

Requalifications optimisées à l'échelle de ZAC grâce à un accompagnement et des outils d'aide à la décision

Aurélie PIGHIERA & Marie-Odile KHIAT



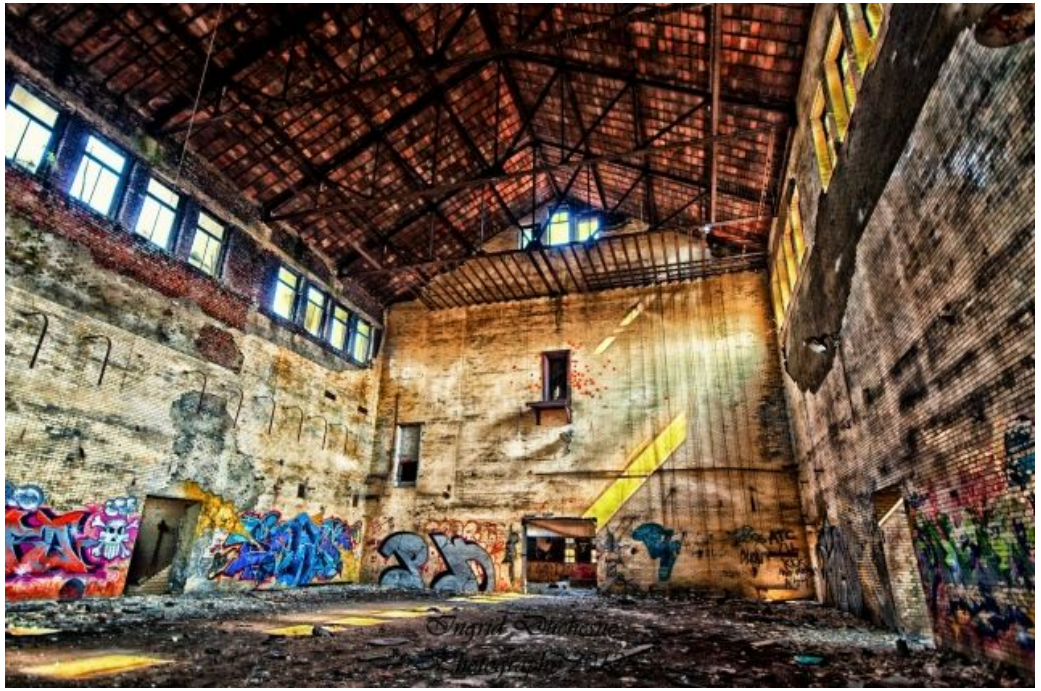


ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

Reconquête de friches urbaines

- Opération de longue haleine, fonction du contexte et de l'état de pollution des sites.

- Sur cette période plusieurs jalons essentiels pour éviter les pertes de temps, d'argent et d'énergie dans un objectif de requalification cohérente et durable





Démarche d'accompagnement et outils d'aide à la décision

⇒ 3 exemples de requalification de ZAC
⇒ Outils et missions déployés pour permettre un accompagnement global des porteurs de projet et aménageurs



OIN EUROMED II

Développement d'outils d'aide à décision

⇒ *Prise en compte la problématique de pollution dès le stade de définition des aménagements*

⇒ *Favoriser la valorisation des déblais*



Projet XXL

AMO transverse Sites et Sols Pollués et géotechniques à l'échelle de la ZAC

⇒ *Optimisation des aménagements*

⇒ *Etude d'une plateforme in situ de tri, dépollution et valorisation des terres*

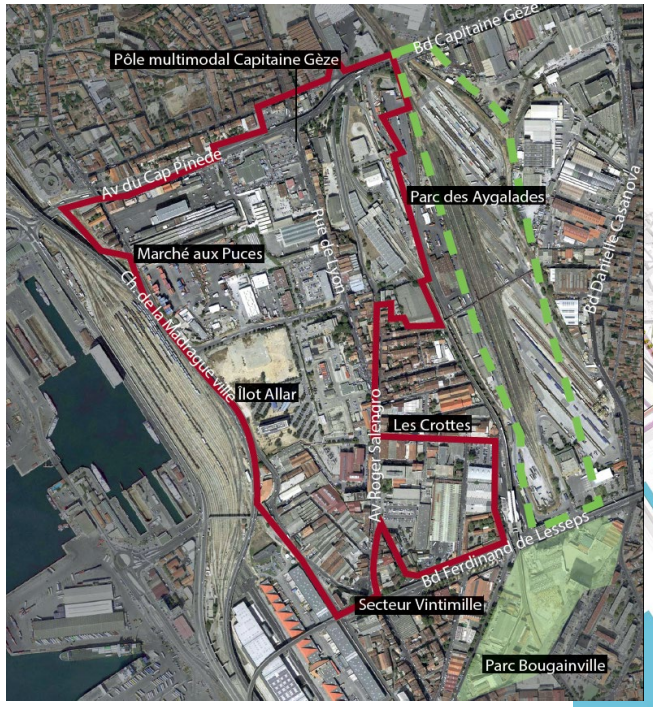


ZAC Ampère

AMO de la cessation à la requalification lot par lot de la friche industrielle sur plus de 10 ans

⇒ *Continuité dans l'action et la bonne gestion des problématiques SSP et géotechniques*

⇒ *Anticipation et maîtrise des contraintes*





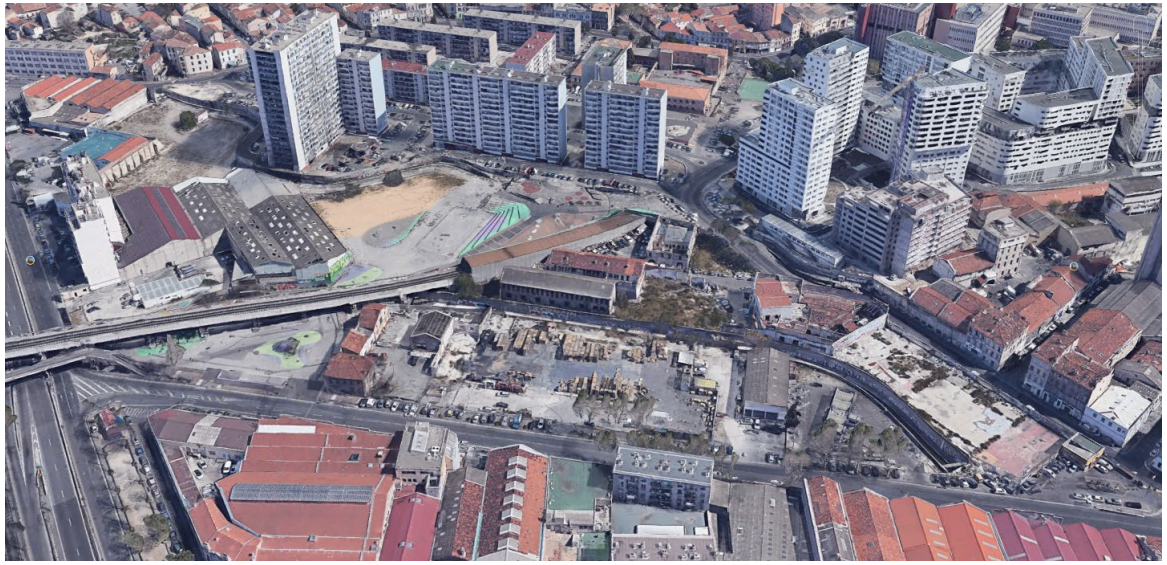
OIN EUROMED II

- 170 hectares
- un parc urbain de 14 hectares
- 30 000 habitants nouveaux
- 20 000 emplois
- une première ZAC (ZAC Littorale) de 56 hectares avec 700 000m² de SDP
- des millions de m3 de déblais / remblais, sur un territoire au passé industrialo-portuaire

- Ampleur du projet nécessite la mise en place d'outils spécifiques pour garantir la cohérence et l'adéquation des actions de gestion (sanitaire, gestion de Terres Excavées)
- Projet comprenant la production de plus de 2 Mm3 de TEX
- Volonté de démarche exemplaire de gestion

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

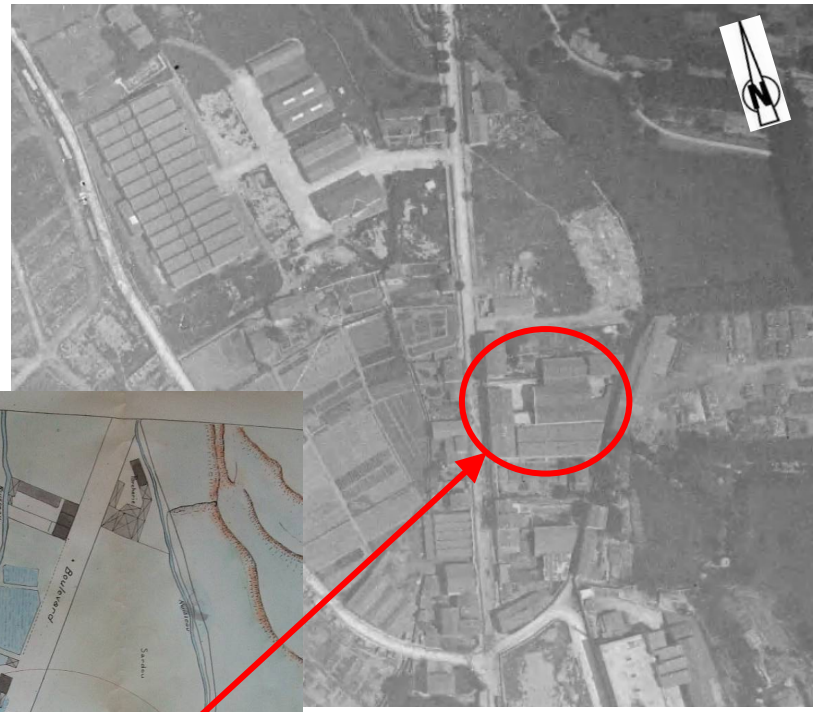




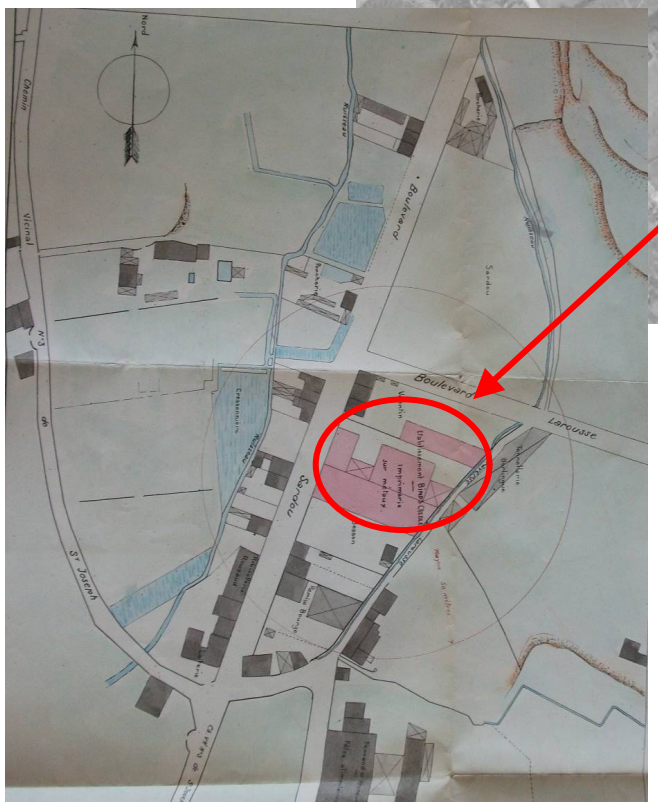
AMO EPAEM : mise en place d'outils de gestion

- Etablissement d'un Inventaire Historique Urbain (IHU)
  - Recherche des informations historiques
  - Caractérisation des polluants
  - Réalisation de cartographies
  - Intégration dans BASIAS / ACCESS
  - Elaboration du SIG
  - Retours d'expérience
- Etablissement d'un Fond Géochimique Urbain (FGU)
- Etablissement de Seuils Semi-génériques sanitaires
- Exemple de mise en œuvre
- Perspectives

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS



Photographie aérienne de 1923



Plan d'un site BASIAS (AD 13)

AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

1. Recherche des informations historiques
   - Consultation BASIAS, BASOL, archives départementales et municipales
   - Recensement des sites ICPE (consultation Préfecture et DREAL)
   - Visite pour recenser et localiser les activités existantes, et définir les secteurs à risque de pollution
   - Consultation des photographies aériennes historiques

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

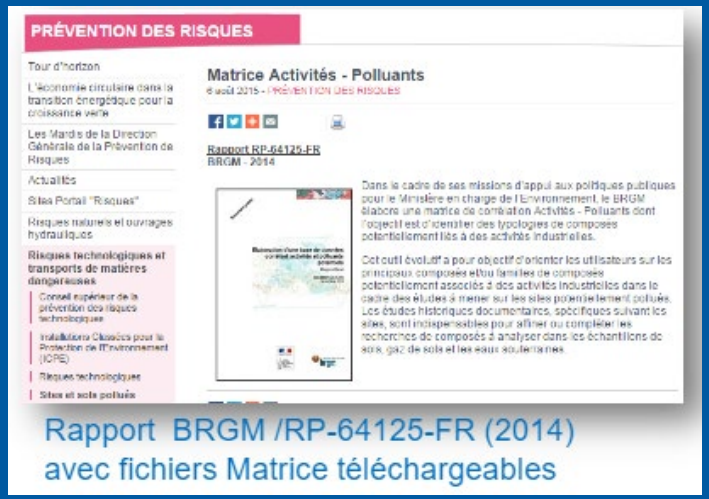
AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

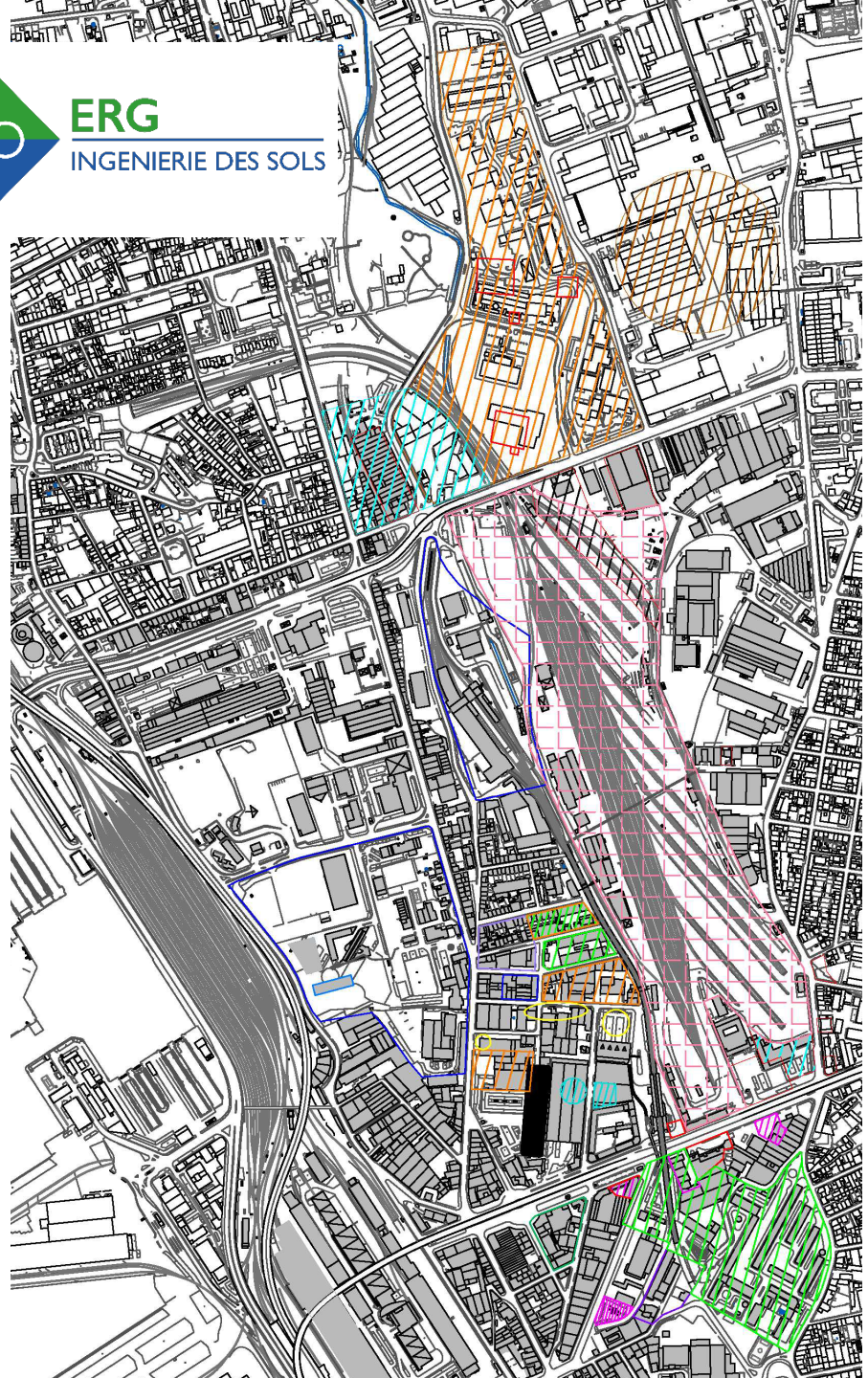
2. Caractérisation des polluants

➔ Définition de polluants-traceurs, par type de milieu, en utilisant la matrice activités/polluants du BRGM





Rapport BRGM /RP-64125-FR (2014)
avec fichiers Matrice téléchargeables



AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

3. Réalisation de cartographies (dwg)

➔ Cartographie de synthèse des types d'activités recensées

LEGENDE :

- Site BASIAS
- Emprise incertaine
- D.L.I hydrocarbures
- Usine à gaz, stockage de gaz
- Garage, station-service
- Savonnerie
- Huilerie
- Fabrique d'asphalte, stockage de charbon
- D.L.I solvants
- Chaudronnerie, tonnellerie
- Fabrique de soufre
- Fabrique d'acétylène
- Industrie métallurgie, mécanique
- Minoterie, biscuiterie
- Raffinerie de graisses végétales
- Imprimerie
- Menuiserie

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS



AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

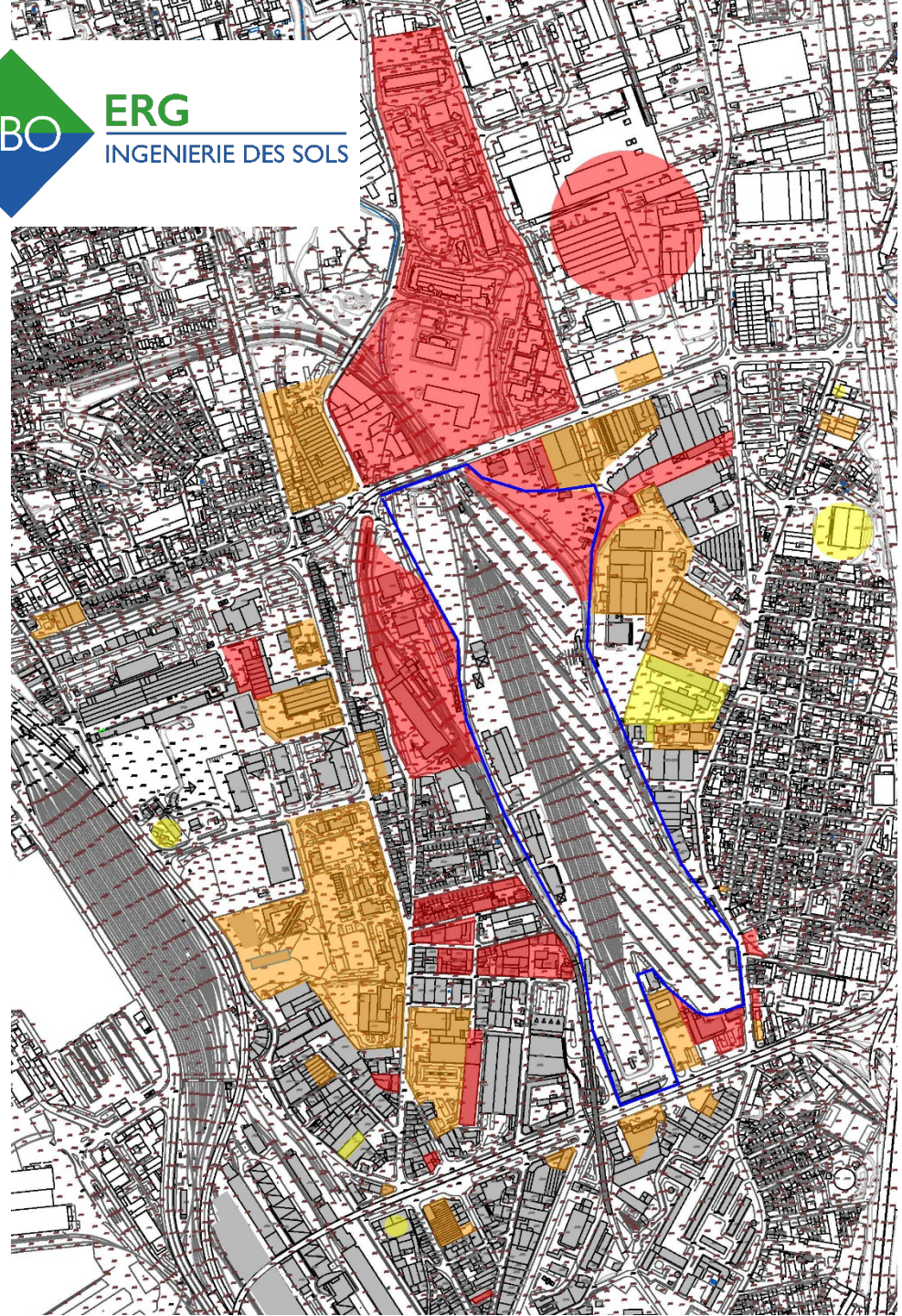
- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

3. Réalisation de cartographies (dwg)

➔ Cartographie de synthèse des activités et polluants caractéristiques associés

LEGENDE

- Hydrocarbures (HCT, HAP, BTEX) et métaux lourds
- Hydrocarbures (HCT, HAP, BTEX), métaux lourds et COHV
- Hydrocarbures (HCT, HAP, BTEX), métaux lourds et cyanures
- Polluants divers (hydrocarbures, métaux lourds, COVH, PCBs, phénols, cyanures)
- Phénols
- Soufre
- PCBs



AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

3. Réalisation de cartographies (dwg)

➔ Cartographie de synthèse des risques de pollution en fonction des sites inventoriés

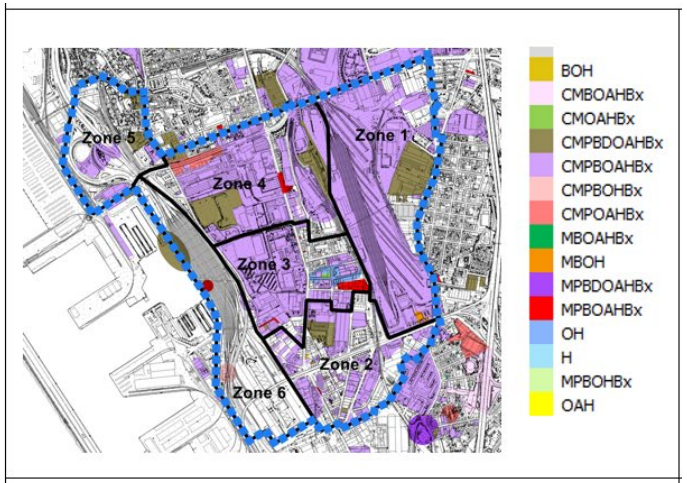
LEGENDE

Catégorie A :
Risque SSP élevé

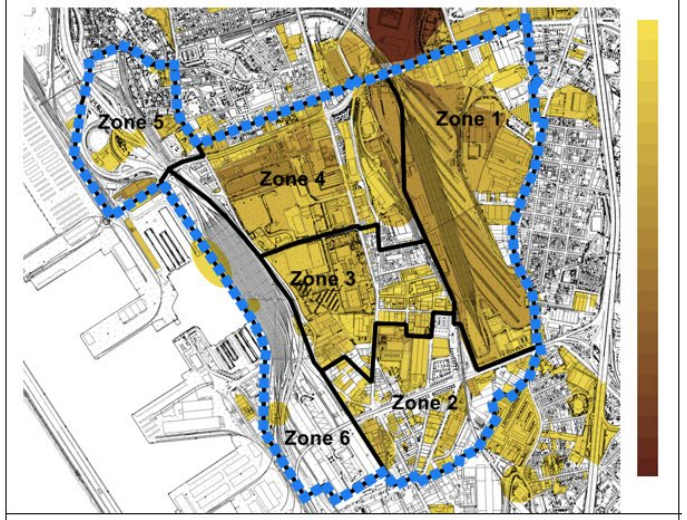
Catégorie B :
Risque SSP moyen

Catégorie C :
Risque SSP faible

Catégorie D :
Logement, Tertiaire



Impact sur l'eau et le sol



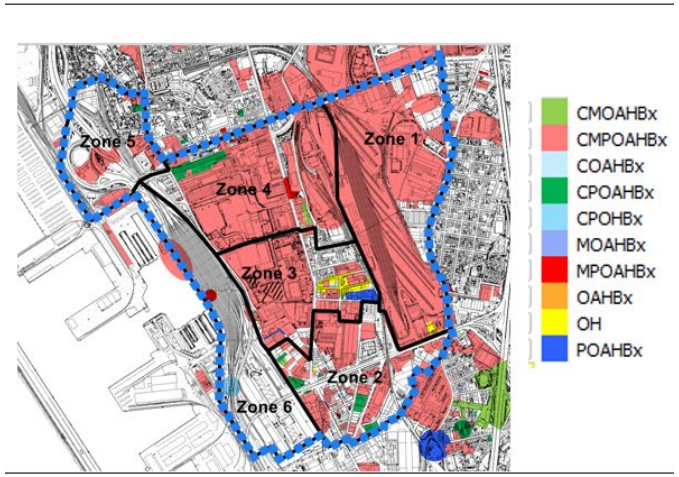
Probabilité de la présence de phénols dans l'eau et le sol (activités)

AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

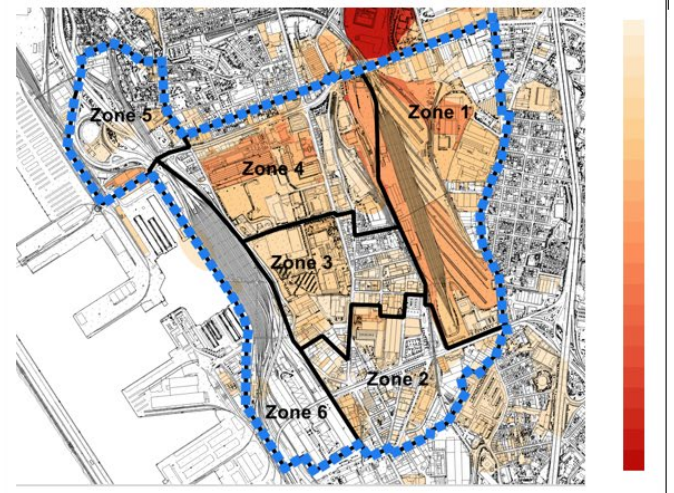
- ▹ Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

3. Réalisation de cartographies (dwg)

➔ Cartographie d'impact sur les eaux et les sols



Impact sur l'air



Probabilité de la présence de phénols dans l'air (activités)

AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

- ▹ Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

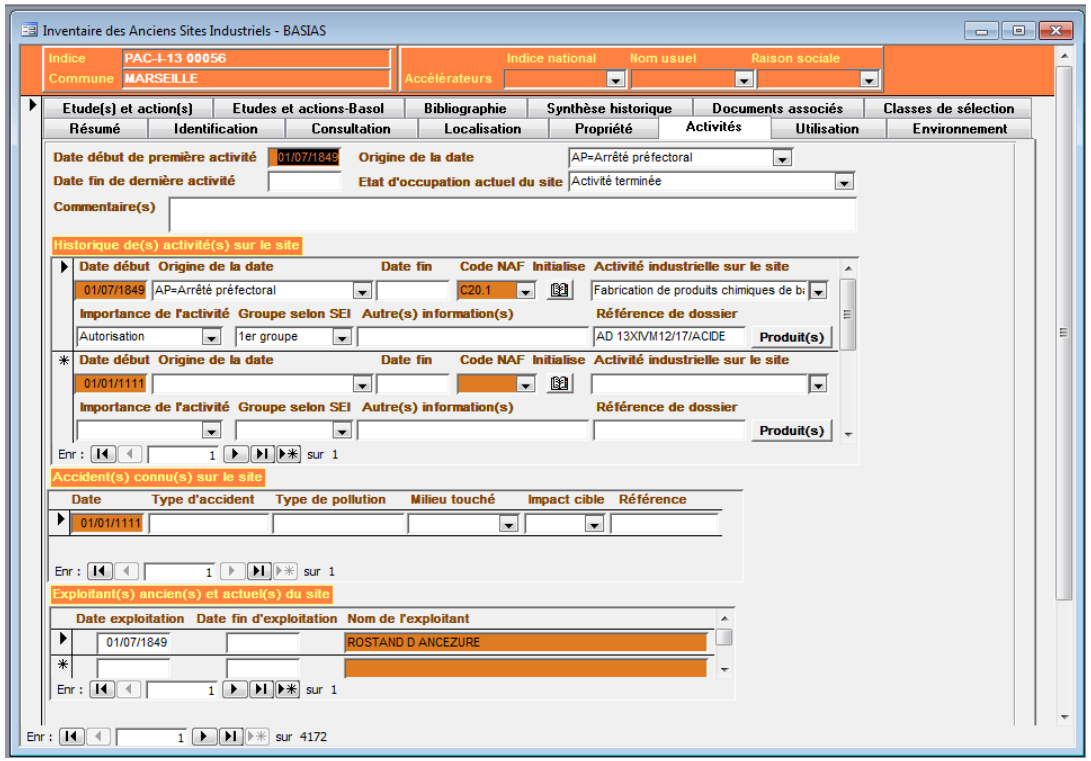
3. Réalisation de cartographies (dwg)

➔ Cartographie d'impact sur l'air

AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

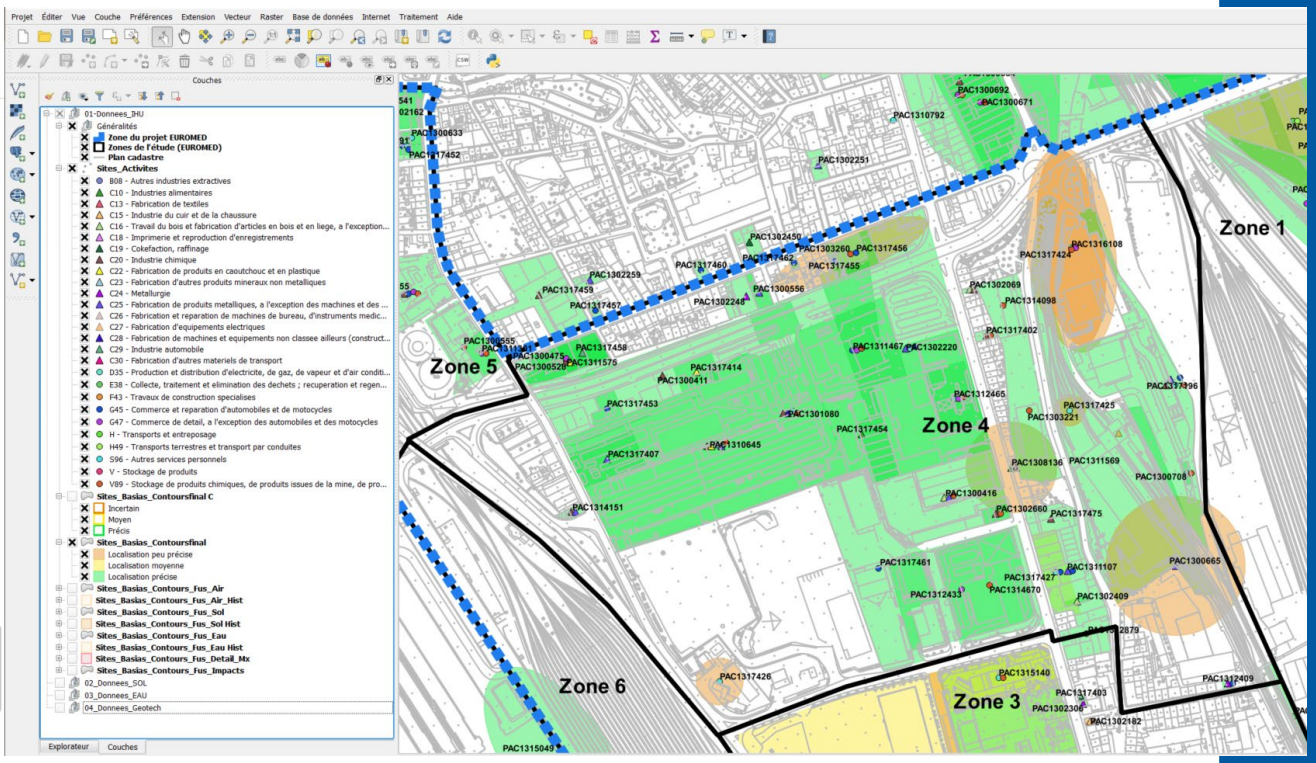
- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

4. Intégration dans BASIAS / ACCES
   - Création de fiches BASIAS





AMO EPAEM : mise en place de l'IHU



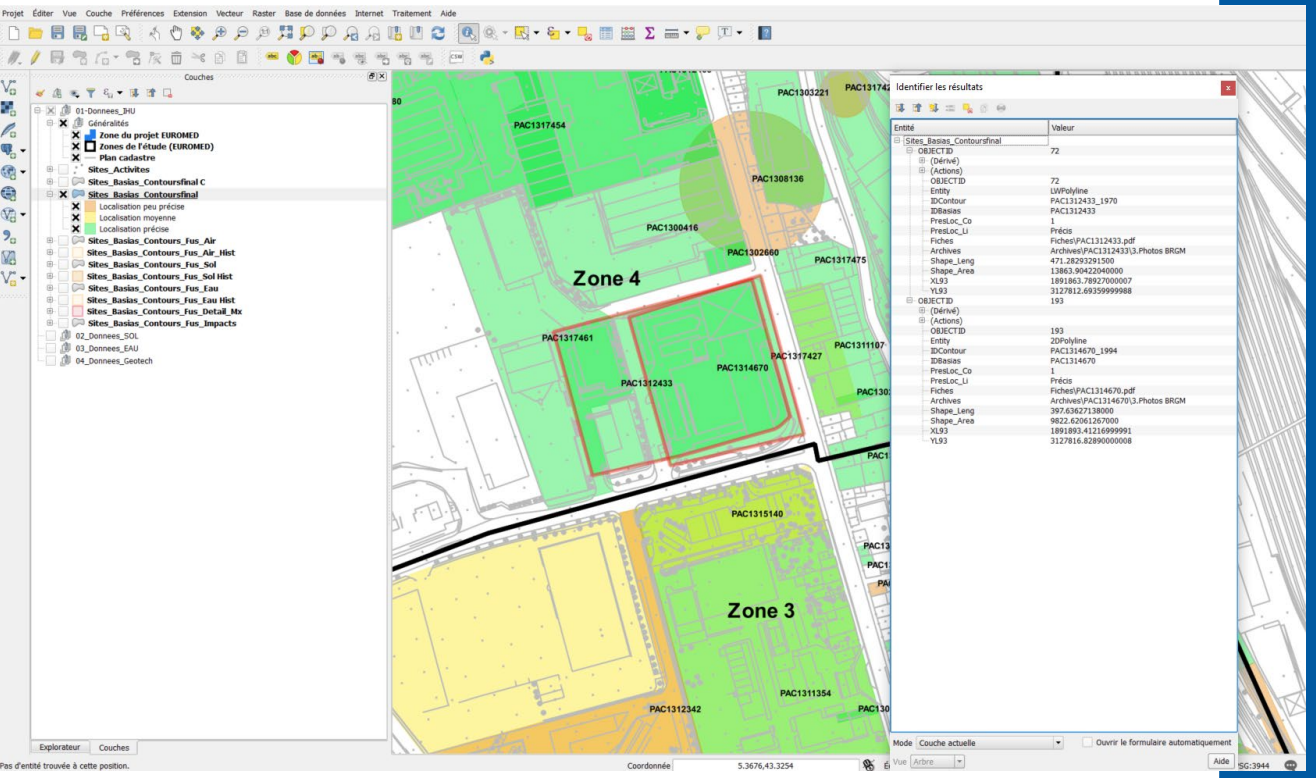
- ▹ Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

5. Elaboration du SIG
   - ▹ Présentation de l'interface

AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

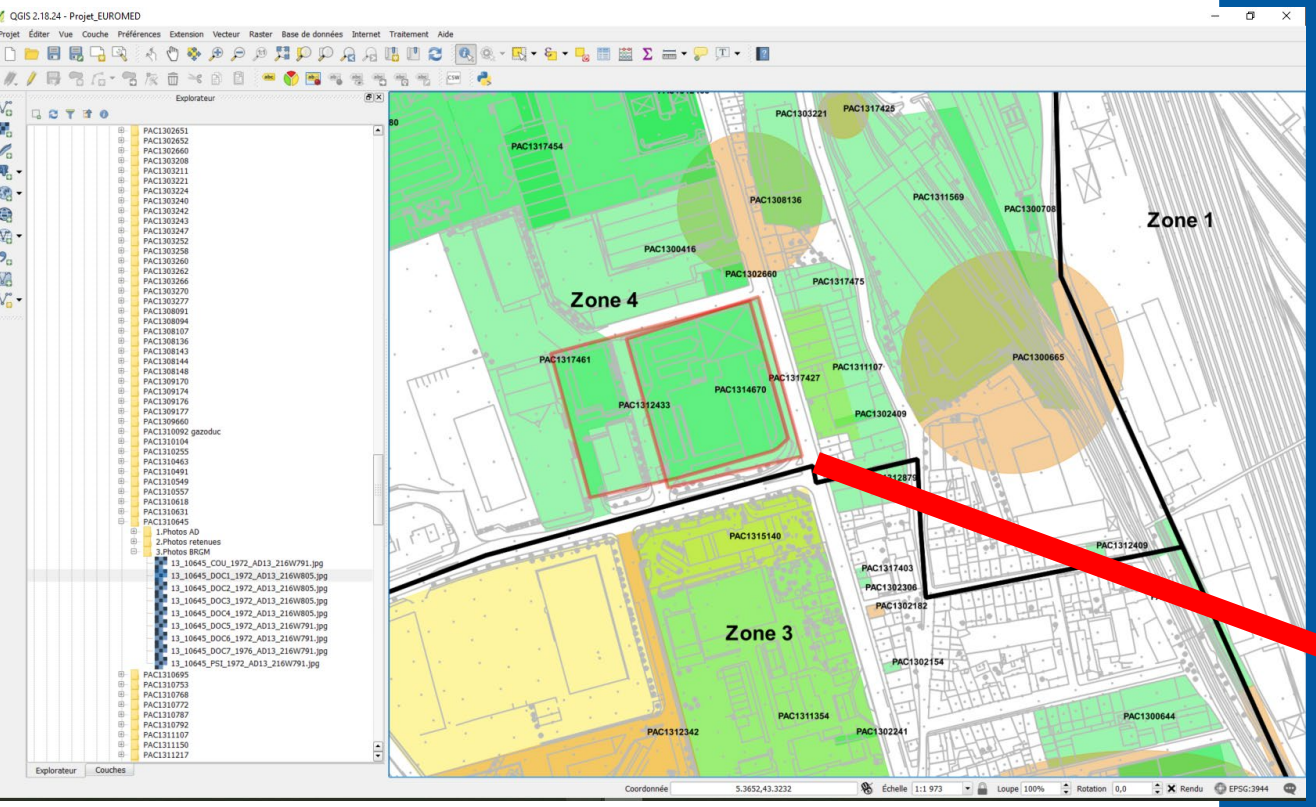
5. Elaboration du SIG
   - Présentation de l'interface

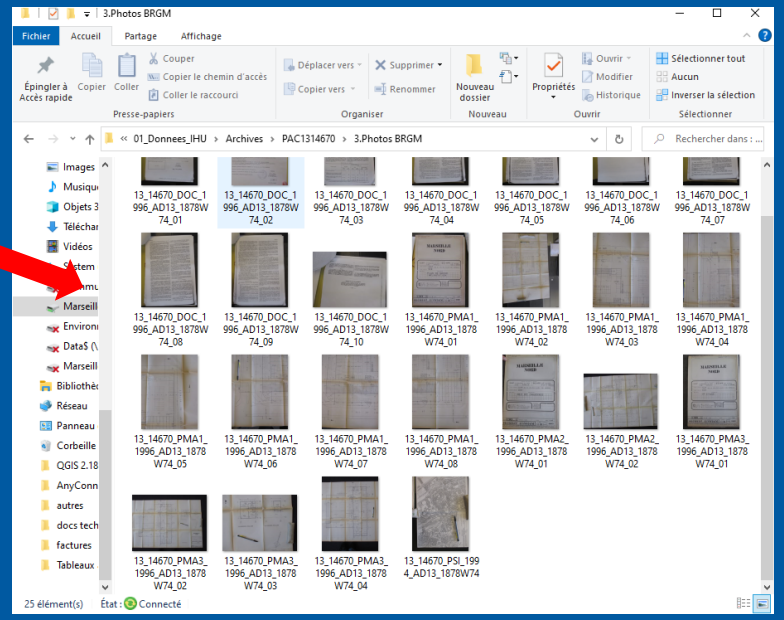


AMO EPAEM : mise en place de l'IHU

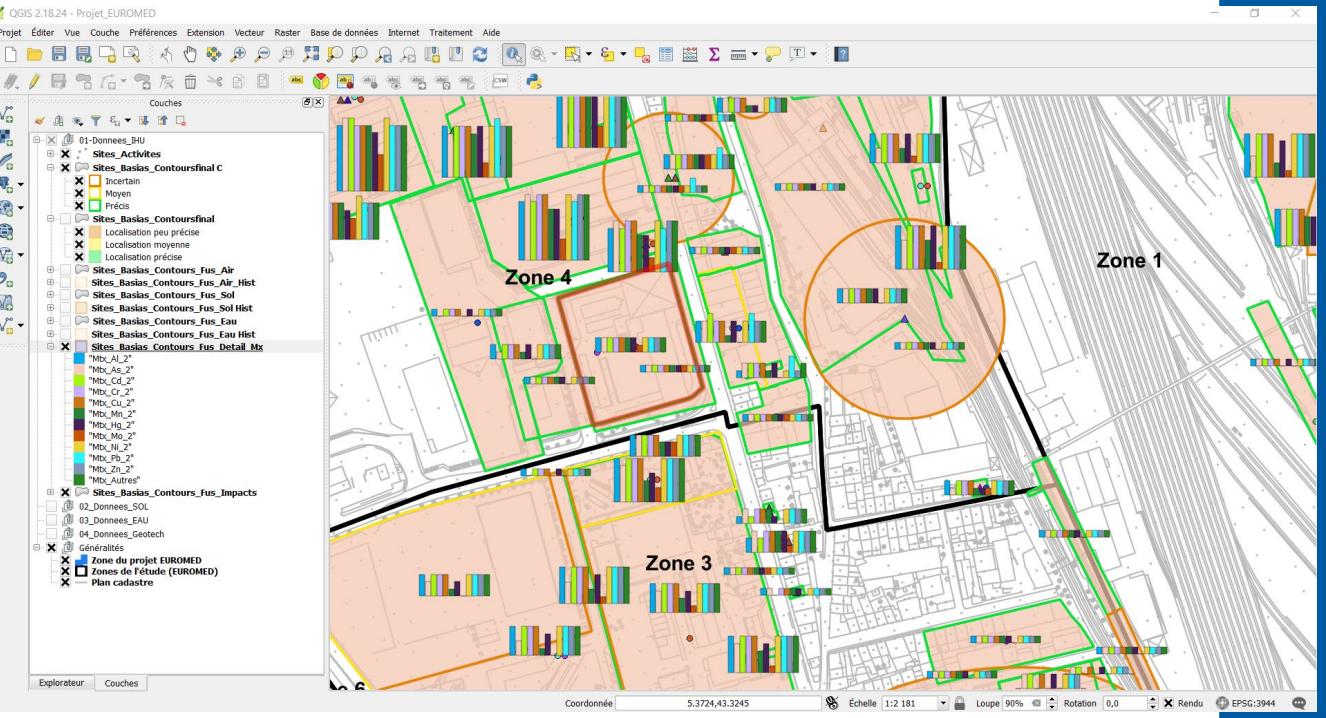
- ▹ Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

5. Elaboration du SIG
   - ▹ Présentation de l'interface



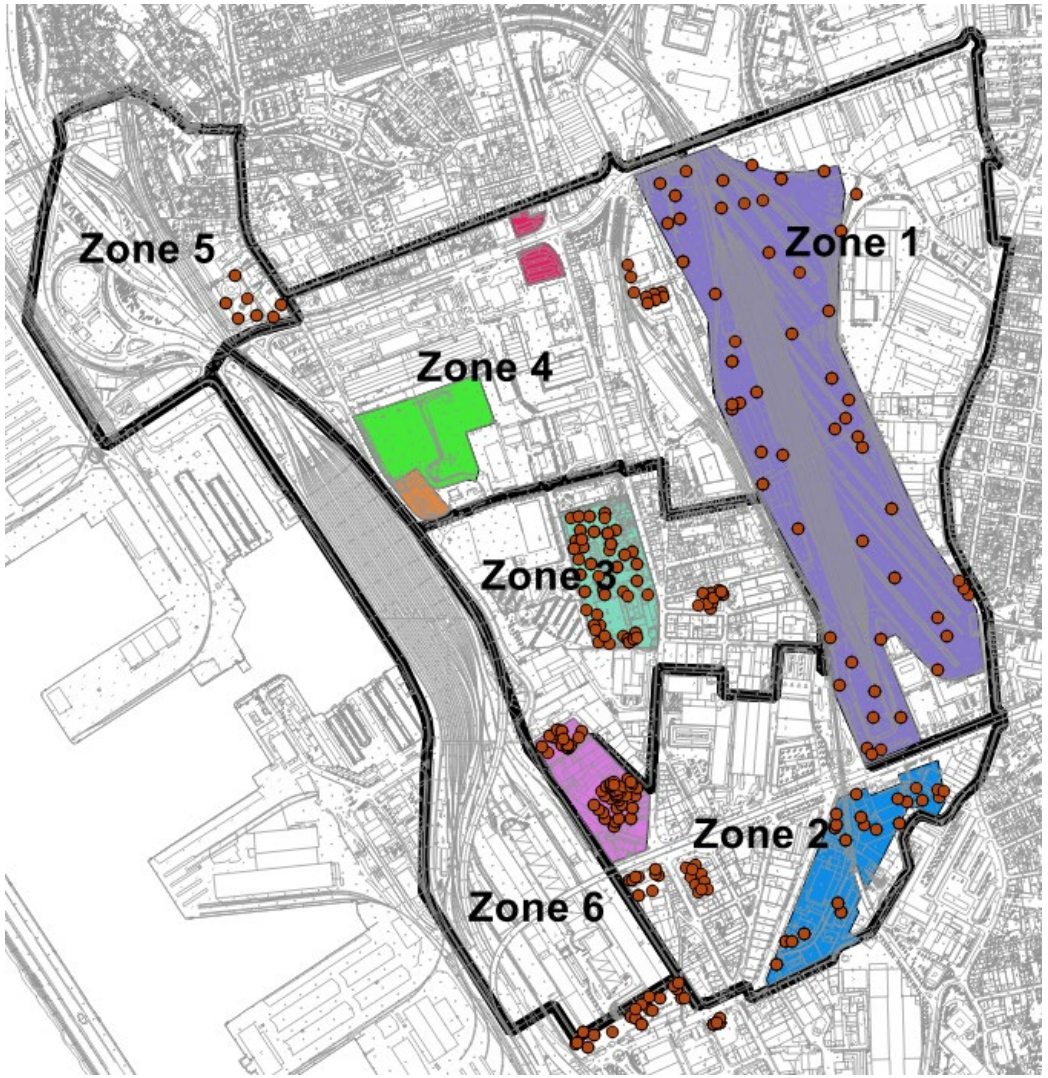


AMO EPAEM : mise en place de l'IHU



- Objectif : identifier les secteurs à risque en terme de SSP pour intégrer la problématique pollution au stade de la définition de projets et d'aménagements

5. Elaboration du SIG
   - Présentation de l'interface



Plan des sondages réalisés sous SIG

AMO EPAEM : mise en place de FGU

- Objectif : établissement notamment dans une perspective de revalorisation des matériaux excavés + seuil de comparaison pour diagnostics
- Méthodologie :
  - Sur la base des normes (NF-ISO 19258) et guides méthodologiques (caractérisation des terres excavés – réutilisation des terres excavés) en vigueur
  - Validée par le BRGM
  - 5 FGU « locaux » établis sur 5 sites
  - 2 fonds établis : un pour les remblais (sur la base de 180 résultats d'analyse) et un pour le terrain naturel (plus d'une centaine de résultats)

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

AMO EPAEM : mise en place de FGU

- Objectif : établissement notamment dans une perspective de revalorisation des matériaux excavés + seuil de comparaison pour diagnostics

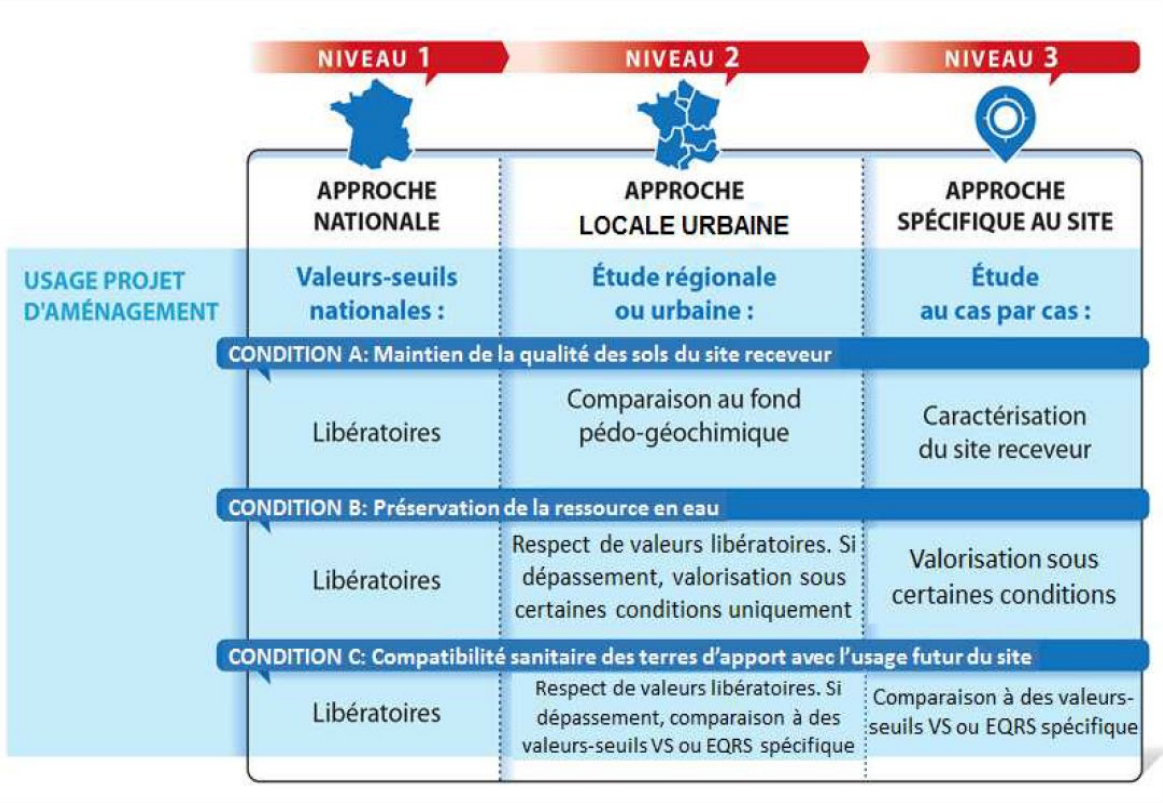
- Utilisation FGU local modifie interprétation par rapport à FGU national

	Gammes de concentrations couramment observées sur la zone de l'extension en mg/kg MS		Gammes de concentrations nationales définies par l'ASPITET en mg/kg MS	
	remblais	Terrain naturel	Sols ordinaires	Anomalies modérées
Arsenic	25,0 - 30,0	10,7- 14,5	1,0 à 25,0	30 à 60
Cadmium	0,76-0,91	0,2-0,2	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0
Chrome	19,4 - 24,0	14,3-15,2	10 à 90	90 à 150
Cuivre	74,2- 104,0	51,9-82,3	2 à 20	20 à 62
Nickel	23,4- 29,2	12,7-15,6	2 à 60	60 à 130
Plomb	163,3 - 227	68,7-114	9 à 50	60 à 90
Zinc	265 - 317	64,3-103,1	10 à 100	100 à 250
Mercure	0,69 - 0,96	0,41-0,72	0,02 à 0,10	0,15 à 2,3

FGU pour les métaux VS ASPITET

ERG
INGENIERIE DES SOLS

AMO EPAEM : mise en place de FGU



Extrait du guide de valorisation, BRGM

- Objectif : établissement notamment dans une perspective de revalorisation des matériaux excavés + seuil de comparaison pour diagnostics

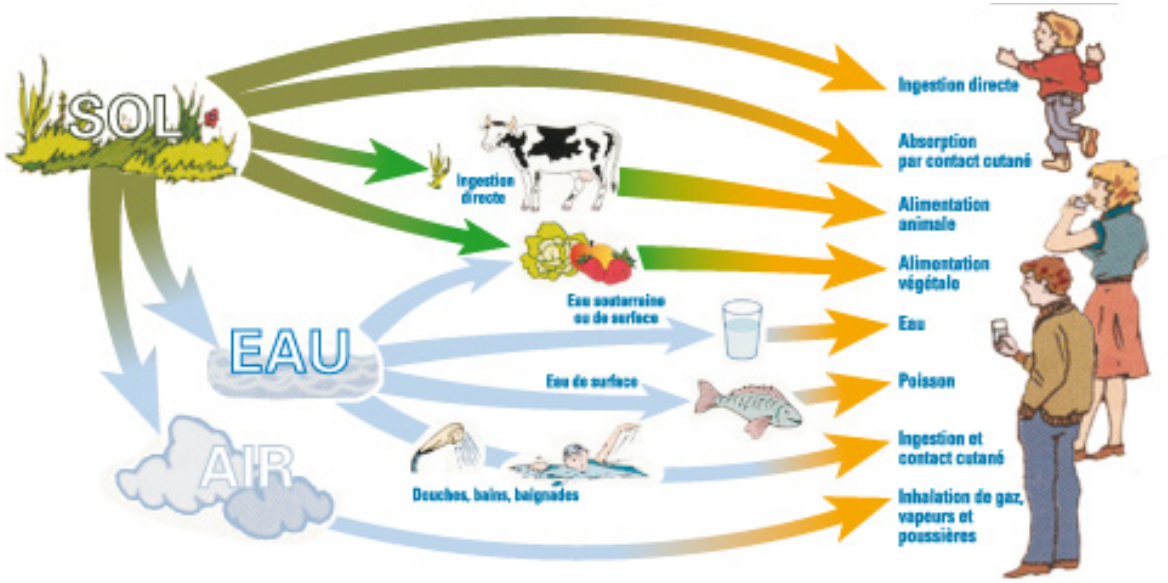
- Fourniture du référentiel local prévu par le guide de valorisation des terres excavées en projet d'aménagement (Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement)

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

AMO EPAEM : Seuils sanitaires semi-génériques

- Objectif : Outil d'aide à la décision dans le cadre du réemploi des terres excavées au sein de l'OIN

- Méthodologie (validée par le BRGM)
  - Réalisation d'un calcul inverse de risques sanitaires, selon des scénarios d'usages et d'aménagements retenus au projet
  - Élaboration de valeurs seuils (CMA) en fonction des scénarios retenus, pour les milieux sols, gaz des sols et eaux souterraines.
  - Substances considérées : BTEX, HAP, HC aliphatiques, aromatiques, chlorure de vinyle, Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène, cis-DCE



L'établissement de seuils sanitaires semi-génériques permet de **visualiser, d'un point de vue sanitaire, les options de réutilisation des terres / les aménagements possibles** pour chaque foncier.
Les **seuils « gaz du sol »** ont de plus l'avantage de pouvoir prendre en compte le dégazage depuis les sols et les eaux souterraines en même temps.



AMO EPAEM : IHU, FGU et seuils sanitaires

- Outils d'aide à la décision permettant
  - d'intégrer, à l'échelle de la zone d'aménagement, les reconversions de friches urbaines concernées,
  - de les qualifier
  - d'anticiper les contraintes liées au sol et au sous-sol

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

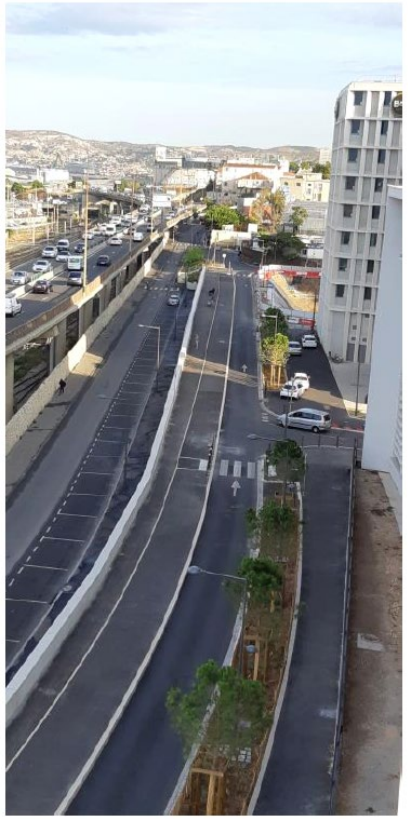


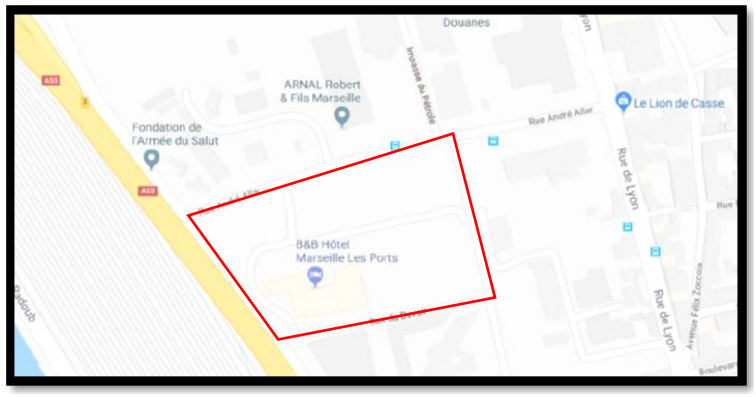
Harmonisation des pratiques au niveau de l'OIN pour la réalisation des diagnostics, transparence et communication des informations acquises auprès des aménageurs, meilleure anticipation des risques de pollution (réduction des aléas économiques et de réalisation)

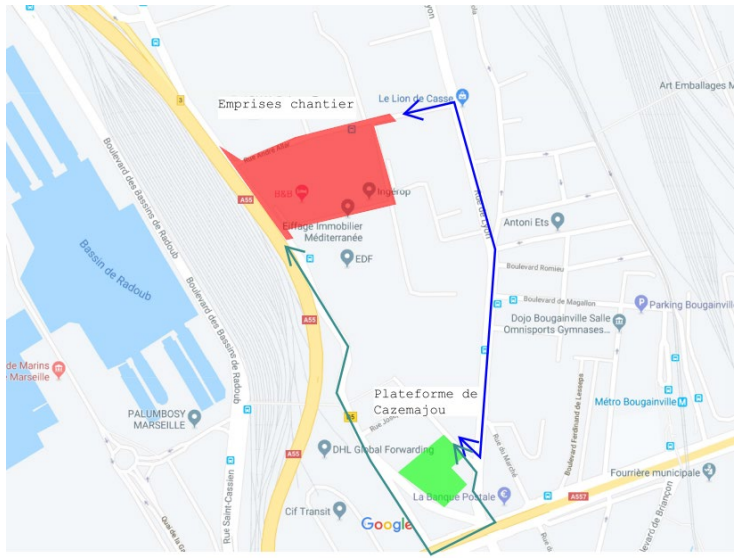
AMO EPAEM : IHU, FGU et seuils sanitaires

- Outils utilisés par l'EPAEM dans le cadre des réflexions sur les aménagements à réaliser, et permettant à l'aménageur :
  - De vérifier le risque de pollution (données SIG)
    ➔ vision globale des problématiques de pollution potentielle
  - D'orienter le plan d'aménagement, en évitant par exemple, si possible, l'implantation d'établissements sensibles sur des fonciers à risque
  - D'assurer son devoir d'information vis-à-vis de ses acquéreurs
  - D'anticiper la gestion des déblais sur le périmètre de l'extension

ABO ERG
INGENIERIE DES SOLS







Distance chantier / plateforme : 800ML

Exemple de mise en oeuvre

- Aménagement de voiries Allar/Madragues/Devoir/ Extension
  - surface aménagée :14 000 m²
  - terrassements : 12 000 m3
  - besoins remblais : 7 000 m3
- **Objectif de recycler un maximum les matériaux pour favoriser l'économie circulaire**

- Cela entraine une diminution des nuisances aux riverains et moins d'émissions de CO2.

➔ **Le maitre d'ouvrage a mis à la disposition des entreprises un terrain situé non loin du chantier**

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS





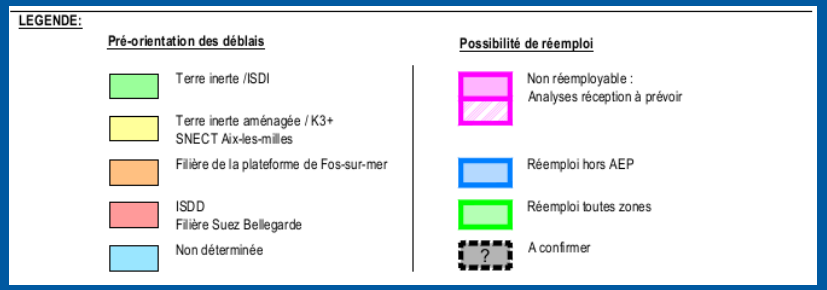




Photos du terrain mis à disposition pour la plateforme

Exemple de mise en oeuvre

- Diagnostics en amont pour caractérisation des futurs déblais (sites industriels AUG et dépôt pétrolier)
- Pour chaque maille, pré-orientation possible des déblais (filières hors site) + possibilités de valorisation selon différents critères



- Aménagement de la plateforme
  - Terrain d'environ 5 000 m²
  - Création de casiers pour stockage des différents matériaux (en fonction des pollutions)
  - Gestion du site par un opérateur à temps plein

➔ **Nécessité d'assurer la traçabilité**

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS









Photos du terrain mis à disposition pour la plateforme

Exemple de mise en oeuvre

- Bilan de la gestion des TEX
  - 6 500 m3 évacués ➔ Matériaux de type ISDI / ISDI+ / ISDND / ISDD (évacués en semi contre des 8x4 si nous n'avions pas eu la plateforme)
  - 7 000 m3 réemployés :
    - Matériaux de type inerte, avec ou sans présence de pollution
    - Matériaux de type inerte issus du concassage

➔ **875 voyages de camions 8x4 auraient été nécessaires pour l'évacuation vers les filières agréés**

➔ **875 voyages de camions 8x4 auraient été nécessaires pour répondre aux besoins en terme d'apport**

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS



AMO EPAEM - Conclusions

- Connaissance de la pollution des sols permettant d'orienter les choix d'aménagement et limiter les aléas de chantier
- Réflexion sur la réalisation d'une plateforme pour optimiser les possibilités de valorisation des terres (exemple du chantier Allar mais pérenne et + grand)
- Travail collaboratif avec administration (DREAL notamment)
- Difficultés juridiques liées à la multiplicité des maitres d'ouvrage
- Contraintes géotechniques limitant le réemploi des terres
- Contraintes de phasage et de planning
- Réflexion à mener sur une échelle plus large, au niveau métropolitain





PROJET XXL

- Projet de quartier neuf de tradition artisanale et industrielle
- 15 Ha d'emprise
- Aménagement d'un ensemble immobilier avec ERP et plusieurs niveaux de sous-sols projetés

ABO ERG
INGENIERIE DES SOLS



Un quartier neuf de tradition artisanale et industrielle

- Siège historique d'huileries et de savonneries, puis d'entreprises de type abattoirs, et du marché aux Puces (20aines de sites BASIAS).
- La vie se développe, mais reste entouré de zones en friche
- **Recréer un quartier habité et vivant, en conservant cette identité historique**

Missions d'accompagnement transverse pour intégrer / anticiper / gérer les contraintes liées aux sols

Les macrolots (8)



Les ilots (18)



Les lots



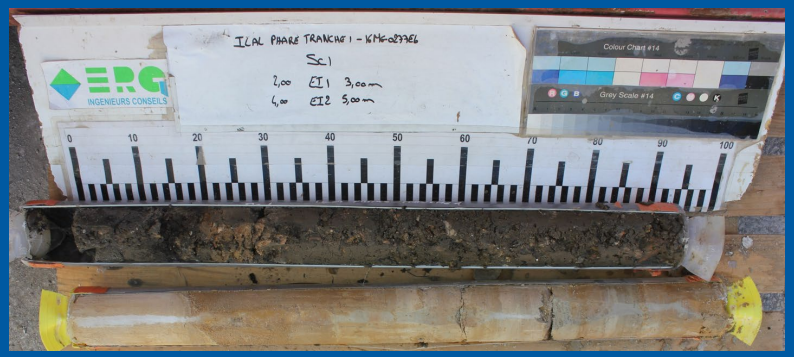
ABO ERG INGENIERIE DES SOLS





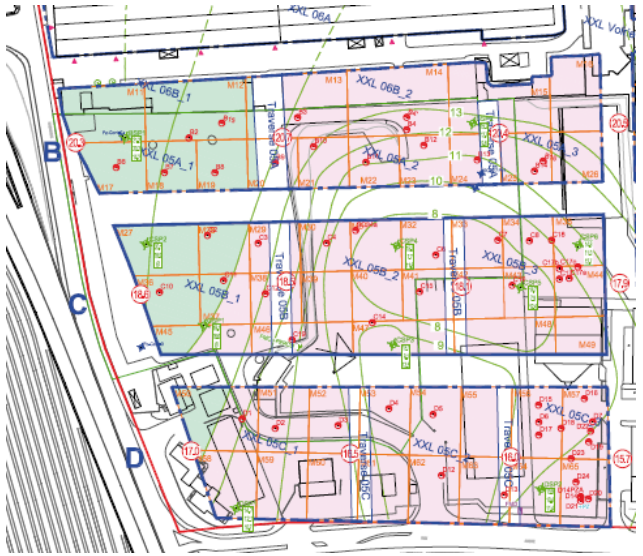
AMO transverse sur le projet

- <u>AMO géotechnique :</u>
  - Définition des principes de terrassement, de soutènement (terres et mitoyens), de fondations, protection contre les eaux et recommandations
  - Définition de l'aptitude au réemploi des matériaux
  - Etude hydrogéologique (pompage/ modélisation)
  - Diagnostic amiante



ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

Carte des modes de fondation



Scenario plain-pied



Scenario 1 niveau de sous-sol

AMO transverse sur le projet

- **Investigations géotechniques**
  (SP, prélèvements de sols pour identifications GTR des futurs déblais, NPHE et tests de pompages)
- **Carte de synthèse des études lot par lot**
  1. Localisation du toit des formations d'ancrage du futur bâtiment
  2. Définition du mode de fondation
  3. Précision des modes de terrassement
  4. Cotes de niveau d'eau
- **Etude hydrogéologique**
- **Préconisations pour le réemploi** ➔ possibilités d'améliorations géomécaniques des matériaux pour permettre leur recyclage à l'échelle du projet

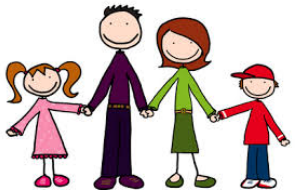
ABO ERG INGENIERIE DES SOLS



SOURCE(S)



VOIES DE TRANSFERT(S)

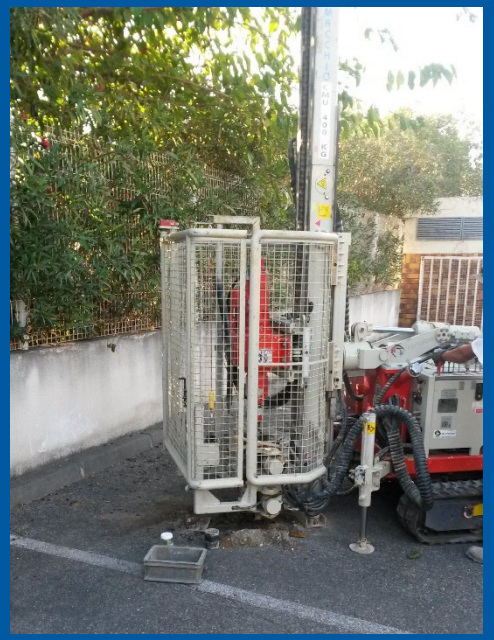


CIBLE(S)



AMO transverse sur le projet

- AMO environnement :
  - Définir la gestion des Sources
  - Proposition d'une optimisation de l'aménagement théorique selon les contraintes environnementales du sol :
    - risques sanitaires
    - gestion de déblais



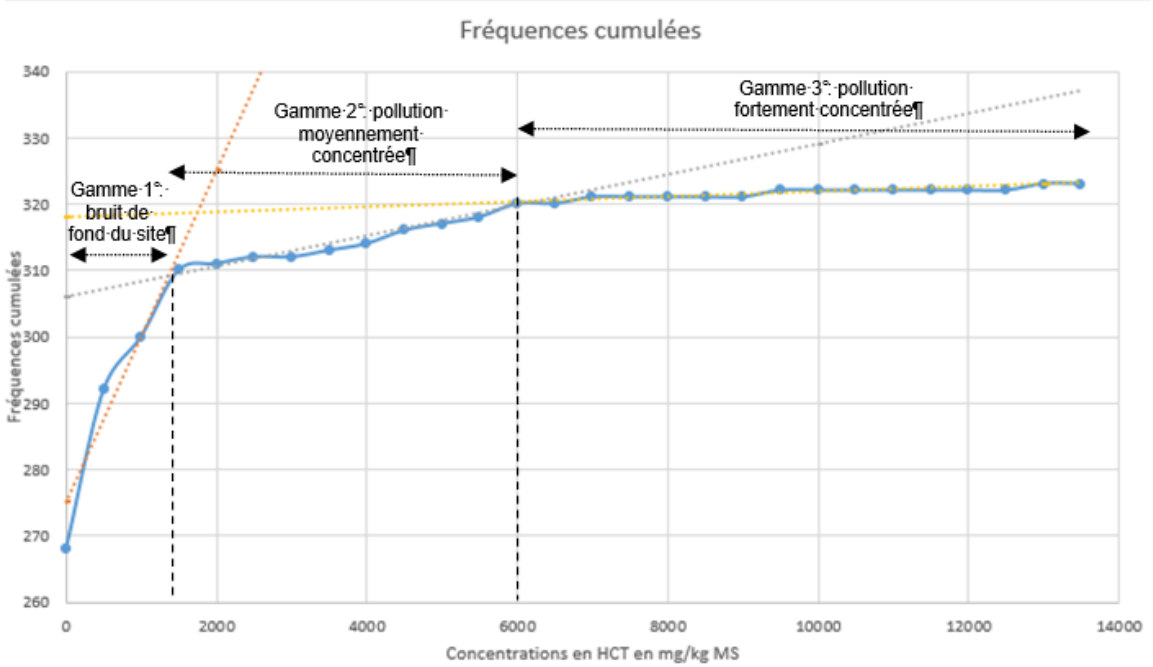
ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

SOLS | **EAUX SOUTERRAINES** | **GAZ DES SOLS**









AMO transverse sur le projet

- **Investigations sur les sols, les eaux souterraines et les gaz des sols**
  - Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
  - En l'absence d'incompatibilité sanitaire ➔ gestion des sources et des terres excavées pour retenir un optimum
- **Définition des pollutions concentrées et proposition de mesures de gestion proportionnées** en alternative à l'orientation en filière(s) autorisée(s) (on site (pollutions organiques) et mesures constructives (pollutions métalliques))
- **Tri analytique des futurs déblais selon un maillage régulier**
  - Approche réaliste de la gestion des futurs déblais
  - A conduit à envisager une solution de plateforme de tri sur site

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

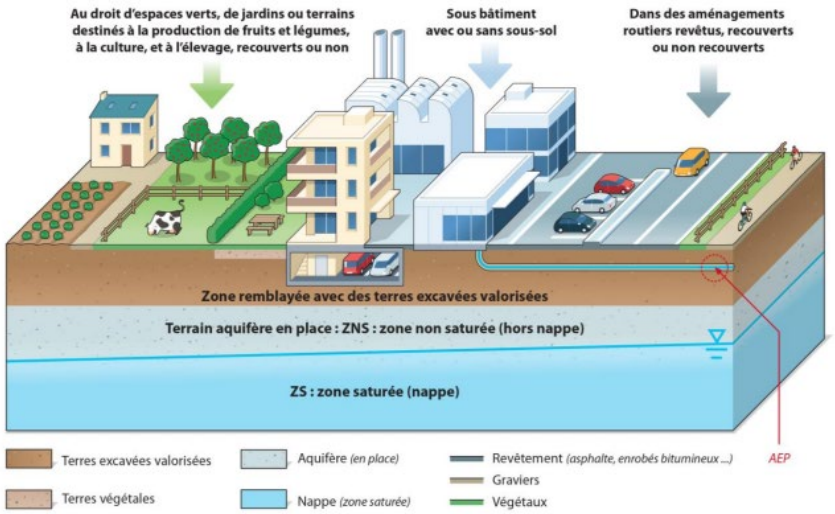


Figure 2 : Domaine d'emploi des terres excavées selon le présent guide



Accompagnement transverse ZAC et MOA ouvrages publiques

- Mission d'accompagnement auprès de l'Administration
  - Travail avec les MOA privé et publique pour mutualiser la gestion des déblais dans une démarche d'économie circulaire
  - Discours commun avec l'Administration
  - Accompagnement jusqu'à l'obtention de la validation administrative de la solution de gestion des matériaux sur une plateforme de tri :
    - Sélection et tri des terres selon leur qualité chimique et selon leurs propriétés géo-mécaniques
    - Rétrocession des terres à l'aménageur publique pour réemploi sur le domaine publique

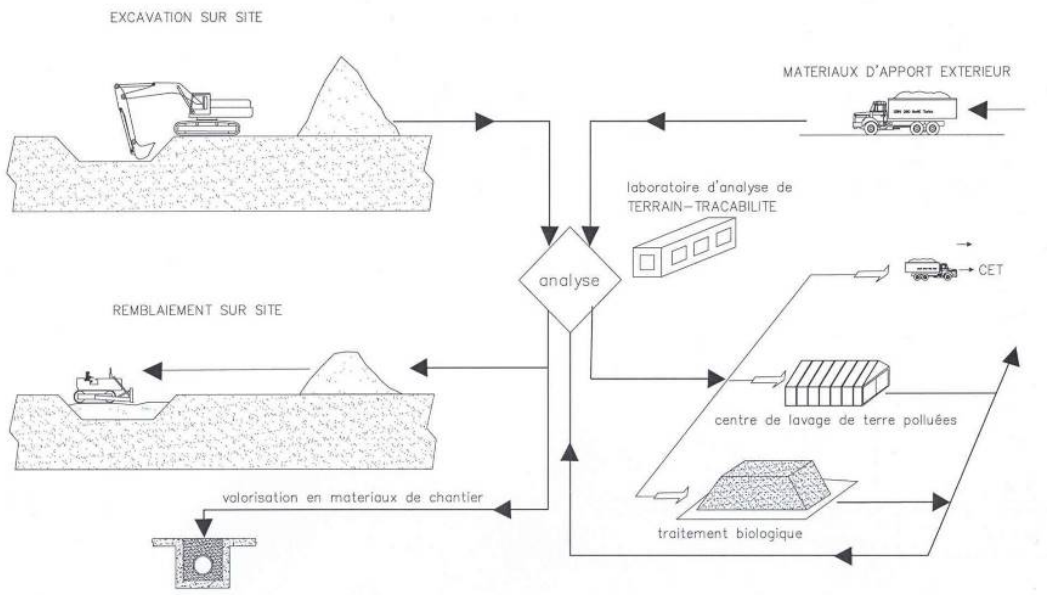




ZAC PORTE AMPERE

- Projet de reconversion d'une friche industrielle (ancienne usine à gaz).
- Opération de développement économique et urbain important
- 19 Ha d'emprise
- Aménagement d'un pôle économique et tertiaire

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS



AMO unique ancien exploitant et aménageur publique

- A partir de la cessation : diagnostics, schéma de réhabilitation du site et MOE travaux de dépollution pour le compte des 2 MOA
- Mise en œuvre d'une technique de traitement sur site avec aménagement d'une Plate forme multimodale
  - ➔ Stockage sécurisé des matériaux impactés
  - ➔ Criblage des matériaux impactés
  - ➔ Traitements sur site par unité mobile de DT
  - ➔ Réception qualitative et orientation des lots de terres

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS



Excavation d'un ilot sur la base du tri analytique



Stockage sécurisé suite à excavation



Pré-traitement sur site par criblage / concassage



Traitement pas désorption thermique sur site

AMO unique ancien exploitant et aménageur publique

- A partir de la cessation : diagnostics, schéma de réhabilitation du site et MOE travaux de dépollution pour le compte des 2 MOA
- Mise en œuvre d'une technique de traitement sur site avec aménagement d'une Plate forme multimodale
  - ➔ Stockage sécurisé des matériaux impactés
  - ➔ Criblage des matériaux impactés
  - ➔ Traitements sur site par unité mobile de DT
  - ➔ Réception qualitative et orientation des lots de terres
  - ➔ **Traitement de plus de 32 000 m3 de matériaux sur site**

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS





AMO unique de la cessation à la requalification lot par lot

- Lot par lot AMO étude pour les différents promoteurs
  - Etudes de Plan de Gestion
  - Accompagnement global avec intégration des volets géotechnique et hydraulique
  - Validation de la compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés, et définition des mesures de gestion
  - Proposer des réflexions amont de gestion de terres sur l'emprise de la ZAC afin de viabiliser l'aménagement de certains lots

ABO ERG INGENIERIE DES SOLS

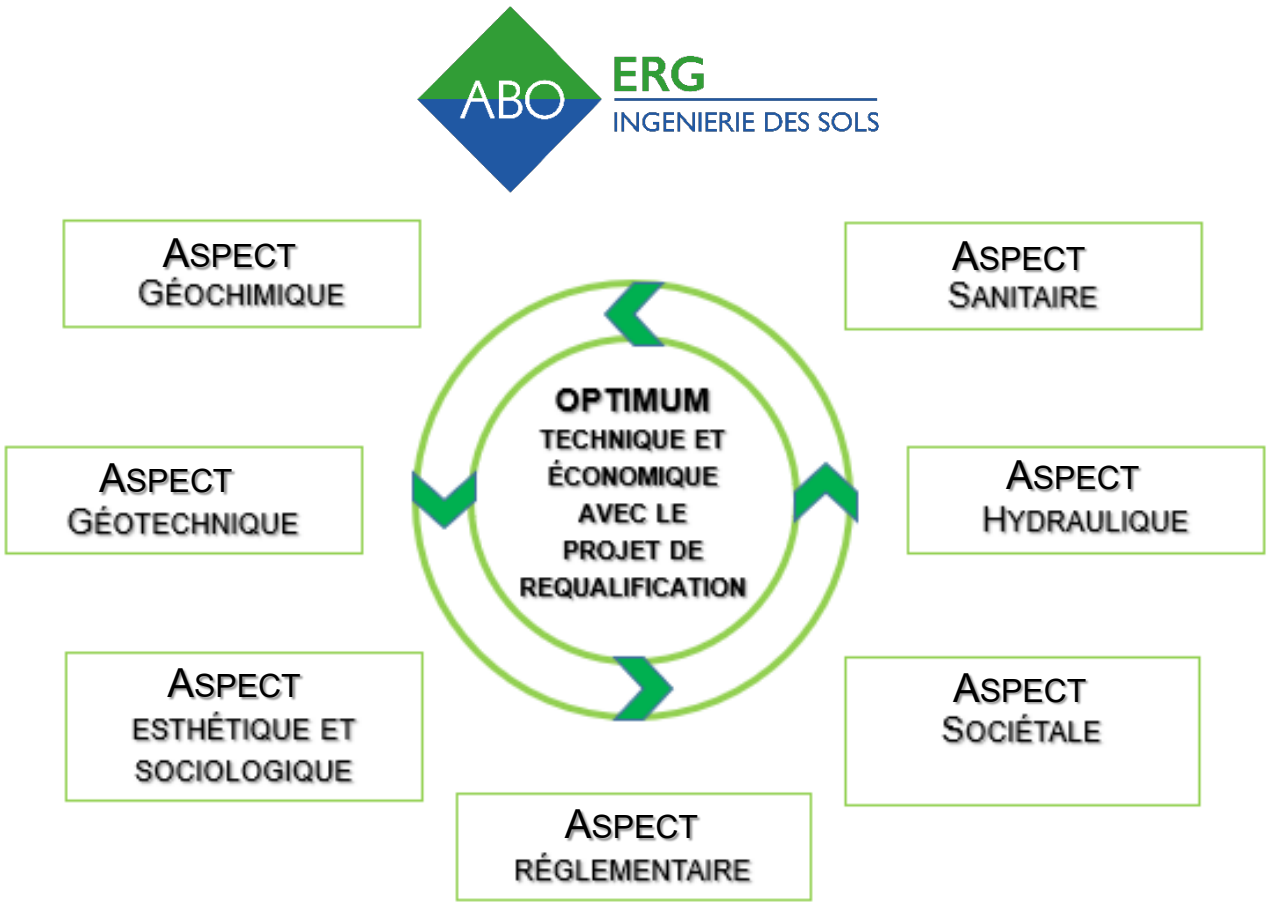






AMO unique de la cessation à la requalification lot par lot

- Maintenir une AMO unique a permis de
  - Garder le cap commun sur le long terme
  - Intervenir de plus en plus tôt auprès des promoteurs (connaissances SSP de la MOA)
  - accompagner et orienter les choix d'aménagement selon les secteurs (intégration des contraintes SSP au dimensionnement de projet)
  - gagner du temps dans les échanges entre les différents interlocuteurs et les AMO.
  - Eviter la « perte de mémoire » qui peut affecter un projet dans le temps



AMO transverse - Problématiques du sol et du sous-sol

Conclusion

- Accompagnement et gestion au cas par cas (avec outils proportionnés)
- Solutions d'optimisation des modes de traitement des pollutions (en privilégiant des techniques in situ et sur site), avec intégration des contraintes géotechniques
- Solution de tri et de recyclage de matériaux sur site, voire hors site, en application du Guide de valorisation hors site des terres excavées (version 2, en date d'avril 2020)
- Gestion attentive aux possibilités d'optimisation qui s'appuie également sur de nouveaux outils réglementaires (sortie du statut de déchets, et mesures de traçabilité des déchets de chantier (loi anti-gaspille et économie circulaire)).



Merci de votre attention

Aurélie PIGHIERA & Marie-Odile KHIAT