

La cartographie géostatistique des risques sanitaires dans la reconversion des friches (projet Cartorisk)

Etude méthodologique sur sites réels et
conditions de mise en œuvre opérationnelle



V. Croze



H. Demougeot-Renard



C. Fauchaux

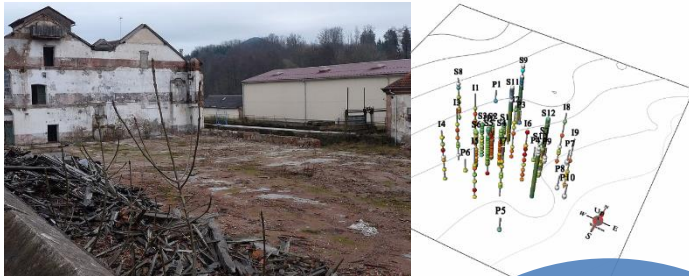


D. Pitaval

S. Traverse

Contexte du réaménagement des friches

Site contaminé



Recherche d'un optimum *risques – coûts*

- Optimisation des coûts de gestion de la pollution
- Compatibilité des usages avec la pollution résiduelle

Risques sanitaires

$$QD = \frac{DJE}{VTR} > 1$$
$$ERI = DJE \times ERU > 10^{-5}$$

Quel
(ré)aménagement
optimum ?

Coûts de
gestion de
la pollution

Projets de
réaménagement



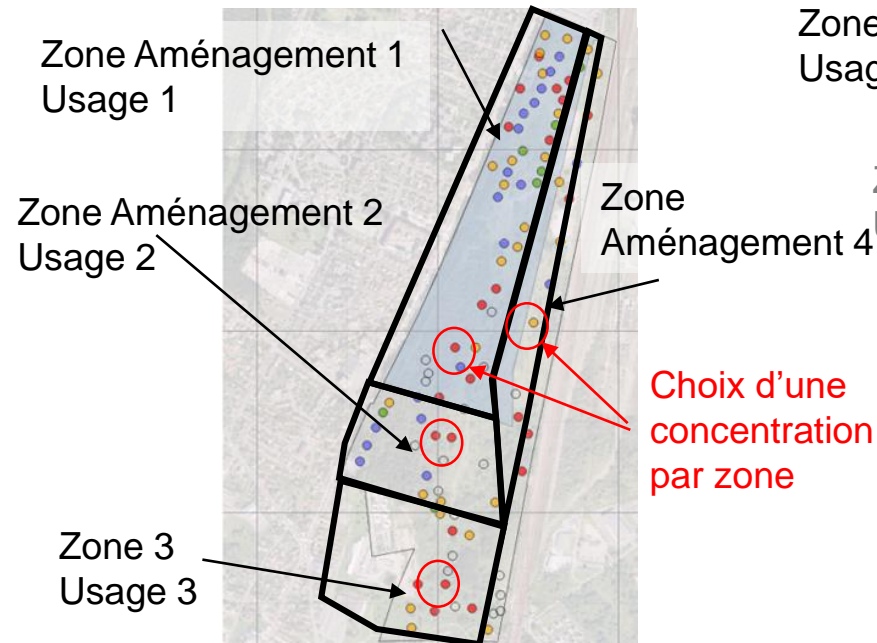
Démarche classique de cartographie des risques

Cartorisk

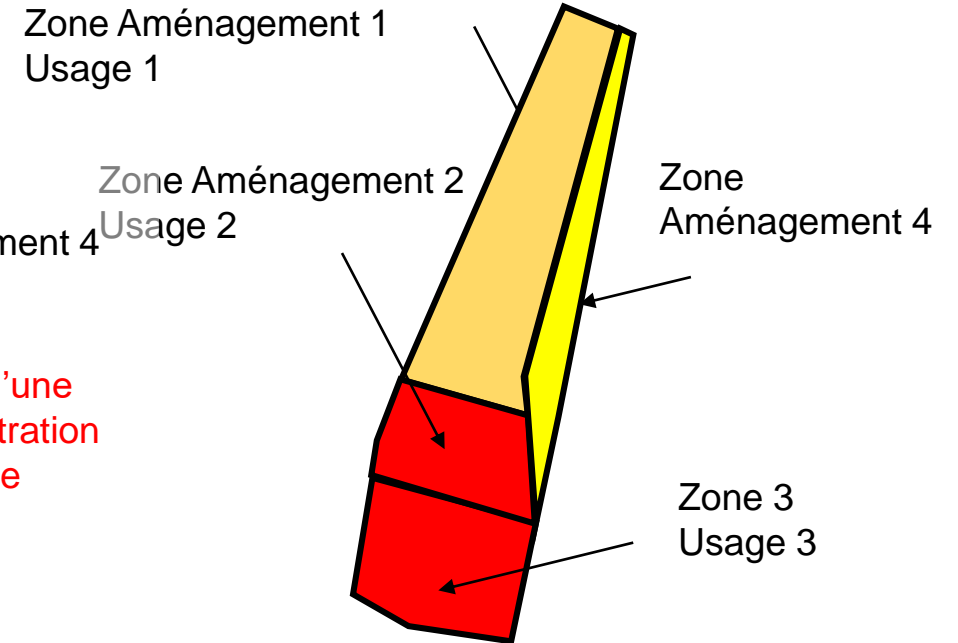
Données de diagnostic



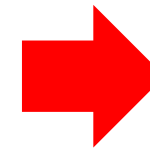
Choix d'une concentration par zone
Max? Percentile ? Moyenne?



Risques par zone
Représentativité? Incertitudes?



- Fastidieux, pas d'automatisation, calculs répétés pour tout plan
- Pas de flexibilité, calculs figés pour des plans prédéfinis
- Pas de prise en compte rigoureuse de la variabilité spatiale et de l'incertitude
- Conclusions sujettes à de multiples discussions (calculs manuels)

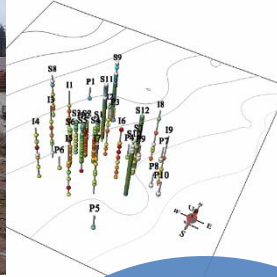


Incidence forte sur le projet et les coûts pour le propriétaire et/ou l'aménageur

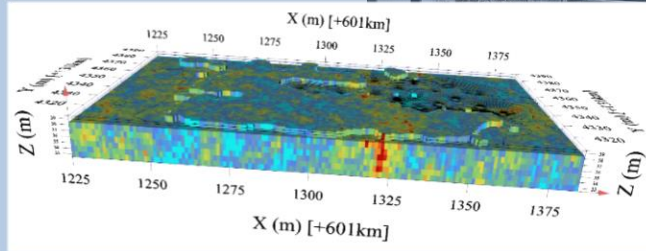
Coupler modèles géostatistiques et risques sanitaires

- Automatiser les calculs pour plus de rapidité et de flexibilité
- Prendre en compte la variabilité spatiale de la pollution et l'incertitude d'estimation
- S'adapter au processus décisionnel du réaménagement

Site contaminé



Modèle de la pollution



Risques sanitaires

$$QD = \frac{DJE}{VTR} > 1$$
$$ERI = DJE \times ERU > 10^{-5}$$

Quel
(ré)aménagement
optimum ?

Coûts de
gestion de
la pollution

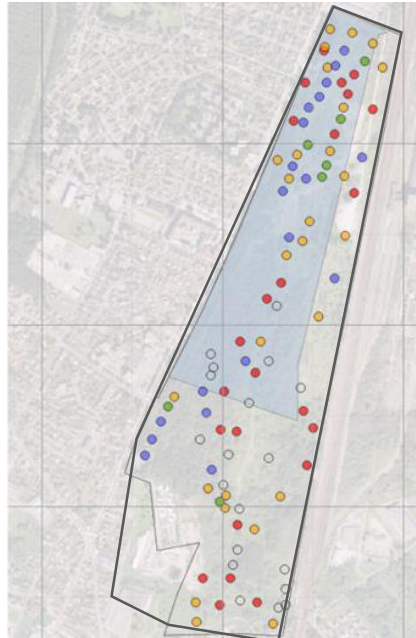
Projets de
réaménagement



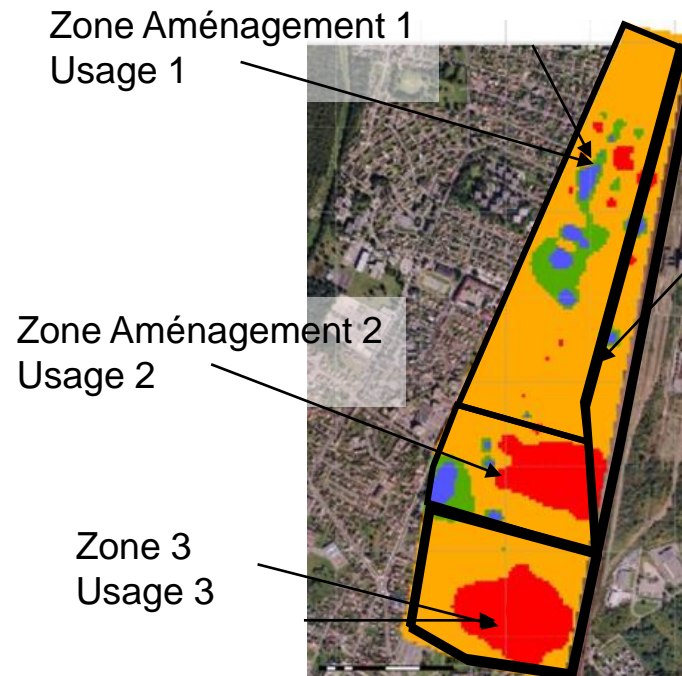
Cartorisk

Démarche de cartographie géostatistique des risques

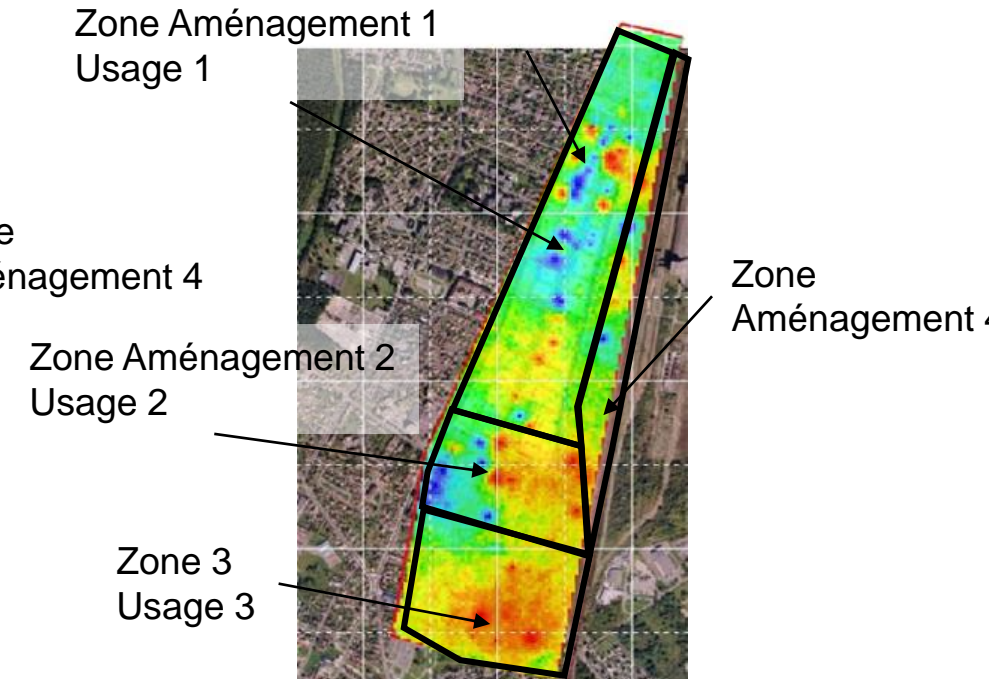
Données de
diagnostic



Analyse géostatistique des pollutions
Répartition des concentrations



Acceptabilité des risques et
Probabilités



Proba (QD > 1)
Proba (ERI > 10⁻⁵)

Buts et organisation du projet **Cartorisk**



Elaborer une démarche de cartographie des risques

- Adaptée aux caractéristiques des projets courants de reconversion des friches
- Testée et validée sur deux sites réels contrastés
- Définir des solutions techniques au couplage

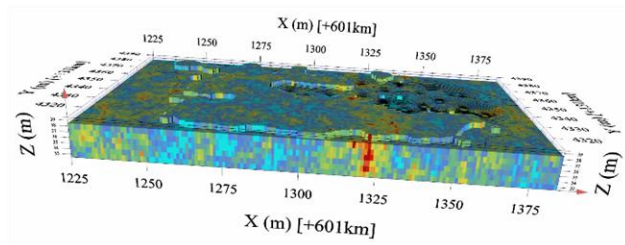
Définir des conditions d'utilisation opérationnelle

- Débattre avec un comité d'aménageurs
- Intégrer la cartographie dans le processus décisionnel
- Mettre en balance les risques et les coûts

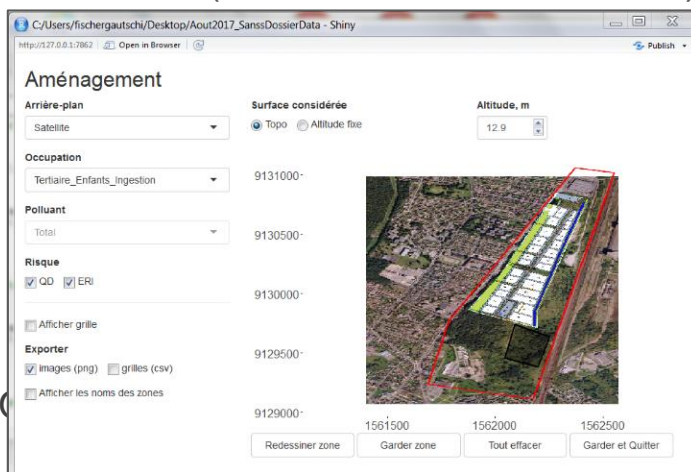
Choix méthodologiques

- Etude préalable requise
- Développement d'un code spécifique

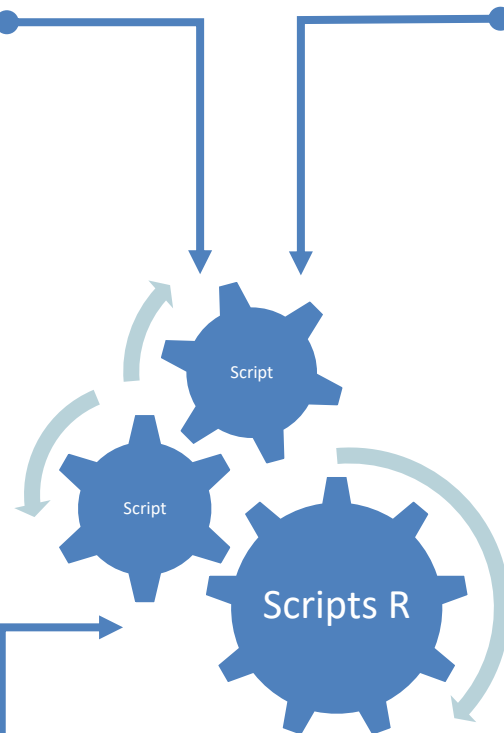
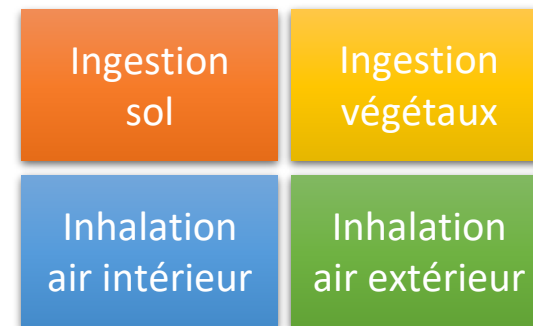
Simulations 3D des polluants
(format de différents logiciels)



Scénarios d'exposition et
plans de réaménagement
(fichiers csv ou interactifs)



Paramètres de risques et
transfert pour 4 voies
d'exposition (feuilles Excel)



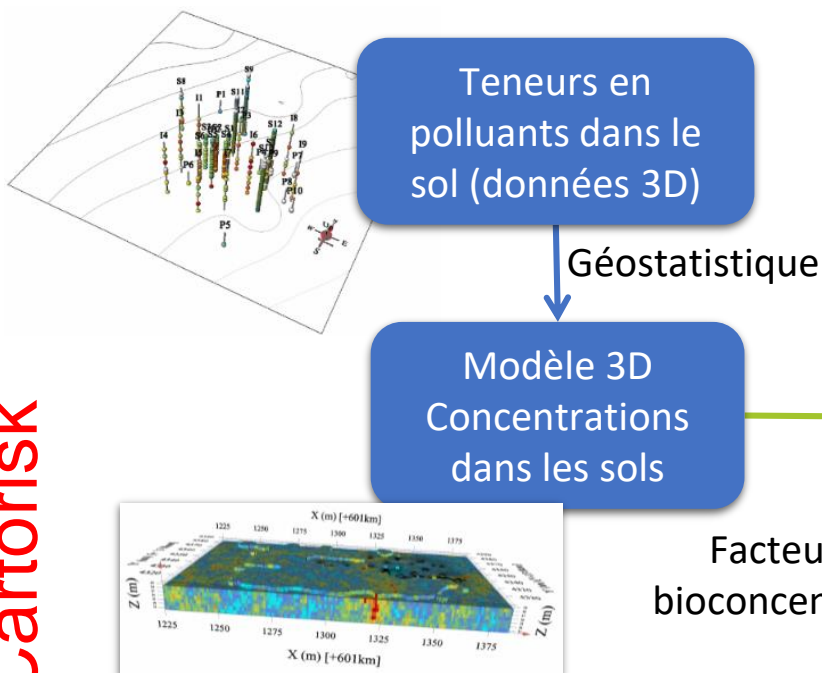
Cartographies 2D
des risques



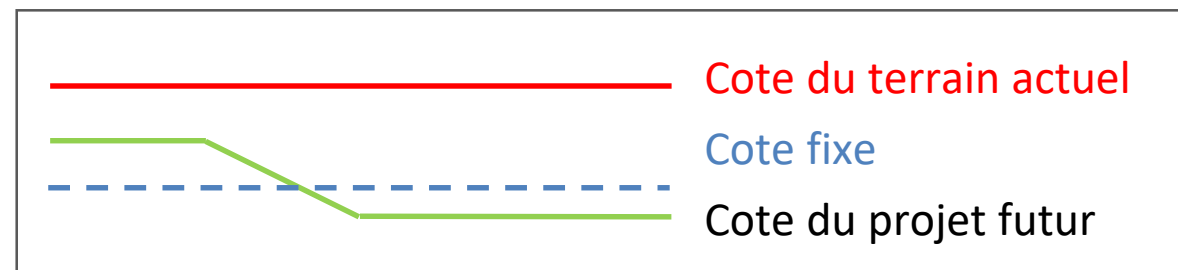
Exposition par ingestion de sols et végétaux

- Concentration maximale à la cote sol du projet dans le premier mètre de terrain
- Application des équations usuelles de transfert et exposition à toutes les simulations

ETUDE PRELIMINAIRE



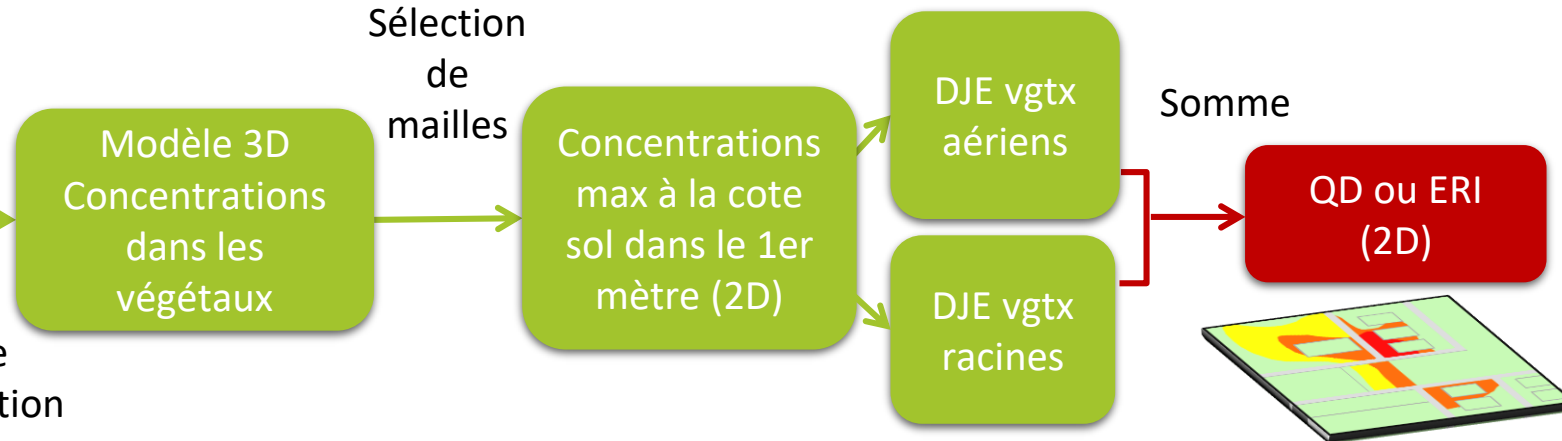
CODE CARTORISK



3D → 2D

Sélection de mailles

Facteur de bioconcentration

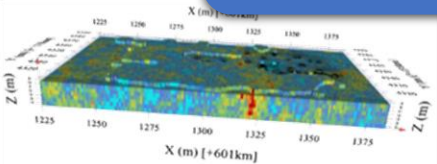
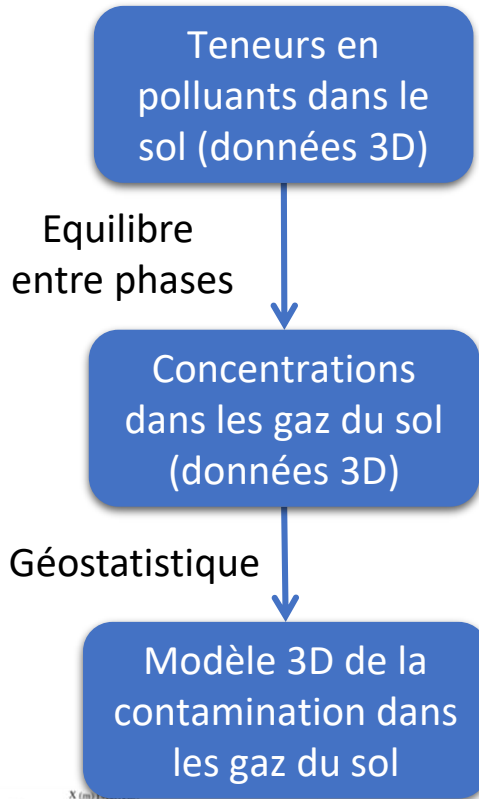


Cartorisk

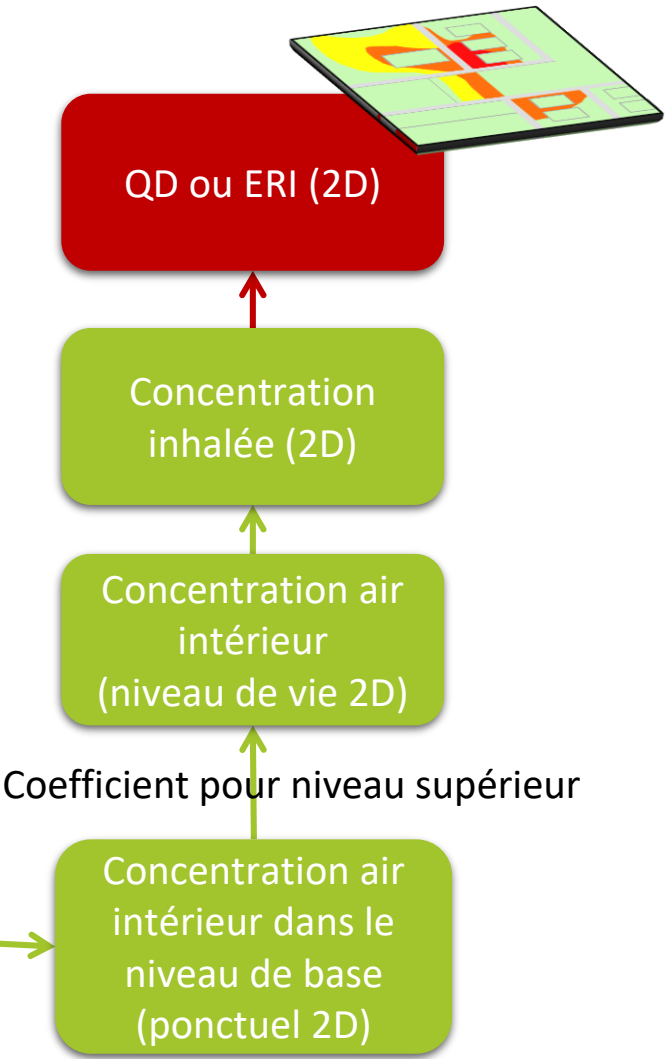
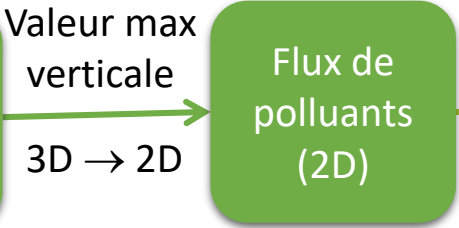
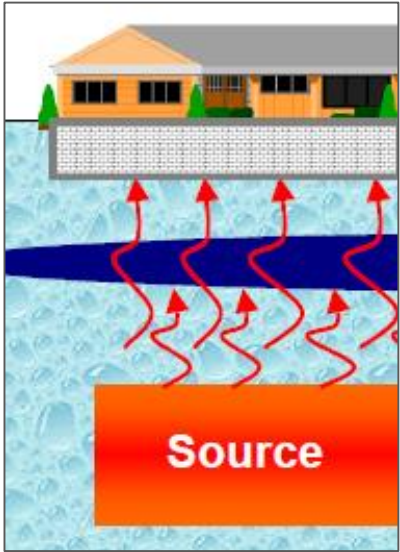
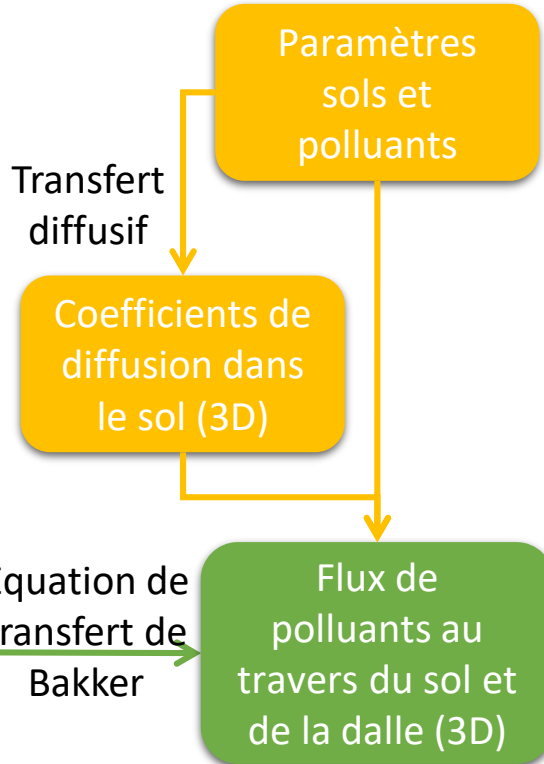
Exposition par inhalation d'air intérieur

Cartorisk

ETUDE PRELIMINAIRE



CODE CARTORISK



Intégration dans le processus décisionnel du réaménagement

Cartorisk

Entrées
possibles

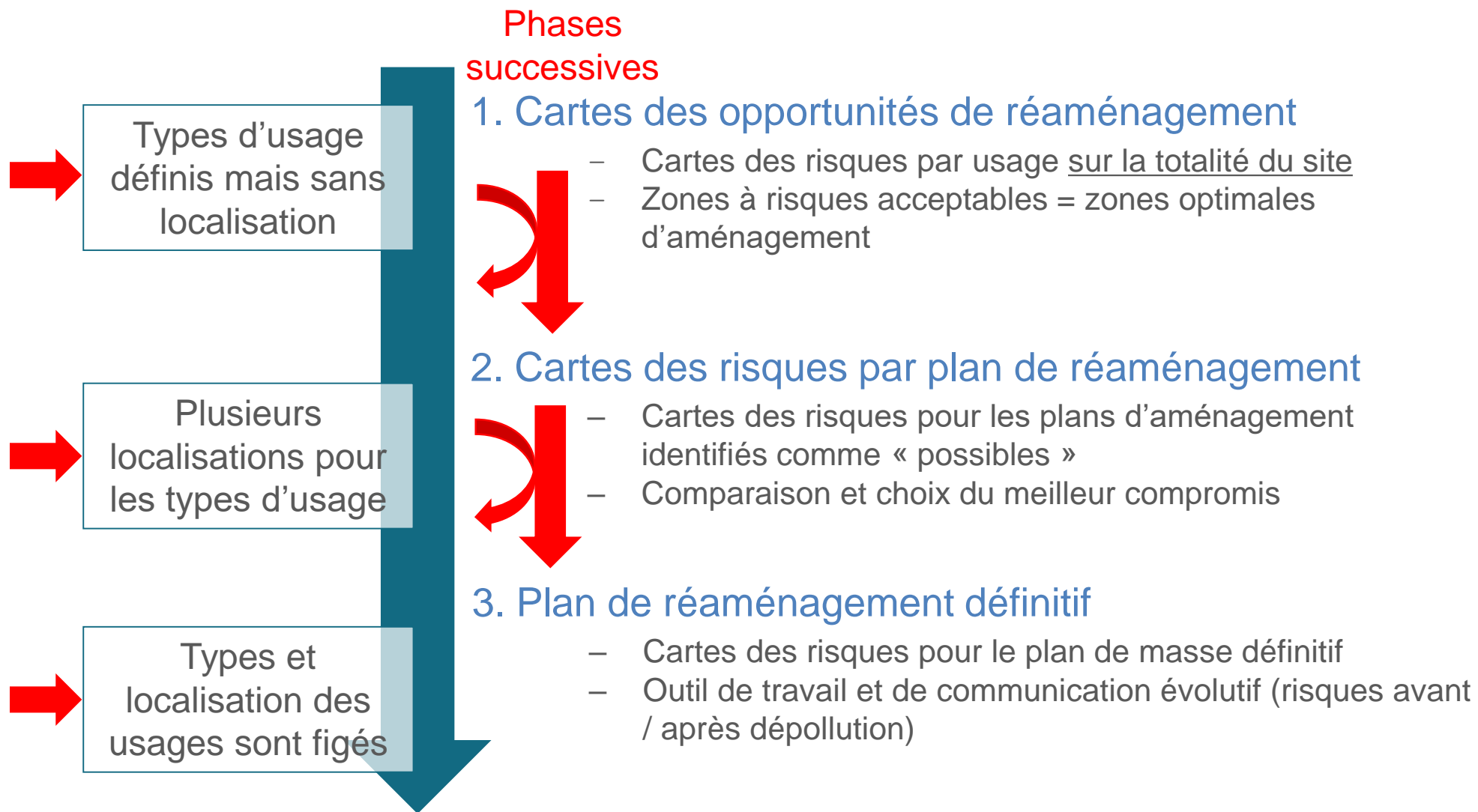
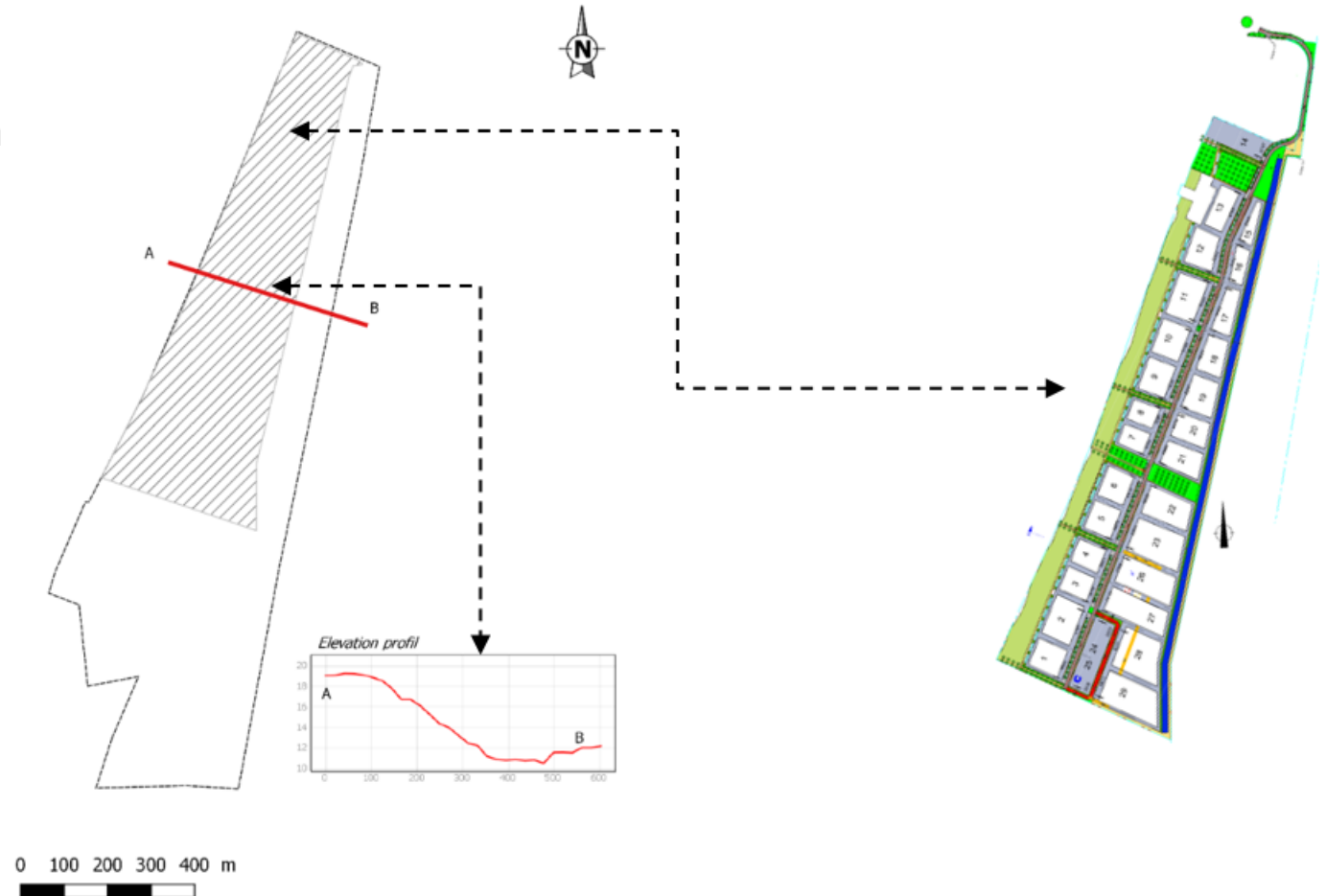


Illustration sur le premier site

- 6 hectares
- Activités de chaudronnerie, bois, fabrication de produits azotés, décharge
- Test de la voie par contact direct (ingestion de sols et végétaux)
- Polluants sélectionnés : Arsenic, Plomb, BaP, HAP, C10-C40
- Cibles : enfants et adultes
- Réaménagement :
 - projet mixte tertiaire et résidentiel avec zones d'espaces verts
 - Aménagement de la partie nord ouest déjà fixée



Cartes krigées des teneurs en polluants

Répartition spatiale la plus probable

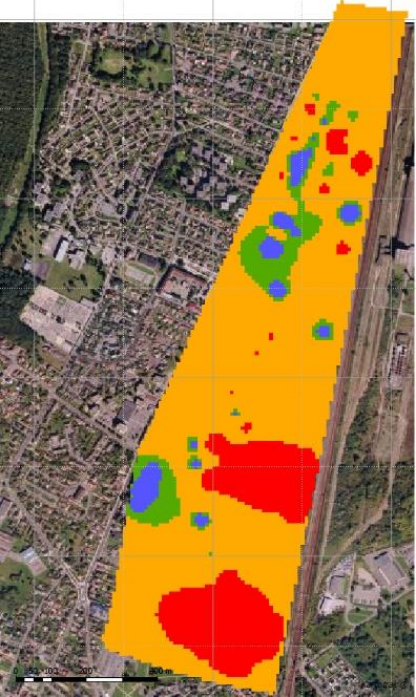
Cartorisk

Arsenic



- [25-60[
- [15-25[
- [0-15[

Plomb



- [300-5800]
- [100-300[
- [50-100[
- [0-50[

Benzo(a)pyrène



- [10-47]
- [7-10[
- [5-7[
- [3-5[
- [1-3[
- [0,5-1[
- [0,25-0,5[
- [0,1-0,25[
- [0,05-0,1[
- [0-0,05[

C10-C40



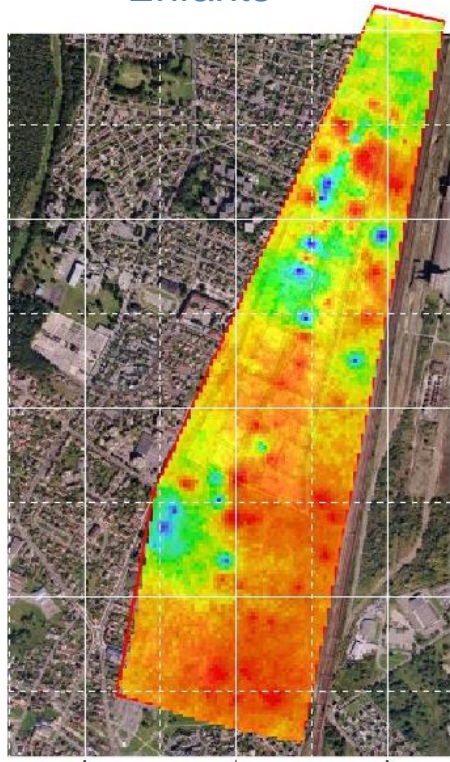
- [1000-1800]
- [500-1000[
- [100-500[
- [50-100[
- [0-50[

Cartes d'opportunité - Usage résidentiel

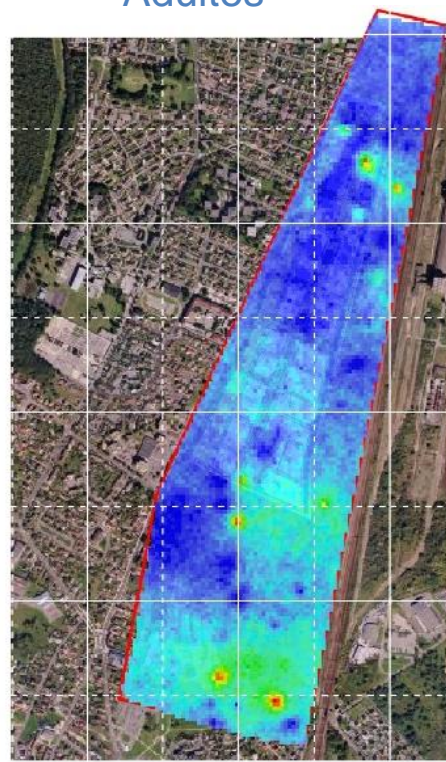
Zones favorables à l'installation de bâtiments résidentiels du point de vue du risque sanitaire

Effets à seuil ($QD > 1$)

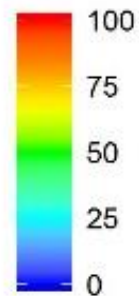
Enfants



Adultes

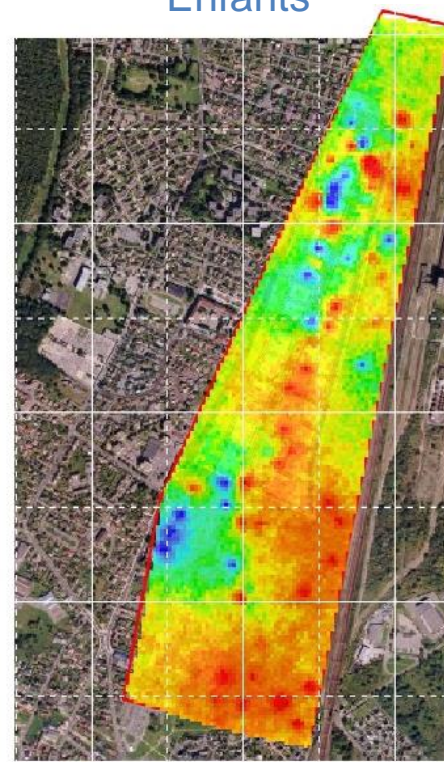


Proba %

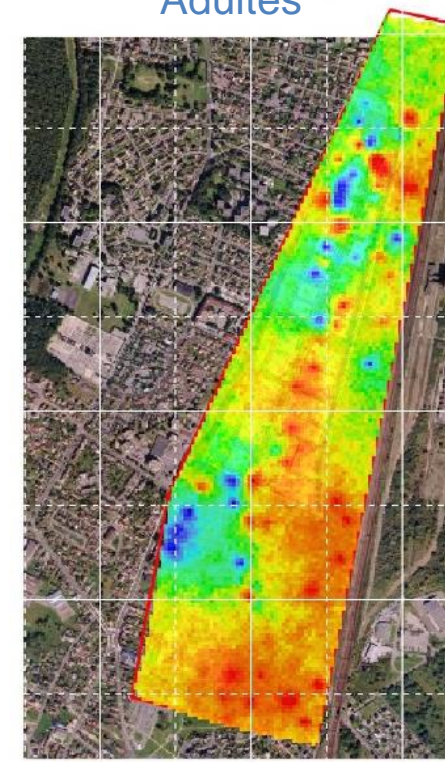


Effets sans seuil ($ERI > 10^{-5}$)

Enfants



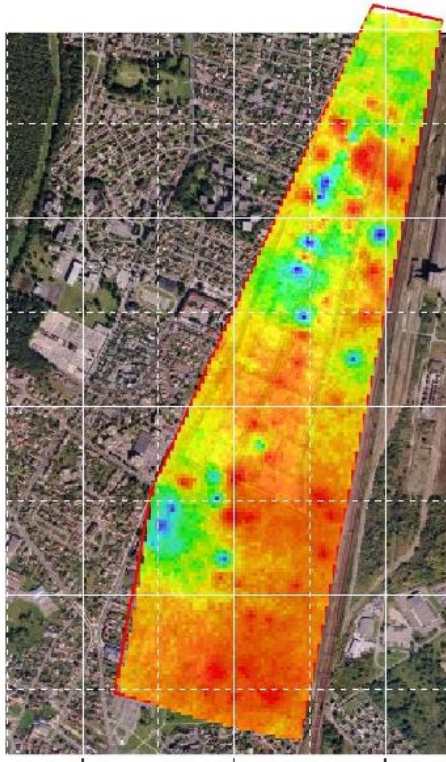
Adultes



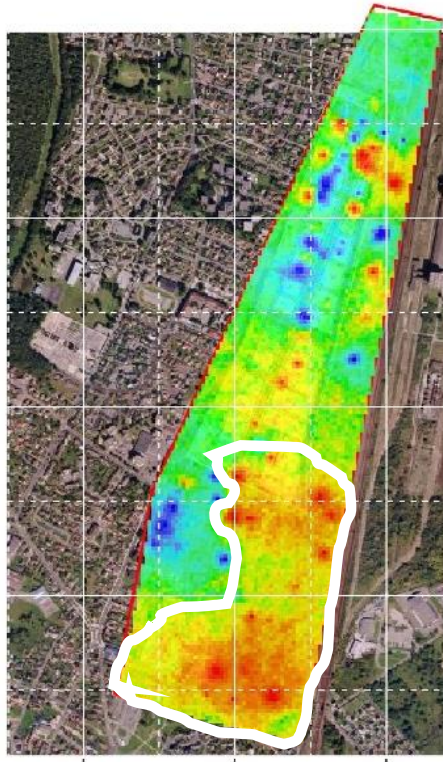
Cartes d'opportunité – Recherche d'un optimum de réaménagement

Cartorisk

Usage résidentiel



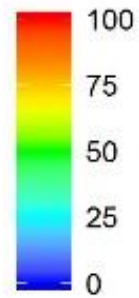
Usage tertiaire
(avec crèche)



Enfants

Effets à seuil

Proba %

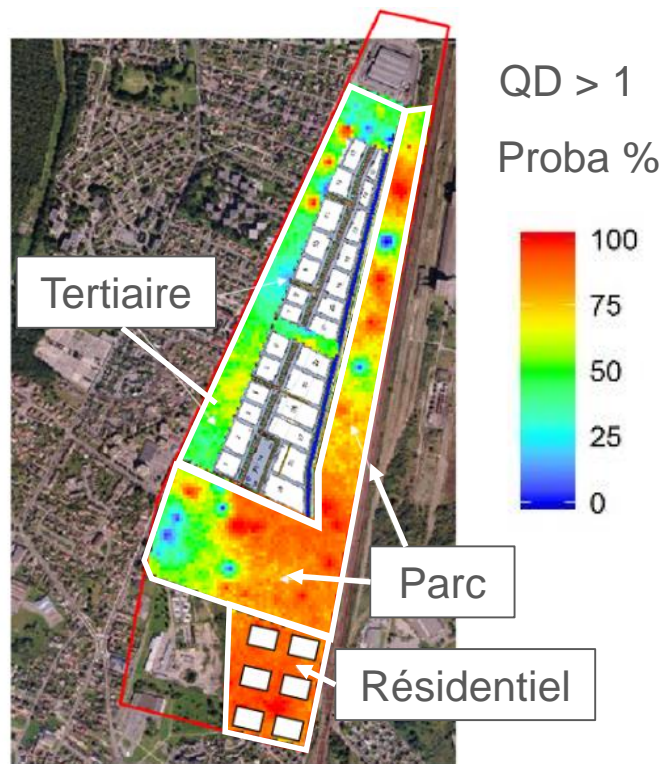


- Résidentiel - Risques élevés (sans dépollution) sur une grande partie du site.
- Tertiaire – Risques élevés dans la partie sud.
- Peut-on limiter les coûts de gestion de la pollution en localisant l'usage tertiaire (plutôt que résidentiel) dans cette zone sud ?
- Le réaménagement en zone résidentielle doit-il être limité spatialement pour limiter les coûts de gestion de la pollution ? Un autre type d'usage doit-il être envisagé ?
- Faut-il prévoir un diagnostic complémentaire pour réduire l'incertitude (zones vertes)?

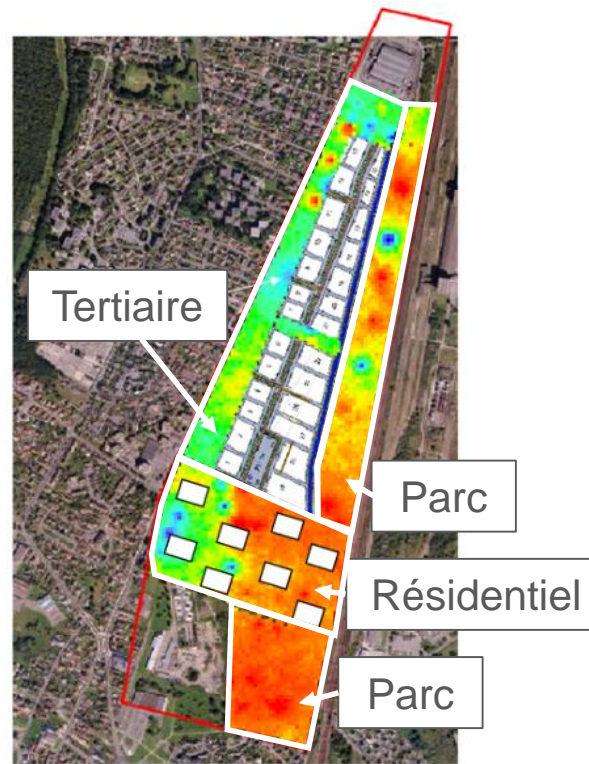
Cartes de variantes de réaménagement

- Localisation des installations déjà fixée
- Evaluation des risques et des coûts pour 2 variantes

Variante 1



Variante 2

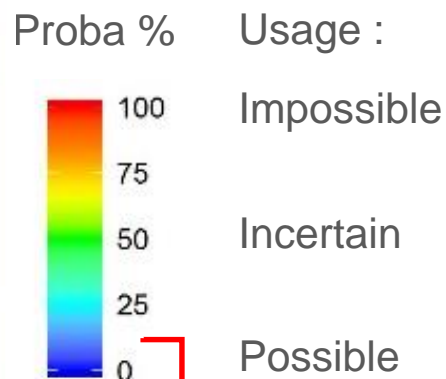
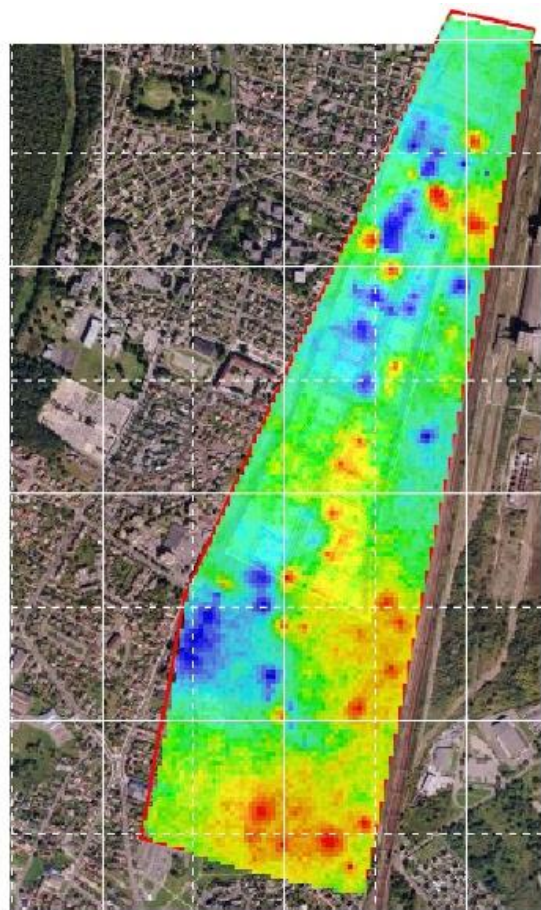


- Risques élevés dans les parcs et zones résidentielles dans les 2 variantes : comparaison des coûts de mesures de gestion pour sélectionner la variante
- Risques incertains dans la zone tertiaire : grande hétérogénéité et/ou échantillonnage insuffisant, prévoir un diagnostic complémentaire

Réflexions et perspectives

Vers une prise en main par les aménageurs

Cartorisk



L'usage est « possible » avec un niveau de confiance de 80%.

Discussion avec le comité d'experts pour des cartes faciles à interpréter

Atelier : 15 mai 2018 à Paris

- Définir une légende «interprétée»
- Accompagner l'aménageur dans la définition des seuils de proba en fonction du niveau de confiance souhaité
- Emettre des recommandations d'échantillonnage complémentaire en fonction de la proba et de l'usage
- Présenter les coûts des mesures de gestion associées aux zones à risques excessifs pour l'usage souhaité.



Informations complémentaires :

helenedemougeotrenard@eode.ch

Tél. 00 41 79 671 96 22

7 chemin de Mont-Riant

CH-2000 Neuchâtel

Tous nos remerciements vont à :

- Hélène Roussel (ADEME)
- Franck Marot (ADEME)
- Aménageurs ayant fourni les sites