



Actualité des sites et sols pollués et thématiques émergentes

Journée technique organisée par le Brgm en concertation avec le MEDDE

Projet de guide relatif aux mesures constructives

Hubert LEPROND, Laurent ROUVREAU, Stéfan COLOMBANO et Julia WINDHOLTZ

Projet de guide relatif aux mesures constructives

- > Pourquoi ? Quels enjeux ? Quels milieux ?
- > La place des mesures constructives dans le Plan de Gestion
- > La commande du MEDDE
- > Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans les lieux de vie
- > Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans les réseaux (perméation)
- > Prévenir les risques d'ingestion de sols de surface
- > Les idées reçues / Quels écueils à éviter / Recommandations de base
- > Contrôle et surveillance des mesures constructives mises en œuvre
- > Conclusions et perspectives

Pourquoi ? Quels enjeux ? Quels milieux ?

> **Complément aux mesures de gestion classiques visant la maîtrise de la source, la maîtrise de l'impact (coupure des voies de transfert).**

> **Objectifs des mesures constructives :**

- S'assurer de l'adéquation entre pollution résiduelle et usages du site ;
- Assurer une maîtrise durable du risque (cas de l'évolution du contexte réglementaire : VTR).

> **Des enjeux forts / des contextes radicalement différents :**

- Pollution inaccessible sous un bâtiment, ou habitations riveraines d'un site pollué ;
- Réaménagement / reconversion d'un site industriel (gestion d'une pollution résiduelle).

> **3 cas de figures,... :**

- Empêcher l'intrusion de substances volatiles dans des bâtiments depuis le sol,
- Empêcher l'intrusion de substances volatiles dans les réseaux,
- Empêcher l'ingestion des sols de surface.

> **Ou plutôt 4 :**

- Eviter les risques de corrosion des biens matériels.

La place des mesures constructives dans le PG

1. Analyse des enjeux
2. Maîtrise des sources de pollution
3. Maîtrise des impacts
4. Définition des scénarios de gestion et bilan coûts/avantages
5. Performance intrinsèque des techniques de dépollution
6. Mesures constructives
7. Gestion des déblais/remblais – gestion des terres excavées
8. Analyses des Risques résiduels
9. Conservation de la mémoire et mise en place des restrictions d'usage
10. Contrôle de l'efficacité des mesures de gestion
11. Plan de surveillance des milieux (bilan quadriennal)

La commande du MEDDE

Satisfaire 3 objectifs :

- > **Présenter un état de l'art des mesures constructives dans le cadre de mesures de gestion ;**

- > **Proposer un outil d'aide à la décision pour le choix des mesures constructives en fonction :**
 - Des contraintes du site ;
 - De l'usage futur envisagé ;
 - De la pollution résiduelle ;
 - Des coûts d'investissement et d'entretien.

- > **Définir les modalités d'élaboration d'un plan de surveillance des mesures constructives mises en œuvre.**

Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans le bâti

> Trois grands principes :

- Proposer une voie de circulation préférentielle aux gaz,
- Empêcher la pénétration des substances volatiles dans les lieux de vie,
- Eviter les phénomènes d'accumulation de volatils.

> Deux grandes familles de dispositions :

- Mesures passives : Action sur les caractéristiques physiques du bâti,
- Mesures actives : Besoins en énergie.

Applicables (pour certaines) à l'existant, intégrables (toutes) aux projets nouveaux (stade de la conception).

Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans le bâti

Mesures passives : Améliorer l'étanchéité des fondations et des dalles

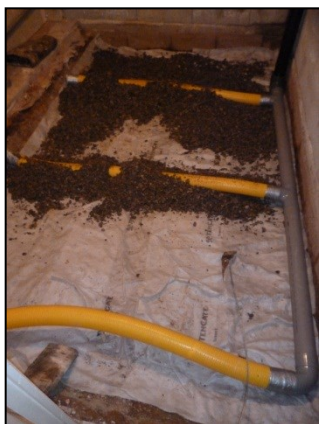
Sur le bâti existant :

- Traiter les zones de faiblesse (fissures, traversées de dalles par des réseaux...);
- Améliorer l'étanchéité des dalles (résine, cristallisation, membranes...);
- Assurer la ventilation naturelle des sous-sols et vides-sanitaires.

Intégrations à des bâtiments et aménagements en projet :

- Améliorer la formulation du béton de fondation lors de la construction (super-plastifiants, adjuvants minéraux) pour améliorer son étanchéité et diminuer le taux de fissuration;
- Limiter les traversées de dalles en privilégiant les entrées de réseaux par les murs latéraux;
- Intégrer une étanchéité à la conception de l'ouvrage (membrane sous les fondations);
- Intégrer des sous-sols, des vides-sanitaires ou/et des couches drainantes ventilés naturellement.

Photos ERM :



Service D3E / Unité 3SP

Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans le bâti

Mesures actives : Ventilation forcée (différentes catégories) :

- Elimination des facteurs créant une dépression dans le bâtiment (création d'ouvertures complémentaires, apport direct d'air frais au niveau de certains ouvrages : cheminées par exemple) ;
- Mise en surpression du bâtiment (simple flux / double flux) ;
- Ventilation forcée des vides-sanitaires, des sous sols,...

Exemple :

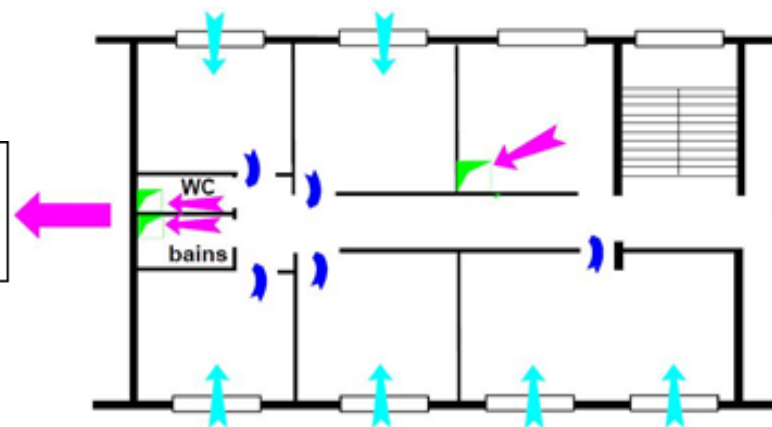
Photos ERM :



Service D3E / Unité 3SP



Extraction de l'air
par voie mécanique
ou naturelle.

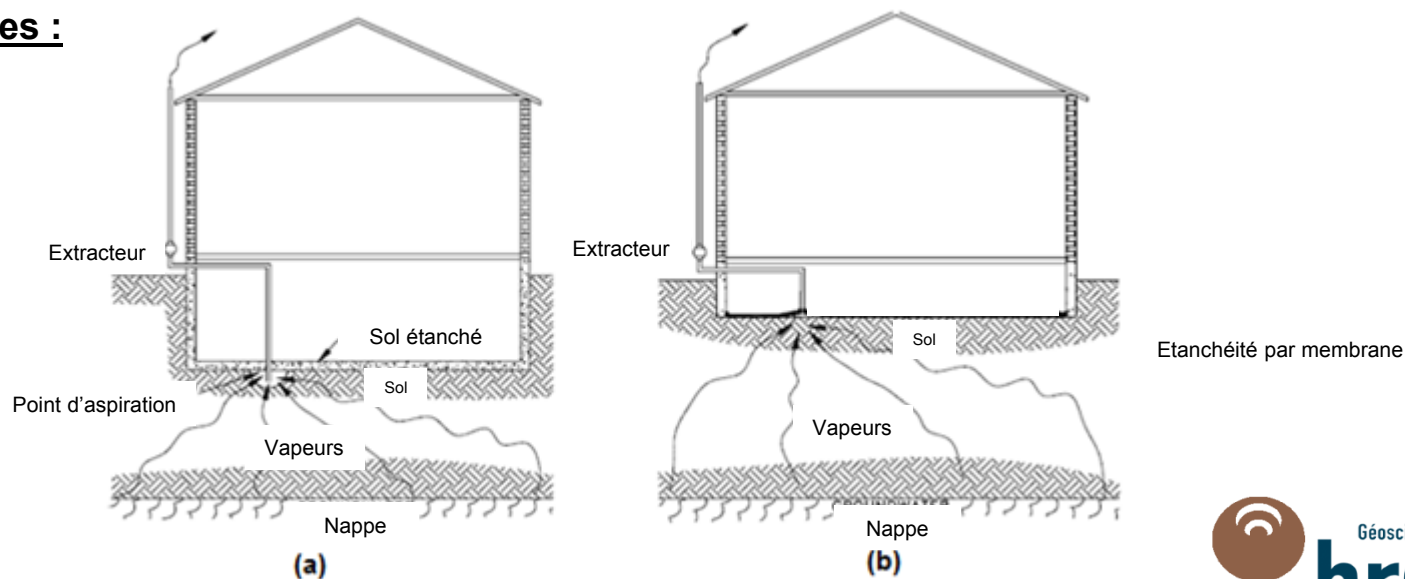


Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans le bâti

Les mesures actives : Drainage des gaz du sol (différentes techniques) :

- Mise en dépression du sol sous la dalle ;
- Mise en place sous la dalle d'une couche drainante (granulaire ou géosynthétique) associée à une ventilation mécanique,
- Mise en place sous la dalle d'une membrane imperméable aux gaz et d'aspiration des gaz ;
- Mise en dépression des murs (plutôt complément d'autres systèmes).

Exemples :



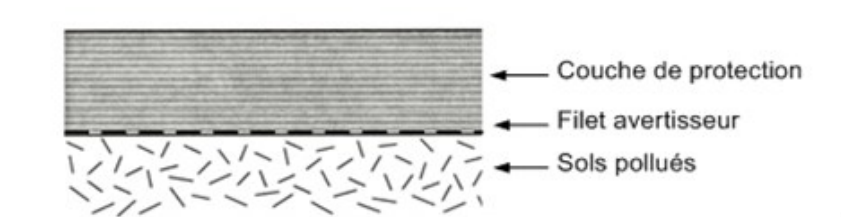
Prévenir l'intrusion de substances volatiles dans les réseaux

- > **La perméation : Passage par diffusion de molécules de gaz à travers la structure d'un matériau poreux.**
- > **Risque : Contamination du réseau d'eau potable par des contaminants tels que solvants chlorés, BTEX,...**
- > **De nombreux paramètres interviennent :**
 - Structure de la canalisation (PB et PE plus sensibles que PVC) ... et des joints ;
 - Concentration en polluant(s) à l'extérieur de la paroi ;
 - Diamètre et épaisseur de la canalisation ;
 - Température, débit transitant....
 - Nature du sol encaissant.
- > **Quelles solutions?**
 - Remplacer la canalisation (par exemple par une canalisation métallique ou multicouche) ;
 - Remblayer la tranchée avec un matériau sain ;
 - L'étanchement extérieure de la canalisation (bentonite, membrane mixte) ;
 - Le lavage à grande eau ne sert à rien, mais peut faire empirer les choses!

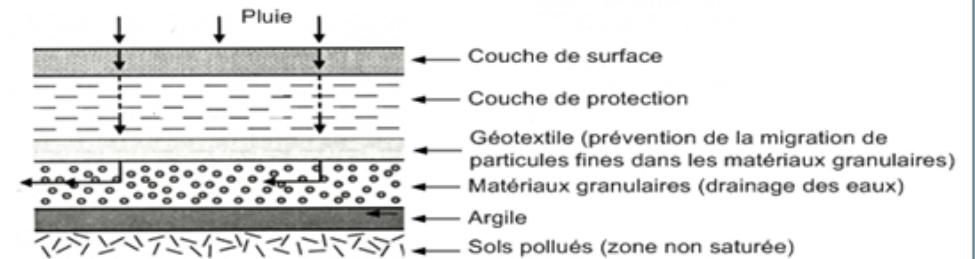
Prévenir les risques d'ingestion de sols de surface

Des enjeux variés :

- > Sanitaires : ingestion, réenvols de poussières (empêcher l'accès aux sols pollués) ;
- > Sanitaires par consommation de légumes / fruits ;
- > Environnementaux (protection de la ressource en eau).



Barrière physique simple



Exemple de couverture de surface
(protection eaux souterraines)

- > Des questions restent en suspens : Quelle épaisseur minimale de matériaux en recouvrement ?
- > Pas grand-chose dans la littérature ?
 - 30 cm minimum de terres saines au droit des espaces verts collectifs et des zones non couvertes par des revêtements,
 - 50 cm minimum de terres saines dans les jardins privés, avec interdiction de cultiver des arbres fruitiers ou des potagers en pleine terre. Les cultures hors sol peuvent être autorisées,
 - Mise en place de grillage avertisseur à l'interface terres saines / terres polluées.

Les mesures constructives – Prévenir les idées reçues

- > **Etanchéité et (im)perméabilité sont des notions « relatives » pour un béton comme pour une membrane (pour laquelle il faut également prendre en compte la perméation) ;**
- > **Une dalle béton sans fissure ça n'existe (pratiquement) jamais ;**
- > **Dans la durée, c'est la collecte des gaz (aspiration, ventilation) qui est efficace : Eviter l'accumulation des gaz ;**
- > **Tout n'est pas possible : Il existe par exemple des règles en matière de taux de ventilation ou de renouvellement de l'air dans les bâtiments, les parkings souterrains, les ERP.**

Il est préférable d'éviter l'infiltration d'air pollué dans les bâtiments plutôt que d'avoir à traiter ces gaz lorsqu'ils ont pénétré les lieux de vie !

« Mieux vaut prévenir que guérir... »



Les mesures constructives – Quelques écueils à éviter

> Favoriser la migration des polluants dans les bâtiments :

- Créer une dépression trop importante dans un vide-sanitaire,
- Sur-ventiler un local au risque d'attirer les volatils (« pompage »),
- Créer une surpression dans un bâtiment comportant une mitoyenneté.

> Ne pas avoir étudié soigneusement structure et configuration du bâti :

- Nature des sols : bois, dalle béton, terre battue, mais aussi des murs (nature de l'isolant),
- Présence et configuration de vide sanitaire (continuité, compartimentage), de sous-sol, communication entre les différents niveaux, type de fondation, coexistence de plain pied,
- Etat : fissures visibles, indices de désordres géotechniques, vide-sanitaire, aéré ou non...
- Le rôle des réseaux : assainissement / alimentation en eau mais aussi des gaines électriques.

> Raisonner seulement à partir de facteurs d'atténuation théoriques, non confrontés à des mesures et des constats de terrain

> Raisonner uniquement sur la qualité de l'air intérieur, et négliger la contribution liée à l'air du sol :

- Réaliser des prélèvements passifs seuls à l'intérieur des bâtiments ne sert à rien ! ... dans un contexte de SSP!
- Privilégier une approche globale pour comprendre le contexte et la manière dont les concentrations se distribuent.

Les mesures constructives – Recommandations de base (1)

- > La mise en place de mesures constructives est le fruit d'un processus réfléchi et anticipé ;
- > Outre l'aspect technique, le confort de l'utilisateur / occupant doit être pris en compte ;
- > Les étapes de concertation, de communication, d'explication ne sont ainsi pas à négliger ;
- > Proscrire la solution a priori, basée uniquement sur le retour d'expérience.

Les mesures constructives – Recommandations de base (2)

> Une mesure constructive doit faire l'objet d'un dimensionnement préalable, réalisé par un spécialiste, à partir d'un cahier des charges et en fonction d'un objectif clairement exprimé :

- Les essais de faisabilité sont utiles et nécessaires ;
- Comme le recours à des compétences autres que celles du domaine des SSP (énergéticiens, thermiciens, entreprises du BTP, entreprises qualifiées (soudure et mise en œuvre de membranes)...
- Le volet coût doit être détaillé et décomposé par phases :
 - Travaux de conception et d'exécution ;
 - Dépenses d'entretien, de maintenance, de fonctionnement (énergie, usure, consommables : charbon actif...), notamment pour les mesures actives ;
 - Dépenses liées à la surveillance.
- Les conditions de mesure de l'efficacité du dispositif et de la surveillance doivent être déterminées dès le choix des mesures constructives :
 - Comment démontre-t-on son efficacité, avec quels moyens, quelles méthodes, au bout de combien de temps ?
 - A quelle période faire les mesures? Quels paramètres? Combien de points?
 - Mesures actives et / ou passives (gaz) ?

Les mesures constructives – Recommandations de base (3)

> Leur réalisation est l'affaire d'une entreprise compétente :

- Contrôles d'exécution,
- Réception des travaux et des matériels,
- Récolement des travaux (plans, notices, conditions d'intervention ultérieures etc.....).

Pour les sols, la réception peut porter sur :

- Qualité et épaisseur des terres mises en place,
- Présence d'un filet avertisseur ou d'un géotextile,
- Perméabilité, granulométrie, fréquence de l'entretien,...

Pour les réseaux, la réception peut porter sur :

- Métrés, fiches produits, soudures,
- Qualité des matériaux de remblai des tranchées,
- Passage caméra, mesures de débits pour vérifier l'étanchéité ou la bonne exécution.

Pour l'intrusion de vapeurs, la réception peut porter sur :

- Fiches techniques des matériaux et matériels,
- Epaisseur et qualité d'un massif drainant, raccordement des drains, soudures des lés de membrane,
- Dépression générée par un système d'aspiration, pression différentielle générée entre les locaux et le vide sanitaire,
- Fonctionnement des alarmes, documents relatifs à l'exploitation, plans....

Contrôle et surveillance l'efficacité des mesures constructives mises en œuvre

- > **Un contrôle indispensable (même si en dehors du champ SSP) !!**
- > **Aborder la question de la surveillance lors de la communication ;**
- > **La surveillance doit être proportionnée, mais aussi tenir compte des contraintes d'intervention (occupants / riverains).**
- > **Disposer de campagnes de mesures réalisées avant la mise en place des mesures constructives (état zéro auquel seront comparées les campagnes suivantes).**

Quelques exemples de contrôles :

> Pour les eaux :

- Qualité de l'eau transitant dans la canalisation (amont, aval, purge / sans purge),
- 9 composés à rechercher en priorité : tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, tétrachloréthylène, chlorobenzène, benzène, toluène et xylènes.

> Pour les sols :

- Maintien de la qualité et épaisseur des terres mises en place,
- Entretien (érosion, végétation...).

Contrôle et surveillance l'efficacité des mesures constructives mises en œuvre

Pour les remontées de vapeurs :

- **Une seule campagne de surveillance ne suffit pas, réaliser plusieurs campagnes à des périodes et dans des conditions différentes**, notamment en pression et température (hiver avec chauffage et été sans ventilation) ;
- **Au minimum un prélèvement par milieu ou niveau, avec des témoins** (air intérieur et air extérieur) et des blancs (terrain / transport) ;
- Sélectionner des limites de quantification suffisamment basses pour raisonner en concentrations mesurées et non estimées ;
- **Densifier la surveillance au départ avec un panel analytique complet** mais en lien avec la pollution visée : (attention à la qualité de l'air intérieur : risque d'interférences très important) ;
- **Conserver la même méthode de prélèvement** sur tous les points (mettre en place des doublons si nécessaire), les méthodes analytiques et les mêmes supports de prélèvements d'une campagne à l'autre. Il s'agit de comparer des données comparables (ce qui suppose d'avoir fait les choix pertinents au départ) ;
- **Taux de fonctionnement** des installations,
- **Prévoir le suivi des points de rejet** (bilan masse) et leur conformité avec les objectifs;
- **Suivi de la saturation et des performances** des modes de traitement (s'il y a lieu).

Contrôle et surveillance l'efficacité des mesures constructives mises en œuvre – Et après ?

- > **Sujet complexe avec peu de recul à grande échelle ;**
- > **Pas de réelle stratégie de protection vis-à-vis des risques à maîtriser :**
 - Le partage d'expérience est quasi-inexistant, chacun décline la solution qu'il connaît ;
 - Les initiatives sont isolées tant au niveau des donneurs d'ordres (prescriptions dans des cahiers des charges) que de l'administration (prescriptions en terme de surveillance par exemple).
- > **Pourtant des questions sont trop rarement traitées :**
 - La traçabilité des opérations et la conservation de la mémoire ;
 - La maintenance des installations (qui la prend en charge, comment, à qui sont transmis les résultats, quelle est la chaîne de décision ?...),
 - La gestion des alertes en cas de défaillance (mesures actives),
 - Que se passe-t-il si la situation évolue défavorablement (qui décide ? Comment ?) ;
 - Qui décide (ra), quand et comment de la nécessité de maintenir une installation ou de l'arrêter si elle n'a plus d'utilité ?

Conclusions et perspectives

> Pas de document en France, ce qui justifie la réalisation de ce guide méthodologique :

- Aide pour les prestataires : BE, entreprises de travaux : quand les prendre en compte et lesquelles? ;
- Aide pour les donneurs d'ordres : pourquoi les mesures constructives sont importantes ;
- Aide pour l'administration (document d'appui pour lister les solutions existantes, leurs principaux avantages et inconvénients et faciliter les prescriptions).

> Mais ce guide ne fera pas tout :

- Favoriser le retour / partage d'expérience : Création d'un GT sur le sujet impliquant professionnels des SSP mais pas seulement et mobiliser d'autres acteurs (thermiciens, professionnels du BTP,...) pour affiner le guide (examen de cas concrets connus sans jugement / position par rapport aux décisions prises) ;
- Mener un travail pour distinguer « réglementation air intérieur » et « intervention en SSP » notamment du point de vue des méthodes de prélèvements à appliquer.

→ **Outil d'aide à la décision visant à intégrer dès la conception du projet, la mise en place de mesures constructives tout en facilitant l'acceptation sociale du projet.**

Bref : « y'a du boulot!!!! »



Géosciences pour une Terre durable

brgm