

Utilisation de la géostatistique pour la cartographie de la pollution en temps réel

Hélène Demougeot-Renard

eOde

helenedemougeotrenard@eode.ch

www.eode.ch

+41 (0)79 671 96 22

AXELERA
catalyseur de croissance durable

27 Avril 2015 - Lyon

Objectif de l'exposé

Faire un tour d'horizon des possibilités offertes par la géostatistique pour cartographier la pollution en temps réel, en se basant sur les techniques actuelles de mesure sur site, de positionnement GPS et de communication

Plan de l'exposé

1. La géostatistique pour intégrer des mesures sur site très diverses
2. Plusieurs niveaux d'application de la géostatistique aux mesures sur site
3. La géostatistique pour adapter les plans d'échantillonnage
4. Approches intégrées pour des cartographies en temps réel

1. La géostatistique pour intégrer des mesures sur site aux caractéristiques très diverses

<p>Mesures directes ou indirectes de la pollution, de précision variable</p>	<p>XRF Géophysique, Lithologie, Profils microbiens, Paramètres physico-chimiques (Redox, pH, conductivité électrique, ...), sondes à balayage optique (LIF, LIBS), sondes à interfaces membranaires (MIP avec détecteurs PID, DELCD)</p>
<p>Support de l'information variable et très différent de celui des échantillons solides analysés au laboratoire</p>	<p>ex. 1 XRF : mesure sur une épaisseur de quelques mm, et une surface de quelques cm² ex. 2 sonde MIP : analyse des substances volatilisées dans le volume de sol chauffé par le dispositif</p>
<p>Densité et répartition spatiale des données variables</p>	<p>Quelques mesures dans l'espace, profils verticaux fournis par les sondes, sections fournies par les mesures géophysiques, grille ou cheminements 2D par des mesures surfaciques de radioactivité, etc...</p>
<p>Variables quantitatives ou qualitatives, continues, catégoriques,...</p>	<p>ex. 1 teneurs mesurées au XRF ex. 2 «présence de goudron»</p>

1. La géostatistique pour intégrer des mesures sur site aux caractéristiques très diverses

Besoin d'une méthode d'interpolation

- Pour estimer le paramètre d'intérêt en dehors des points de mesure

La géostatistique fournit un cadre rigoureux pour intégrer ces données

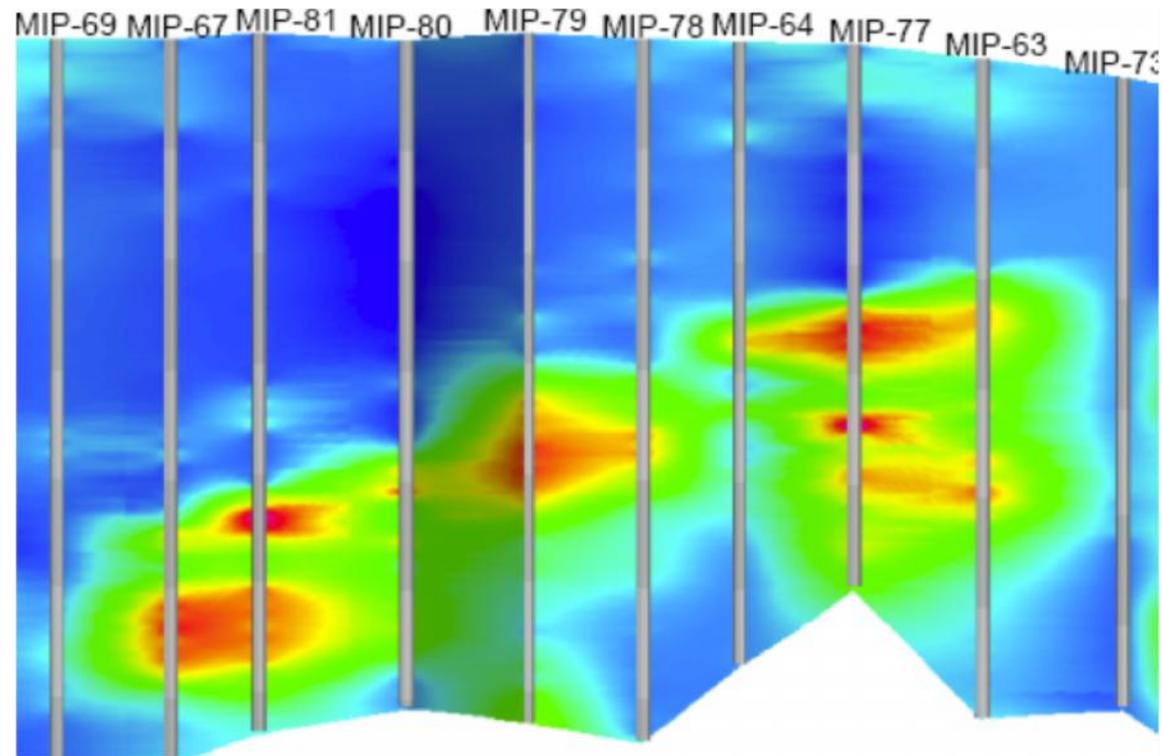
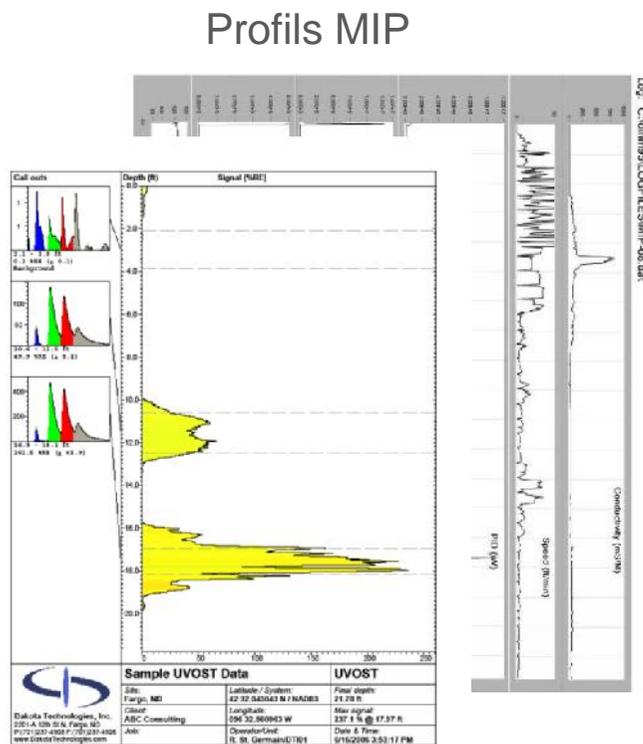
- Prise en compte des corrélations spatiales et non spatiales entre mesures directes et indirectes de la pollution, pour modéliser un «équivalent laboratoire»
- Prise en compte de l'effet de support
- Prise en compte des corrélations entre différents types de mesures, pour les utiliser ensemble dans un modèle et en augmenter la précision
- Différentes techniques disponibles (cokrigage, cokrigage colocalisé, cosimulations) à adapter en fonction des caractéristiques des données et du problème posé
- Estimation de la précision d'estimation, permettant de positionner les points de données supplémentaires dans les zones les plus incertaines

2. Plusieurs niveaux d'application de la géostatistique aux mesures sur site

Premier niveau

- Cartographier les données brutes par une méthode de krigeage

(Fiacco, 2009)

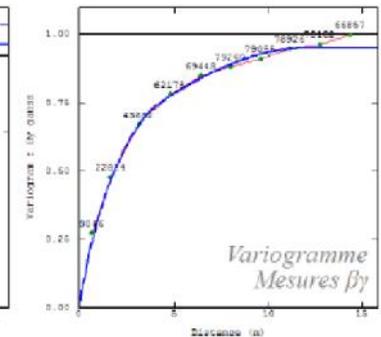
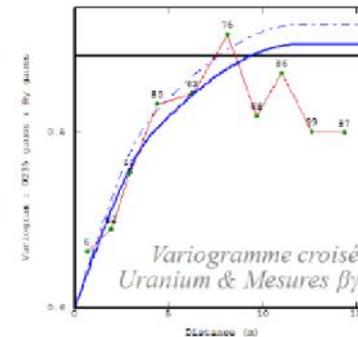
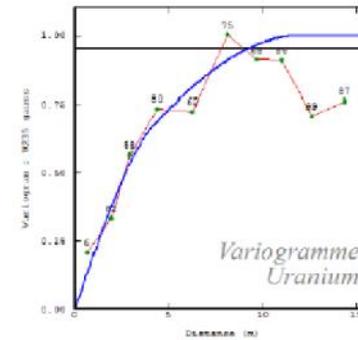
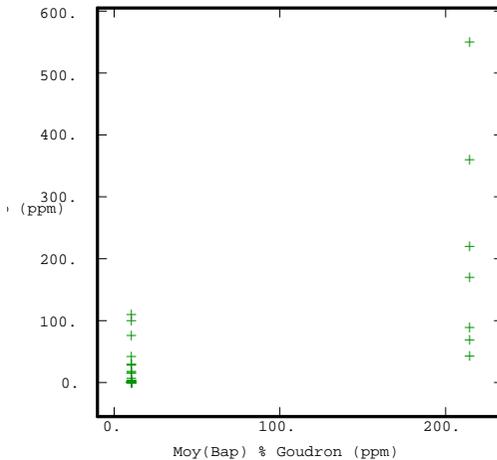
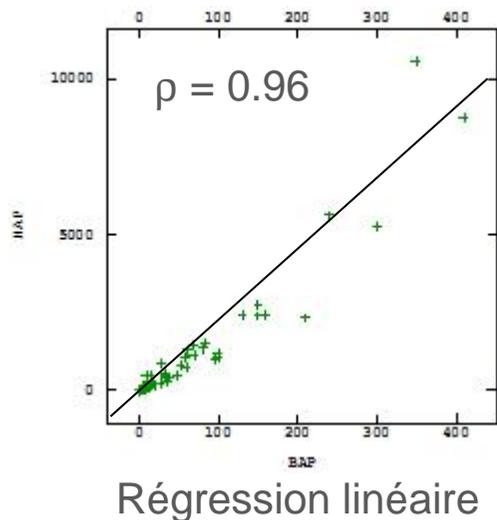


Section verticale établie par interpolation de diagraphies MIP

2. Plusieurs niveaux d'application de la géostatistique aux mesures sur site

Deuxième niveau

- Cartographier des teneurs de laboratoire déduites de données indirectes par une méthode de krigeage ou cokrigeage
- Condition : mise en évidence d'une corrélation entre teneurs de laboratoire et mesures sur site prouvée par des données

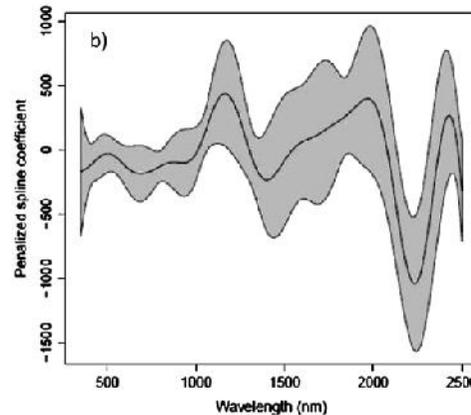
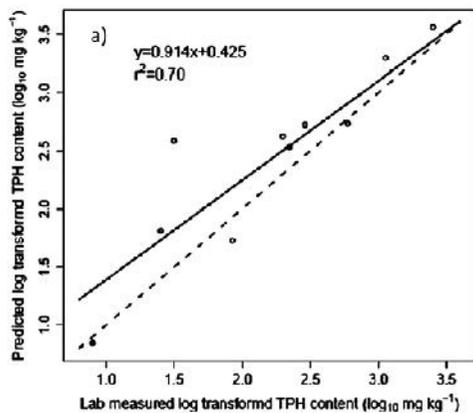


2. Plusieurs niveaux d'application de la géostatistique aux mesures sur site

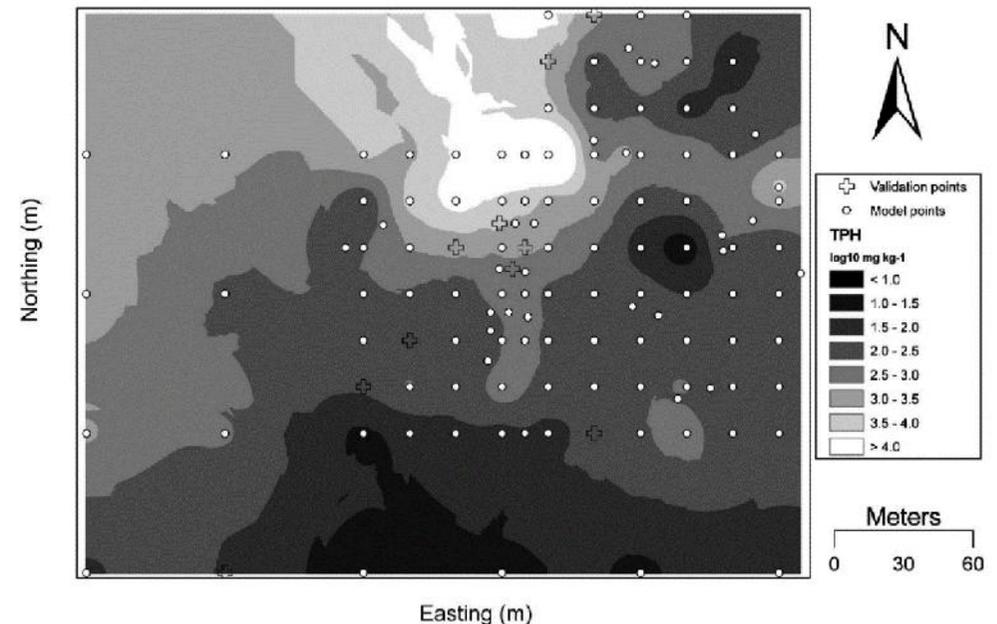
(Chakraborty et al, 2012)

Deuxième niveau

- Cartographier des teneurs de laboratoire déduites de données indirectes
- La relation entre les mesures sur site et les analyses de laboratoire peut être non linéaire



Vis-NIR DRS → C10 – C40

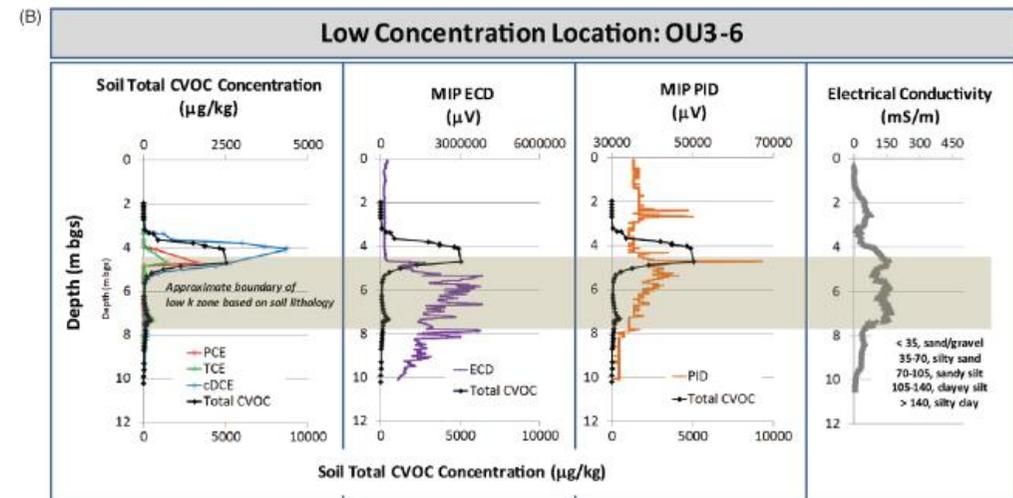
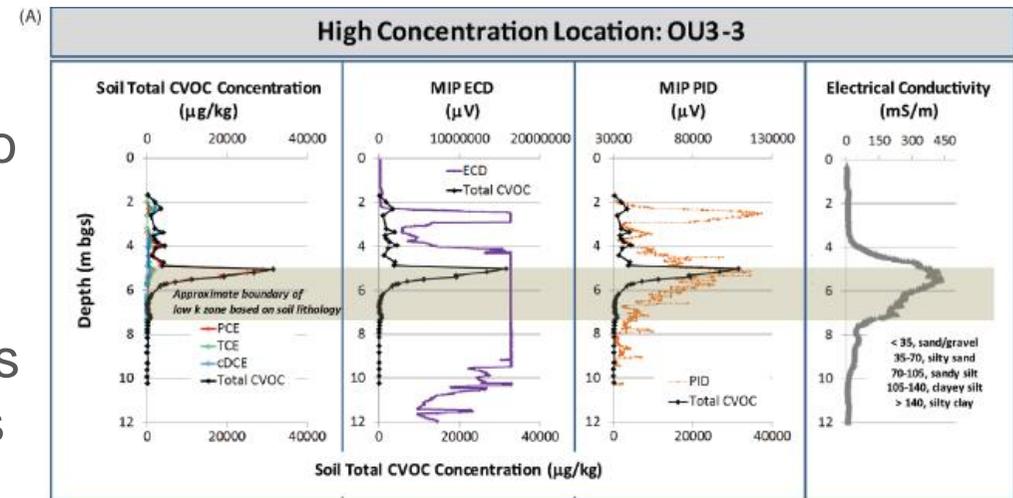


Modèle de calibration Spline utilisé pour «prédire» les teneurs en HCT à partir des spectres de réflexion VIS-NIR DRS

2. Plusieurs niveaux d'application de la géostatistique aux mesures sur site

Deuxième niveau

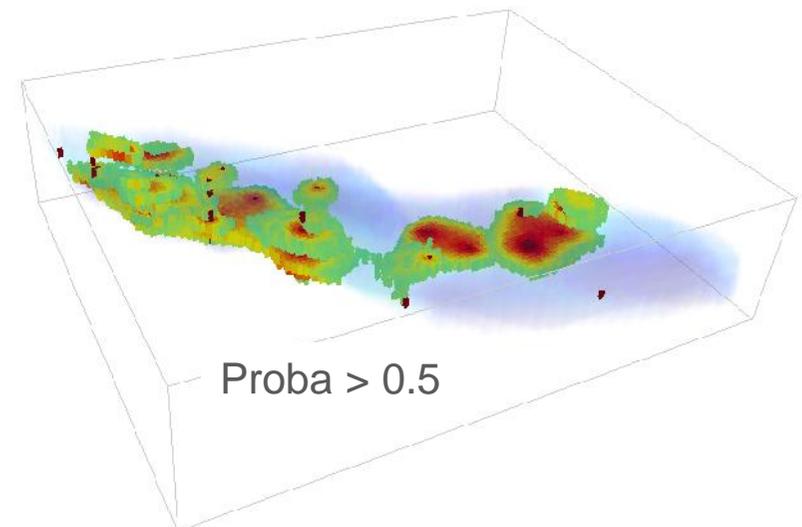
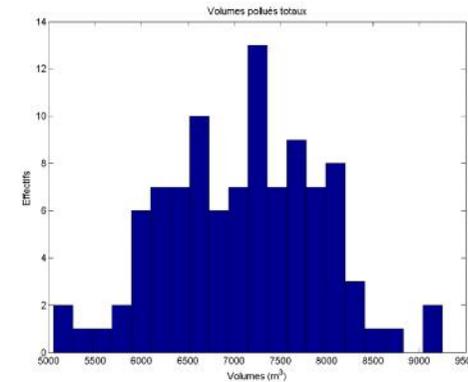
- Cartographier des teneurs labo
- Parfois pas de corrélation évidente
- Ex. des diagraphies MIP et des teneurs en COV dans des sols peu perméables



2. Plusieurs niveaux d'application de la géostatistique aux mesures sur site

Troisième niveau

- Cartographier les probabilités de dépassement de valeurs de référence par des teneurs de laboratoire déduites de données indirectes, en utilisant une méthode d'estimation non linéaire (cosimulations, cokrigage d'indicateurs).
- **Utiliser pleinement les corrélations entre données pour augmenter la précision du modèle.**
- Construire un modèle le plus proche de la réalité, répondant aux questions posées par la gestion du site (délimitation de zones à dépolluer, estimation de volumes, bilans de masse, etc.).



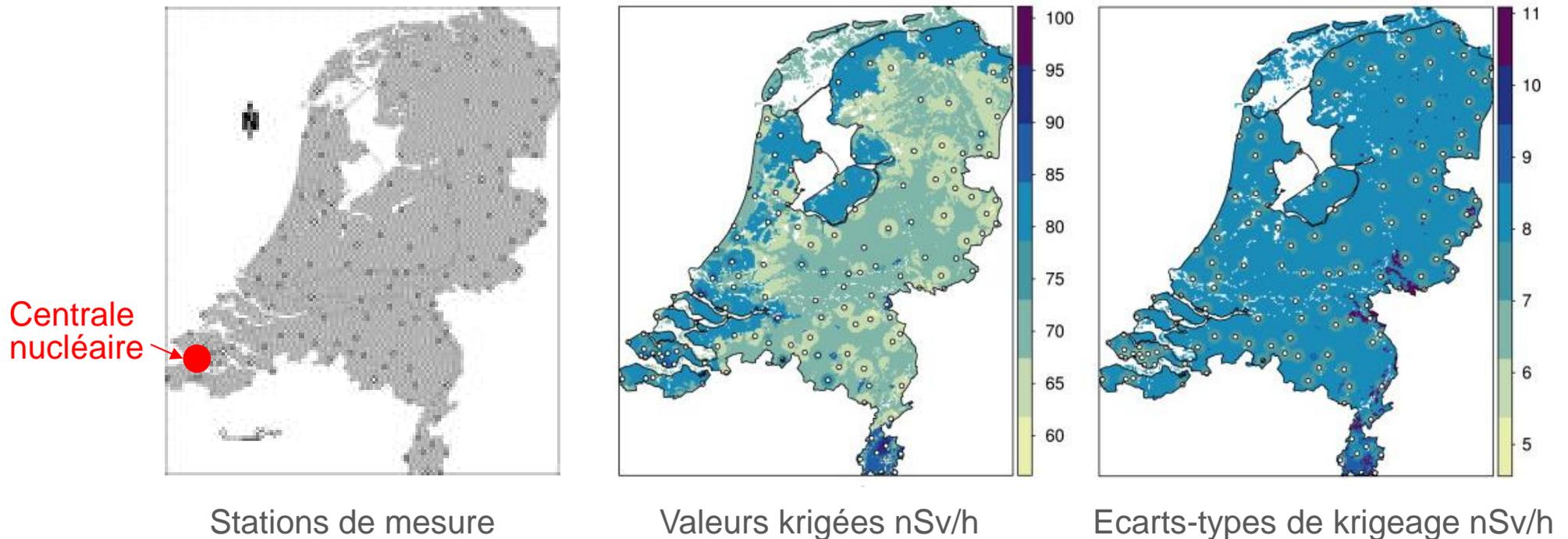
3. La géostatistique pour adapter les plans d'échantillonnage

Nouveaux points de données dans les zones incertaines

- Démarche la plus simple :

(Hiemstra et al, 2009)

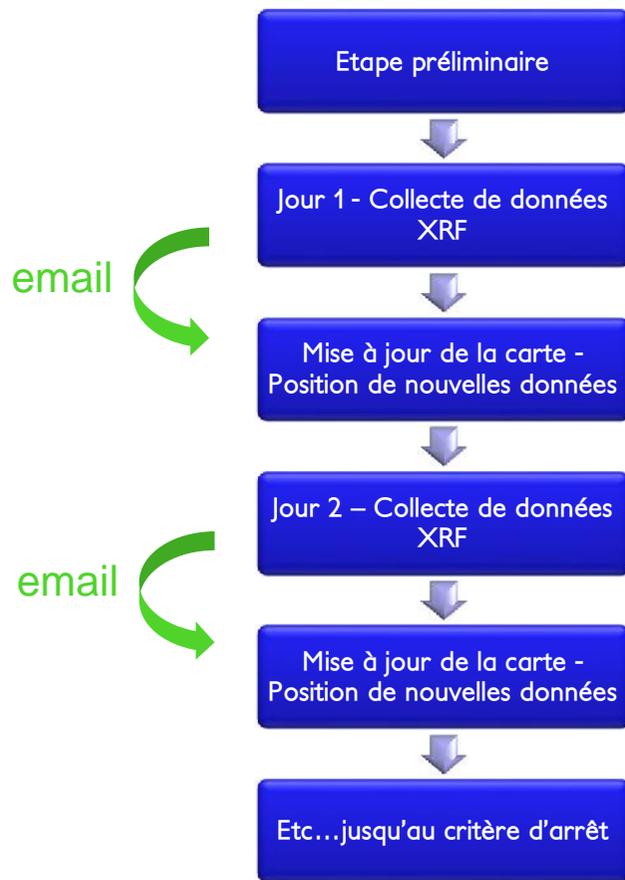
Cartographie de la radioactivité sur le territoire hollandais



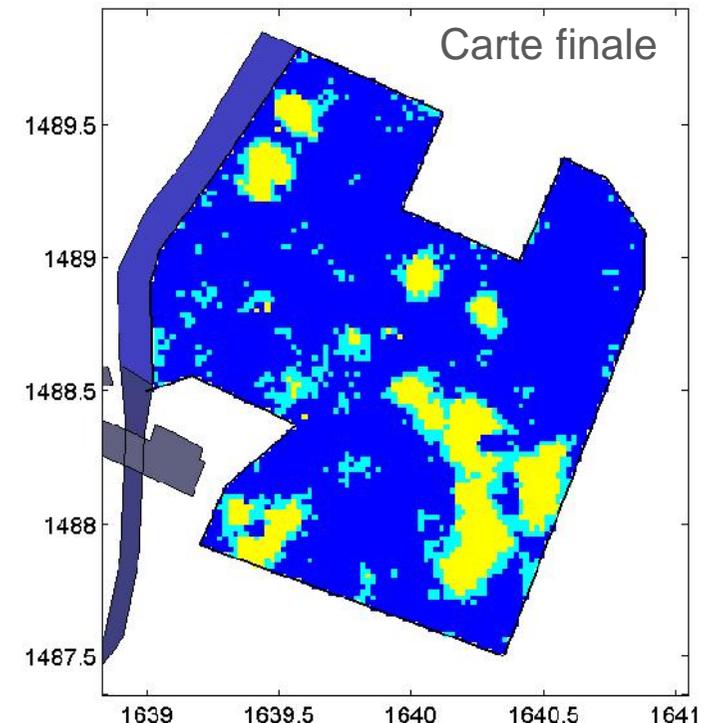
3. La géostatistique pour adapter les plans d'échantillonnage

Nouveaux points de données dans les zones incertaines

- La méthode Repérage (2006 – 2008) :



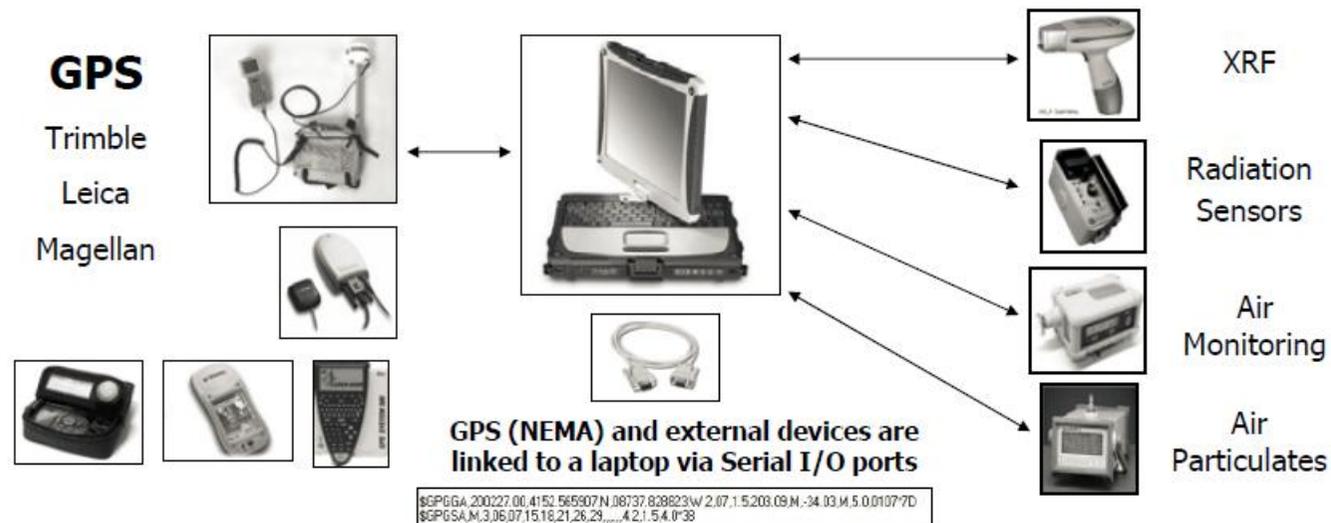
- XRF portable
- GPS
- Géostatistique en partie automatisée
- Algorithme de positionnement des nouvelles données
- Transmission de l'information par email



4. Approches intégrées pour des cartographies en temps réel

Les premières initiatives aux USA (2003 – 2006)

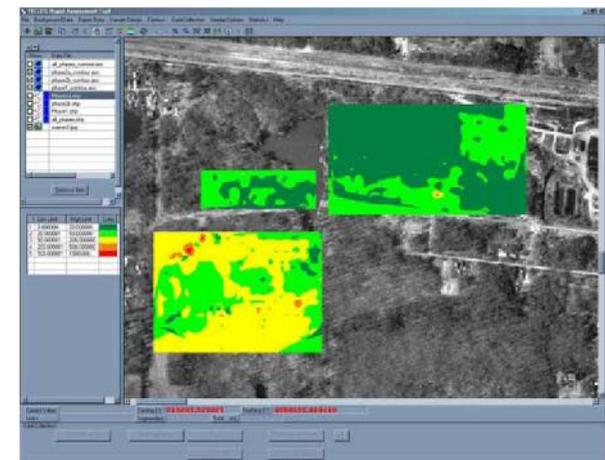
- US EPA FIELD Rapid Assessment Tool (RAT)
 - ➔ Possibilité d'intégrer plusieurs types de dispositifs de mesures (radiation, air, sol) + GPS
 - ➔ Données collectées ponctuellement ou en continu
 - ➔ Positionnement des données sur carte en temps réel (wifi)
 - ➔ Statistiques, Cartographie par interpolation (SADA)



4. Approches intégrées pour des cartographies en temps réel

Les premières initiatives aux USA (2003 – 2006)

- US EPA FIELD Rapid Assessment Tool

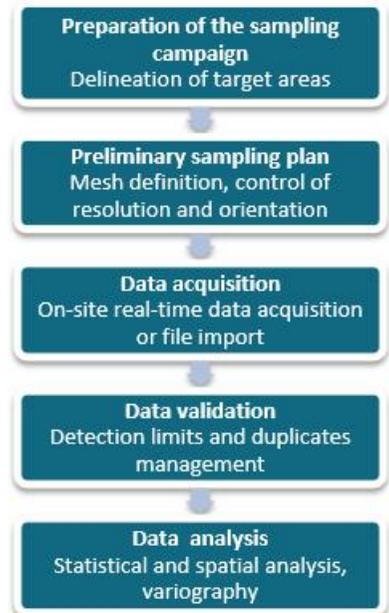


Warren recycling, H₂S emission measurement and mapping (Durno, 2008)

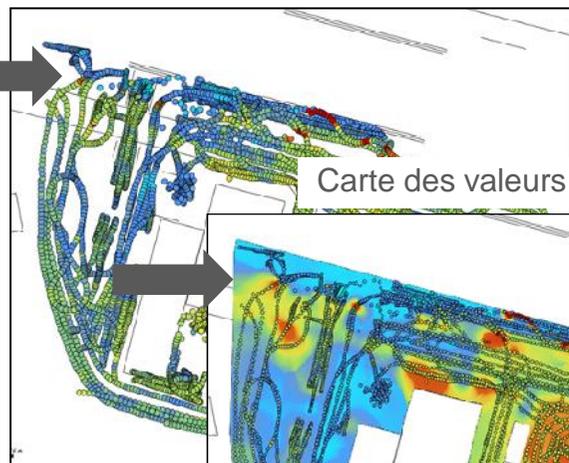
4. Approches intégrées pour des cartographies en temps réel

Les initiatives actuelles en France

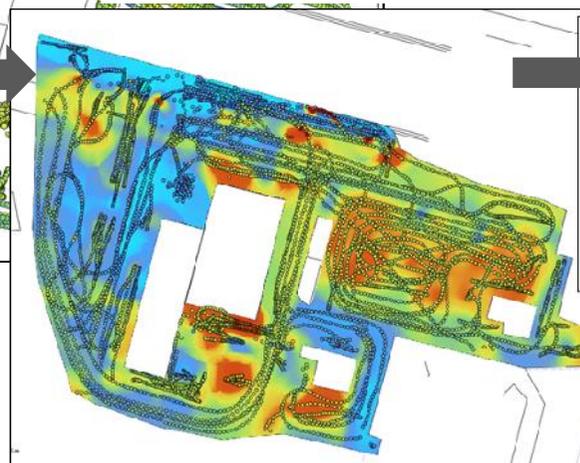
- Dispositif VEgAS (2006 – 2011) : cartographie en temps réel de mesures radioactives surfaciques à l'aide de Kartotrak
 - ➔ Système de régulation de la vitesse
 - ➔ Système de positionnement par GPS
 - ➔ Quatre détecteurs (2 DSP, 1 NaI, et 1 GeHP)
 - ➔ Plateforme logicielle d'enregistrement et de traitement des données



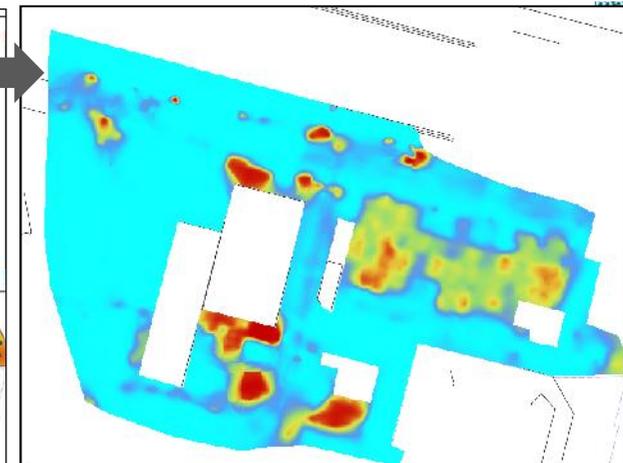
Cartographie des points en temps réel



Carte des valeurs krigées



Carte des probabilités de dépassement de seuil



4. Approches intégrées pour des cartographies en temps réel

Les initiatives actuelles en France

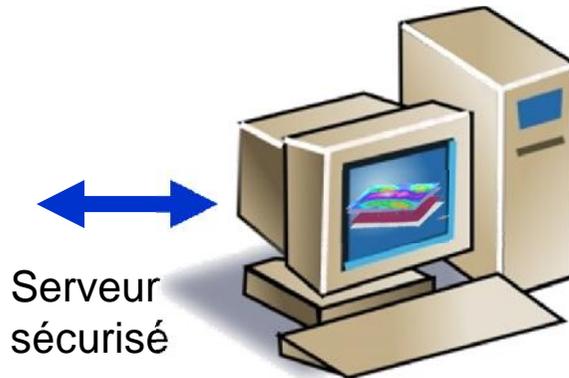


- SRMobile

Application mobile de saisie de données de tout type et d'échange de données avec le bureau d'étude



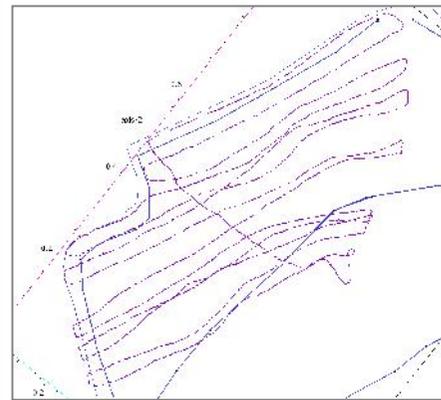
- Plans d'échantillonnage (sondage, surface)
- Coupes litho
- Analyses des milieux (sol, air, eau, in situ)
- Niveaux piézo, flottants
- Photos géoréférencées
- Etc.



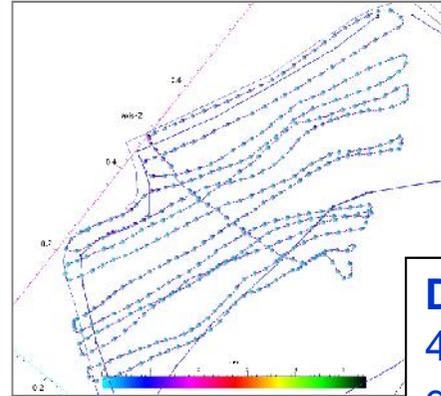
Serveur sécurisé

Bureau d'étude :
Analyse et modélisation (géo)statistique

- Import d'enregistrements terrain

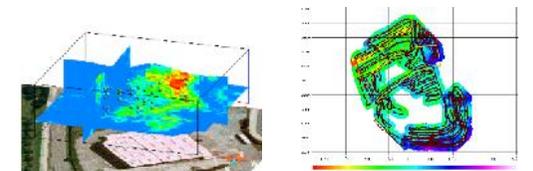


Données parcours :
date-heure x y (z)
Enregistrement GPS



Données pollution :
date-heure c1 c2 ...
Enregistrement analyseur

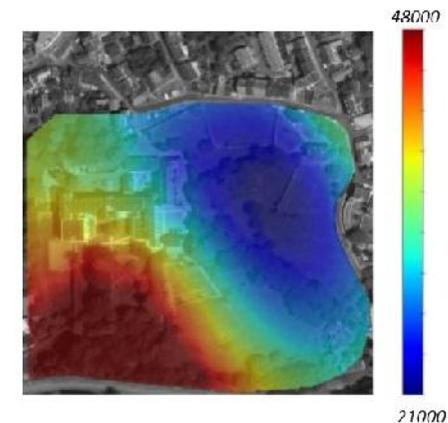
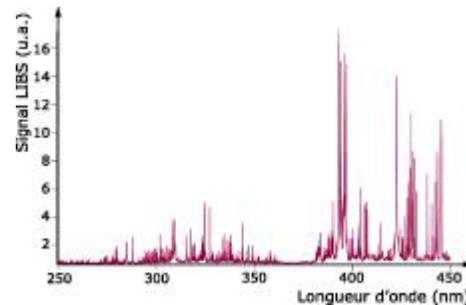
Données INERIS + ISSeP :
4500 concentrations en CH4 dans l'air mesurées en 1h10



4. Approches intégrées pour des cartographies en temps réel

Les initiatives actuelles en France

- **Projet Esopol 2015 - 2018**
 - ➔ Objectif : développer et intégrer un outil de traitement géostatistique dans un analyseur LIBS portable
 - Intégration de modules multi-ANN pour traitement multivarié de l'information
 - Intégration d'un module géostatistique pour une cartographie automatique semi-quantitative



Conclusion

Avantages des approches intégrées

- ➔ Limitation des erreurs de recopiage, des transmissions manuelles de données
- ➔ Gain de temps aux étapes répétitives et à haut risque d'erreur
- ➔ Plus de temps pour la réflexion et l'interprétation des données, ainsi que durant les étapes de cartographie et modélisation
- ➔ Aide pour adapter les plans d'échantillonnage «en temps réel»

Danger principal

- ➔ Risque d'automatisation à outrance des étapes de cartographie et modélisation

Bilan du tour d'horizon

- ➔ Veiller à utiliser les cartographies automatiques «à bon escient»
- ➔ Encore des efforts à faire sur le traitement de l'information fournie par les appareils de mesure sur site pour la corrélérer aux teneurs en polluants

Remerciements

Gaël Plassart (Envisol), Nicolas Jeannée et Ophélie Lemarchand (Geovariances), Michel et Valérie Garcia (Kidova), Dimitri D'Or (Ephesia-consult), Valérie Laperche et Karine Michel (Brgm), Hélène Roussel (Ademe)

Bibliographie

A demander par email : helenedemougeot@eode.ch