 0,6%            |

## Site UFP

### > Etude de l'évolution des pourcentages de masse de polluant et de volume de sol associés

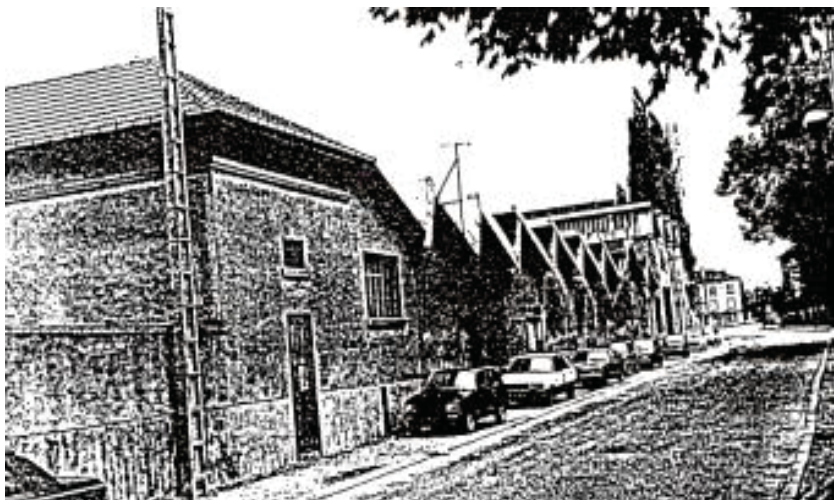


**Seuil de coupure « théorique » sans prise en compte de l'économiquement acceptable et du relargage dans le cadre de cette présentation**

## Plan

- > **Présentation du contexte (ADEME)**
- > **Exemple illustratif 1 : Site UFP à Dieulouard**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Exemple illustratif 2 : Site SUTE à Pont-à-Mousson**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Conclusion**
- > **Présentation des guides méthodologiques**
  - BRGM
  - UPDS

## Site de la SUTE



### > **Activité Historique :**

- Société d'Usinage de Tubes Electriques
- De 1927 à 1972 (45 ans)
- Stockage de brai, d'huiles, fioul et activité de peinture

### > **Situation actuelle :**

- Site démantelé - Parking (8 500 m<sup>2</sup>)
- Travaux de dépollution terminés
- Surveillance en cours

### > **Contexte environnemental :**

- Centre ville
- Proximité de rivière
- Nappe à 6 m



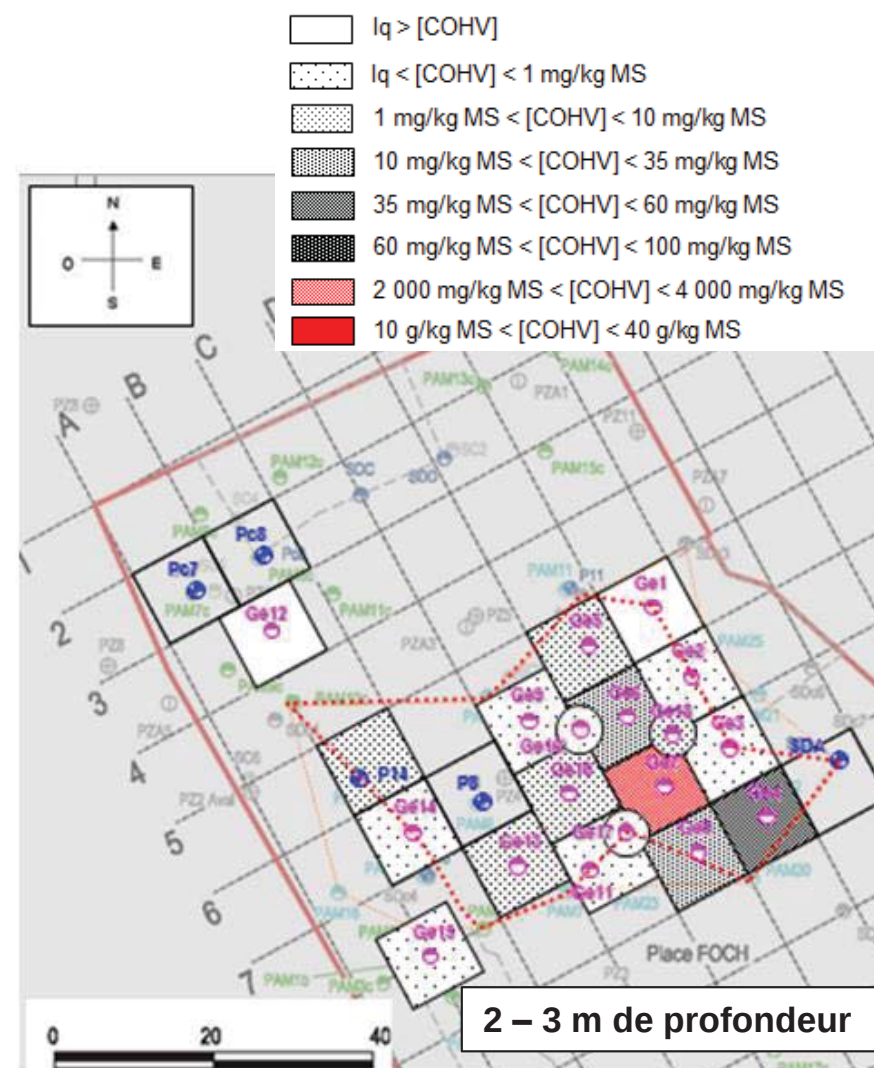
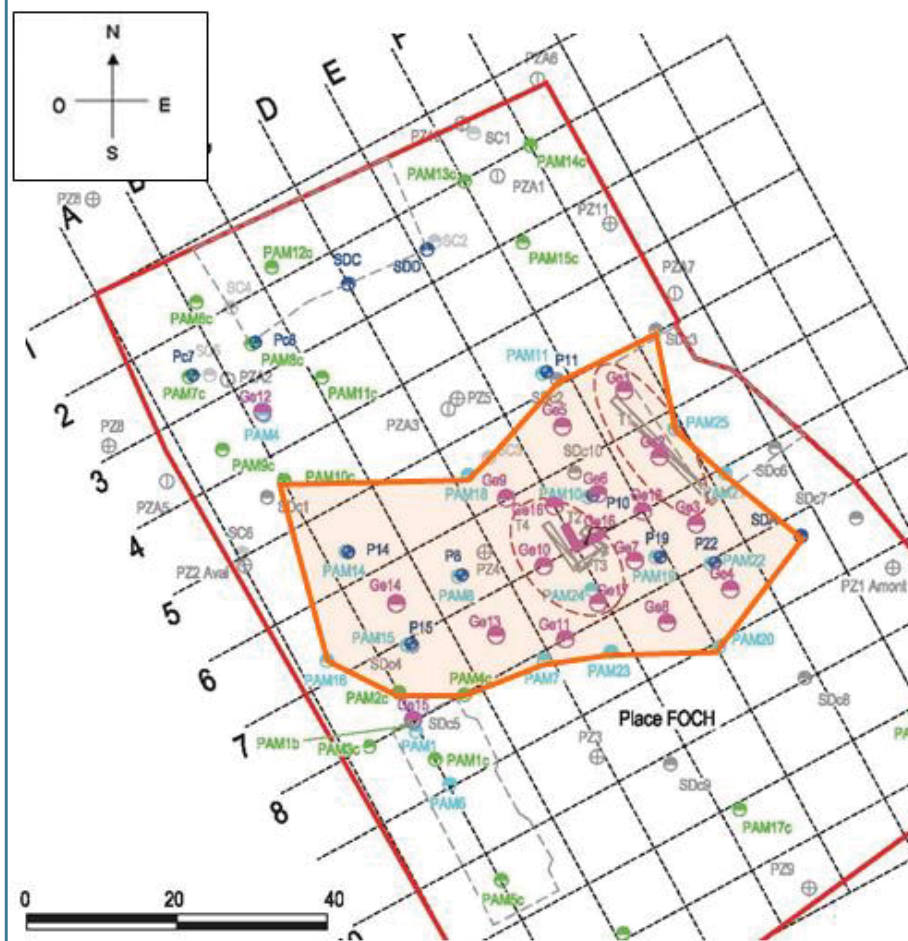
## Site de la SUTE



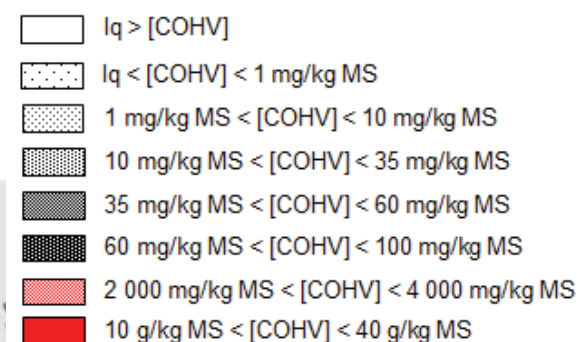
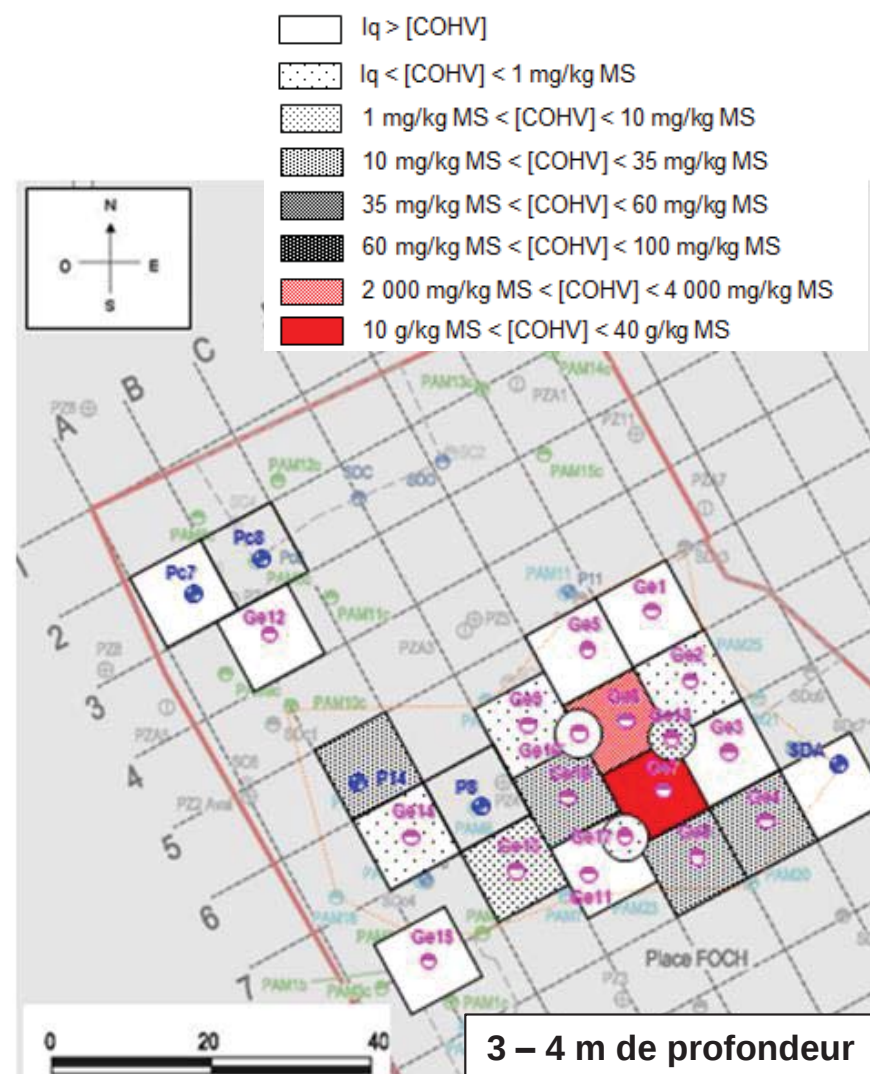
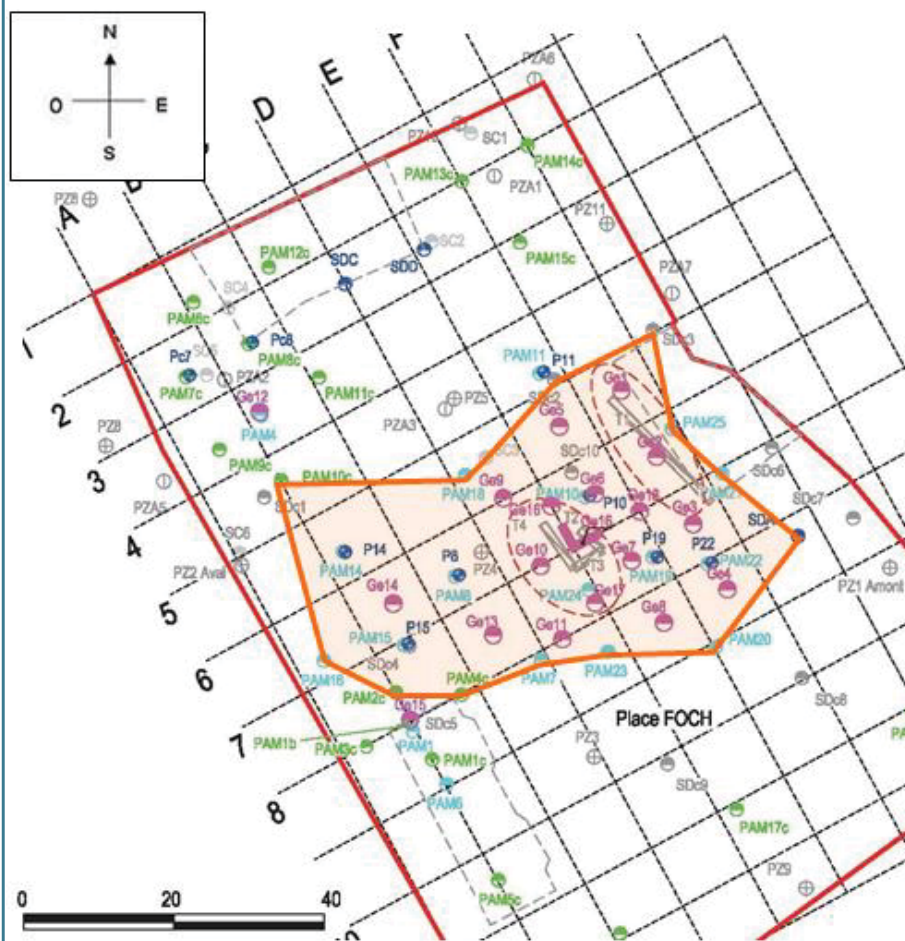
## Site de la SUTE : des investigations progressives

- Données antérieures à l'intervention de l'ADEME
  - Impact en COHV sur la nappe sur et hors site
  - Détection de COHV dans l'air intérieur de quelques habitations
  - Impact limité en COHV (et HAP) dans les sols du site => source non localisée
- Recherche de source en plusieurs étapes (illustrations avec résultats PCE)
  - 10 sondages carottier poinçonneur (jusqu'à 450 mg/kg)
  - Complément avec sonde à interface (MIP) : 36 sondages couplés à 12 prélèvements au carottier sous gaine (jusqu'à 2 500 mg/kg)
    - => identification d'une zone anormale
  - Maillage resserré sur l'anomalie (100 m<sup>2</sup> par tranche de 1 m jusqu'à 7 m : sonde MIP + 16 nouveaux sondages : jusqu'à 35 000 mg/kg)
  - Suivi des autres milieux : eaux souterraines, gaz du sol, air intérieur

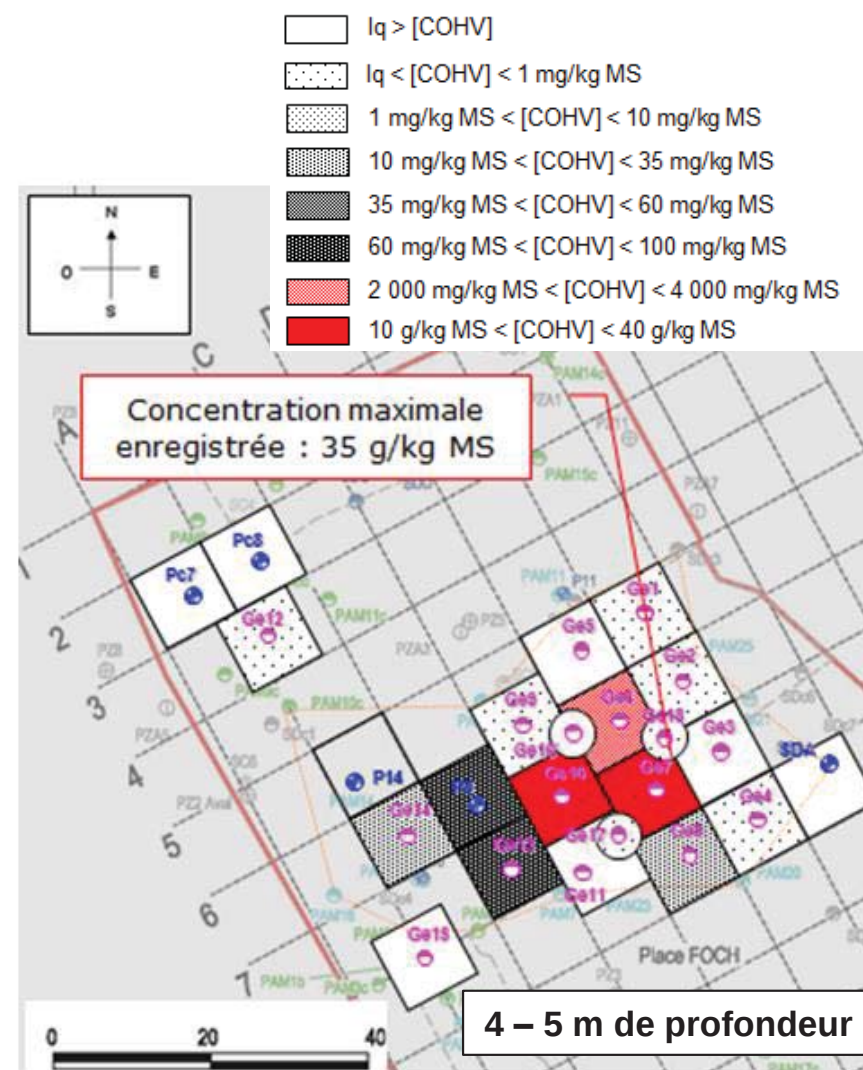
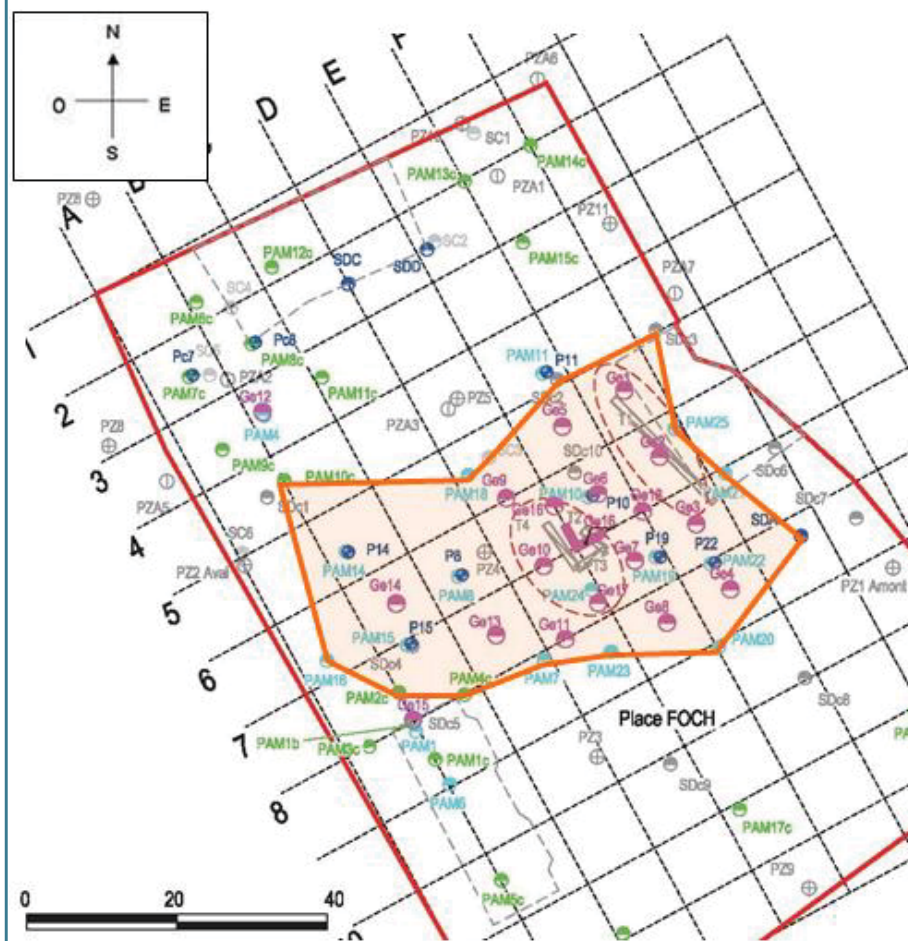
# Site de la SUTE



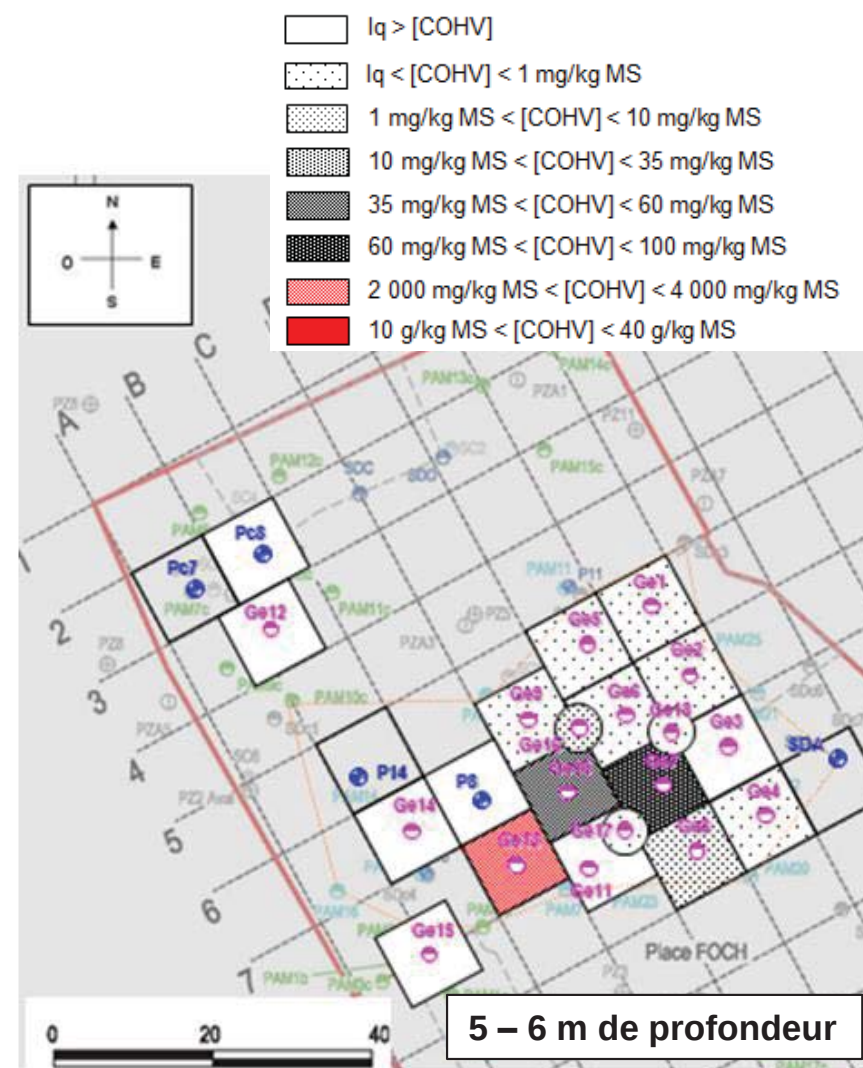
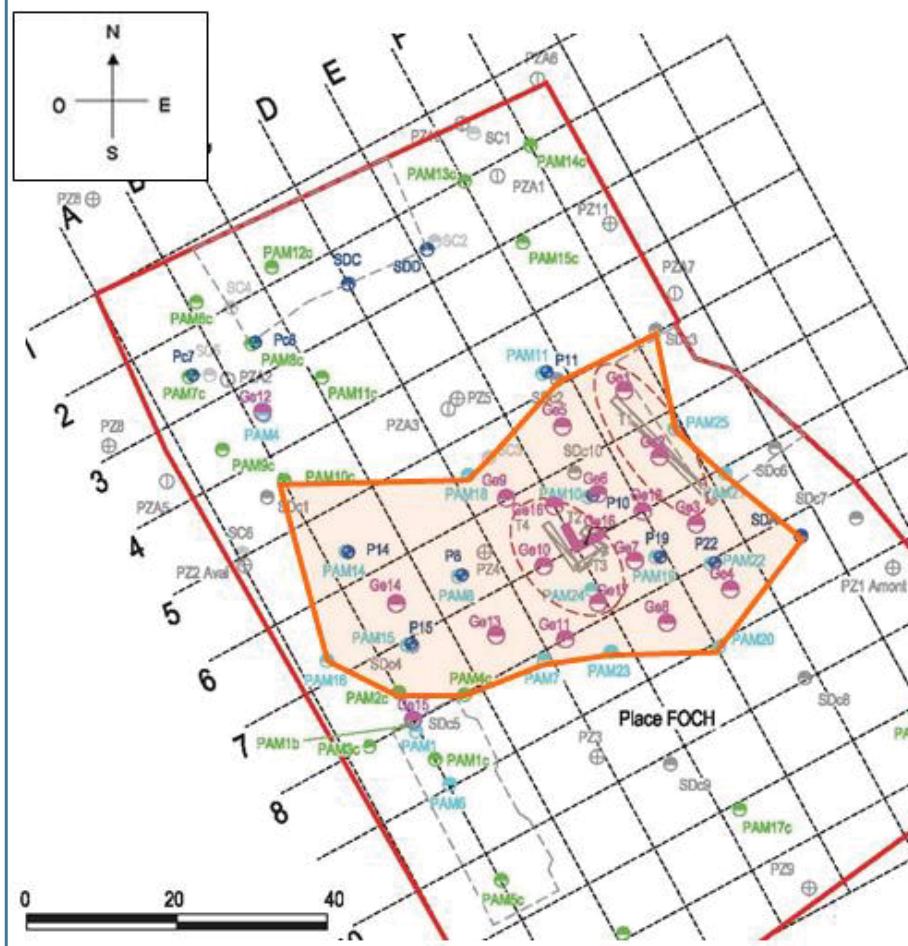
# Site de la SUTE



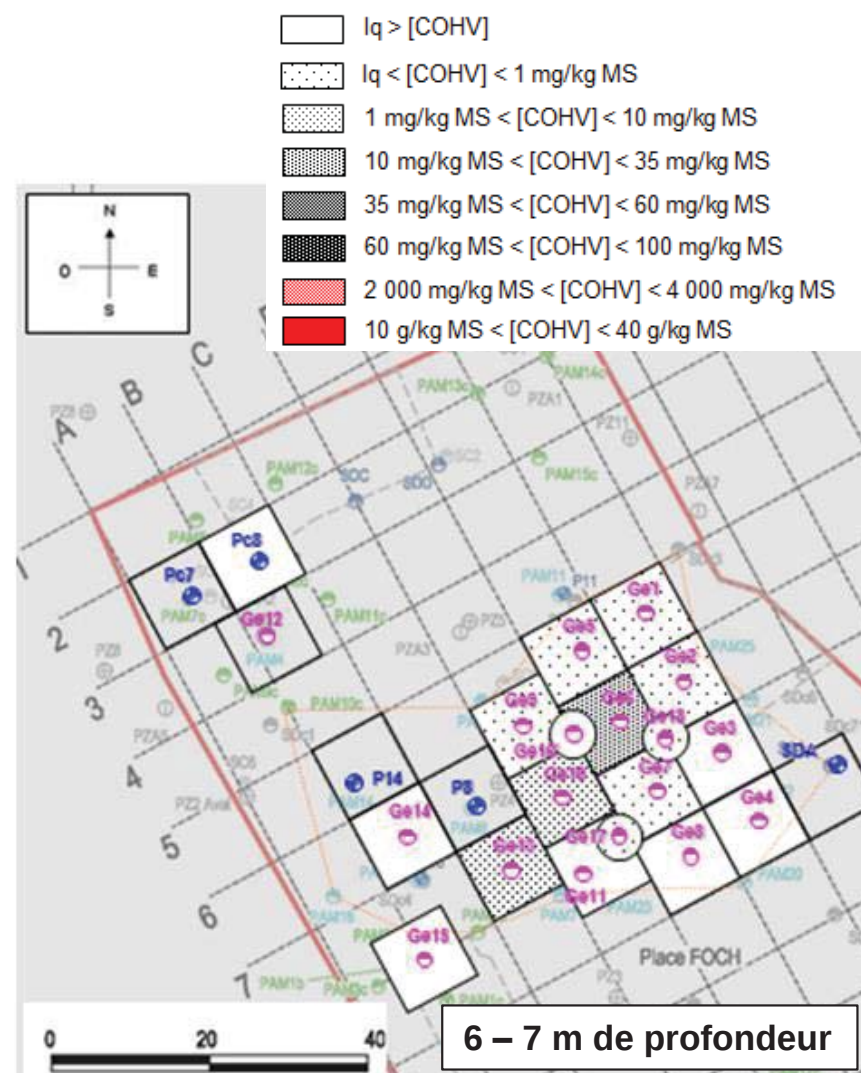
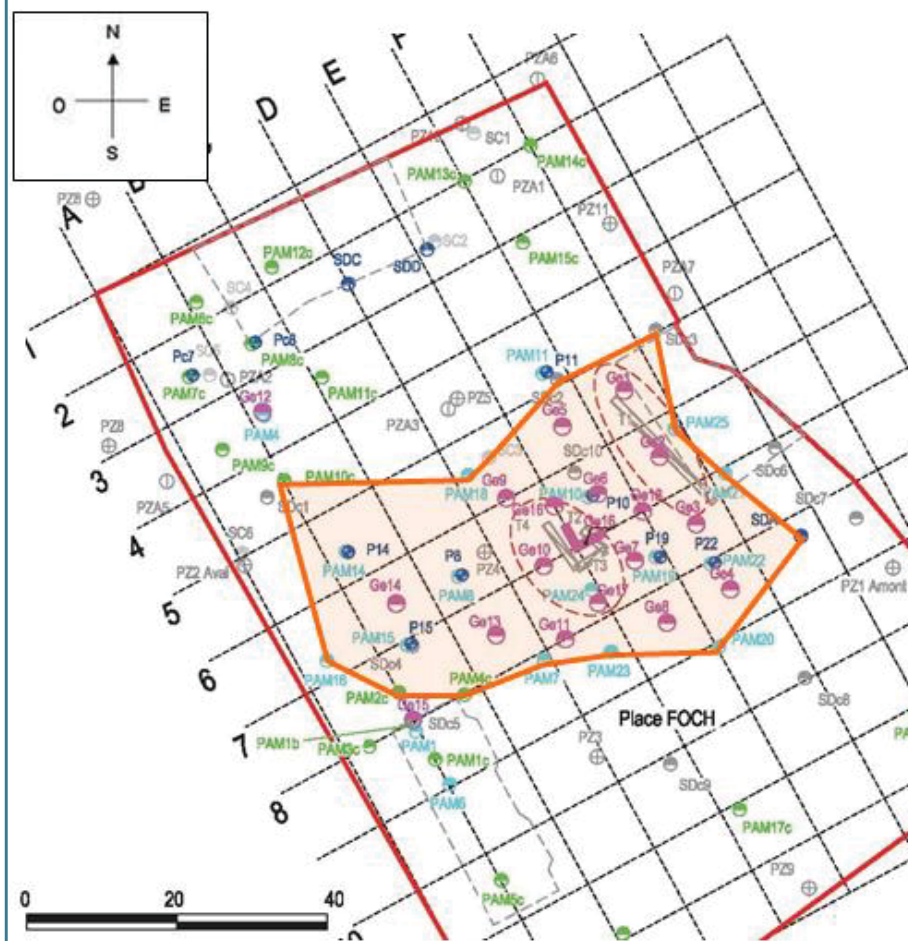
# Site de la SUTE



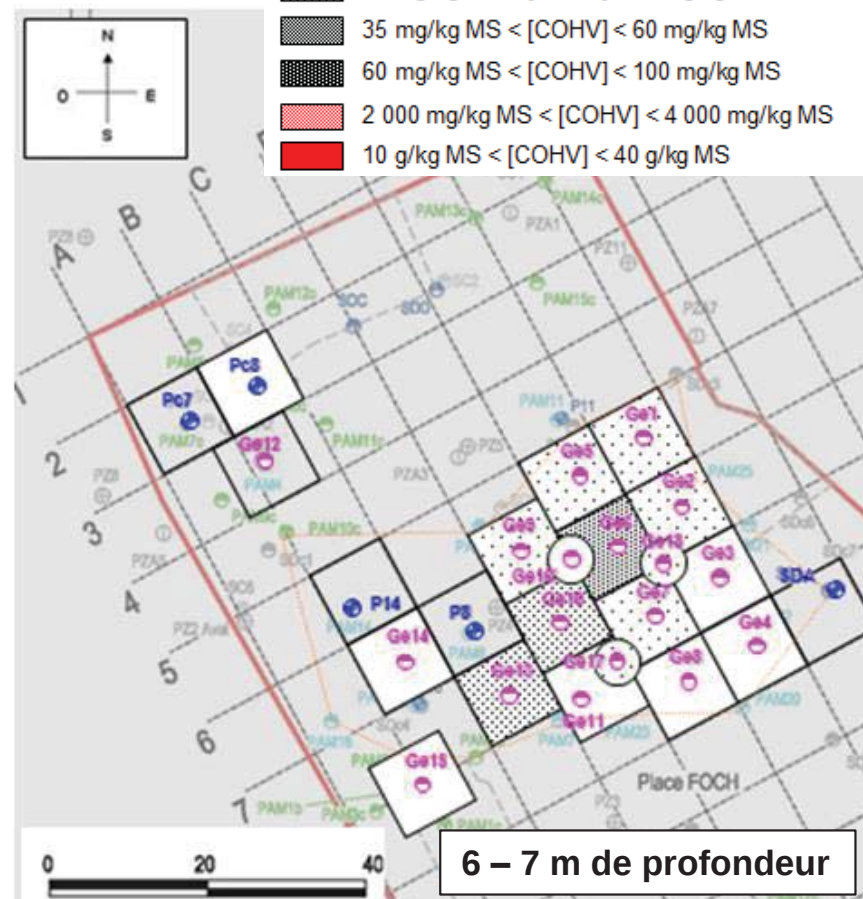
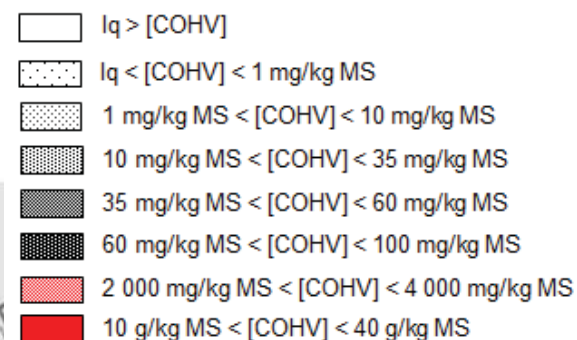
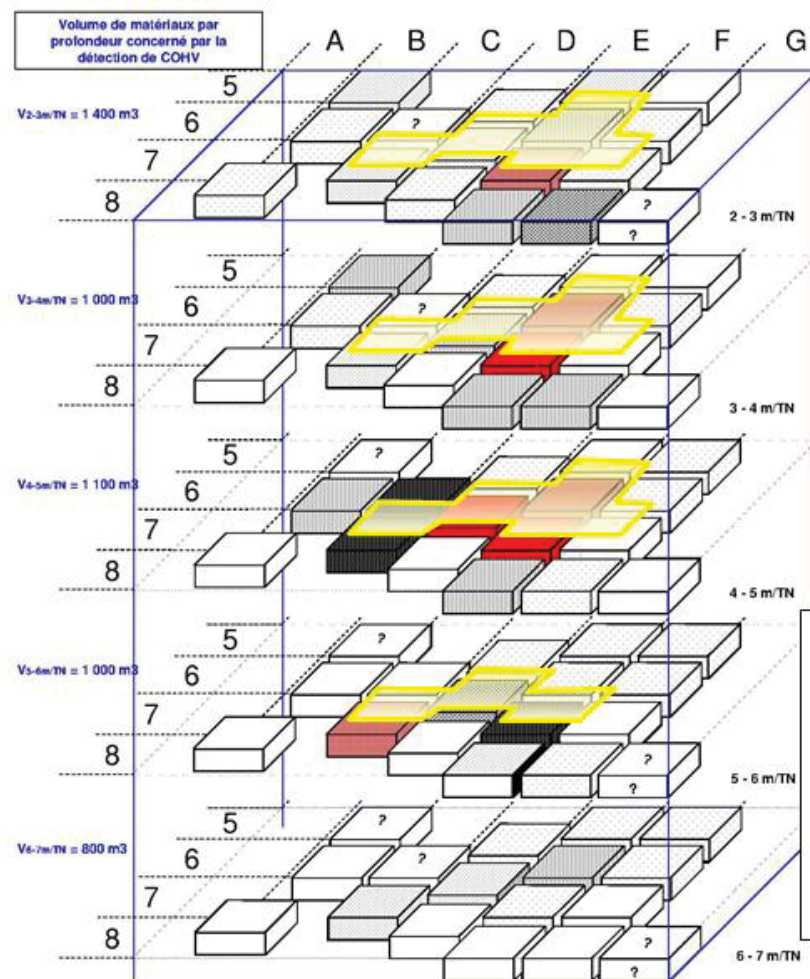
# Site de la SUTE



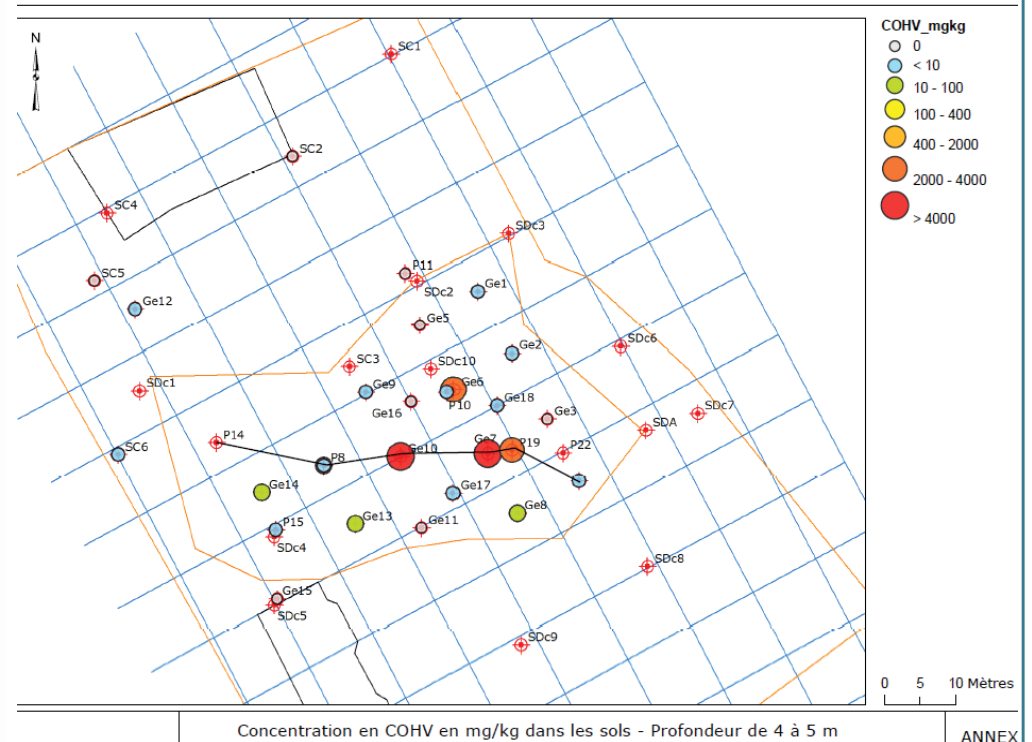
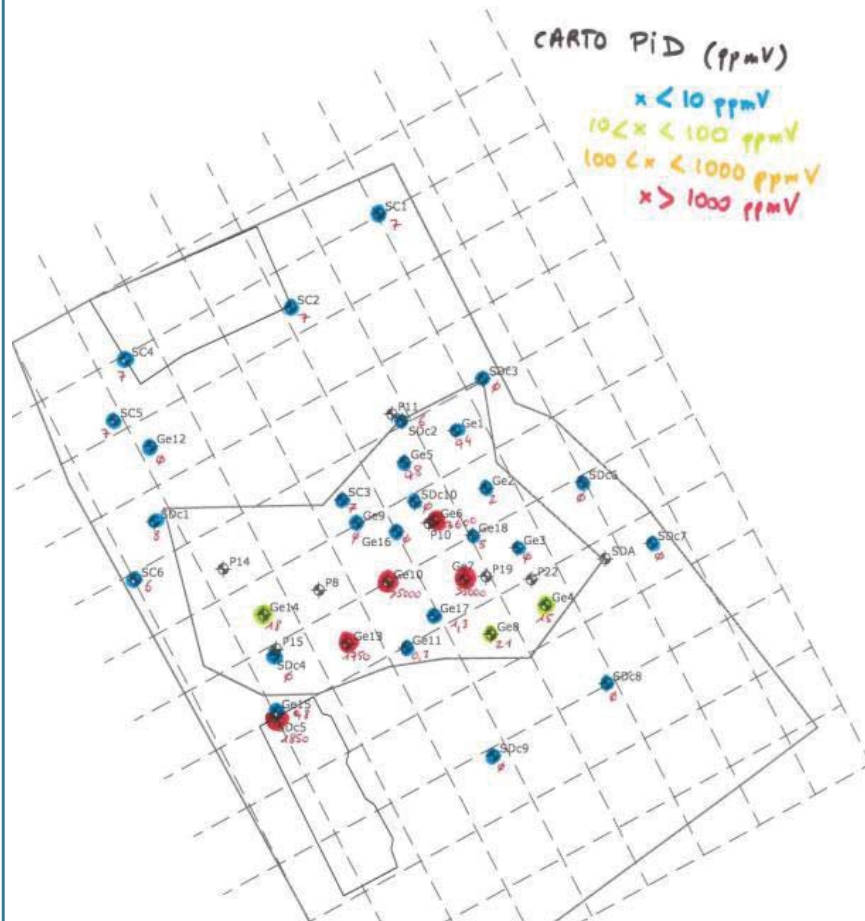
# Site de la SUTE



# Site de la SUTE



# Site de la SUTE

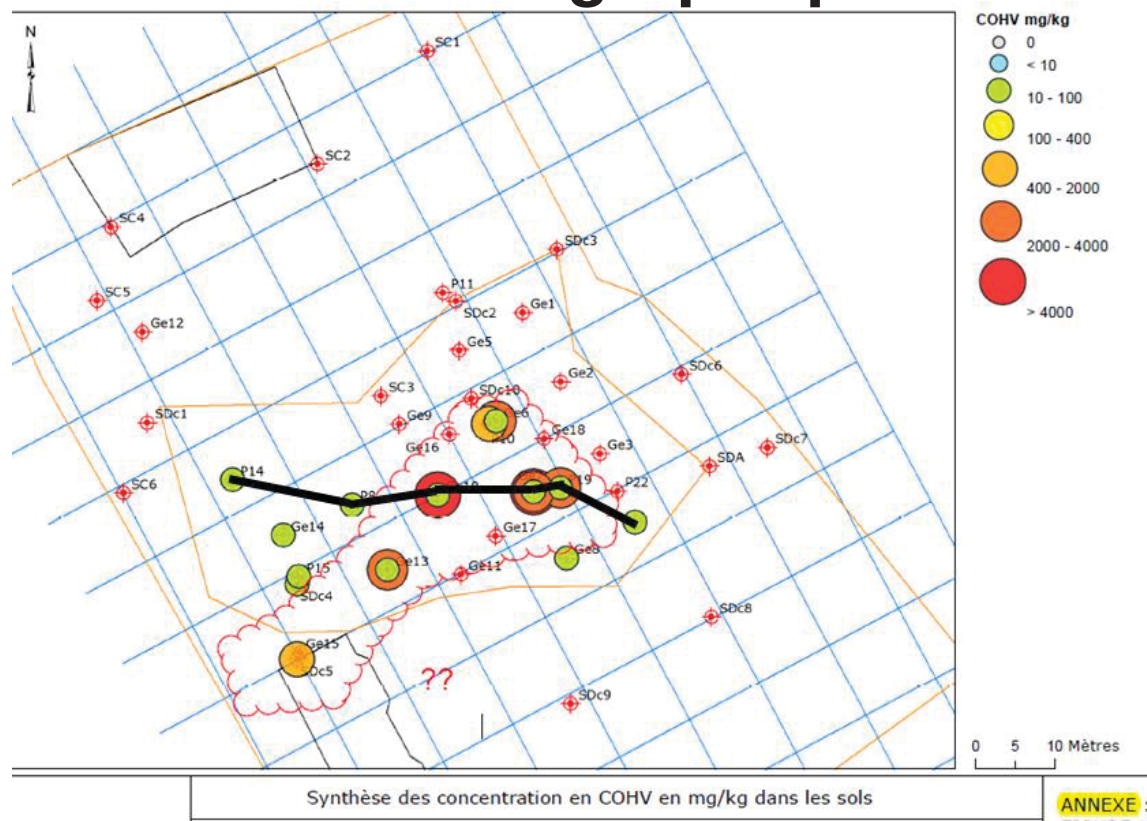


Gamme de concentrations choisies avec l'analyse statistique

Carte des teneur max par sondage

## Site de la SUTE

### > Méthode n° 1 – Interprétation des constats de terrain et méthode n° 2 – Interprétation cartographique



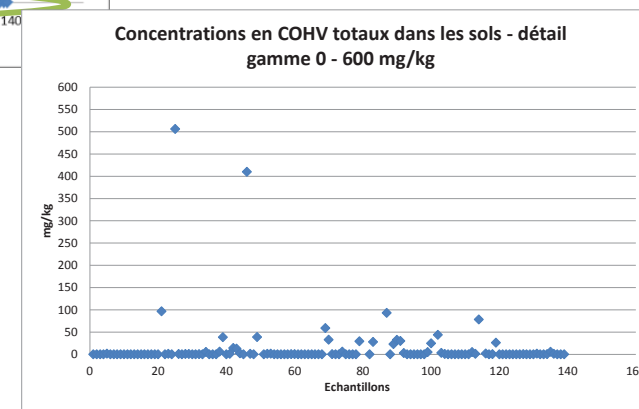
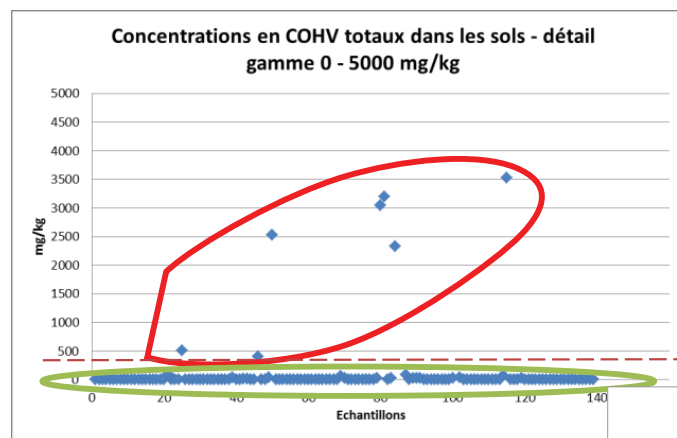
Tracé des isoconcentrations par diverses méthodes d'interpolation non concluant.

Carte des concentration maximales par sondage : Enveloppe de la pollution concentrée.

# Site de la SUTE

## > Méthode n° 3 – Analyse statistique

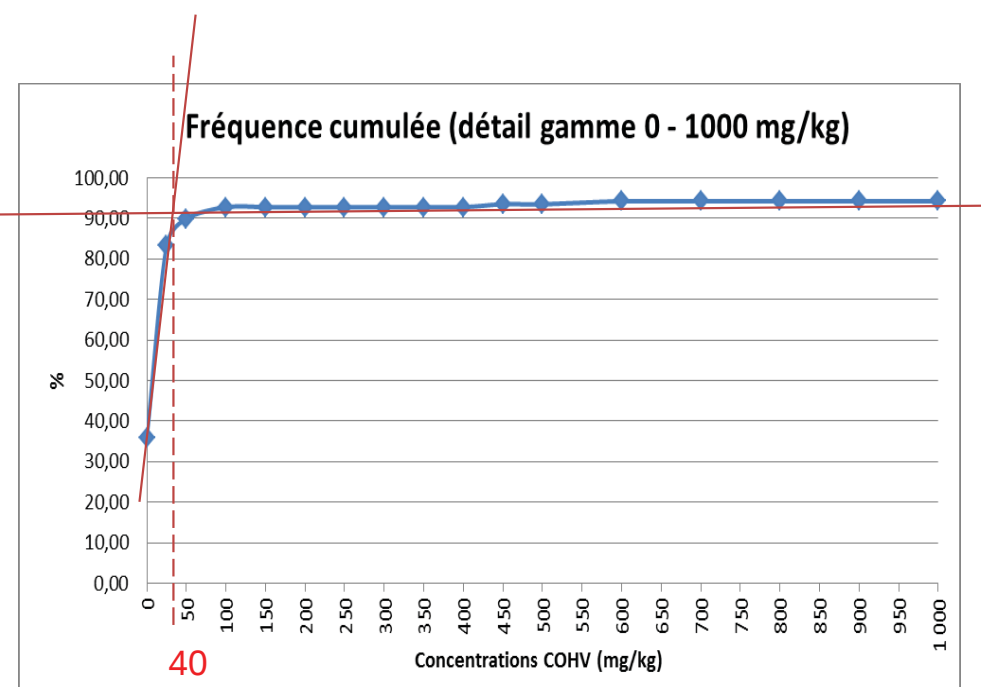
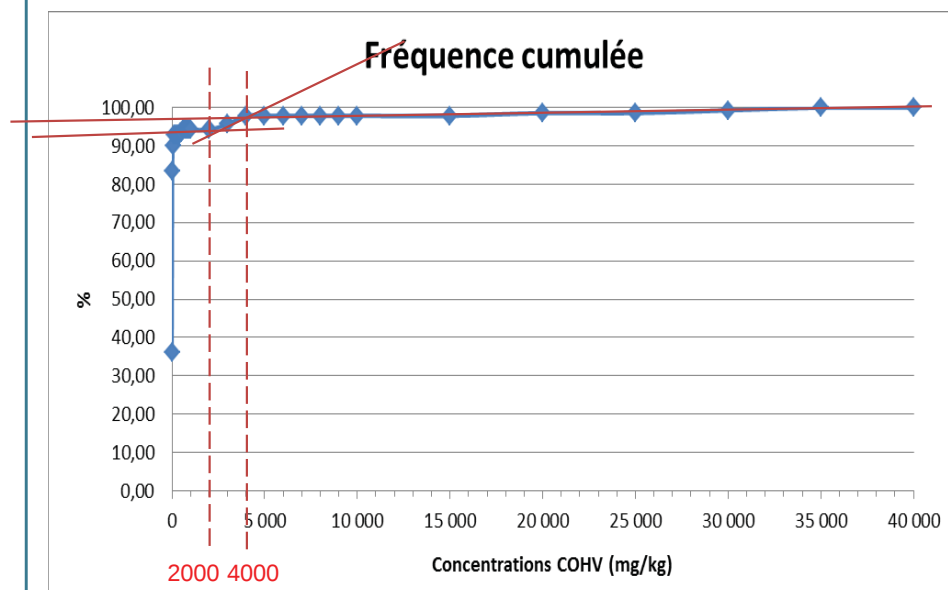
| COHV          | mg/kg  |
|---------------|--------|
| min           | 0      |
| max           | 33 644 |
| moyenne       | 653    |
| mediane       | 0,1    |
| percentile 25 | 0,0    |
| percentile 50 | 0,1    |
| percentile 60 | 0,3    |
| percentile 70 | 1      |
| percentile 75 | 3      |
| percentile 80 | 6      |
| percentile 85 | 28     |
| percentile 90 | 47     |
| percentile 91 | 70     |
| percentile 94 | 479    |
| percentile 95 | 2 351  |



2 populations de valeurs : 0-40 ppm et >40 ppm

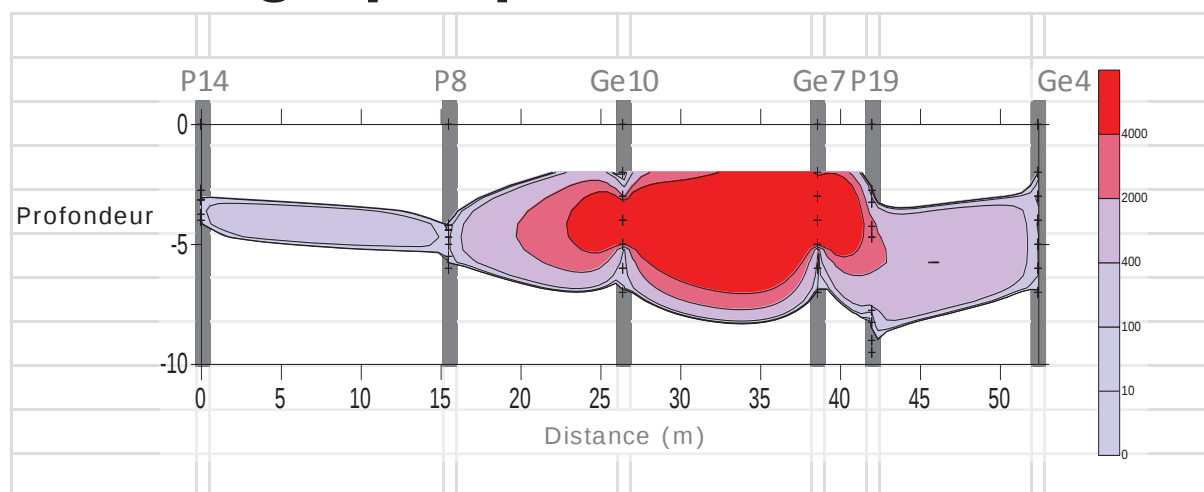
## Site de la SUTE

### > Méthode n° 3 – Analyse statistique

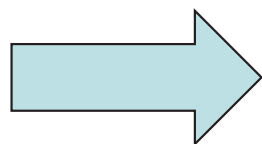


## Site de la SUTE

### > Méthode n° 1 – Interprétation des constats de terrain et méthode n° 2 – Interprétation cartographique



Position de la zone concentrée selon les seuils de coupure issus de l'analyse statistique

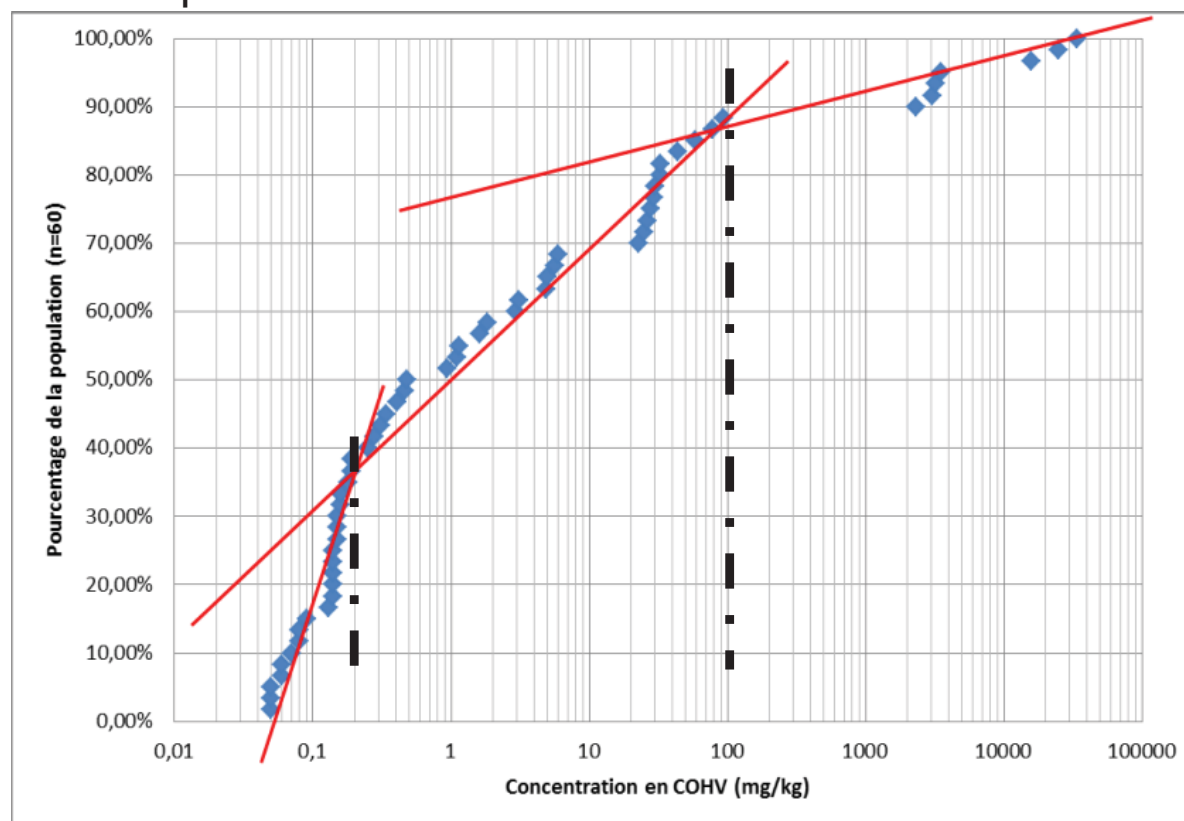


Seuil de coupure vers 2 000 mg/kg

## Site de la SUTE

### > Délimitation de la zone source / pollution concentrée :

- En première approche, étude de la répartition des concentrations afin de définir différentes populations de concentrations : Utilisation de ruptures de pente



| Percentiles   | Concentrations en mg/kg MS |
|---------------|----------------------------|
| Percentile 50 | 1                          |
| Percentile 75 | 28                         |
| Percentile 90 | 2403                       |
| Percentile 95 | 4144                       |

Première gamme de concentrations : inférieure à 0,2 mg/kg

Deuxième gamme de concentration : entre 0,2 et 100 mg/kg

Troisième gamme de concentration : supérieure à 100 mg/kg

## Site de la SUTE

### > **Délimitation de la zone source / pollution concentrée :**

- Bilans massiques pour les COHV à l'aide du plan de maillage pour déterminer un seuil de coupure théorique spécifique au site, tenant compte des masses de polluant et des volumes de sol associés

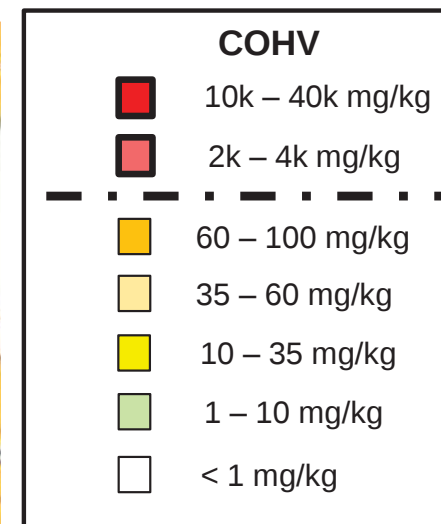
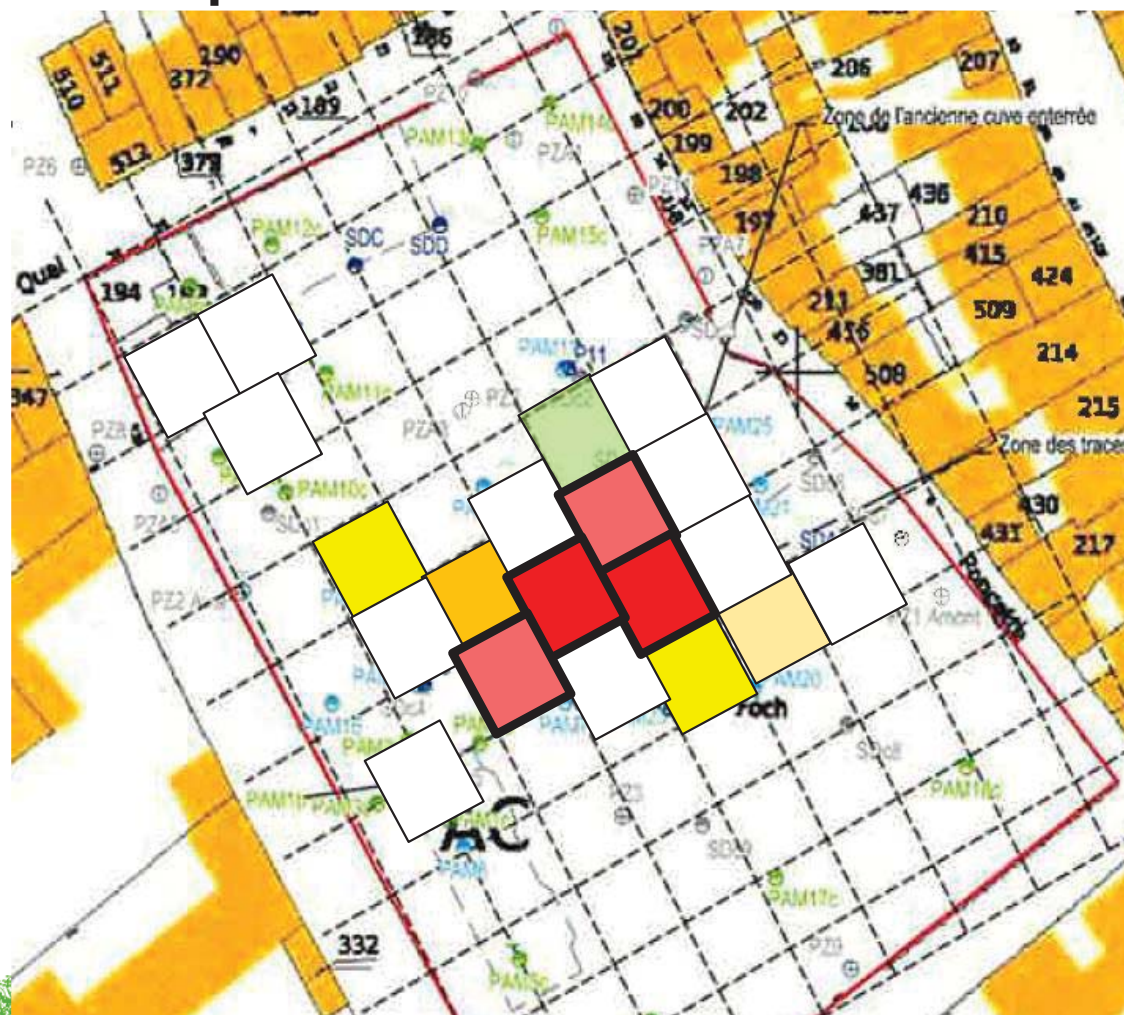
### > **Hypothèse du travail réalisé dans le cadre de cette présentation :**

- Relargage de la pollution et impact sur le panache non considérés dans cet exercice
- Economiquement acceptable non pris en compte dans le cadre de cette présentation

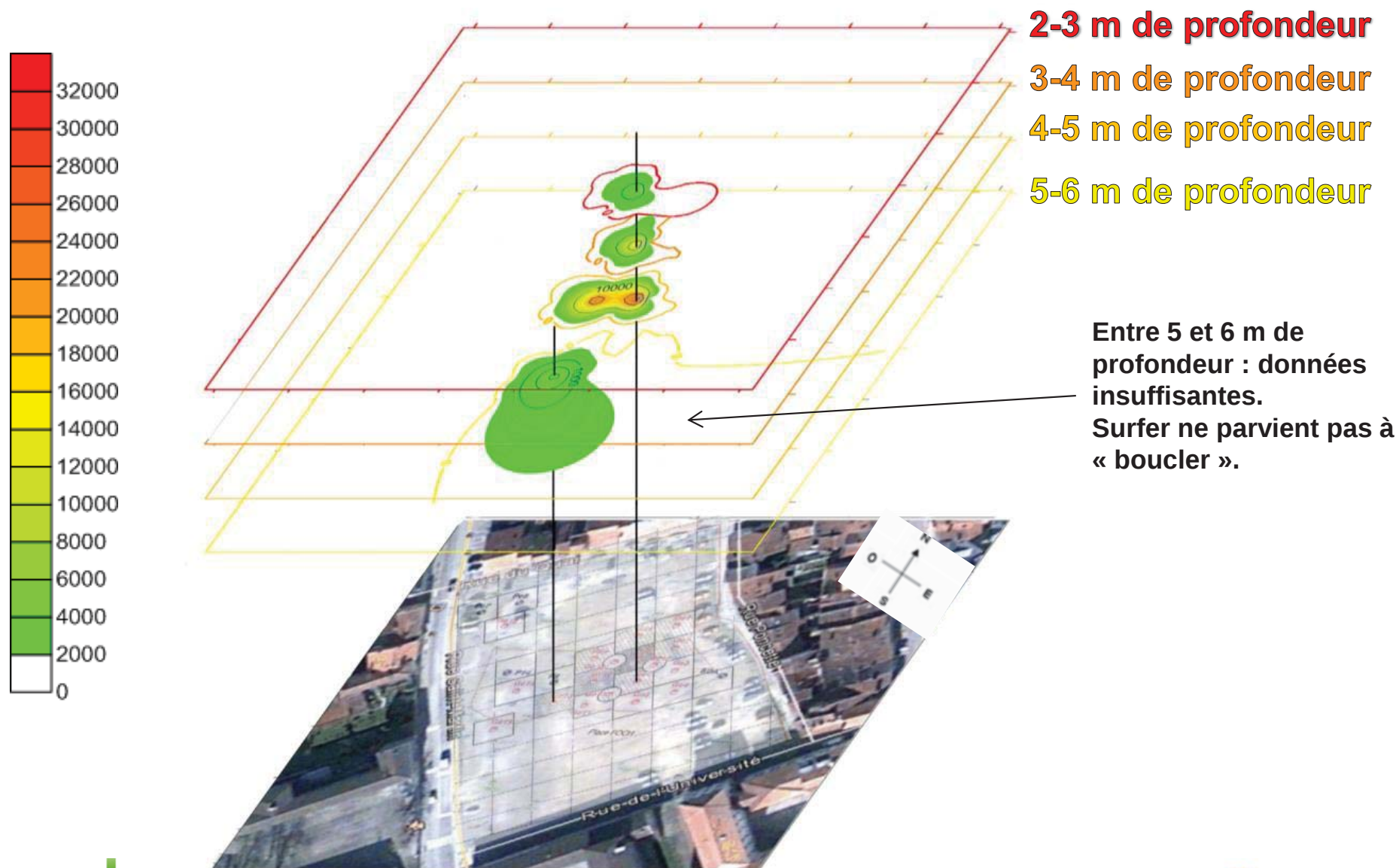
### > **Travail uniquement sur la masse brute de polluant et les volumes de sols associés**

## Site de la SUTE : Plan de maillage

➤ Tous les horizons ont été aplanis sur un même plan dans le cadre de cette présentation



# Courbes d'isoconcentration



## Site de la SUTE

### > Bilans massiques réalisés à l'aide du plan de maillage (COHV)

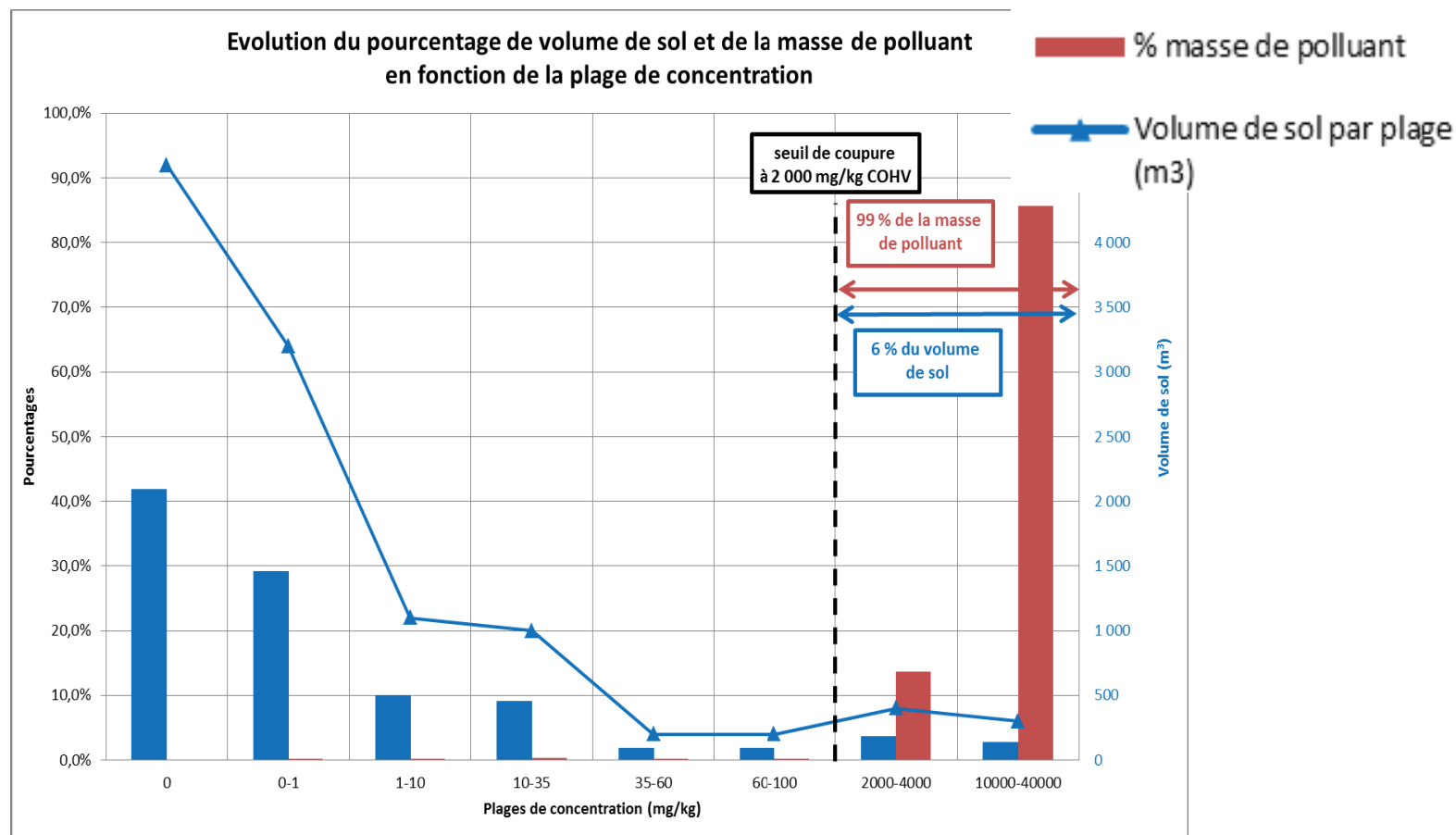
— Bilan réalisable également avec des courbes d'isoconcentration

| Gamme de concentration (mg/kg) | Volume de sol par gamme (m <sup>3</sup> ) | % Volume de sol | Volume de sol cumulé (m <sup>3</sup> ) | % Volume cumulé de sol | Masse HCT par gamme (t) | % masse de polluant | Masse cumulée (t) | % Masse de polluant cumulée |
|--------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|
| 0                              | 4 600                                     | 41,8%           | 11 000                                 | 100,0%                 | 0,00                    | 0,0%                | 15,76             | 100,0%                      |
| 0-1                            | 3 200                                     | 29,1%           | 6 400                                  | 58,2%                  | 0,003                   | 0,0%                | 15,76             | 100,0%                      |
| 1-10                           | 1 100                                     | 10,0%           | 3 200                                  | 29,1%                  | 0,01                    | 0,1%                | 15,76             | 100,0%                      |
| 10-35                          | 1 000                                     | 9,1%            | 2 100                                  | 19,1%                  | 0,04                    | 0,3%                | 15,75             | 99,9%                       |
| 35-60                          | 200                                       | 1,8%            | 1 100                                  | 10,0%                  | 0,02                    | 0,1%                | 15,71             | 99,7%                       |
| 60-100                         | 200                                       | 1,8%            | 900                                    | 8,2%                   | 0,03                    | 0,2%                | 15,69             | 99,5%                       |
| 2000-4000                      | 400                                       | 3,6%            | 700                                    | 6,4%                   | 2,16                    | 13,7%               | 15,66             | 99,4%                       |
| 10000-40000                    | 300                                       | 2,7%            | 300                                    | 2,7%                   | 13,50                   | 85,7%               | 13,50             | 85,7%                       |



## Site de la SUTE

### > Etude de l'évolution des pourcentages de masse de polluant et de volume de sol associés



**Seuil de coupure « théorique » sans prise en compte de l'économiquement acceptable et du relargage dans le cadre de cette présentation**

## Plan

- > **Présentation du contexte (ADEME)**
- > **Exemple illustratif 1 : Site UFP à Dieulouard**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Exemple illustratif 2 : Site SUTE à Pont-à-Mousson**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Conclusion**
- > **Présentation des guides méthodologiques**
  - BRGM
  - UPDS

## Conclusion des approches proposées

### > DES RESULTATS COHERENTS/CONVERGENTS

- Entre les différentes approches (bilan masse, seuil...)
  - Entre les différents opérateurs
- => Les outils ont montré leur robustesse sur des sites réels

### > DE VERITABLES OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR

- Définir/circonscrire/dimensionner une pollution concentrée
- Mieux borner une action sur ces pollutions concentrées à partir d'éléments factuels
- Fixer des objectifs d'action complémentaires à ceux issus des ARR et de la faisabilité technique
- Alimenter le bilan coût/avantage
- Eclairer les prises de décision sous un angle différent

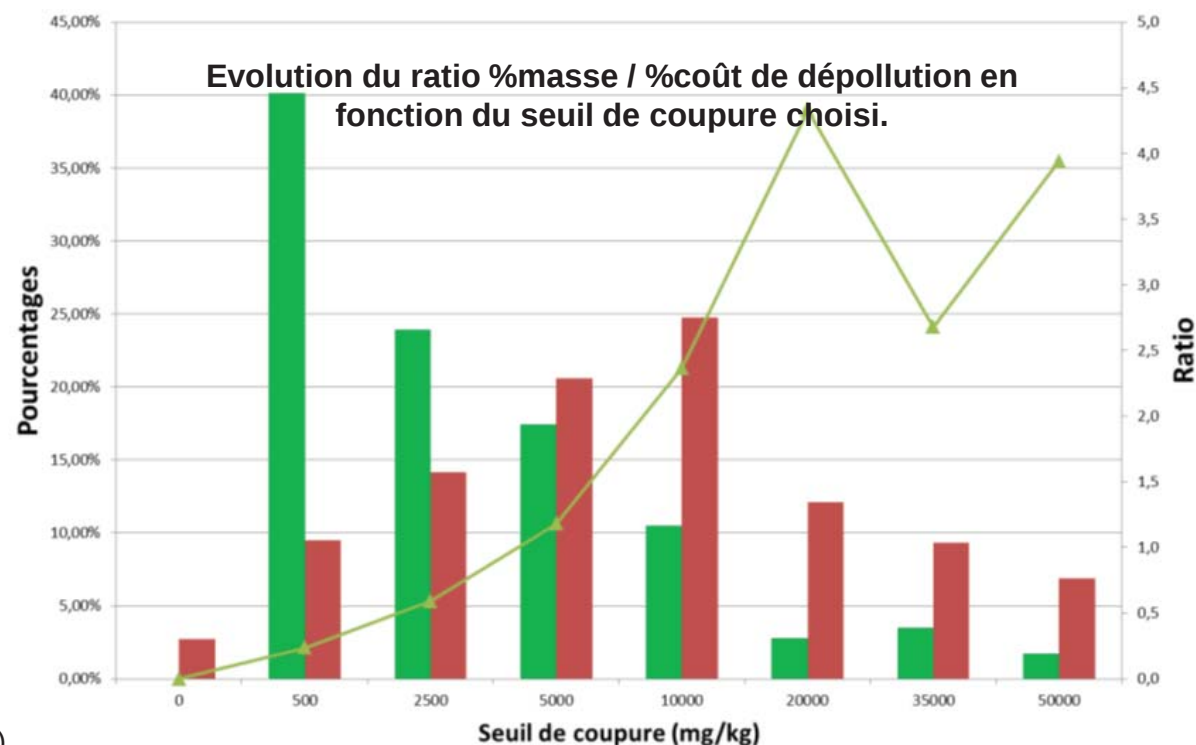
**Détermination des seuils de coupures théoriques spécifiques**

> **Ce seuil de coupure théorique constitue un seuil de dépollution défini indépendamment :**

- de la mobilité des polluants ;
- des objectifs de qualité des milieux ;
- des techniques de dépollution disponibles ;
- des usages du site ;
- des aménagements actuels ou futurs ;
- des aspects financiers.

> **Ces seuils de coupures théoriques peuvent être utilisés comme base des estimations technico-économiques**

■ % coûts par gammes de concentration de pollution  
■ % masses par gammes de concentration de pollution  
▲ Ratios : %masse/%coût



## Plan

- > **Présentation du contexte (ADEME)**
- > **Exemple illustratif 1 : Site UFP à Dieulouard**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Exemple illustratif 2 : Site SUTE à Pont-à-Mousson**
  - Présentation du site (ADEME)
  - Interprétation des résultats (UPDS / BRGM)
- > **Conclusion**
- > **Présentation des guides méthodologiques**
  - BRGM
  - UPDS

**> Guide BRGM :**

***Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution***

(Lion F., Colombano S., Aubert N., Boissard G.)

Rapport RP-64350-FR à paraître dans les semaines à venir sur le site du MEDDE et du BRGM

**> Plan :**

- 1. Contexte et objectifs**
- 2. Enjeux**
- 3. Illustration des enjeux à l'aide d'un exemple**
- 4. Produits purs : définition et intérêt de les retirer** *(inclus la démonstration de l'impossibilité de définir des valeurs seuils génériques)*
- 5. Géostatistique et bilans massiques**
- 6. Le principe de Pareto**
- 7. Définir les volumes à dépolluer : travailler sur la masse brute de polluant**
- 8. Définir les volumes à dépolluer : travailler sur les potentiels et les flux de relargage**
- 9. Les bilans massiques dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués**
- 10. Conclusions et perspectives**

## GT Pollution Concentrée de l'UPDS

Texte du 8 février 2007, annexe 2 :

« Lorsque des **pollutions concentrées** sont identifiées [...] la **priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées**, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place »

### Comment définir une pollution concentrée???

Réflexion interne à l'UPDS qui a abouti à :

- la **définition** de la **pollution concentrée**
- la création d'une « **Boîte à outils** »
- Partage de cette boîte à outils avec le MEDDE, le MEDEF, le BRGM, l'INERIS et l'ADEME

## La Boîte à outils

**> Une série de 6 fiches comportant chacune :**

1. Objectifs,
2. Présentation de la méthode,
3. Limites et incertitudes associées à la méthode,
4. Exemples de mise en application

**> Fiche 1 : Exploitation des constats de terrain**

**> Fiche 2 : Interprétation cartographique**

**> Fiche 3 : Analyse statistique**

**> Fiche 4 : Bilan massique**

**> Fiche 5 : Détermination de la présence d'une phase organique dans les sols**

**> Fiche 6 : Approche géostatistique**

**Retrouvez tous les travaux du GT  
pollution concentrée de l'UPDS sur  
notre site :**

**[www.upds.org/ressources/bibliotheque  
/travaux-gt-pollution-concentree](http://www.upds.org/ressources/bibliotheque/travaux-gt-pollution-concentree)**

**Ou en flashant le QR-code :**



**Merci de votre attention**